



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE QUITO

CARRERA DE MECATRÓNICA

**DISEÑO DE UN SISTEMA MEZCLADOR DE BOTELLAS PLÁSTICAS PET
TRITURADAS PARA LA OBTENCIÓN DE MATERIA PRIMA DE PAPEL
RECICLADO**

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

AUTORES.: BRYAN STEVEN ACUCHI SATIAN
KEVIN RAMIRO GUANOLIQUN NACIMBA
TUTOR: FABIO EDUARDO OBANDO HERRERA

**Quito-Ecuador
2024**

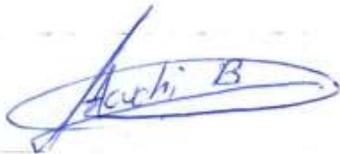
CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Bryan Steven Acuchi Satian con documento de identificación N° 1751349232 y Kevin Ramiro Guanoliquin Nacimba con documento de identificación N° 1723614226; manifestamos que:

Somos los Autores. y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Quito, 29 de febrero del año 2024

Atentamente,



Bryan Steven Acuchi Satian

1751349232



Kevin Ramiro Guanoliquin Nacimba

1723614226

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

Nosotros, Bryan Steven Acuchi Satian con documento de identificación No. 1751349232 y Kevin Ramiro Guanoliquin Nacimba con documento de identificación No. 1723614226 expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores de la Propuesta Tecnológica: “Diseño De Un Sistema Mezclador De Botellas Plásticas PET Trituradas Para La Obtención De Materia Prima De Papel Reciclado”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero en Mecatrónica, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

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

Quito, 29 de febrero del año 2024

Atentamente,

Bryan Steven Acuchi Satian

1751349232

Kevin Ramiro Guanoliquin Nacimba

1723614226

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Fabio Eduardo Obando Herrera con documento de identificación N° 1707982169, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: DISEÑO DE UN SISTEMA MEZCLADOR DE BOTELLAS PLÁSTICAS PET TRITURADAS PARA LA OBTENCIÓN DE MATERIA PRIMA DE PAPEL RECICLADO, realizado por Bryan Steven Acuchi Satian con documento de identificación N° 1751349232 y por Kevin Ramiro Guanoliquin Nacimba con documento de identificación N° 1723614226, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Propuesta Tecnológica que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 29 de febrero del año 2024

Atentamente,



Ing. Fabio Eduardo Obando Herrera, MSc.

1707982169

DEDICATORIA

Dedico este logro a mi querida madre, Delia Satian, quien nunca se doblegó ante los desafíos que la vida le presentó. Este reconocimiento se extiende con gratitud hacia mis padres, quienes depositaron su confianza en mí para hacer realidad sus sueños a través de mi dedicación. Cada noche de incansable trabajo y los sacrificios que han enfrentado como padres se ven reflejados en este logro. Este hito alcanzado va especialmente dedicado a ustedes, mis apreciados padres. Su apoyo inquebrantable ha sido la fuerza impulsora detrás de este éxito.

DEDICATORIA

Esta dedicatoria va a las personas que me han brindado el apoyo incondicional que me han brindado a lo largo de este arduo pero gratificante camino hacia la culminación de mis estudios. Su constante aliento, comprensión y cariño han sido el pilar fundamental que me ha impulsado a alcanzar este importante logro en mi vida.

A ti, querida mamá, mi gratitud es infinita. Tus sacrificios, tu amor inquebrantable y tu eterna dedicación han hecho posible cada paso que he dado en esta travesía académica. Tu ejemplo de fuerza, determinación y amor incondicional ha sido mi inspiración constante, y cada logro alcanzado lleva impreso tu amor y tu esfuerzo incansable. Agradezco profundamente tu presencia constante, tus palabras de aliento y tu inquebrantable fe en mí.

A mis queridos familiares y amigos, su apoyo incondicional ha sido un regalo invaluable en este viaje. Sus palabras de ánimo, su presencia en los momentos difíciles y su celebración en los triunfos han sido un bálsamo para mi alma y un recordatorio constante del poder del amor y la amistad. Agradezco de corazón su presencia en mi vida y su contribución a mi crecimiento y desarrollo como persona.

AGRADECIMIENTO

Agradezco sinceramente a Dios en primer lugar, por haber cuidado tanto a mi familia como a mí, brindándonos su inestimable protección. En segundo lugar, quiero expresar mi profundo agradecimiento a mis padres, Delia Satian y Miguel Acuchi, por el continuo apoyo que me han ofrecido a lo largo de todos estos años. Mis más sinceros agradecimientos se extienden también a mis queridas hermanas, Erika Acuchi y Diana Acuchi, por los valiosos consejos que generosamente me han ofrecido. Su presencia ha sido una fuente constante de fortaleza y guía en mi vida. Agradezco asimismo a mis apreciados tíos y tías por todas las enriquecedoras charlas que hemos compartido a lo largo del tiempo. Quiero destacar de manera especial mi gratitud hacia mi tía Juana Satian, quien ha sido un faro constante de cuidado desde mi infancia hasta el presente. No puedo dejar de agradecer a mis queridos primos y primas por su constante compañía y apoyo en cada paso de mi camino. Su presencia ha añadido un valor incalculable a mi vida.

AGRADECIMIENTO

Mi más sincero agradecimiento por el invaluable apoyo que me han brindado a lo largo de este importante trayecto académico. Su presencia, aliento y amor han sido el motor que me impulsó a superar cada obstáculo y alcanzar la meta.

Quiero agradecer a mi mamá por su amor incondicional, sacrificio y constante guía. Han sido la luz que iluminó mi camino en los momentos más oscuros. Tu apoyo inquebrantable y tus palabras de aliento fueron mi fuerza en los momentos de duda y desafío. Gracias por ser mi roca, mi confidente y mi inspiración constante. Este logro es tuyo tanto como mío, y por el apoyo que siempre me has brindado.

A mi familia y amigos, les agradezco de corazón por su apoyo incondicional, comprensión y ánimo durante esta travesía. Su presencia en mi vida ha sido un regalo invaluable, y cada gesto de amor y aliento me impulsó a seguir adelante. Agradezco profundamente cada palabra de aliento, cada gesto de amistad y cada momento compartido juntos.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	i
CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA	ii
CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	iii
DEDICATORIA.....	iv
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTO	v
AGRADECIMIENTO	v
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
INDICE DE TABLAS.....	xiii
CAPÍTULO I.....	1
MARCO TEÓRICO	1
1.1 Reciclaje.....	1
1.1.1 Definición.....	1
1.1.2 Beneficios ambientales.....	1
1.1.3 Beneficios económicos del reciclaje.....	2
1.2 Plásticos PET (Polyethylene Terephthalate) y su impacto ambiental	2
1.2.1 Tipos de plásticos	2
1.3 Plástico PET.....	3
1.4 Efectos negativos del plástico PET en el medio ambiente	4
1.5 Propiedades del plástico PET.....	4
1.5.1 Propiedades mecánicas.....	4
1.5.2 Propiedades físicas	5

1.6	Proceso de reciclaje de botellas PET	6
1.6.1	Recolección	6
1.6.2	Clasificación	6
1.6.3	Trituración	6
1.6.4	Lavado	6
1.6.5	Secado.....	8
1.6.6	Tecnologías y equipos utilizados para la separación de botellas PET	8
1.7	Obtención de materia prima de papel reciclado.....	8
1.7.1	Recolección y clasificación de botellas PET reciclada	8
1.8	Carbonato de calcio.....	9
1.8.1	Propiedades Físicas.....	9
1.8.2	Propiedades Químicas	10
1.9	Trituración y molienda.....	10
1.9.1	Mezclado	11
1.9.2	Proceso de fundición	12
1.9.3	Formación de hojas de papel	12
1.9.4	Secado.....	12
1.9.5	Corte	12
1.10	Homogeneidad de la mezcla	12
1.11	La mezcladora, máquina principal del proceso de homogenización	12
1.12	Mezcladoras y Proceso de Mezclado.....	13
1.12.1	Mezclado	13
1.12.2	Mecanismos básicos de mezcla	13
1.13	Importancia del mezclado	13
1.14	Métodos de mezclado	14

1.15	Influencia de los ingredientes en el mezclado	14
1.16	Prevención de problemas en el mezclado	15
1.17	Importancia de una mezcla homogénea para la calidad del papel	15
1.18	Equipos de mezcla y agitación.....	15
1.18.1	Tipos de equipos de mezcla utilizados en la industria del reciclaje	15
1.19	Diseño	18
1.19.1	Fases de diseño	18
1.20	Consideraciones de Diseño	19
CAPÍTULO II.....		22
ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS		22
2.1	Alternativa 1: Mezcladora de Cintas.....	22
2.2	Alternativa 2: Mezcladora de Paletas	23
2.3	Alternativa 3: Mezcladoras de Doble Cono.....	24
2.4	Estudio de mercado.....	25
2.5	Análisis cuantitativo.....	26
2.6	Selección de materiales.....	28
2.6.1	Selección del motor	29
2.6.2	Selección material de la estructura	30
2.6.3	Selección del material del eje de transmisión.....	32
2.6.4	Selección del controlador	33
2.6.5	Selección de transmisión	36
CAPÍTULO III		38
DISEÑO Y MODELADO.....		38
3.1	Porcentaje de mezcla.....	38
3.2	Densidad de la mezcla	39

3.3	Dimensionamiento de la carcasa.....	40
3.4	Análisis del espesor.....	42
3.5	Dimensionamiento de las cintas.....	46
3.6	Dimensionamiento del eje.....	49
3.7	Selección del eje transversal	52
3.8	Análisis de tensión estática de la estructura.....	53
3.9	Selección de chumaceras	56
3.10	Selección del motor.....	56
3.11	Trasmisión de movimiento	58
3.12	Selección del acoplamiento del motor	59
3.13	Selección del variador de frecuencia	60
3.14	Simulación variador de velocidad en CADE-SIMU.....	61
3.15	Selección las protecciones de la máquina.....	63
3.15.1	Selección del guardamotor	64
3.15.2	Selección de contactor	64
3.15.3	Selección del calibre de cable.....	65
3.16	Parámetros de configuración del ms 300.....	65
3.17	Diagrama de flujo del funcionamiento de la mezcladora por cintas.....	69
CAPÍTULO IV		71
ANÁLISIS DE COSTO DEL PROYECTO.....		71
4.1	Costos directos.....	71
4.2	Costos indirectos.....	72
4.2.1	Costos de Diseño	72
4.2.2	Costos de ingeniería.....	72
4.2.3	Justificación de costos	72

4.2.4	Análisis económico.....	72
4.2.5	Flujo de caja.....	73
4.2.6	VAN y TIR.....	74
4.2.7	Retorno de inversión.....	74
CONCLUSIONES.....		75
RECOMENDACIONES		76
BIBLIOGRAFÍA		77
ANEXOS		81
ANEXO 1.....		81
ANEXO 2.....		81
ANEXO 3.....		84
ANEXO 4.....		84
ANEXO 5.....		85
ANEXO 6.....		86
Manual Técnico: Mezcladora de Cintas Helicoidales		87

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Porcentaje de materiales reciclados la ciudad de Ibarra [3].	2
Figura 2. Tipos de plásticos [5].	3
Figura 3. Producción de plástico en los últimos años [7].	3
Figura 4. Contaminación plástica parque nacional Galápagos [8].	4
Figura 5. Lavadora centrifugadora [11].	7
Figura 6. Reactor [11].	8
Figura 7. Recolección y clasificación de botellas plásticas PET en el Distrito Metropolitano de Quito [14].	9
Figura 8. Máquina trituradora [18].	11
Figura 9. Máquina mezcladora [19].	11
Figura 10. Mezcladora vertical[28].	17
Figura 11. Mezcladora horizontal [21].	18
Figura 12. Fases de diseño.	19
Figura 13. Mezcladora de cintas [31].	22
Figura 14. Mezcladora de paletas [31].	23
Figura 15. Mezcladora de doble cono [32].	24
Figura 16. Especificaciones de mezcladora de cinta [33].	25
Figura 17. Especificaciones de mezcladora de cono doble [33].	26
Figura 18. Especificaciones de mezcladora de paletas [33].	26
Figura 19. Limites CES Edupack.	31
Figura 20. Selección de material en CES Edupack.	31
Figura 21. Selección de material en CES Edupack.	33
Figura 22. Resultados de las mezclas.	39
Figura 23. Diseño de la máquina.	41
Figura 24. Catalogo DIPAC Acero A36 [35].	44
Figura 25. Deformación unitaria “Estructura”	45
Figura 26. Factor de seguridad “Estructura”	46
Figura 27. Mezcla a sometida a 1kg.	47
Figura 28. Deformación unitaria de las cintas.	48
Figura 29. Factor de seguridad de las cintas.	49

Figura 30. Diagramas fuerza cortante y momento flector.	50
Figura 31. Ejes AISI 1018 DIPAC [37].	52
Figura 32. Factor de seguridad eje transversal.	53
Figura 33. Diseño de la estructura de la máquina.	53
Figura 34. Masas de las cargas.	54
Figura 35. Factor de seguridad estructura de la máquina.	55
Figura 36. Selección de chumacera [38].	56
Figura 37. Selección del motor [38].	58
Figura 38. Selección de reductor [39].	58
Figura 39. Selección del diámetro del acople [40].	59
Figura 40. Selección de acuerdo con la velocidad máxima [40].	60
Figura 41. Selección del variador de frecuencia	60
Figura 42. Placa del motor [39].	61
Figura 43. Simulación del control de un motor con variador de frecuencia.	62
Figura 44. Guardamotor seleccionado.	64
Figura 45. Contactor seleccionado.	65
Figura 46. Selección del calibre [41].	65
Figura 47. Panel de control del ms 300 [42].	66
Figura 48. Tiempo de aceleración y desaceleración.	69
Figura 49. Diagrama del funcionamiento de la máquina.	70

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Propiedades mecánicas de plástico PET [9].	5
Tabla 2. Propiedades Físicas del plástico PET [9].	5
Tabla 3. Propiedades Físicas Del Carbonato De Calcio [16].	10
Tabla 4. Propiedades Químicas Del Carbonato De Calcio [16].	10
Tabla 5. Propiedades del material y del modelo [30].	20
Tabla 6. Estudio de mercado[33].	25
Tabla 7. Criterios de Evaluación.	27
Tabla 8. Calificación de los Parámetros.	27
Tabla 9. Criterios de Evaluación.	28
Tabla 10. Evaluación de acuerdo con los parámetros técnicos.	28
Tabla 11. Características del motor monofásico y motor trifásico.	29
Tabla 12. Ponderación para la lección del motor.	30
Tabla 13. Evaluación de parámetros para motores.	30
Tabla 14. Ponderación para la lección del material.	32
Tabla 15. Evaluación de parámetros para la estructura.	32
Tabla 16. Comparación de PLC LOGO y PLC Siemens S7-1200.	34
Tabla 17. Parámetros de ponderación del controlador.	35
Tabla 18. Análisis del Tipo de controlador.	35
Tabla 19. Características de los sistemas de transmisión.	36
Tabla 20. Ponderación del análisis de tipo de transmisión.	37
Tabla 21. Análisis de los sistemas de transmisión.	37
Tabla 22. Porcentajes de mezcla de carbonato de calcio y plástico PET.	38
Tabla 23. Porcentajes de mezcla de óxido de calcio y plástico PET.	38
Tabla 24. Valores de masa y densidad.	40
Tabla 25. Diámetro de las cintas.	46
Tabla 26. Datos de la placa del motor.	63
Tabla 27. Parámetros de configuración ms300.	67
Tabla 28. Parámetros de configuración ms300.	68
Tabla 29. Gastos de materiales de la máquina.	71
Tabla 30. Costos asociados con la construcción de la máquina.	71

Tabla 31. Costo total de la máquina.	72
Tabla 32. Producción a media capacidad de la máquina.	73
Tabla 33. Flujo de caja.....	73
Tabla 34. Resultado del VAN y TIR.	74

RESUMEN

Con el objetivo de diseñar un sistema mezclador que fusiona gránulos de botellas plásticas con compuestos químicos con carbonato de calcio, para determinar el proceso óptimo. El proyecto no solo se centra en la optimización del proceso de mezcla para la obtención de materia prima de papel reciclado, sino que también abarca la integración de aspectos mecánicos y eléctricos. La aspiración es proporcionar una solución completa y sostenible para la reutilización de plásticos, abordando los desafíos técnicos y ecológicos.

Basándose en los requisitos específicos, cálculos y análisis exhaustivos, se tomaron decisiones clave para asegurar la funcionalidad del sistema. Se eligieron cuidadosamente los elementos más apropiados. La estrategia incluyó la utilización de cintas para mezclar de manera homogénea los componentes, optimizando así la calidad del proceso. Además, se integró un variador de frecuencia con el propósito de proporcionar un control preciso y óptimo sobre la maquinaria. Este enfoque meticuloso no solo busca cumplir con los requerimientos iniciales, sino también mejorar la eficiencia global del sistema, asegurando un rendimiento consistente y satisfactorio.

Palabras claves: Variador de frecuencia, esfuerzo máximo, velocidad de aceleración, corriente eléctrica, esfuerzo a deformación, densidad, motor trifásico, factor de servicio.

ABSTRACT

With the objective of designing a mixing system that fuses plastic bottle granules with chemical compounds with calcium carbonate, in order to determine the optimal process. The project not only focuses on the optimization of the mixing process to obtain recycled paper raw material, but also covers the integration of mechanical and electrical aspects. The aspiration is to provide a complete and sustainable solution for the reuse of plastics, addressing technical and ecological challenges.

Based on the specific requirements, calculations and comprehensive analysis, key decisions were made to ensure the functionality of the system. The most appropriate elements were carefully chosen. The strategy included the use of conveyors to homogeneously mix the components, thus optimizing process quality. In addition, a variable frequency drive was integrated to provide precise and optimal control over the machinery. This meticulous approach not only aims to meet the initial requirements, but also to improve the overall efficiency of the system, ensuring consistent and satisfactory performance.

Keywords: Frequency inverter, maximum stress, acceleration speed, electric current, strain stress, density, three-phase motor, service factor.

INTRODUCCION

En la era contemporánea, la sostenibilidad ambiental se ha convertido en un imperativo ineludible para la industria. En este contexto, la presente tesis aborda un enfoque innovador al explorar el diseño y la implementación de una máquina mezcladora que, no solo cumple con eficiencia en la producción, sino que también aborda de manera proactiva la problemática del impacto ambiental. El uso de gránulos PET como materia prima en este proceso no solo destaca la versatilidad de la maquinaria, sino que también subraya el compromiso con la reutilización y reciclaje de materiales, contribuyendo así a la sostenibilidad y reducción de la huella ecológica en la fabricación industrial. Este estudio se propone analizar y demostrar cómo la incorporación de tecnologías respetuosas con el medio ambiente puede ser un paso significativo hacia una producción más sostenible y responsable.

En el ámbito industrial, se encuentran diversas aplicaciones y procesos que demandan la combinación precisa de distintos componentes con porcentajes específicos. Este acto de amalgamar ingredientes individuales es crucial en la obtención de productos finales homogéneos y listos para usarlos, o sirve como materia prima fundamental para fases posteriores del proceso productivo. En este contexto, la mezcla de carbonato de calcio y gránulos de PET emerge como un área de investigación significativa, donde la búsqueda de eficiencia y calidad en la producción es esencial.

En este contexto, las máquinas mezcladoras juegan un papel fundamental. La tesis se centra en una perspectiva: una mezcladora de hélices diseñada para alcanzar una eficiencia notable, procesando hasta 30 kg/h. La importancia de este enfoque es optimizar la producción en cuanto a velocidad y rendimiento, y mejora los procesos industriales que involucran la mezcla de materiales.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En Ecuador, uno de los principales problemas asociados al mal uso del reciclaje de botellas es la falta de cultura, de separación de residuos y reciclaje en la población en general. Existen iniciativas de reciclaje de botellas en el país, la capacidad de recolección y procesamiento de residuos es limitado, lo que puede llevar a la acumulación de botellas en los vertederos o en el medio ambiente, generando problemas de contaminación.

El mal uso del reciclaje de botellas en Ecuador se debe principalmente a la falta de una cultura de separación de residuos, la limitada capacidad de recolección y procesamiento de residuos. Es importante implementar medidas para promover una cultura de reciclaje y mejorar la capacidad de recolección y procesamiento de residuos.

JUSTIFICACIÓN

Considerando el escaso nivel de conciencia sobre el reciclaje y la limitada reutilización de plásticos triturados, se decidió diseñar una máquina mezcladora de gránulos de plásticos con compuestos químicos que tienen como base principal el calcio que ayude a la reducción de residuos y la fabricación de nuevos productos, lo que sería beneficioso desde el punto de vista ambiental.

En la información publicada por la Empresa Pública Metropolitana de Aseo de Quito (EMASEO) [1], se menciona que posteriormente del proceso electoral del 2021 se recolectaron 430 toneladas de residuos sólidos, de las cuales un porcentaje mayor al 50% son botellas plásticas junto con sus derivados del plástico, donde los barrios que más producción de desechos plásticos son Calderón, Carapungo, Llano Chico y Pisulí al igual que en algunas zonas en el extremo sur del Distrito Metropolitanos De Quito.

Estos polímeros representan uno de los materiales que más tiempo requiere para degradarse en la naturaleza, lo que ocasiona su acumulación significativa en los vertederos y el entorno ambiental, generando un problema ambiental de gran magnitud. Para abordar esto, se ha dirigido la atención hacia los gránulos obtenidos con botellas plásticas trituradas. Estos gránulos se combinan posteriormente con carbonato de calcio, una mezcla que puede emplearse en la fabricación de papel ecológico. Este enfoque busca contribuir a la reducción del volumen de residuos plásticos y a simplificar su proceso de reciclaje.

La masa resultante podría utilizarse para crear papel a base de plástico, lo que contribuiría a reducir la cantidad de botellas plásticas y a aprovechar los recursos naturales. La combinación de compuestos químicos que tienen como base principal el calcio y gránulos de plástico puede ser utilizado para obtener una materia prima que abriría nuevas oportunidades de negocio y reduciría la necesidad de fabricar nuevos productos a partir de materiales vírgenes.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Diseñar un sistema mezclador de botellas plásticas PET trituradas para la obtención de materia prima de papel reciclado.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ❖ Analizar el proceso de mezcla mediante el método analítico entre gránulos de botellas plásticas con varios compuestos químicos que tienen como base principal el calcio para encontrar el proceso óptimo de las diferentes mezclas.
- ❖ Diseñar los elementos mecánicos, eléctricos y electrónicos del equipo con capacidad de al menos 30 kg/h haciendo uso de un software CAD para verificar su funcionamiento.
- ❖ Analizar el presupuesto de fabricación de la máquina mediante indicadores económicos que reflejen las proyecciones entre costos y beneficios para una posible implementación.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

En este capítulo, se concentra toda la base teórica que respalda el avance de la investigación sobre este tema. Se abordan las definiciones fundamentales relacionadas con el tratamiento del plástico PET, incluyendo su estructura química y sus características más destacadas. Se detallan las particularidades de diversos tipos de mezcladoras, lo que permite la selección más idónea para este proyecto. Finalmente, se presenta la formulación que será empleada para desarrollar cada componente de la máquina elegida.

1.1 Reciclaje

1.1.1 Definición

Torres et al. [2], demuestran cómo el reciclaje constituye un proceso mediante el cual ciertos productos son sometidos a una serie de procedimientos con el propósito de obtener insumos esenciales para la producción de alternativas en sus materias primas. Esta práctica se ha vuelto esencial para reducir el impacto en el medio ambiente de la sociedad moderna y contribuir a la sostenibilidad del planeta.

1.1.2 Beneficios ambientales

Martínez et al. [3] En su documento indica que la mayoría de los desechos del país ya se los crean con productos amigables con el medio ambiente, en este contexto las demandas aumentan en términos de rigurosidad de quienes consumen estos artículos por productos con menor impacto ambiental, por ello es más beneficioso crear productos que ayuden a la preservación y equilibrio ambiental.

En la Figura 1, que exhibe un diagrama obtenido de la investigación realizada por Martínez et al. [3], se muestra que, en la provincia de Imbabura, específicamente en Ibarra, se determinó que el 30% de los materiales recuperados corresponden a plásticos, el 24% a cartón, el 22% a papel, el 13% a chatarra, el 7% a vidrio y el 4% a otros materiales. Destaca que el 30% de plásticos es el que se valora con mayor importancia.

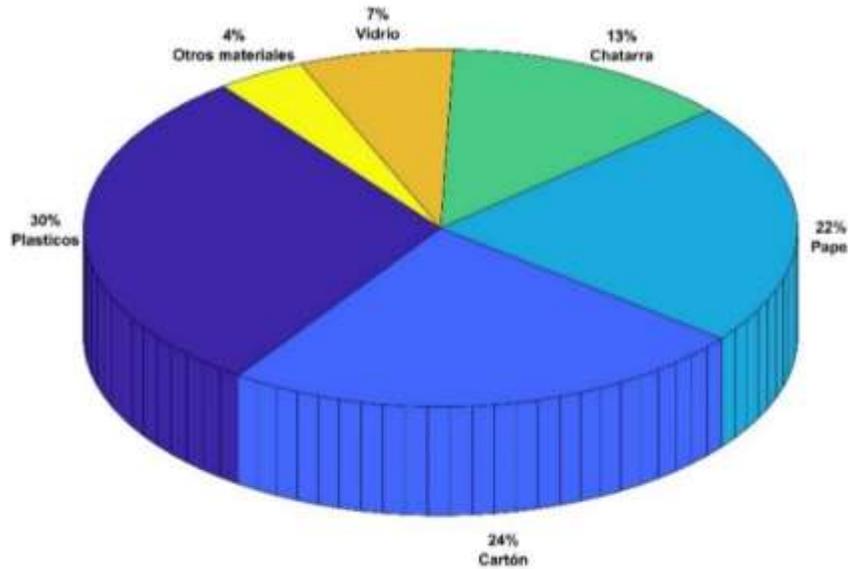


Figura 1. Porcentaje de materiales reciclados la ciudad de Ibarra [3].

1.1.3 Beneficios económicos del reciclaje

En el aspecto social en donde se toma en cuenta a los recicladores urbanos y sus diferentes cooperativas de recolección donde A. Pegels et al. [4], muestra que el reciclaje urbano ofrece el ingreso a trabajadores de bajo nivel de educación formal y a las personas sin trabajo formal y que esta disciplina no tiene un género específico ya que lo puede realizar tanto hombres como mujeres ya que gozan de las mismas oportunidades laborales en el ámbito del reciclaje.

En el caso de la recolección de esta información en Argentina, muestra que en este sector las mujeres ejercen este tipo de trabajo, el artículo detalla que, en recesión económica, recoger y vender material reciclable representa una opción importante para complementar los ingresos del hogar [4].

1.2 Plásticos PET (Polyethylene Terephthalate) y su impacto ambiental

1.2.1 Tipos de plásticos

En la Figura 2. Se observan los diversos tipos de plásticos que existen, así como sus respectivos usos y aplicaciones, desde el PET hasta el Bisfenol-A.



Figura 2. Tipos de plásticos [5].

1.3 Plástico PET

El polietilentereftalato, identificado comúnmente como PET, es un polímero altamente reutilizable por su estructura química. Según la investigación llevada a cabo por Roberto Nisticó [6], se explica que el plástico PET, en la industria del ensamblaje, constituye el 16 % del consumo de plástico en Europa. Este material tiene varias propiedades, como una alta resistencia y capacidad de reciclaje. El plástico PET es muy empleado en la industria para la producción de envases, textiles, etc.

En la Figura 3 se presenta un gráfico a lo largo de los años en relación con la producción de plástico en toneladas. En 2010, la producción de plástico es menor en comparación con 2018, donde se observa un crecimiento notable en comparación con años previos.

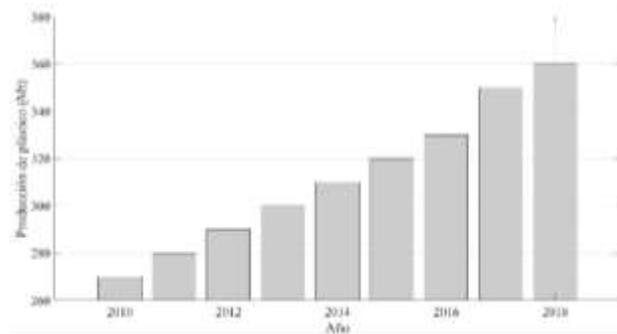


Figura 3. Producción de plástico en los últimos años [7].

1.4 Efectos negativos del plástico PET en el medio ambiente

En la investigación de CIEL y IPEN [6], se demuestra que, en todas las etapas de su ciclo vital, el plástico implica riesgos específicos para la salud humana, por la exposición a microplásticos y compuestos químicos vinculados. Esto se atribuye a la gran producción desmedida de plásticos.

Como los plásticos son extremadamente versátiles, se emplean en la mayoría de los productos que llegan a los ríos y mares, generando contaminación. Esto, a su vez, implica que los seres humanos estén en contacto con estos materiales, lo que puede dar lugar a un problema de salud a largo plazo, especialmente cuando se inhalan.

Todo esto se relaciona con el impacto negativo en la producción de plásticos. No obstante, es importante destacar que con el tiempo se han implementado diversas acciones y soluciones para reducir tanto la producción como el desecho de plásticos.

En la Figura 4 se muestra que no hay un solo lugar sin plástico en el Parque Nacional Galápagos, esto preocupa porque afecta a la flora y fauna autóctona de la región.



Figura 4. Contaminación plástica parque nacional Galápagos [8].

1.5 Propiedades del plástico PET

Las dos propiedades distintivas del plástico PET que se clasifican en mecánicas, físicas, químicas, térmicas, entre otras.

1.5.1 Propiedades mecánicas

En la Tabla 1 que se presenta a continuación se presentan los detalles principales del plástico PET, siendo la densidad tener un parámetro entre 1,34 a 1,39 g/cm³, Resistencia a la tensión

59 a 72 Mpa, Resistencia a la compresión 76 a 128 Mpa, Resistencia al impacto, Izod 0.01 a 0.04, J/mm y por último una dureza Rockwell M94 – M101.

Tabla 1. Propiedades mecánicas de plástico PET [9].

PROPIEDAD	VALOR	UNIDAD
Densidad	1,34 – 1.39	g/cm ³
Resistencia a la tensión	59 – 72	Mpa
Resistencia a la compresión	76 – 128	Mpa
Resistencia al impacto, Izod	0.01 – 0.04	J/mm
Dureza	Rockwell M94 – M101	-

1.5.2 Propiedades físicas

Las características físicas del PET se refieren a las condiciones normales del material, tal como se observa en la Tabla 2. En dicha tabla, se presentan algunas de las propiedades físicas del plástico PET, tales como su resistencia al calor, como además su resistencia dieléctrica, absorción de agua, calidad óptica, pero la más importante es la temperatura de fusión con una variación de 10 °C.

Tabla 2. Propiedades Físicas del plástico PET [9].

PROPIEDAD	VALOR	UNIDAD
Resistencia al calor	°C	80 – 120
Resistencia dieléctrica	V/mm	13780 – 15750
Constante dieléctrica (60 Hz)	3.65	-
Absorción de agua (24 h)	0.02	%
Velocidad de combustión	Consumo lento	mm/min
Calidad óptica	Transparente a opaco	-
Temperatura de fusión	244-254	°C

1.6 Proceso de reciclaje de botellas PET

1.6.1 Recolección

En la investigación de L. Chumpitaz et al. [10] indica que hay que considerar que para que el proceso de recolección sea efectivo, es crucial considerar y planificar las rutas de los camiones recolectores junto con su ergonomía y los métodos de trabajo que ejercen, comenta L. Chumpitaz et al. [10], que si se usara el método puerta a puerta se recolecta al menos el 50 % de botellas PET, pero no se recomienda para países en desarrollo que no instruyen a recicladores por esto se pone más atención y énfasis en estos países y se debe tener un modelo más fácil para que la población pueda aportar mejor a este proceso de recolección donde por la entrega de materiales reciclables PET exista un intercambio de dinero.

1.6.2 Clasificación

Según el proceso de García [11] afirma que en el área de clasificación es donde se encargan de realizar la separación manual las botellas de colores, diferentes envases y artículos distintos a las botellas PET, esto se realiza junto con la separación de tapas y etiquetas de los demás equipos porque de esta forma se aseguran de que solo pase material PET claro y libre de contaminación para las siguientes etapas.

1.6.3 Trituración

En esta etapa del proceso de reciclaje PET es donde se realiza el corte de botellas previamente clasificadas para convertirse en hojuelas con el proceso de triturado donde comúnmente se realiza en un molino.

En el proceso que detalla García [11], afirma que las botellas PET previamente clasificadas y las partes de tapas entran a través de la tolva de alimentación de un molino en donde el rotor que lleva varias cuchillas, corta y reducen las botellas de PET a hojuelas mediante trituración que es lo que se busca. Gracias a la potencia y velocidad de la máquina junto con la adecuada separación de sus cuchillas se llega a la obtención del tamaño deseado.

1.6.4 Lavado

García [11] informa que en la zona de lavado donde se tratan las hojuelas de PET son separadas de todas las impurezas con la única finalidad de que este material esté libre de toda sustancia extraña, para esto se utiliza un tanque de flotación donde se separan las hojuelas de PET, de

las tapas y la clasificación de etiquetas mediante diferencias de densidad que ayudan a visualizar más el material que se está buscando.

En el proceso descrito por García [11], afirma que se realiza primero el llenado del tanque utilizando agua reciclada, las hojuelas PET al tener mayor densidad, se sedimentan en el fondo del tanque en el cual se encuentra un anillo sin fin que este ayuda a sacarlas de tanque para su posterior tratamiento.

En el siguiente paso del tratamiento de lavado de las hojuelas PET, el ingreso a la lavadora centrífuga, donde se llena de igual manera con agua reciclada y posteriormente se da otro proceso de lavado de hojuelas que facilita su evacuación de materiales finos menores a 3 milímetros, como se muestra en la Figura 5.



Figura 5. Lavadora centrífugadora [11].

El último paso antes de pasar al secado es la entrada a un módulo de tratamiento caliente donde García [11] explica que las hojuelas de PET entran para ser nuevamente sometidas a un proceso de lavado con agua, detergente, y soda acústica con el fin de desprender los residuos de goma adheridos a las hojuelas PET, con la asistencia de un caldero que calienta el agua que está en el interior de un reactor a una temperatura de 90 °C como se puede observar en la figura 6.



Figura 6. Reactor [11].

1.6.5 Secado

En esta última área García [11] explica que las hojuelas de PET se secan mediante el uso de aire caliente forzado, esto se hace con el fin de eliminar cualquier residuo de humedad para luego pasar a la siguiente fase donde ingresa al dispositivo de escurrimiento para separar el agua que proviene de procesos anteriores donde se trata de quitar toda humedad o residuo líquido de las hojuelas PET.

Las hojuelas PET que entran al área de secado final se exponen a corrientes de aire caliente que proviene de un blower de aire que está conectado a un calentador eléctrico con la única finalidad de quitar en su totalidad la humedad de las hojuelas.

1.6.6 Tecnologías y equipos utilizados para la separación de botellas PET

El equipo más utilizado previo a la recolección de material PET es la separación de botellas, esto se realiza mediante la banda de clasificación que es un área donde los trabajadores realizan la separación manual de botellas de colores, envases (PVC, soplado) y otros objetos (metales y basura) luego de separar estos productos son separados en tulas diferentes según el trabajo de García [11].

1.7 Obtención de materia prima de papel reciclado

1.7.1 Recolección y clasificación de botellas PET reciclada

Según la Real Academia Española (RAE) [12], la recolección es la acción de recoger, reunir o juntar objetos, en este caso, las botellas PET recicladas para su posterior procesamiento.

Antes de esta acción, se realiza un proceso adicional, que es la clasificación. Según la RAE [13], la clasificación se describe como el acto de organizar o categorizar. En este paso, se procede a la clasificación del plástico según su tipo.

En la Figura 7 se muestra el proceso manual de recolección y clasificación de botellas plásticas PET. Esto ocurrió en el Distrito Metropolitano de Quito. El nombre del proyecto es "Reciclando en Comunidad", el cual logró recolectar 10,000 botellas plásticas PET.



Figura 7. Recolección y clasificación de botellas plásticas PET en el Distrito Metropolitano de Quito [14].

1.8 Carbonato de calcio

Dentro del estudio de Lui et al. [15], muestra que el carbonato de calcio constituye un compuesto químico, es un biomaterial mineral inorgánico abundante en biomineralización que cumple un papel fundamental en las ciencias de la vida y se ha utilizado en medicina regenerativa, administración de fármacos y en una amplia gama. En la ecuación (1) se muestra la fórmula química del carbonato de calcio.



1.8.1 Propiedades Físicas

Una de las características de mayor relevancia del carbonato de calcio que se muestra en la Tabla 3. En la investigación de Meza y Wu [16], muestra que la densidad, la cual presenta un rango que oscila entre 2,6 y 2,95 g/cm³. Asimismo, se destaca que su punto de fusión se sitúa a 825 °C. Además de estos aspectos, se examinan otras propiedades, tales como su apariencia, punto de ebullición, y su nivel de pH.

Tabla 3. Propiedades Físicas Del Carbonato De Calcio [16].

Propiedad	Valor	Unidades
Apariencia	Sólido blanco o transparente, inodoro e insípido	-
Densidad	2,6 a 2,95	g/cm ³
Punto de fusión	825	°C
Punto de ebullición	1339	°C
Ph	>12	-

1.8.2 Propiedades Químicas

Las características presentadas en la Tabla 4. En la investigación de Meza y Wu [16], muestra cuatro de los aspectos más fundamentales: el comportamiento ácido-base, que es básico; la solubilidad en agua, que es insoluble; y, por último, la solubilidad en ácido clorhídrico, que es soluble.

Tabla 4. Propiedades Químicas Del Carbonato De Calcio [16].

Propiedad	Descripción
Comportamiento ácido-base	Básico
Solubilidad en agua	Insoluble
Solubilidad en ácido clorhídrico	Soluble

1.9 Trituración y molienda

Trituración es una acción que sirve disminuir el tamaño o fragmentar objetos grandes hechos de material sólido, convirtiéndolos en piezas más pequeñas o reduciendo su volumen. Reddy y Raju [17].

La molienda es un proceso que reduce el volumen de sólidos de tamaño mediano para transformarlos en gránulos más pequeños que los obtenidos a través de la trituración. A

continuación, en la Figura 8, se observa la máquina que será la encargada de triturar el plástico para su posterior procesado.

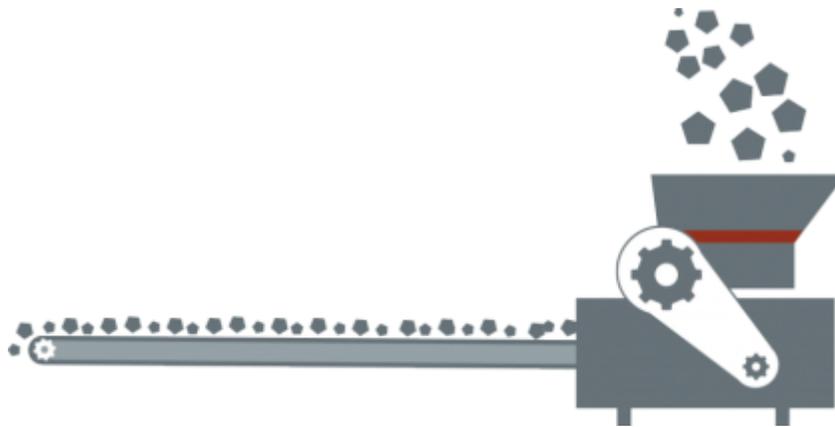


Figura 8. Máquina trituradora [18].

1.9.1 Mezclado

El plástico PET triturado se mezcla con Carbonato de Calcio y piedra, la cantidad de cada componente dependerá de las propiedades deseadas para el papel. Esto influirá en su resistencia y opacidad.

En la Figura 9 se presenta una máquina diseñada para llevar a cabo el proceso de mezcla, el cual consiste en combinar el plástico PET triturado, el carbonato de calcio y la piedra, con el fin de obtener una mezcla homogénea destinada a una aplicación futura.

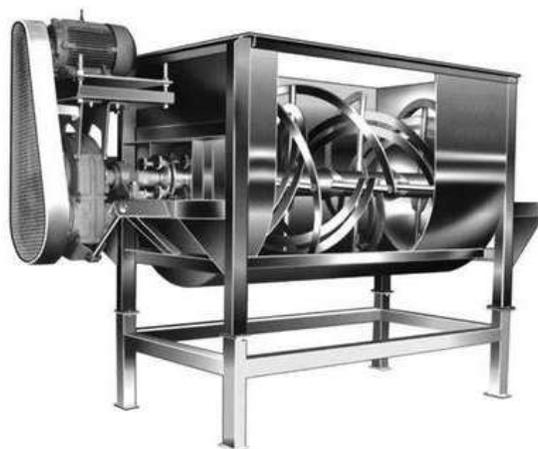


Figura 9. Máquina mezcladora [19].

1.9.2 Proceso de fundición

La mezcla de plástico PET, carbonato de calcio se somete a un proceso de fundición a alta temperatura, esta temperatura está aproximadamente entre 100 a 200 °C. Durante este proceso, los materiales se derriten y completamente para formar una pasta homogénea.

1.9.3 Formación de hojas de papel

La pasta obtenida se extiende en una malla filtrante. La malla filtrante ayuda a eliminar el exceso de agua y a formar una lámina de papel.

1.9.4 Secado

En esta etapa, la lámina de papel se seca en una prensa. La prensa aplica presión y calor a la lámina de papel, lo que ayuda a eliminar la humedad y a unir las fibras de plástico PET.

1.9.5 Corte

El proceso de corte en rollos se realiza con una máquina de corte de rodillos. Los rodillos cortan la lámina de papel en rollos de un tamaño determinado.

1.10 Homogeneidad de la mezcla

La uniformidad de la mezcla dependerá de la cantidad de proporción de cada compuesto en la investigación realizada por Giraud et al. [20], muestras que la homogeneidad microestructural aumenta según el tiempo de molienda durante los primeros 16 minutos de molienda, como también se investiga la evolución de la homogeneidad microestructural en función del tiempo de molienda para mejorar sus propiedades mecánicas.

1.11 La mezcladora, máquina principal del proceso de homogenización

Pérez [21] menciona que, para lograr una mezcla eficaz, es esencial que los componentes cumplan con ciertos estándares en términos de tamaño de partículas, densidad, humedad y otros aspectos. Estos requisitos del producto deben coincidir con las características específicas de la máquina mezcladora.

Para lograrlo se deben considerar algunos parámetros como las densidades de todos los componentes, para alcanzar un rendimiento óptimo, todas las granulometrías deben mantenerse dentro de un rango de tamaño específico, la humedad de los componentes puede influir positiva o negativamente en la homogeneidad. Además, es importante considerar la incorporación de líquidos en el proceso de mezclado o en una etapa separada.

Se debe considerar las especificaciones de la máquina mezcladora que se utilizará, ya que, dependiendo de sus características, se podrá alcanzar la homogeneidad deseada en el producto final.

1.12 Mezcladoras y Proceso de Mezclado

1.12.1 Mezclado

Rodríguez comenta que este proceso trata de una operación unitaria que implica la fusión, unión o mezcla de dos o más sustancias con el propósito de generar un producto o subproducto. El propósito principal es asegurar que cada unidad (ya sea partícula o molécula) de uno de los elementos tenga un alto grado de contacto con las unidades de los otros componentes involucrados en el proceso [22].

1.12.2 Mecanismos básicos de mezcla

La combinación de sólidos es generalmente vista como la producción de varios sistemas o mecanismos básicos para este fin como son:

❖ **Convección:**

La movilidad de productos o conjunto de partículas de un punto A hacia un punto B.

❖ **Difusión:**

El traslado de partículas individuales de un lugar a otro producido por la repartición de las partículas sobre la superficie que se acaba de crear.

❖ **Cizalla:**

La generación de planos sobre deslizamiento internos de la misma masa como resultado de grupos de partículas.

Para que se produzcan estos sistemas en los productos que influyen en la mezcla se deben considerar las dimensiones, configuración y densidad de la partícula, entre otras características relevantes que hacen que estos materiales tengan los mismos atributos superficiales y de flujo y con mucha fragilidad. Mientras mejor se cumplan los parámetros mencionados anterior mente es mucho más fácil que la mezcla sea más efectiva comenta Chalaca [23] en su investigación.

1.13 Importancia del mezclado

La consistencia en la cantidad de principio activo en varias formas de dosificación está directamente relacionada con el proceso de combinar sus elementos, de manera similar a

cómo la combinación de ingredientes con propiedades singulares en una fórmula específica no se encuentra en los ingredientes individualmente.

Para esto se debe tomar en cuenta la resistencia mecánica de los diferentes comprimidos que pueden afectar la duración del proceso en la mezcla, al igual que la diferencia en la biodisponibilidad de algunos activos que se administran en comprimidos que pueden afectar el proceso de mezclado [24].

1.14 Métodos de mezclado

Las técnicas de mezcla en la industria de alimentos balanceados se clasifican en lotes o por tandas y mezcla continua. Inicialmente, las técnicas de mezcla de manera continua se emplearon y se consideraron el estándar durante muchos años. Actualmente, los métodos de mezclado por lotes se han convertido en la referencia principal en la industria de alimentos balanceados. Esto se debe al aumento en la diversidad de ingredientes y micro ingredientes utilizados, así como a la ampliación de la gama de productos alimenticios generados.

Dentro del procedimiento continuo de mezclado, todos los ingredientes se incorporan simultáneamente en la mezcladora según proporciones predefinidas, mientras que en el método de mezclado por tandas implica la adición de cantidades específicas de cada componente con base en una fórmula, y se procede a combinar en secciones de tamaño determinado según detalla Pérez [21].

La creciente preferencia por los métodos de mezclado por tandas se justifica por varias ventajas significativas. Estos métodos son adaptables en niveles de fabricación más pequeños, permiten una distribución más exacta y son más versatilidad para realizar ajustes en la formulación, crucial en la producción de alimentos balanceados de alta calidad y personalizados para las necesidades nutricionales de los animales.

1.15 Influencia de los ingredientes en el mezclado

Algunos de los elementos que inciden en el procedimiento de mezcla son la densidad de las sustancias. Si los elementos de la combinación poseen densidades diferentes, se origina una movilidad diferencial que puede inducir la separación de los elementos dentro de la mezcla. Por ende, la disparidad de densidades entre los componentes disminuye la estabilidad de las

mezclas. La influencia de este factor es notoriamente evidente en la reducción del tamaño de las partículas, como se señala en el artículo de la Universidad de Sevilla[25].

Entre los diversos documentos consultados, se destaca la importancia de considerar distintos aspectos durante el proceso de mezclado, tales como las diferentes formas de funcionamiento, incluyendo el tamaño de la partícula, el peso específico o densidad, junto con su adhesividad, para lograr una mezcla adecuada.

1.16 Prevención de problemas en el mezclado

En el análisis que realiza J. Rodolfo et al. [26] informa que se deben realizar diferentes tipos de acciones para bajar el riesgo relacionado con el sistema de mezclas entre ellos es el de identificar y entender las fallas potenciales junto con las causas de sus efectos en el proceso de mezclado, priorizar la importancia de las fallas más relevantes y desarrollar planes de mantenimiento junto con la aplicación de controles de los diferentes sistemas de mezclado que incluye la máquina a ocupar. Parte de la evaluación del análisis del riesgo es que conduzca a una discusión en relación con el diseño de la mezcladora con los productos que se desea combinar.

1.17 Importancia de una mezcla homogénea para la calidad del papel

En otro estudio, publicado en la revista Cellulose en 2020, los investigadores analizaron el efecto de la mezcla homogénea en las propiedades ópticas del papel. Los resultados mostraron que el papel con una mezcla homogénea tenía una mayor blancura y opacidad que el papel con una mezcla heterogénea.

Además de las propiedades físicas y mecánicas, la mezcla homogénea también puede afectar las propiedades ópticas, el color y la resistencia al agua del papel. En general, una mezcla homogénea mejora la calidad del papel y lo hace más adecuado para usarse en varias aplicaciones.

1.18 Equipos de mezcla y agitación

1.18.1 Tipos de equipos de mezcla utilizados en la industria del reciclaje

BELGIS [27] menciona que dependiendo de los componentes o las diferentes sustancias que se van a mezclar, estas pueden ser de diferente tipo y que entre las más comunes están las mezclas homogéneas y las heterogéneas.

También manifiesta que, usualmente el consumo de energía eléctrica por parte de una mezcladora refleja de manera precisa el nivel de finalización de la mezcla, ya que se requiere una cantidad específica de energía para lograr la unión de las diversas partículas presentes en el recipiente.

Para un correcto diseño de una máquina mezcladora hay que considerar la forma del recipiente donde se realizará la mezcla, porque esto puede resultar muy útil al realizar la mezcla de los distintos componentes.

Pérez [21] comenta que existen varios tipos y métodos para mezclar, pero entre las más frecuentes están las mezcladoras verticales y horizontales, estos pueden ser de diferentes formas como de listones o de paletas, con el pasar del tiempo se ha elevado el uso de las mezcladoras de tambor giratorio con el fin de alimentos especializados entre estas está la mezcladora vertical que es la más usado en procesos de alimentos o mezclas pequeñas junto a dispositivos que requieren una producción menor. Entre estas mezcladoras hay uno o dos tornillos de hélice ascendente que suelen ser dos, que son estacionarios y rotatorios, y estos tornillos desplazan hacia arriba los componentes para el mezclado.

El mezclador Elicomix, que se muestra en la Figura 10 es de un diseño cónico y orientación vertical, es una herramienta altamente precisa para la mezcla de sólidos, adecuada para una amplia gama de productos con propiedades físicas similares. Este mezclador es especialmente eficiente en la mezcla de lotes de gran tamaño, ofreciendo ventajas como un reducido uso del espacio y un bajo consumo de energía como en el artículo de Bachiller 50 [29].



Figura 10. Mezcladora vertical[28].

Al igual que Jin y Shen [30] detalla en su artículo que los mezcladores de cintas horizontales con recipiente en forma de U se usa ampliamente para mezclar partículas no esféricas pero faltan diferentes características precisas de diferentes morfologías de las partículas y el esclarecimiento en profundidad de los mecanismos de mezcla como es en el caso de las mezcladoras horizontales de doble listón como se puede observar en la Figura 11 donde se ve que es especialmente útil con elementos secos y fácilmente movibles. Su operación se fundamenta en dos espirales de listones internos y externos, los que ayudan a movilizar los diferentes ingredientes de un extremo al otro mientras lo revuelve.

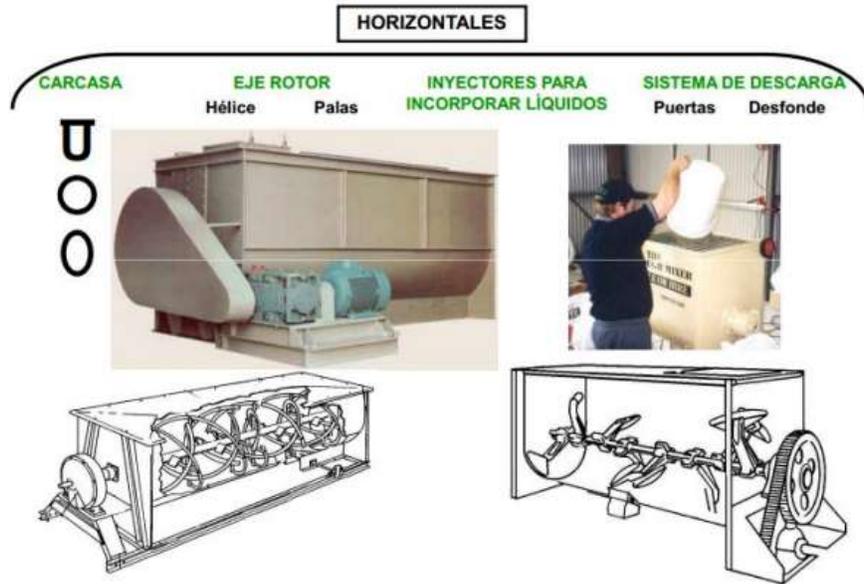


Figura 11. Mezcladora horizontal [21].

La mayoría de las mezcladoras horizontales suelen ser fijas, aunque es viable hacerlas móviles, aunque esto suele aumentar su costo. Por lo general, son más costosas que las mezcladoras verticales, ya que requieren componentes más duros. Sin embargo, presentan la capacidad de tener un desgaste más gradual en contraste con las mezcladoras verticales, lo que reduce el gasto de producción anual. Además, las mezcladoras horizontales se pueden utilizar para introducir cantidades controladas de líquidos en el proceso.

1.19 Diseño

Diseñar es un proceso por el que se realizan actividades para cumplir las necesidades y satisfacer problemas específicos. El diseño implica la combinación de elementos técnicos, estéticos, operativos, ergonomía, sostenibilidad, costos, etc.

Para alcanzar los requisitos del usuario o cliente, el proceso de diseño se divide según el tipo de proyecto que se lleva a cabo, el diseño se comprende las siguientes etapas: Investigación, Conceptualización, Diseño preliminar, Desarrollo, Pruebas y revisión, Implementación y Evaluación.

1.19.1 Fases de diseño

En la Figura 12 se muestran las fases de diseño, las cuales representan el ciclo de vida de un proyecto. Se ha determinado realizar cinco procesos para desarrollar un proyecto.

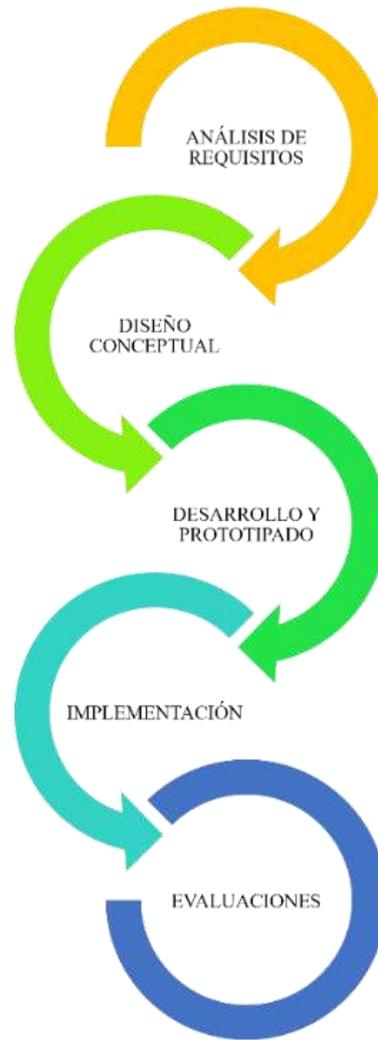


Figura 12. Fases de diseño.

En primer lugar, se encuentra el análisis de requisitos, que aborda las necesidades del cliente, las especificaciones técnicas, las normas, entre otros. Después, se realiza el diseño conceptual, elaborado según los requerimientos del cliente. A continuación, en la fase de desarrollo y prototipo, se crea una primera versión del proyecto basada en el diseño conceptual; en esta etapa, se somete a pruebas de funcionamiento. Tras el desarrollo, se procede a la implementación, donde se realizan ajustes fundamentados en las pruebas del prototipo. Se llevan a cabo evaluaciones de seguimiento a lo largo del tiempo.

1.20 Consideraciones de Diseño

Las consideraciones de diseño para una máquina mezcladora deben tener en cuenta las características del producto, como el tipo de grano y la densidad, asegurando su funcionalidad

óptima. Según la investigación de Chalaca [23], es crucial entender las restricciones físicas durante la construcción del sistema, incluyendo el espacio de instalación, la altura y el entorno de operación.

En el estudio de Jim y Shen Shen [30], se revela una relación constante entre la velocidad de agitación, la dispersión de partículas en la velocidad y la fuerza de contacto perpendicular, la cual está coherentemente vinculada con la relación de aspecto, sugiriendo posibles conexiones entre estos factores y la forma de las partículas. Durante el análisis, se llevaron a cabo pruebas con una máquina cuyas especificaciones detalladas se encuentran en la Tabla 5, abordando las configuraciones de la máquina, así como las propiedades, dimensiones de partícula y densidades del material.

Tabla 5. Propiedades del material y del modelo [30].

Parámetro	Valor
Diámetro del recipiente	432 mm
Eslora del barco	970 mm
Altura del recipiente	648 mm
Paso de la hoja	484 mm
Ángulo de ataque de la hoja	45 °, 135°
Diámetro del eje	31,75 mm
Diámetro equivalente de una partícula	15 mm
Densidad de partícula	417 kg/m ³
Velocidad de rotación	100 rpm
Nivel de llenado	40 %
El módulo de Young	1108 N/m ²
el coeficiente de Poisson	0,29
Coeficientes de amortiguación	0,3
Coeficiente de fricción por deslizamiento	0,3
Coeficiente de fricción de rodadura	0,002

En el proceso de diseño de la máquina, se tomaron en cuenta varias consideraciones, tal como se detallan a continuación:

- ❖ Materiales de Construcción.

- ❖ Diseño del Recipiente.
- ❖ Sistema de Mezcla.
- ❖ Potencia del Motor.
- ❖ Sistemas de Transmisión.
- ❖ Sistema de Control.
- ❖ Seguridad.
- ❖ Facilidad de Mantenimiento.
- ❖ Drenaje y Limpieza.

CAPÍTULO II

ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS

En este capítulo se presentan el análisis de las alternativas para el diseño del proyecto, de las cuales se selecciona la opción más viable con el objetivo de satisfacer las necesidades del proyecto.

2.1 Alternativa 1: Mezcladora de Cintas

La mezcladora de cintas representada en la Figura 13, este tipo de máquina está constituido por un motor, el sistema de transmisión, y este está conectado a un eje. La mezcladora se llama así porque en su eje hay cintas helicoidales unidas mediante uniones soldadas al eje, encargadas de agitación de los productos. Gracias a su forma en U, se obtiene una mezcla de manera eficiente y homogénea.



Figura 13. Mezcladora de cintas [31].

Ventajas:

- Homogeneidad de la mezcla.
- Vasto campo de aplicaciones como en la industria alimenticia, química, papelera entre otras.
- La limpieza es más sencilla gracias a su forma.
- Fácil manipulación del operador.

Desventajas:

- Las dimensiones de la máquina son un impedimento para colocar en cualquier lugar.
- Mantenimientos periódicos.
- Elevados costos de adquisición.
- Calibraciones anuales.
- Consumo energético elevado.

2.2 Alternativa 2: Mezcladora de Paletas

La Mezcladora por paletas cuenta con un motor y un sistema de transmisión conectado desde el motor hacia el eje, que será el encargado de moverlo. En el eje hay un mecanismo de paletas distribuidas para obtener una mezcla homogénea de los materiales que están en el tambor de la máquina.

Este tipo de mezcladora presenta ventajas y desventajas, como se muestra en la siguiente Figura 14.



Figura 14. Mezcladora de paletas [31].

Ventajas

- Mezcla diferentes materiales con diferentes volúmenes y viscosidades.
- Fácil limpieza.
- Fácil operatividad.

Desventajas

- Costo de adquisición más elevado.
- Calibraciones anuales.
- Mantenimientos periódicos.

- Zonas en las que no se realicen un óptimo proceso de mezclado.
- Consumo mayor de energía con el objetivo de obtener un proceso óptimo de mezcla.

2.3 Alternativa 3: Mezcladoras de Doble Cono

La mezcladora de doble cono que se presenta en la Figura 15, en comparación con las mezcladoras de cintas y las mezcladoras de paletas, realiza movimientos circulares en todo el cono. Este tipo de máquina utiliza la gravedad para el mezclado. A diferencia de las otras, esta máquina no puede mezclar productos que contengan humedad. Los componentes principales que forman la máquina son el motor, el sistema de transmisión y, en este caso, la forma es muy importante para esta máquina.



Figura 15. Mezcladora de doble cono [32].

Ventajas

- Procesos de descarga del material mezclado es más eficiente por su forma.
- Tiempo de mezcla es más rápido.
- Menor consumo energético.

Desventajas

- No es posible mezclar materiales viscosos.
- Costo de adquisición elevado a comparación de las otras mezcladoras.

2.4 Estudio de mercado

Para este estudio de mercado se tomó como referencia la empresa “Smart Batching” que su principal función es la de crear soluciones de mezclas personalizadas para distintos negocios de acuerdo con la información proporcionada en la Tabla 6.

Tabla 6. Estudio de mercado[33].

Características	Mezcladora de cintas	Mezcladora de doble cono	Mezcladora de paletas
Capacidad Total (Litros)	100	45	45
Capacidad de trabajo (Litros)	40-60	20	30
Potencia (KW)	2.2	0.55	0.75
Velocidad (RPM)	80	850	81

En relación con la empresa, se centra la atención en tres máquinas y sus respectivas características. Entre las opciones seleccionadas de dicha empresa, se encuentran:

La Mezcladora de cinta se presenta en la Figura 16, donde se puede observar la capacidad de dicha máquina y las diversas especificaciones que gestiona la empresa "Smart Batching".

Model	Total capacity (liter)	Useful capacity (liter)	Power (*) (kW)	RPM	L (mm)	W (mm)	H (mm)	Outlet (**) (mm)	Weight (kg)
PRB-100	100	40-60	2.2	80	1,250	840	613	80x80	250
PRB-300	300	120-180	4	72	1,630	1,005	1,015	250x80	600
PRB-500	500	200-300	5.5	65	2,030	1,175	1,140	360x120	850
PRB-1000	1,000	400-600	11	50	2,460	1,455	1,375	360x120	1,300
PRB-2000	2,000	800-1,200	18.5	38	3,050	1,710	1,545	360x120	2,300
PRB-3000	3,000	1,200-1,800	22	35	3,500	1,865	1,680	360x120	3,300
PRB-4000	4,000	1,600-2,400	22	35	3,870	1,985	1,821	500x120	3,600
PRB-5000	5,000	2,000-3,000	30	30	4,090	2,062	1,945	500x120	4,620
PRB-6000	6,000	2,400-3,600	37	27	4,250	1,802	2,380	500x120	5,300

Figura 16. Especificaciones de mezcladora de cinta [33].

Se utilizan los detalles para la mezcladora de cono doble, donde en la Figura 17 se pueden observar las especificaciones según el modelo y la capacidad. Este análisis minucioso se realiza para seleccionar la configuración mejor acorde al modelo.

Model	Total, Liter	Working, Liter	Power, kW	Length, mm	Width, mm	Height, mm	Operation Height, mm
PDC-5	5	3	0.25	800	500	660	750
PDC-15	15	7	0.37	600	430	1,265	1,335
PDC-45	45	20	0.55	850	620	1,540	1,650
PDC-100	100	50	0.75	1,100	810	1,620	1,950
PDC-200	200	100	1.1	1,400	1,020	2,100	2,280
PDC-300	300	150	1.5	1,600	1,160	2,320	2,530
PDC-500	500	250	2.2	1,830	1,070	2,600	2,600
PDC-700	700	350	3	1,820	1,200	2,770	2,770

Figura 17. Especificaciones de mezcladora de cono doble [33].

Se profundiza en la evaluación de la mezcladora de paletas, donde se aprecian detalladamente similitudes con la mezcladora de cono doble, tal como lo evidencia la minuciosa observación de la Figura 18.

Model	Total capacity (liter)	Working capacity (liter)	Power (*) (kW)	Speed (rpm)	L1 (mm)	L (mm)	W (mm)	H1 (**)(mm)	H (***)(mm)
PTP-5L	5	3	1.1	0-582	180	800	500	-	-
PTP-10L	10	7	1.1	0-582	200	900	500	-	-
PTP-45	45	30	0.75	81	480	900	550	450	950
PTP-70	70	45	0.75	69	580	1,050	600	450	970
PTP-100	100	70	1.1	60	660	1,100	610	450	1,020
PTP-200	200	140	1.5	53	890	1,400	730	500	1,180
PTP-300	300	210	2.2	51	970	1,550	850	500	1,300
PTP-500	500	350	4	45	1,250	2,000	950	500	1,400
PTP-750	750	500	5.5	45	1,500	2,250	1,100	600	1,600

Figura 18. Especificaciones de mezcladora de paletas [33].

2.5 Análisis cuantitativo

En la Tabla 7. Se muestra cómo se realizará la evaluación para determinar los aspectos más indispensables para elaborar el proyecto.

Tabla 7. Criterios de Evaluación.

Parámetros	Rangos		
	0-3	4-7	8-10
Costo	Elevado	Normal	Bajo
Facilidad de operación	Difícil	Normal	Fácil
Existencia de materiales en el mercado	Limitado	Normal	Basto
Facilidad de montaje	Difícil	Normal	Fácil
Seguridad	Inseguro	Normal	Seguro
Mantenimiento	Difícil	Normal	Fácil
Vida útil de la máquina	Corta	Normal	Larga

A continuación, se presenta la Tabla 8. En la que se califican los parámetros de acuerdo con la ponderación de la Tabla 7, conforme al análisis de los requisitos. Para el proyecto, la opción más recomendable es la alternativa 1, que consiste en mezclador de por cintas, con una calificación de 9.3, marcando una diferencia significativa con respecto a las otras dos alternativas.

Tabla 8. Calificación de los Parámetros.

Parámetros	Alternativa 1			Alternativa 2			Alternativa 3		
	0,2	9	1,8	0,2	9	1,8	0,2	3	0,6
Costo	0,2	9	1,8	0,2	9	1,8	0,2	3	0,6
Facilidad de operación	0,1	10	1	0,1	8	0,8	0,1	8	0,8
Existencia de materiales en el mercado	0,1	9	0,9	0,1	8	0,8	0,1	7	0,7
Facilidad de montaje	0,1	9	0,9	0,1	8	0,8	0,1	5	0,5
Seguridad	0,2	9	1,8	0,2	9	1,8	0,2	9	1,8
Mantenimiento	0,1	9	0,9	0,1	9	0,9	0,1	9	0,9
Vida útil de la máquina	0,2	10	2	0,2	8	1,6	0,2	8	0,8
TOTAL			9,3			8,5			6,9

En la Tabla 8 se presentan los parámetros y rangos con los que se analizará técnicamente para determinar los aspectos más indispensables para elaborar el proyecto.

Tabla 9. Criterios de Evaluación.

Parámetros	Rangos		
	0-3	4-7	8-10
Capacidad y Volumen	Baja	Normal	Alta
Velocidad de Mezcla	Baja	Normal	Alta
Facilidad de Montaje	Difícil	Normal	Fácil
Consumo de Energía	Elevado	Normal	Bajo
Homogeneidad de la Mezcla	Baja	Normal	Alta
Facilidad de Operación	Difícil	Normal	Fácil
Mantenimiento	Difícil	Normal	Fácil
Vida útil de la Máquina	Corta	Normal	Larga

En la Tabla 10, se describen los parámetros técnicos más importantes, evaluados en comparación con los establecidos en la Tabla 9. Los aspectos destacados incluyen la homogeneidad y el consumo de energía. Después de analizar los datos de ambas tablas, se llega a la conclusión de que la Alternativa 1 es la opción óptima para el proyecto, ya que obtiene la mayor puntuación de 8,25 sobre 10, indicando así su idoneidad para el proyecto.

Tabla 10. Evaluación de acuerdo con los parámetros técnicos.

Parámetros	Alternativa 1			Alternativa 2			Alternativa 3		
	0,15	9	1,35	0,1	9	0,9	0,1	9	0,9
Capacidad y Volumen	0,15	9	1,35	0,1	9	0,9	0,1	9	0,9
Velocidad de Mezcla	0,1	7	0,7	0,1	7	0,7	0,1	9	0,9
Facilidad de Montaje	0,05	8	0,4	0,05	7	0,35	0,05	5	0,25
Consumo de Energía	0,2	7	1,4	0,2	7	1,4	0,2	8	1,6
Homogeneidad de la Mezcla	0,2	8	1,6	0,2	6	1,2	0,2	8	1,6
Facilidad de Operación	0,1	9	0,9	0,05	8	0,4	0,05	7	0,35
Mantenimiento	0,1	9	0,9	0,1	8	0,8	0,1	7	0,7
Vida útil de la Máquina	0,1	10	1	0,1	8	0,8	0,1	8	0,8
TOTAL			8,25			6,55			7,1

2.6 Selección de materiales

A continuación, se presenta el proceso de elección de los materiales indispensables para la máquina.

2.6.1 Selección del motor

En la Tabla 11 se muestra dos alternativas más adecuadas para llevar a cabo el movimiento en nuestra mezcladora. En ella se presentan las características más relevantes para una selección apropiada.

Tabla 11. Características del motor monofásico y motor trifásico.

Característica	Motor monofásico	Motor trifásico
Alimentación eléctrica	Monofásica (220V)	Trifásica (380V)
Tipo de arranque	Arranque por condensador	Arranque directo o por autotransformador
Par de arranque	Bajo	Alto
Velocidad	Constante	Variable (mediante variador de frecuencia)
Eficiencia	Menor (60-70%)	Mayor (85-90%)
Coste	Más económico	Más costoso
Mantenimiento	Menor	Mayor
Factor de potencia	Bajo (0.5-0.7)	Alto (0.8-0.9)
Ruido	Más ruidoso	Menos ruidoso
Vibraciones	Más vibraciones	Menos vibraciones
Protección	Protección térmica	Protección térmica y contra sobre corrientes
Regulación de velocidad	Posible mediante variador de frecuencia (más costoso)	Fácilmente regulable mediante variador de frecuencia
Aplicaciones	Electrodomésticos, herramientas portátiles, maquinaria ligera	Industria, maquinaria pesada, bombas, ventiladores

La evaluación de los parámetros será realizada mediante el análisis detallado de la Tabla 12, donde se presenta el motor monofásico como alternativa 1 y el motor trifásico como alternativa 2. Estas dos opciones serán examinadas con determinación en el contexto de esta investigación.

Tabla 12. Ponderación para la lección del motor.

Parámetros	Rangos		
	0-3	4-7	8-10
Par de arranque	Bajo	Normal	Alto
Velocidad	Bajo	Normal	Alto
Costo	Alto	Normal	Bajo
Protección	Bajo	Normal	Alto
Aplicaciones	Bajo	Normal	Alto
Regulación de velocidad	Bajo	Normal	Alto
Ruido	Alto	Normal	Bajo

Como se puede observar en la Tabla 13, se analizaron las dos alternativas de acuerdo con los parámetros establecidos para el proyecto, dando como ganadora a la Alternativa 2 con una ponderación de 9.2 sobre 10 sabiendo así que es la mejor opción en nuestra máquina mezcladora.

Tabla 13. Evaluación de parámetros para motores.

Parámetros	Alternativa 1			Alternativa 2		
Par de arranque	0.2	9	1.8	0.2	9	1.8
Velocidad	0.1	10	0.8	0.1	8	1
Costo	0.1	9	0.8	0.1	8	0.8
Protección	0.1	9	0.9	0.1	8	0.9
Aplicaciones	0.2	9	1.8	0.2	9	1.8
Regulación de velocidad	0.1	9	0.9	0.1	9	0.9
Ruido	0.2	10	1.6	0.2	8	2
TOTAL			8.6			9.2

2.6.2 Selección material de la estructura

Como se indica en la Figura 19. Se presentan los límites introducidos en el software CES Edupack, que incluyen la relación precio-resistencia a la fluencia, el costo absoluto, la densidad y la capacidad del material para someterse a diversos tipos de mecanizado o

conformado. Estos criterios se consideraron esenciales para evaluar y comparar las opciones disponibles, asegurando así una elección óptima del material en el contexto de la ingeniería abordada en la presente tesis.

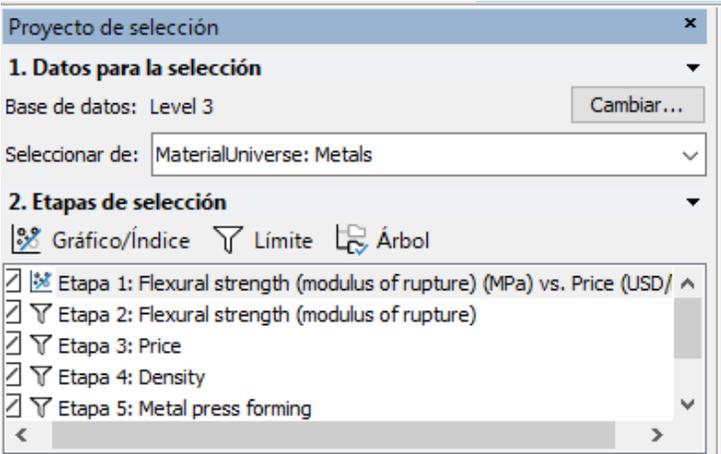


Figura 19. Limites CES Edupack.

Se han identificado dos opciones: el ASTM A36 y el ASTM A500. Estos materiales se usan en la construcción de estructuras para maquinaria industrial, como se ilustra en la Figura 20.

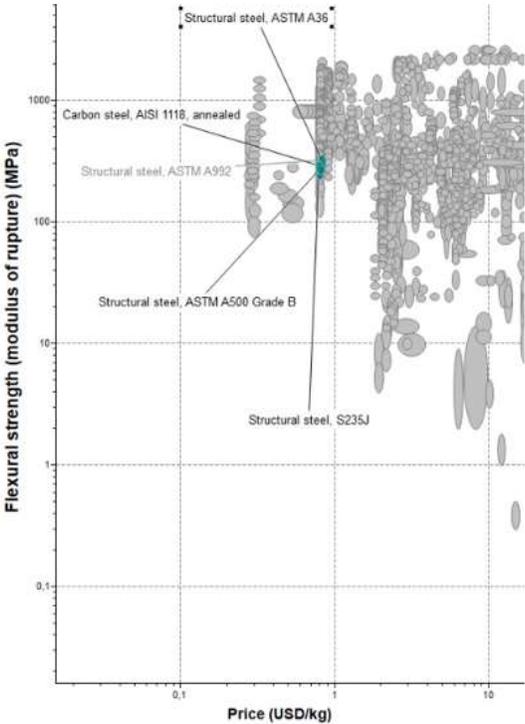


Figura 20. Selección de material en CES Edupack.

Conforme se presenta en la Tabla 14, se detalla la ponderación utilizada en la selección del material.

Tabla 14. Ponderación para la lección del material.

Parámetros	Rangos		
	0-3	4-7	8-10
Costo	Elevado	Normal	Bajo
Existencia de materiales en el mercado	Limitado	Normal	Basto
Facilidad de Operación de Mecanizado	Difícil	Normal	Fácil

Tras llevar a cabo una evaluación, según se evidencia en la Tabla 15, se opta por seleccionar el ASTM A36 como la Alternativa 1. Este material se elige debido a su mayor disponibilidad en el mercado, lo cual se traduce en costos de adquisición más bajos, generando así una mayor rentabilidad.

Tabla 15. Evaluación de parámetros para la estructura.

Parámetros	Alternativa 1			Alternativa 2		
	Costo	0,4	9	3,6	0,4	7
Existencia de Materiales en el Mercado	0,2	7	1,4	0,2	7	1,4
Facilidad de Operación de Mecanizado	0,4	8	3,2	0,4	8	3,2
TOTAL			8,2			7,4

2.6.3 Selección del material del eje de transmisión

En el proceso de selección, se decidió utilizar el software CES Edupack, Los aspectos evaluados abarcaron la relación entre el precio y la resistencia a la fluencia, el costo total, la densidad y la capacidad del material para someterse a diferentes procesos de mecanizado o conformado. Estos criterios se consideraron esenciales para realizar una evaluación y comparación efectivas de las opciones disponibles, garantizando así la elección más adecuada del material dentro del ámbito de la ingeniería abordada en este trabajo de titulación.

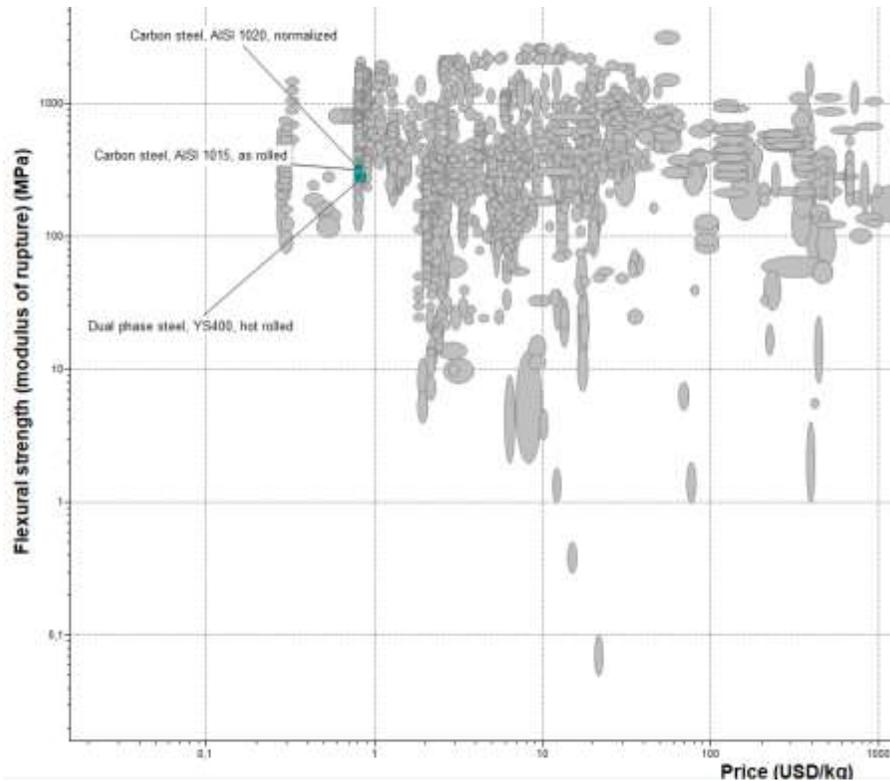


Figura 21. Selección de material en CES Edupack.

Según se presenta en la Figura 21, los materiales recomendados por el sistema, como el AISI 1015 y el AISI 1020, no se encuentran disponibles en el mercado. Por esta razón, se optó por utilizar acero AISI 1018 para la fabricación, ya que es un material más comercialmente accesible. Es importante destacar esta elección, ya que se ajusta a las limitaciones de disponibilidad del mercado sin comprometer significativamente las propiedades deseadas para el proyecto.

2.6.4 Selección del controlador

La Tabla 16 presenta las características esenciales de tres alternativas para controlar la velocidad del motor en el diseño de una máquina mezcladora. Se han evaluado un PLC Logo, un Arduino Uno y un variador de velocidad, proporcionando información valiosa para la selección adecuada de componentes. Este análisis contribuye significativamente al desarrollo de la máquina mezcladora al destacar las opciones disponibles y sus capacidades de control de velocidad.

Tabla 16. Comparación de PLC LOGO y PLC Siemens S7-1200.

Característica	PLC Logo	Arduino Uno	Variador de Velocidad
Función principal	Control de procesos industriales	Desarrollo de proyectos electrónicos	Control de la velocidad de motores eléctricos
Programación	Lenguaje de escalera (LD)	Lenguaje C/C++	Parámetros predefinidos o software específico
Entradas/Salidas	Digitales y analógicas	Digitales y analógicas	Analógicas (voltaje o corriente)
Comunicación	RS-232, RS-485, Ethernet	USB, Bluetooth, Wifi	RS-485, Modbus
Precio	Rango medio	Bajo	Rango medio a alto
Complejidad	Baja a media	Media a alta	Baja
Aplicaciones	Automatización industrial, control de máquinas	Prototipado, electrónica DIY, robótica	Control de bombas, ventiladores, cintas transportadoras, etc.

La evaluación de los parámetros se llevará a cabo mediante el análisis detallado de la Tabla 17, que presenta al PLC LOGO como Alternativa 1, el Arduino Uno como Alternativa 2 y el variador de frecuencia como Alternativa 3. Estas opciones serán minuciosamente examinadas para determinar la elección más apropiada en el contexto de la investigación.

Tabla 17. Parámetros de ponderación del controlador.

Parámetros	Rangos		
	0-3	4-7	8-10
Tipo de control	Bajo	Normal	Alto
Aplicaciones	Bajo	Normal	Alto
Capacidad de In/OUT	Bajo	Normal	Alto
Rendimiento	Bajo	Normal	Alto
Costo	Elevado	Normal	Bajo
Robustez	Bajo	Normal	Alto
Facilidad de programación	Bajo	Normal	Alto
Integración con otros sistemas	Bajo	Normal	Alto

Como se puede observar en la Tabla 18, se analizaron las dos alternativas de acuerdo con los parámetros establecidos para el proyecto, dando como ganadora a la Alternativa 3 con una ponderación de 8.5 sobre 10.

Tabla 18. Análisis del Tipo de controlador.

Parámetros	Alternativa 1			Alternativa 2			Alternativa 3		
Tipo de control	0,15	9	1,35	0,15	9	1,35	0,15	9	1,35
Aplicaciones	0,1	7	0,7	0,1	8	0,8	0,1	8	0,8
Capacidad de In/OUT	0,15	7	1,05	0,15	7	1,05	0,15	8	1,2
Rendimiento	0,1	7	0,7	0,1	5	0,5	0,1	9	0,9
Costo	0,2	9	1,8	0,2	9	1,8	0,2	8	1,6
Robustez	0,15	8	1,2	0,15	2	0,3	0,15	9	1,35
Facilidad de programación	0,1	9	0,9	0,1	9	0,9	0,1	9	0,9
Integración con otros sistemas	0,05	7	0,35	0,05	8	0,4	0,05	8	0,4
TOTAL			8,05			7,1			8,5

2.6.5 Selección de transmisión

En el proyecto, se introducen tres sistemas de transmisión de movimiento: la transmisión por bandas, la por cadena y la de piñones. En la Tabla 19 se detallan las características de estos sistemas de transmisión para proporcionar un análisis comparativo y respaldar la toma de decisiones.

Tabla 19. Características de los sistemas de transmisión.

Característica	Caja Reductora	Transmisión por cadenas	Transmisión por piñones
Principio de funcionamiento	Fricción	Engranajes	Engranajes
Tipo de acoplamiento	Elástico	Rígido	Rígido
Relación de transmisión	Fija	Fija	Fija
Potencia transmitida	Media	Alta	Alta
Eficiencia	Buena	Buena	Buena
Ruido	Bajo	Medio	Medio
Mantenimiento	Bajo	Medio	Medio
Costo	Bajo	Medio	Medio
Aplicaciones	Máquinas ligeras, electrodomésticos, automóviles	Máquinas pesadas, maquinaria industrial	Máquinas industriales, maquinaria agrícola

El análisis de los parámetros se evaluará según los criterios establecidos en la Tabla 20, como se indica claramente en la misma.

Tabla 20. Ponderación del análisis de tipo de transmisión.

Parámetros	Rangos		
	0-3	4-7	8-10
Transmisión	Bajo	Normal	Alto
Elementos de contacto	Bajo	Normal	Alto
Mantenimiento	Bajo	Normal	Alto
Vida útil	Bajo	Normal	Alto
Ruido	Alto	Normal	Bajo
Velocidad	Bajo	Normal	Alto
Costo	Elevado	Normal	Alto
Tolerancia	Bajo	Normal	Alto
Aplicaciones	Bajo	Normal	Alto

La Tabla 21, que muestra que la Alternativa 1 es la más favorable para el proyecto, siendo el motor reductor una alternativa útil y obteniendo un puntaje de 8,5 sobre 10. Este puntaje es significativamente mayor en comparación con las demás alternativas.

Tabla 21. Análisis de los sistemas de transmisión.

Parámetros	Alternativa 1			Alternativa 2			Alternativa 3		
Transmisión	0.1	9	0.9	0.1	8	0.8	0.1	7	0.7
Elementos de contacto	0.05	8	0.4	0.1	8	0.4	0.1	9	0.5
Mantenimiento	0.05	8	0.4	0.1	9	0.5	0.1	9	0.5
Vida útil	0.1	9	0.9	0.1	9	0.9	0.1	9	0.9
Ruido	0.2	8	1.6	0.2	6	1.2	0.2	6	1.2
Velocidad	0.1	7	0.7	0.1	8	0.8	0.1	8	0.8
Costo	0.2	9	1.8	0.2	7	1.4	0.2	7	1.4
Tolerancia	0.15	9	1.4	0.2	8	1.2	0.2	7	1.1
Aplicaciones	0.05	8	0.4	0.1	8	0.4	0.1	8	0.4
TOTAL			8.5			7.6			7.4

CAPÍTULO III

DISEÑO Y MODELADO

Este capítulo establece el diseño y los cálculos necesarios para el modelado CAD del sistema mezclador.

3.1 Porcentaje de mezcla

Para determinar el porcentaje de mezcla, se optó por emplear dos tipos de compuestos: carbonato de calcio y óxido de calcio. Como se presenta en la Tabla 22, se detallan los porcentajes de carbonato de calcio y plástico PET, analizados mediante el método experimental.

Tabla 22. Porcentajes de mezcla de carbonato de calcio y plástico PET.

Porcentaje de <i>carbonato de calcio</i>	Porcentaje de plástico PET	Peso de <i>carbonato de calcio</i> [g]	Peso de plástico PET [g]
20%	80%	20	80
50%	50%	50	50
60%	40%	60	40

Este proceso se realizó con el óxido de calcio y el Plástico PET, como se presenta en la Tabla 23, se detallan los porcentajes de óxido de calcio y plástico PET, analizados mediante el método experimental.

Tabla 23. Porcentajes de mezcla de óxido de calcio y plástico PET.

Porcentaje de óxido de calcio	Porcentaje de plástico PET	Peso de óxido de calcio [g]	Peso de plástico PET [g]
20%	80%	20	80
50%	50%	50	50
60%	40%	60	40

Los resultados de las proporciones de mezcla se colocaron en un vaso de precipitación, que luego se sometieron a un mechero durante 10 minutos. Luego, se compactan; este proceso se llevó a cabo para todas las mezclas de carbonato de calcio y óxido de calcio.

En la Figura 22 se muestran los resultados de la mezcla analizada, donde el carbonato de calcio y el plástico PET triturado tienen las siguientes proporciones: a) 20-80%, b) 50-50%, c) 60-40%, mientras que d), e) y f) son con óxido de calcio y plástico PET triturado en las mismas proporciones que el primer experimento.

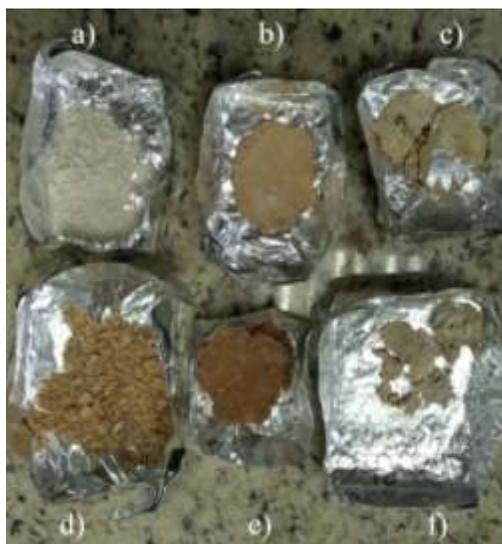


Figura 22. Resultados de las mezclas.

En síntesis, la proporción de mezcla para obtener una base de papel es usar carbonato de calcio en una proporción del 60% de plástico PET triturado y un 40% de carbonato de calcio. Esto dependerá de la calidad de papel que se desee.

3.2 Densidad de la mezcla

Al dimensionar el recipiente en la máquina mezcladora, resulta esencial destacar la importancia de la densidad de la mezcla. En este contexto, los parámetros críticos se encuentran detallados en la Tabla 24, proporcionando los datos indispensables para realizar los cálculos pertinentes, tales como la masa individual de los componentes y la densidad asociada a cada uno. La consideración precisa de estos valores resulta fundamental para garantizar un diseño eficiente del recipiente, asegurando un rendimiento óptimo y evitando posibles inconvenientes en el proceso de mezcla. La aplicación de principios de mecatrónica

en esta fase de diseño se traduce en la optimización de la eficiencia operativa y la garantía de un funcionamiento preciso y confiable de la máquina mezcladora.

Tabla 24. Valores de masa y densidad.

Variabes	Valor
Masa	30 [Kg]
Densidad de carbonato de calcio	2,71 [g/cm ³]
Densidad del óxido de calcio	3,34 [g/cm ³]
Densidad del plástico PET amorfo triturado	1,33 [g/cm ³]

Para calcular la densidad de la mezcla, se emplea una variación de la ley de mezclas que se detalla en la ecuación 2. Esta ecuación considera una proporción del 60% de plástico PET y el 40% restante corresponde al reactivo.

$$\rho_M = 60\% * \rho_{PET\text{ amorfo}} + 40\% * \rho_{reactivo} \quad (2)$$

$$\rho_{M1} = 1,882 \frac{g}{cm^3}$$

$$\rho_{M2} = 2,134 \frac{g}{cm^3}$$

Donde:

ρ_M : Densidad de la mezcla

$\rho_{PET\text{ amorfo}}$: Densidad del plástico PET amorfo triturado

$\rho_{reactivo}$: Densidad del reactivo

3.3 Dimensionamiento de la carcasa

El dimensionamiento de la carcasa se asemeja a un tanque de forma de semicilíndrico. Este tanque contiene los ingredientes necesarios para lograr la homogeneización de la mezcla, así

como todos los componentes del sistema de mezclado conectados a la carcasa, incluyendo el eje y las cintas helicoidales.

Como se muestra en la Figura 23, se muestra la estructura que tendrá la carcasa, así como la cantidad de contenido.

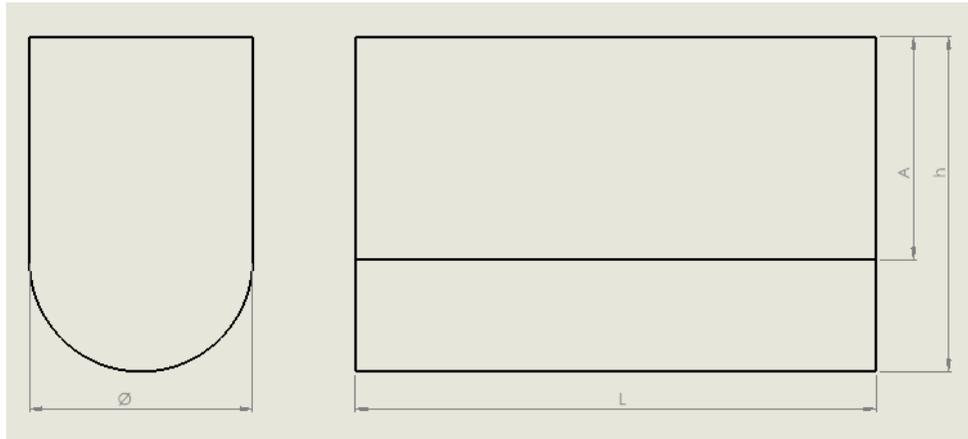


Figura 23. Diseño de la máquina.

Con el fin de determinar el volumen de la máquina requerido, se utiliza la ecuación 3, para alcanzar un ciclo de 30 kg/h a una capacidad e 30 kg.

$$Vm = \frac{m}{\rho} \quad (3)$$

$$Vm = 0,014m^3$$

Donde:

V_m: Volumen de mezcla [0,014 m³]

m: Masa de la mezcla [30 kg].

ρ: densidad de la mezcla [2134 $\frac{kg}{m^3}$].

Para determinar la longitud del tanque de almacenamiento, se emplea la ecuación 4. En dicha ecuación, la longitud dependerá del diámetro del semicírculo del tanque.

$$L = k * \varnothing \quad (4)$$

$$L = 0,6 \cong 0,7m$$

Donde:

L: Longitud del tanque[m].

k: Constante de diseño [2].

\emptyset : Diámetro del tanque [m].

Para determinar el diámetro del tanque, se emplea la ecuación de investigación propuesta por Gómez y Mina [34], la cual proporciona una fórmula para calcular el volumen de la masa, dependiendo del diámetro del tanque. Esta ecuación se presenta a continuación como la ecuación 5.

$$Vm = \frac{\pi * \emptyset^2 * L}{8} \quad (5)$$
$$\emptyset = 0,242 m \cong 0,3 m$$

Donde:

Vm: Volumen de mezcla [0,014 m³].

L: Longitud del tanque[m].

\emptyset : Diámetro del tanque [m].

Al reemplazar los valores del volumen de masa y la ecuación 4 en la ecuación 5, se obtiene el valor del diámetro, el cual se presenta a continuación.

$$\emptyset = 0,3 m$$

Por lo tanto, se reemplaza el valor del diámetro en la ecuación 4, obteniendo así el valor de la longitud del tanque.

$$L = 0,7m$$

3.4 Análisis del espesor

Para dimensionar y determinar el espesor de la máquina, es necesario tener información sobre la fuerza que la mezcla ejerce sobre la carcasa. En este contexto, se empleará la ecuación 6 para calcular dicha fuerza.

$$F = m * g \quad (6)$$

$$F = 294,3 \text{ N}$$

Donde:

F: Fuerza ejercida sobre el recipiente [294,3 N].

m: Masa de la mezcla [30 kg].

g: Gravedad [9,81 N].

La determinación del área de la sección transversal, que representa la superficie ocupada por la mezcla, se lleva a cabo mediante la aplicación de la ecuación 6, tal como se detalla en el estudio [34].

$$A = \pi * r * h + \pi * r^2 \quad (7)$$

$$A = 0,141 \text{ m}^2$$

Donde:

A: Área de la sección trasversal [0,141 m²].

r: radio del semicírculo [0,15 m].

h: Altura de llenado del semicilindro [0,15 m].

Área de la sección transversal y la fuerza que ejerce la mezcla sobre el recipiente, se determina la presión interna generada por la carga de balanceado en las paredes del recipiente. Este cálculo de presión se realiza mediante la aplicación de la ecuación correspondiente.

$$P = \frac{F}{A} \quad (8)$$

$$P = 2087,23 \text{ Pa}$$

En la Figura 24. Se exhiben los espesores de las láminas de acero estructural A36, seleccionadas para la construcción de la estructura de la máquina. Estas especificaciones

fueron extraídas del catálogo de láminas de DIPAC. Se optó por utilizar una lámina con un espesor de 4 mm.

PLANCHAS LAMINADAS AL CALIENTE

Especificaciones Generales:

Norma:	NTE INEN 115
Espesores:	ASTM A36 - SAE J 403 1008
Espesores:	2mm a 12mm
Rollos:	Ancho 1000, 1220, 1500mm
Planchas:	4 x 8 pies y medidas especiales
Acabado:	Acero Negro

Figura 23. Catalogo DIPAC Acero A36 [35].

Con el espesor determinado, se realiza un análisis exhaustivo usando el software SolidWorks mediante la técnica de elementos finitos. Este análisis se orienta a la evaluación de la deformación y el factor de seguridad, centrándose especialmente en la presión aplicada al tanque. La Figura 25 ilustra la estructura bajo la influencia de la presión, revelando una deformación máxima de $1,76 * 10^{-6}$ en la carcasa con un espesor de 4 mm. Es crucial destacar que dicho valor se encuentra en concordancia con los criterios de diseño establecidos, validando así la idoneidad de la selección del espesor.

La aplicación del análisis de elementos finitos aporta una visión detallada de la respuesta estructural frente a la carga. La representación visual en la Figura 25 demuestra de manera concluyente que la deformación observada es mínima, lo que respalda la integridad y estabilidad del recipiente bajo condiciones de presión. Este enfoque analítico contribuye significativamente a la validación del diseño, garantizando un rendimiento robusto y seguro del tanque en operación.

Adicionalmente, la evaluación del factor de seguridad mediante el análisis de elementos finitos proporciona una métrica cuantitativa de la capacidad del recipiente para resistir las tensiones inducidas por la presión. Los resultados indican que el factor de seguridad cumple con los estándares de seguridad establecidos, consolidando así la viabilidad y confiabilidad del diseño desde la perspectiva del análisis estructural.

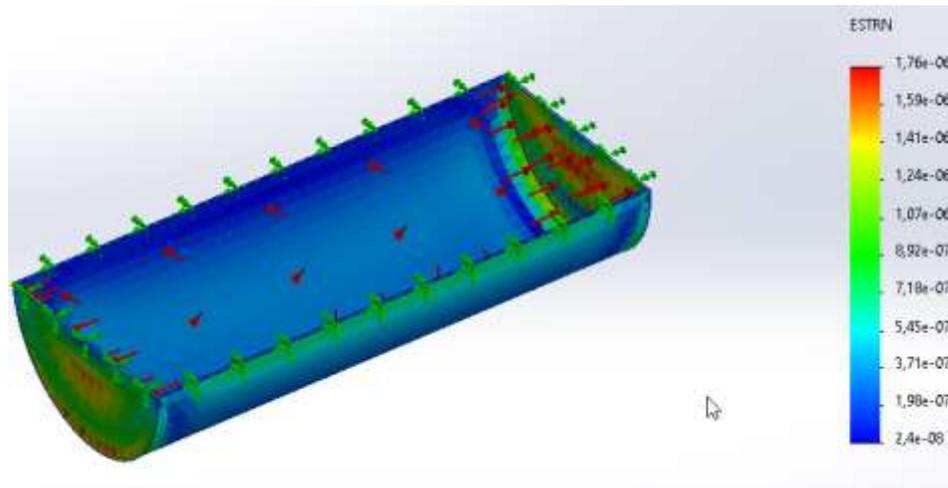


Figura 24. Deformación unitaria “Estructura”

La Figura 26 revela el factor de seguridad mínimo de la estructura, el cual asciende a un valor de 323. Este resultado queda en consonancia con los criterios de diseño preestablecidos, lo que respalda la elección de un espesor de 4 mm para la estructura. La representación gráfica proporciona una clara visualización de la robustez del diseño, destacando la capacidad del recipiente para resistir las tensiones asociadas a la presión.

La elección del espesor de 4 mm se valida aún más mediante la observación del factor de seguridad, el cual supera significativamente los umbrales mínimos requeridos. Este enfoque, respaldado por el análisis de elementos finitos, garantiza no solo la integridad estructural, sino también un margen de seguridad substancial, fortaleciendo la confianza en la capacidad del tanque para operar de manera segura y eficiente bajo condiciones de presión.

En conclusión, la meticulosa evaluación a través del análisis de elementos finitos, evidenciada en la Figura 26, confirma la idoneidad del espesor seleccionado. El factor de seguridad destacado subraya la solidez del diseño, proporcionando una base sólida para la

implementación del espesor de 4 mm como una elección adecuada y segura para la estructura del recipiente.

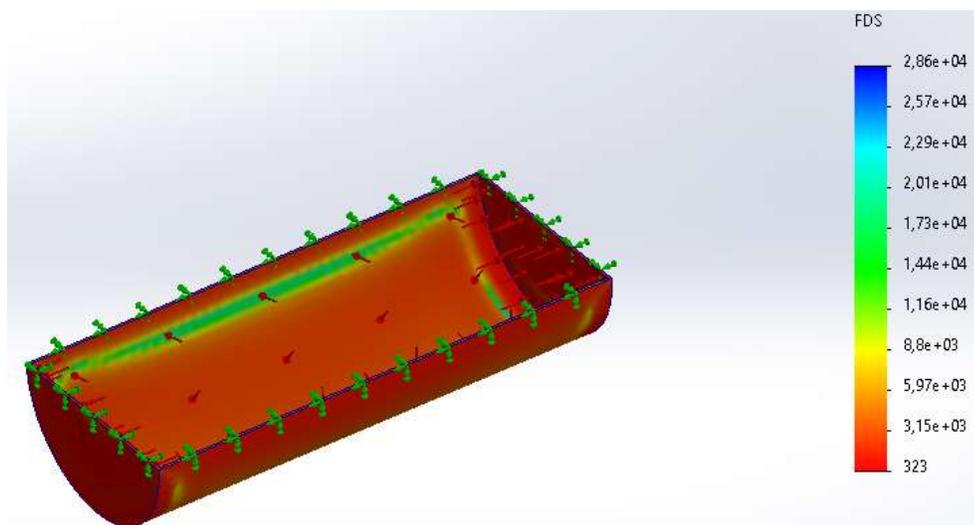


Figura 25. Factor de seguridad “Estructura”

3.5 Dimensionamiento de las cintas

Para el dimensionamiento, en primer lugar, se determinan los diámetros de las cintas helicoidales, como se presenta en la Tabla 25, la cual detalla los valores de los diámetros interiores y exteriores de dichas cintas.

Tabla 25. Diámetro de las cintas

Cinta Helicoidal	Diámetros exteriores	
	[mm]	Diámetro interior [mm]
\emptyset_1	291	245
\emptyset_2	291	245

Con el método experimental, se analizó la fuerza necesaria para mover la mezcla. Para realizar este método, se llevó a cabo en un recipiente donde se colocó una mezcla de 1,7 g de Carbonato de calcio y plástico PET. Esta mezcla fue sometida a masas de 1 kg, 1,4 kg y 3,4 kg.

Como se muestra en la Figura 27, se presenta el resultado de aplicar una fuerza de 1 kg a la mezcla de 1,7 g, obteniendo así una fuerza de 9,81 [N]. Al realizar una regla de tres, se determinó que la fuerza necesaria para mover 30 kg es de 1471,5 [N].



Figura 26. Mezcla a sometida a 1kg.

Con base en la información de la Figura 24, se ha determinado la elección de acero A36 de 4 mm de espesor para las cintas helicoidales. Este material será ahora sometido a un análisis detallado a través del software SolidWorks para validar su desempeño bajo condiciones operativas. La elección del acero A36 se fundamenta en sus propiedades mecánicas, adecuadas para las demandas específicas del sistema.

La Figura 28 presenta los resultados del análisis de elementos finitos para la deformación de las cintas helicoidales bajo la influencia de la presión. Se observa que la deformación es aproximadamente cero, lo cual confirma que el espesor de 4 mm y el material seleccionado cumplen con los criterios de diseño establecidos. Este análisis proporciona una evaluación cuantitativa de la capacidad de las cintas helicoidales para mantener su integridad estructural bajo las condiciones previstas de presión.

La validación a través del análisis de elementos finitos, como se muestra en la Figura 28, respalda la elección del acero A36 con un espesor de 4 mm para las cintas helicoidales. Este enfoque garantiza que las cintas puedan cumplir con los requisitos de resistencia y deformación, asegurando así la confiabilidad y eficiencia del componente en el contexto de la máquina mezcladora.

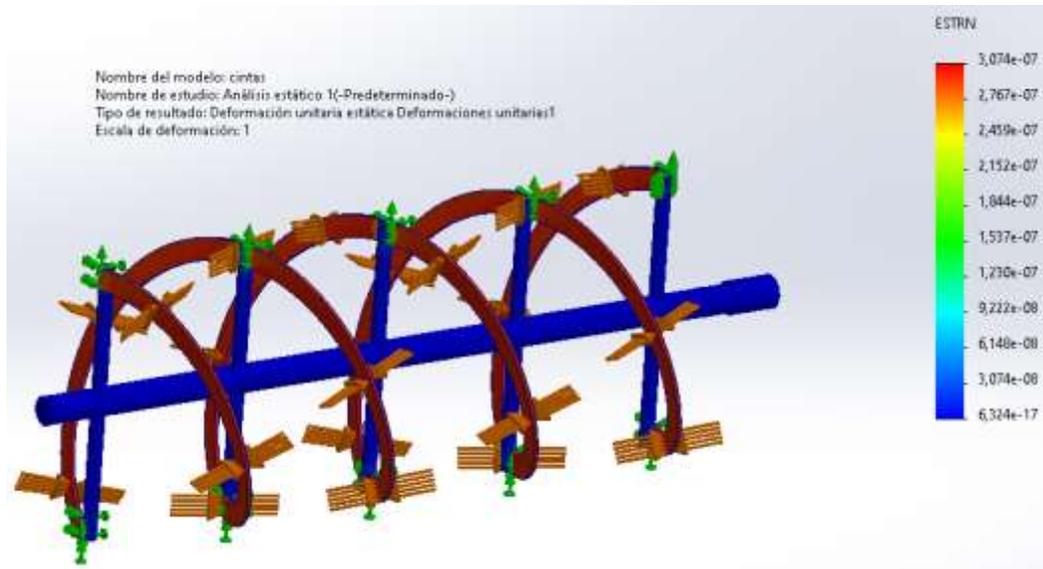


Figura 27. Deformación unitaria de las cintas.

En la fase subsiguiente, se llevó a cabo el análisis del factor de seguridad, como se ilustra en la Figura 29. Se observa que dicho factor supera el valor de 2, indicando que las cintas helicoidales con un espesor de 4 mm se encuentran cómodamente dentro de los parámetros óptimos de diseño. Este resultado adquiere relevancia, ya que confirma la capacidad del material y la geometría seleccionados para resistir las cargas aplicadas, asegurando de esta manera la integridad estructural del componente.

La Figura 29 ofrece una representación gráfica clara del rendimiento de las cintas helicoidales, evidenciando un margen de seguridad substancial. La elección del espesor y material, respaldada por el análisis de elementos finitos, se traduce en un diseño robusto que no solo cumple con los estándares de seguridad, sino que también proporciona una capacidad de carga adicional, aumentando la confiabilidad operativa del sistema.

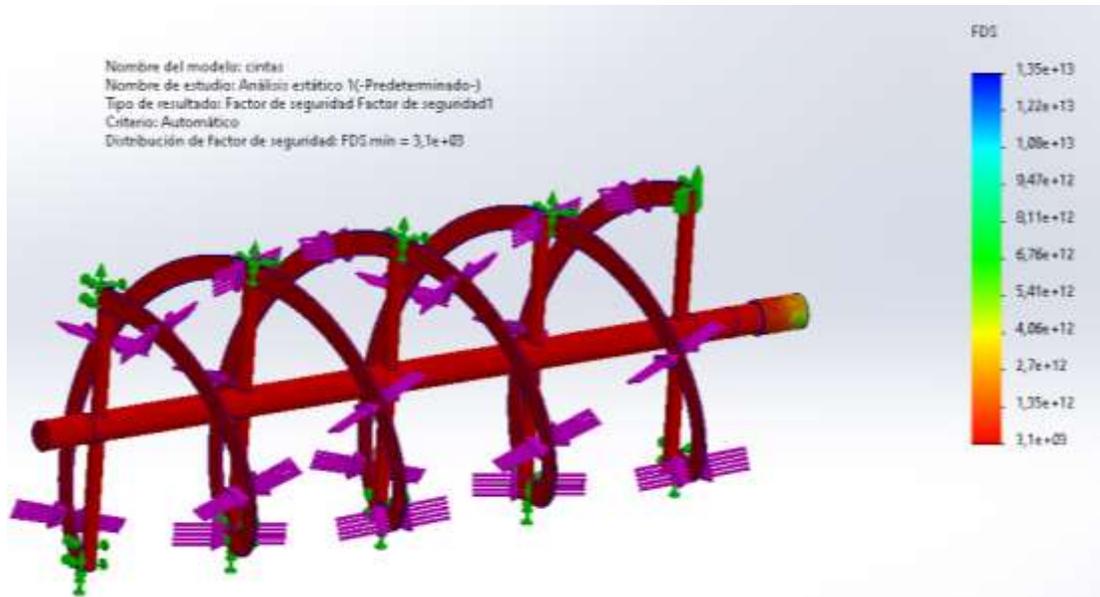


Figura 28. Factor de seguridad de las cintas.

3.6 Dimensionamiento del eje

Conociendo la fuerza necesaria para mover la mezcla la fuerza como se muestra a continuación en la ecuación 9.

$$F_L = \frac{Fm}{n} \quad (9)$$

$$F_L = 294,3 \text{ N}$$

Donde:

F_L : Fuerza en cada listón [294,3 N].

Fm : Fuerza necesaria para mover la maza [1471,5 N].

n : número de listones [5].

El cálculo del torque generado en el listón con el eje se realiza mediante la multiplicación de la fuerza generada en cada listón por la distancia desde el listón hasta el centro, que es de 145 mm. Este cálculo se lleva a cabo mediante la aplicación de la ecuación 10.

$$T_L = Fm * d \quad (10)$$

$$T_L = 42,67 \text{ N} * m$$

Dado que involucra dos listones, el torque se duplica, tal como se muestra al aplicar la ecuación 11.

$$T_L = 42,67 * 2 \quad (11)$$

$$T_L = 85.24 \text{ N} * \text{m}$$

A través del software MDSolids, se establece el valor del torque máximo aplicado a la viga. Este análisis contribuye a comprender el comportamiento estructural de la misma, como se evidencia en la Figura 30 con las gráficas de fuerza cortante y momento flector. El torque máximo mostrado en el diagrama de momento flector es de 426,7 [N * m]. Se decidió utilizar este valor como el máximo para los cálculos.

Para realizar la verificación, se utiliza el software MD Solid en la sección de torsión. En este contexto, se introduce el valor del torque aplicado a la mezcla con el eje para llevar a cabo el análisis correspondiente. Al realizar el análisis, se obtiene el torque máximo ejercido sobre el eje, con un valor de 426,7 [N * m].

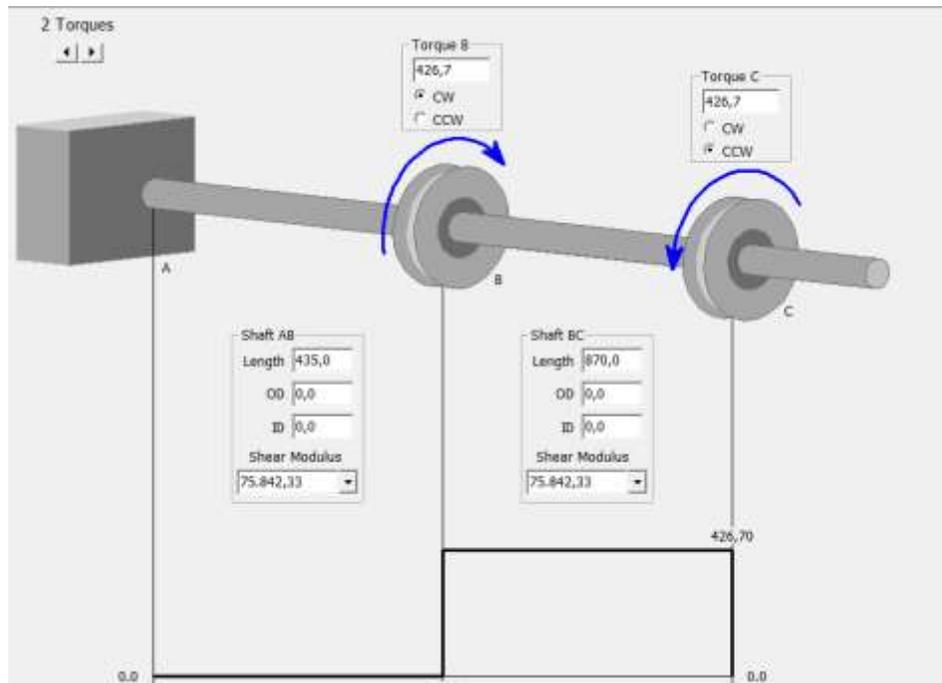


Figura 29. Diagramas fuerza cortante y momento flector.

Utilizando el método de Tresca, se llevó a cabo el cálculo del diámetro. Lo primero que se determina es el cortante máximo, utilizando la ecuación 12. Este enfoque proporciona una perspectiva detallada del comportamiento del material frente a esfuerzos cortantes.

$$\tau_{xy} = \frac{T * C}{J} \quad (12)$$

Donde:

τ_{xy} : Esfuerzo cortante

T_{max} : Torque aplicado

C : Centroide

J : Momento polar de inercia

Los valores del centroide, el momento polar de inercia y el torque son remplazados en la ecuación 13 lo cual se obtiene la ecuación 14.

$$\tau_{xy} = \frac{T_{max} * \frac{D}{2}}{\pi * D^3} \quad (13)$$

$$\tau_{xy} = \frac{16 * T_{max}}{\pi * D^3} \quad (14)$$

Donde:

τ_{xy} : Esfuerzo cortante

T_{max} : Torque máximo aplicado

D : Diámetro del eje

Utilizando la fórmula del esfuerzo cortante máximo, que se observa en la ecuación 15, se remplazan los valores de la ecuación 14 con los datos correspondientes. Posteriormente, se obtiene una ecuación en función del diámetro. En este caso, el factor de seguridad que se utilizará es 2.

$$\tau_{max} = \frac{\sigma_y}{2 * FS} \quad (15)$$

τ_{max} : Esfuerzo cortante máximo.

σ_y : Esfuerzo a la fluencia [360 Mpa].

F_s : Factor de seguridad [2].

$$\frac{16 * 213.35}{\pi * D^3} = \frac{360 * 10^6}{2 * 2}$$

$$D = 0,028 \text{ m}$$

$$D = 30 \text{ mm}$$

3.7 Selección del eje transversal

Según la Figura 31, se ha determinado la selección de un eje confeccionado en acero AISI 1018, con un diámetro de 3/8 de pulgada. Este componente se someterá a ensayos mediante el empleo del software SOLIDWORKS, con el propósito de evaluar su rendimiento frente a las cargas aplicadas en cada listón y verificar la idoneidad del eje transversal.

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

Figura 30. Ejes AISI 1018 DIPAC [37].

Analizando los resultados obtenidos con SolidWorks, se decidió analizar mediante un análisis de elementos finitos, como se muestra en la Figura 32. Este factor de seguridad es de 3,2, lo que indica que el diámetro seleccionado es óptimo para la máquina.

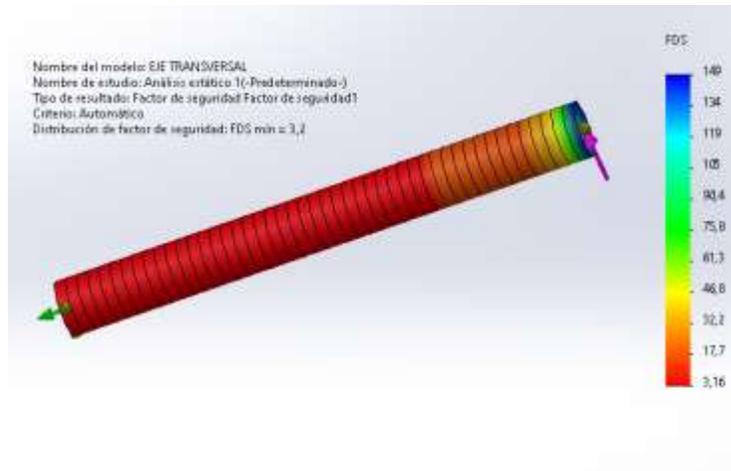


Figura 31. Factor de seguridad eje transversal.

3.8 Análisis de tensión estática de la estructura

La evaluación de la estructura que sustenta el recipiente de la máquina mezcladora utilizando el software Solidworks y aplicando un análisis de elementos finitos. Este procedimiento computarizado y aproximado permite anticipar el comportamiento frente a las cargas y vibraciones a las que la estructura estará expuesta. La representación del diseño estructural de la máquina mezcladora se muestra en la Figura 33.

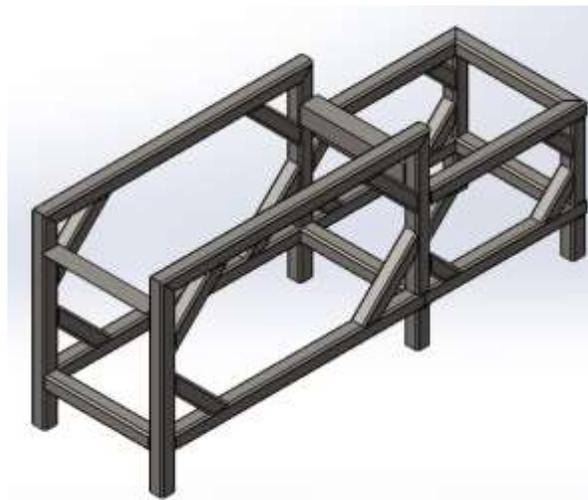


Figura 32. Diseño de la estructura de la máquina.

Las cargas que la estructura debe resistir son aquellas transmitidas por el eje motriz, propagándose hacia abajo. Estas incluyen la suma del peso total de la mezcla distribuida a lo largo del recipiente, el peso del recipiente en sí, el peso del eje, los listones helicoidales, las

chumaceras, las tapas, manijas y bisagras. Estas magnitudes representan las fuerzas aproximadas detalladas en el análisis de la Figura 34, la cual muestra una aproximación de los valores reales de la masa.

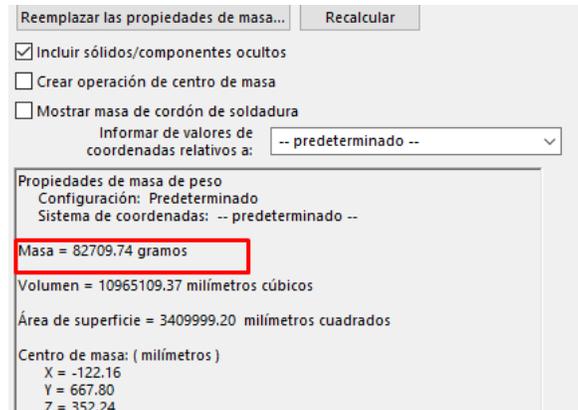


Figura 33. Masas de las cargas.

Considerando el valor de la masa de las cargas obtenido de la Figura 34, se añaden 30 kg correspondientes al peso de la mezcla. En la determinación del factor de seguridad, se agrega un 30%, el cual se suma a la masa final. Este enfoque busca proporcionar un margen adicional que permita abordar posibles variaciones o condiciones imprevistas durante la operación. La inclusión de este porcentaje adicional contribuye a fortalecer la robustez de la evaluación de la resistencia estructural del sistema, asegurando un diseño más fiable y resistente esto se muestra representado en la ecuación 16.

$$Mt = m1 + m2 + m3 \quad (16)$$

En el cálculo de la masa correspondiente a la carga 3, se utilizó la ecuación 17 como una herramienta esencial para determinar con precisión la masa asociada a esta carga específica.

$$m3 = (m1 + m2) * 30\% \quad (17)$$

$$Mt = 169 \cong 170 \text{ kg}$$

Donde:

Mt: masa total [170 kg].

m1: masa de las cargas [100 kg].

m_2 : masa de la mezcla [30 kg].

m_3 : factor de seguridad 30%.

La fuerza que actúa sobre la estructura es el producto de la masa con la aceleración, como se muestra a continuación y detallado en la ecuación 18.

$$W = Mt * a \quad (18)$$

$$W = 1667,7 \cong 1668 \text{ N}$$

Donde:

W : Peso [1668 N].

Mt : masa total [170 kg].

a : Aceleración [9,81 kg].

Con el software SolidWorks y aplicando un análisis de elementos finitos, como se muestra en la Figura 35, se evalúa el factor de seguridad, de 7,53, superando el valor de dos. Este resultado se considera óptimo para el diseño de la máquina, garantizando una capacidad robusta de resistencia estructural frente a las cargas previstas.

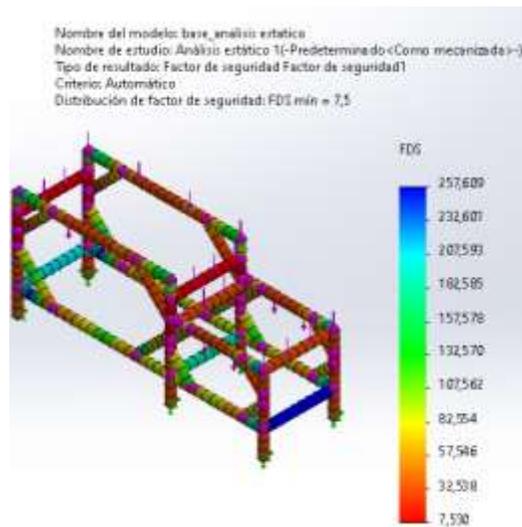


Figura 34. Factor de seguridad estructura de la máquina.

3.9 Selección de chumaceras

Para optimizar la máquina mezcladora, se ha realizado una cuidadosa selección de la chumacera adecuada, priorizando un diámetro de 30 mm. Esta elección se fundamenta en análisis técnicos y operativos, con la decisión de elegir este tipo de rodamiento debido a su capacidad para trabajar a 20 rpm, la velocidad seleccionada para la máquina.

Además, se destaca que este tipo de chumacera soporta cargas axiales, fundamental para las condiciones específicas de la aplicación. Esta estrategia no solo considera aspectos geométricos, sino también las demandas particulares del entorno operativo, demostrando el compromiso de la entidad con alcanzar un rendimiento óptimo en la mezcladora mediante decisiones técnicas y estratégicas bien fundamentadas, como se ilustra en la Figura 36.

No. De parte	Diámetro del eje d		Dimensiones (mm)											tornillo utilizado		No. Rodamiento	No. Alojamiento	peso (kg)
	(in.)	(mm)	h	a	e	b	S ₂	S ₃	g	w	B ₁	n	(mm)	(in.)				
UCPK05 X05-14 X05-16	7/8	25	44.4	158	119	51	25	17	18	85	38.1	15.9	M14	1/2	UCPK05 X05-14 X05-16	PK05	1.50	
UCPK06 X06-18 X06-19 X06-20	1 1/8 1 3/16 1 1/4	30	47.6	175	127	57	25	17	20	94	42.9	17.5	M14	1/2	UCPK06 X06-18 X06-19 X06-20	PK06	2.00	
UCPK07-20 X07-22 X07	1 1/4 1 3/8	35	54.0	203	144	57	30	17	22	105	49.2	19.0	M14	1/2	UCPK07-20 X07-22 X07	PK07	2.70	

Figura 35. Selección de chumacera [38].

3.10 Selección del motor

Para determinar el valor de la potencia, se emplea un sistema que requiere la potencia nominal, sumando la cantidad adicional necesaria, considerando la posibilidad de pérdidas.

En la potencia necesaria para el accionamiento de la máquina, se incorpora el valor del torque que debe transmitirse y la velocidad a la que girará el eje central de la mezcladora. Una vez que el momento fue determinado, se llevó a cabo el cálculo del eje, contrastándolo con la velocidad operativa. Estos procedimientos se basaron en la investigación realizada por Gómez y Mina. [34].

La velocidad angular seleccionada, en función del tipo de mezcla, se basa en la investigación de Gómez y Mina, quienes sugieren un rango de 20 a 30 rpm para mezclas de polvos de bajo peso. Por consiguiente, se optó por una velocidad angular de 20 rpm, y a continuación, se procede a calcular la potencia nominal de la máquina mediante la aplicación de la ecuación 19.

$$P_n = T_{max} * \omega \quad (19)$$

$$P_n = 893.50 \text{ w}$$

Donde:

P_n : Potencia normal [893.50 w].

T_{max} : Torque máximo [426,7 N * m].

ω : Velocidad angular [2,094 rad/s].

La potencia nominal de un motor es, en esencia, el valor teórico establecido para su rendimiento ideal. No obstante, al determinar la potencia total requerida, resulta esencial tener en cuenta las pérdidas inevitables que se producen durante su funcionamiento. En este caso específico, la eficiencia de la máquina se estima en un 70%, tal como lo recomienda el fabricante en el manual técnico. Este porcentaje representa la proporción de la potencia nominal y se calcula mediante la aplicación de la ecuación 20.

$$P_{total} = \frac{P_n}{\% \text{ Eficiencia}} \quad (20)$$

$$P_{total} = 1,3 \text{ kw}$$

$$P_{total} = 1,6 \text{ hp}$$

Donde:

P_{total} : Potencia total [1,6 hp].

P_n : Potencia norma [893.50 w].

$\% \text{ Eficiencia}$: Porcentaje de eficiencia [70%].

En este caso, se estimó un valor de 2 hp para que el producto se comercial. La Figura 37 ilustra los motores disponibles en el mercado, respaldando la elección de este valor como adecuado para la situación.

Potencia HP	EFICIENCIA*	DISEÑO	Polos/RPM	Voltaje	Uso
1/4HP	IE3	Horizontal	4 / 1800RPM	220V / 440V	Extra Severo
1/2HP	IE3	Horizontal	2 / 3600RPM	220V / 440V	Extra Severo
1/2HP	IE3	Horizontal	4 / 1800RPM	220V / 440V	Extra Severo
1HP	IE3	Horizontal	2 / 3600RPM	220V / 440V	Extra Severo
1HP	IE3	Horizontal	4 / 1800RPM	220V / 440V	Extra Severo
2HP	IE3	Horizontal	2 / 3600RPM	220V / 440V	Extra Severo
2HP	IE3	Horizontal	4 / 1800RPM	220V / 440V	Extra Severo
3HP	IE3	Horizontal	2 / 3600RPM	220V / 440V	Extra Severo

Figura 36. Selección del motor [38].

Para la implementación, se optó por un motor trifásico de la marca GE INDUSTRIAL MOTORS con una potencia de 2 hp y una velocidad de 1800 rpm, cumpliendo así con los requisitos calculados de potencia. Es crucial destacar que, debido a la velocidad de 1800 rpm, se requiere realizar una reducción de velocidad como parte del proceso, asegurando una integración eficiente y adecuada del motor en el sistema diseñado. Este motor seleccionado proporciona la potencia necesaria, alineándose con los parámetros establecidos para garantizar un rendimiento óptimo en la aplicación prevista.

3.11 Trasmisión de movimiento

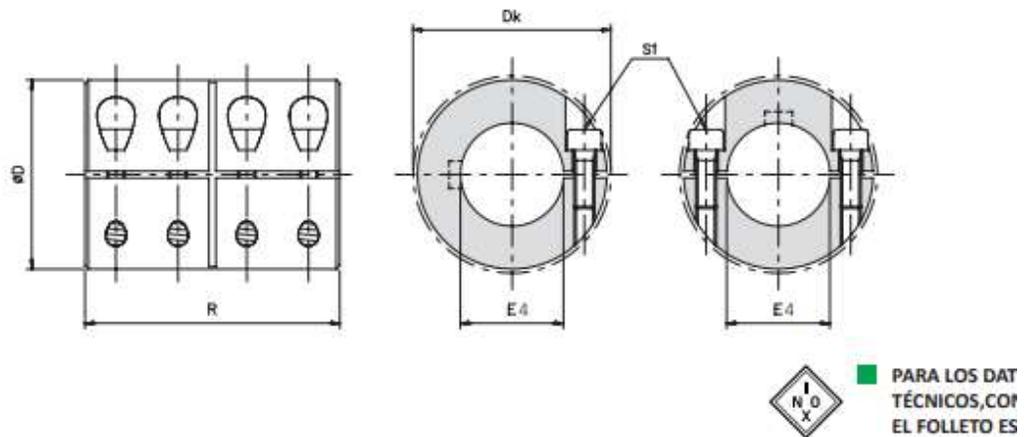
Para el sistema en cuestión, se ha tomado la decisión de incorporar un reductor de velocidad de la reconocida marca WEG. Se ha llevado a cabo un análisis exhaustivo de los parámetros de potencia y las revoluciones de entrada, las cuales se establecen en 1800 RPM, con una salida deseada de 20 RPM. En consecuencia, se ha determinado la utilización de un variador coaxial con el objetivo de optimizar el rendimiento y ajustarlo a las especificaciones requeridas, la selección del reductor del catálogo de WEG queda reflejada en la Figura 38.

$P_N = 1,50 \text{ kW}$													
60Hz n_2 rpm				$n_1=1750$				50 Hz n_1 rpm					
M2 Nm	f_s	Fr kN		M2 Nm	f_s	Fr kN		i_{in}	Tamaño	Estágios	kg		
81.34	176	3.41	10.0	67.40	213	2.82	9.8	21.51	C06	2	30.5		
74.59	192	3.12	10.0	61.80	232	2.59	10.0	23.46	C06	2	30.5		
26.04	550	1.09	8.2	21.58	664	0.90	**	67.19	C06	3	31.1		
21.31	672	0.89	**	17.66	811	0.74	**	82.10	C06	3	31.1		
81.60	176	3.87	13.5	67.61	212	3.21	13.5	21.45	C07	2	48.9		

Figura 37. Selección de reductor [39].

3.12 Selección del acoplamiento del motor

Para lograr una eficiente transmisión de movimiento y torque en motores, se emplea un acople rígido que conecta directamente el eje motor con el eje receptor del movimiento, como se ilustra en la Figura 39. La selección del acople se basa en parámetros establecidos; por ejemplo, al observar el diámetro del eje (30), se elige un acople de tamaño similar.



DIMENSIONES

Tamaño	D	Dk	E4 H8	R
10	32	33	10	45
15	40	-	15	50
20	45	47	20	65
25	50	52	25	70
30	55	57	30	75
35	65	70	35	85

Figura 38. Selección del diámetro del acople [40].

A continuación, se procede a analizar los valores de velocidad que el eje del acople puede soportar, tal como se detalla en la Figura 40. La velocidad máxima que puede resistir el acople se presenta como 3200 RPM, mientras que la velocidad máxima generada por el motor es de 1800 RPM. Con base en esta comparación, se puede afirmar que el acople seleccionado soporta las cargas sometidas sin problemas.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Tamaño	Par máx. (Nm)		Peso (kg)	Inercia (kgm ²)	Velocidad máx. (rpm)	Tornillos S1		
	Bloqueo tipo B	Bloqueo tipo C				Bloqueo tipo B	Bloqueo tipo C	Par de apriete (Nm)
10	65	50	0,25	0,000028	5500	n.º 4 x M4	n.º 8 x M4	5,2
15	140	125	0,42	0,000080	4200	n.º 4 x M5	n.º 8 x M5	10,5
20	250	230	0,65	0,000172	3800	n.º 4 x M6	n.º 8 x M6	17
25	295	285	0,87	0,000305	3500	n.º 4 x M6	n.º 8 x M6	17
30	350	345	1,11	0,000503	3200	n.º 4 x M6	n.º 8 x M6	17
35	800	760	1,75	0,001098	2700	n.º 4 x M8	n.º 8 x M8	43
40	880	870	2,13	0,001615	2500	n.º 4 x M8	n.º 8 x M8	43
45	990	980	2,96	0,002896	2200	n.º 4 x M8	n.º 8 x M8	43
50	1420	1360	4,31	0,005284	1900	n.º 4 x M10	n.º 8 x M10	64

Figura 39. Selección de acuerdo con la velocidad máxima [40].

3.13 Selección del variador de frecuencia

Para llevar a cabo la conexión del motor con el eje, se requiere implementar una reducción de velocidad. Existen diversas alternativas para este propósito, tales como piñones, cadenas y bandas. Sin embargo, cuando se busca mantener un control preciso sobre la velocidad, la opción indispensable es la incorporación de un variador de velocidad.

Como resultado de la situación, se ha decidido realizar una evaluación y selección específica de un variador de frecuencia, como se ilustra en la Figura 41, que muestra las opciones disponibles de variadores de velocidad. El proceso de selección se basa en el criterio de referencia derivado de la potencia calculada mediante la ecuación 20.



MS300

Figura 40. Selección del variador de frecuencia

El variador de frecuencia Delta MS300 de 2HP, que pertenece a la serie MS300 de control vectorial, utiliza un enfoque vectorial en comparación con el control de velocidad escalar. Este tipo de control permite estimar el flujo magnético y el torque, lo que posibilita correcciones precisas. La capacidad de mantener un par constante a bajas velocidades hace que sea ideal para aplicaciones que requieren un control preciso del par, como en motores de elevadores, grúas y cintas transportadoras. Además de ser compacto y estándar, el variador MS300 ofrece funciones avanzadas, como control de parámetros para 4 motores independientes, regulación automática de ahorro de energía, función PLC (2000 pasos), y control PID con función de reposo, entre otras.

El reductor seleccionado se considera la elección más adecuada para la reducción de velocidad, ya que presenta la capacidad de disminuir la velocidad sin comprometer el torque. Esta determinación ha sido tomada en base a consideraciones técnicas y de rendimiento, respaldadas por un análisis exhaustivo de las características del sistema en cuestión.

3.14 Simulación variador de velocidad en CADE-SIMU

Con el objetivo de obtener una comprensión precisa del circuito que se implementará en el proyecto, se decidió emplear el software CADESIMU. Este programa proporciona a los ingenieros una herramienta visual efectiva para representar y analizar las diversas conexiones que se llevarán a cabo en el circuito. La representación detallada de las conexiones eléctricas y componentes facilita la identificación de posibles problemas y optimiza el diseño antes de la implementación física. Esta metodología, respaldada por la capacidad del software, contribuye significativamente a la planificación y ejecución eficientes de su sistema eléctrico.

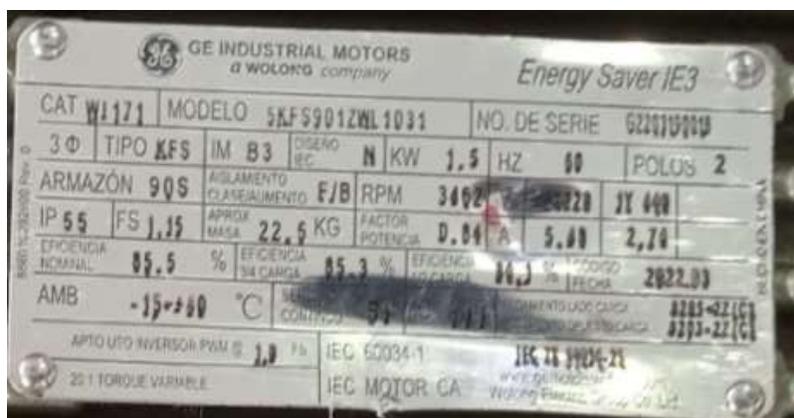


Figura 41. Placa del motor [39].

Como se aprecia en la Figura 43, se exhibe el diagrama que detalla la conexión entre el control del motor y el variador de frecuencia. La configuración precisa del variador se ajusta en conformidad con la información detallada en la placa técnica, como se muestra en la Figura 42. Durante el proceso de configuración, se subrayan elementos fundamentales, tales como la potencia, la frecuencia y el modo de funcionamiento. En este contexto específico, el variador opera a una velocidad constante, mientras se integra un cambio de dirección para mejorar la efectividad en la mezcla, sin alterar la velocidad constante, se muestra la simulación del variador de frecuencia vinculado a las protecciones y luces piloto. Esta representación fue realizada mediante el software CADE-SIMU para validar el funcionamiento del variador de frecuencia con el motor.

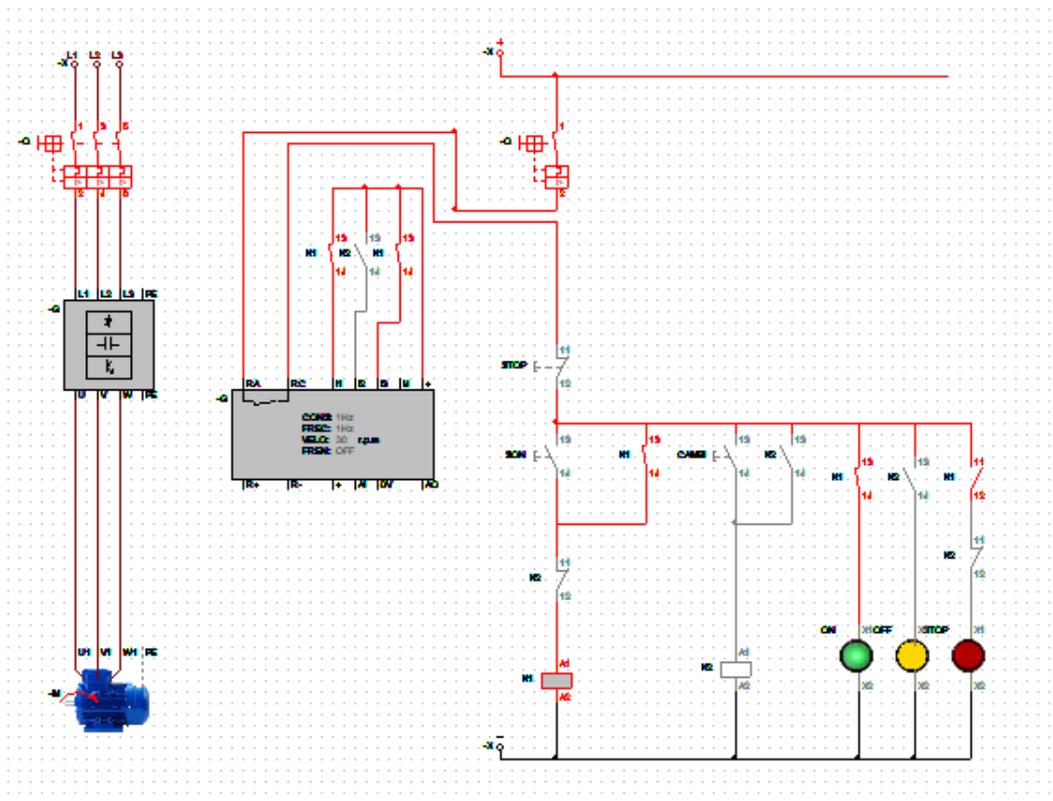


Figura 42. Simulación del control de un motor con variador de frecuencia.

Esta configuración, basada en una consideración de los parámetros clave, es esencial en el rendimiento óptimo del sistema, garantizando un control preciso del motor y una operación eficiente del variador de frecuencia.

3.15 Selección las protecciones de la máquina

La selección de los dispositivos de seguridad para el sistema se lleva a cabo considerando la corriente que recorre todo el circuito. La decisión de elegir estos elementos se basa en los datos presentados en la Tabla 26 extraída de la placa del motor utilizado.

Tabla 26. Datos de la placa del motor.

Datos	Valores
Potencia	1,5 Kw
Nº Polos	2
Frecuencia	60 Hz
Voltaje	220V
Factor de potencia	0,84

A partir de los valores proporcionados, se procede al cálculo de la corriente necesaria para seleccionar las protecciones adecuadas. La corriente nominal se determina utilizando la ecuación detallada a continuación.

$$I = \frac{P}{V * \cos\varphi * \sqrt{3}} \quad (21)$$
$$I = 4,68 A$$

Donde:

I : Corriente nominal [4,68 A]

P : Potencia [1,5 kw]

V : Voltaje [220V]

$\cos\varphi$: Factor de potencia [0,84]

3.15.1 Selección del guardamotor

El guardamotor desempeña una función crucial en la salvaguarda de motores eléctricos, al actuar como protector de la integridad de la maquinaria. Su implementación meticulosa asegura la continuidad operativa y mejora la eficiencia energética, resaltando la necesidad de equilibrar potencia y seguridad en la ingeniería eléctrica. Conforme a la representación en la Figura 44, se presentan las opciones del guardamotor, optando por uno cuyo rango varía de 4 a 25, ajustado a la corriente nominal calculada en la ecuación 21.

Guardamotor de Pulsador

Ref.	Amp.
NS2	25-0.4A
NS2	25-1.6A
NS2	25-4A
NS2	25-6.3A
NS2	25-10A
NS2	25-14A
NS2	25-18A
NS2	25-23A
NS2	25-25A



Figura 43. Guardamotor seleccionado.

3.15.2 Selección de contactor

El contactor, en su función como interruptor controlado magnéticamente, juega un papel esencial en la gestión precisa y eficiente de la corriente eléctrica, sirviendo como la puerta maestra que canaliza la energía en sistemas eléctricos industriales y comerciales. Conforme a lo ilustrado en la Figura 45, se presentan las opciones del contactor, optando por un contactor cuyo rango varía de 9, ajustado a la corriente nominal calculada en la ecuación 21. El contactor elegido es el NXC-09 que soporta 9 amperios y trabaja a 220V.

Contadores NXC

Contadores Tripolares de potencia.

Especificaciones:

Ref.	Tensión de Bobina	Corriente (AC3)	Potencia Nominal
NXC-09M	24VAC	9	220V - 440V
NXC-09M	24VDC	9	220V - 440V
NXC-09M	110VAC	9	220V - 440V
NXC-09M	220VAC	9	220V - 440V
NXC-12M	24VAC	12	220V - 440V
NXC-12M	24VDC	12	220V - 440V
NXC-12M	110VAC	12	220V - 440V
NXC-12M	220VAC	12	220V - 440V



Figura 44. Contactor seleccionado.

3.15.3 Selección del calibre de cable

En la elección del calibre a utilizar, se tiene en cuenta la corriente que fluirá a través del circuito, tal como se evidencia en la Figura 46. Se concluye que el calibre 14 resulta ser el más adecuado y óptimo para dicho circuito.

◀ Conductor de cobre para 600 V. aislado con policloruro de vinilo (PVC) 60°C resistente a la humedad. ▶

CONDUCTOR			Espesor de Aislamiento (mm)	Diámetro Externo Aprox (mm)	Peso total Aprox. (kg / km)	*Capacidad de Corriente (A)
CALIBRE (AWG o kcmil)	Sección Transversal (mm ²)	No. Hilos				
FORMACIÓN SÓLIDO Y CABLEADO CONCÉNTRICO						
14	2,08	1	0,76	3,15	26,30	15
12	3,31	1	0,76	3,57	38,62	20
10	5,261	1	0,76	4,11	57,72	30
8	8,367	1	1,14	5,54	95,99	40

Figura 45. Selección del calibre [41].

3.16 Parámetros de configuración del ms 300

Para la configuración de los parámetros fundamentales del funcionamiento del variador de frecuencia, se destacan valores clave como la frecuencia, el número de polos, la velocidad del motor y el tipo de disposición de los botones, la pantalla se demuestra en la Figura 47.



1	Indicación de estado Muestra el estado actual del convertidor.	5	Tecla subir y bajar Configure el número de parámetro y cambie el datos numéricos, como la frecuencia maestra.
2	Pantalla LED Indica frecuencia, voltaje, corriente, unidades definidas por el usuario, etc.	6	Tecla MODE Cambiar entre diferentes modos de visualización.
3	Potenciómetro Para el ajuste de la frecuencia maestra	7	Tecla STOP/RESET Detiene el funcionamiento del variador de frecuencia y restablece el variador después de que ocurrió la falla.
4	Tecla RUN Iniciar la operación del variador de frecuencia	8	ENTER Se usa para ingresar / modificar la programación de parámetros

Figura 46. Panel de control del ms 300 [42].

Alimentar el convertidor de frecuencia con la línea de alimentación trifásica (R – S –T) o alimentación monofásica (R -S) y conectar las salidas trifásicas a los devanados del motor (U – V – W).

En las Tablas 27 y 28 se muestran los parámetros configurados para el correcto funcionamiento del variador. Esta configuración opera con un variador de velocidad que puede modificarse, además de incorporar dos frecuencias fijas.

Tabla 27. Parámetros de configuración ms300.

Parámetro	Explicación	Configuración	Configuración
00-02	Restablecimiento de parámetros	10: se restablecen todos los parámetros a la configuración de fábrica (la frecuencia base es 60 Hz)	10
00-11	Control de velocidad	2: Control vectorial sin sensor	2
00-20	Fuente del comando de operación (AUTO)	7: Potenciómetro panel digital	7
00-21	Fuente del comando de operación (AUTO)	1: terminales externos.	1
01-00	Frecuencia de funcionamiento máxima	50,00 ~ 600,00 Hz	60Hz
01-12	Tiempo de aceleración	0,00 ~ 600,00 segundos	10
01-13	Tiempo de desaceleración	0,00 ~ 600,00 segundos	10
02-00	Control de funcionamiento bifilar/trifilar	1: Modo bifilar, encendido para el control de funcionamiento	1
05-00	Afinación automática del motor	2: medición del motor de inducción en estado estático (motor sin girar)	2
05-02	Potencia nominal del motor	0~655.35 kW	1,5 kw

Tabla 28. Parámetros de configuración ms300

Parámetro	Explicación	Configuración	Configuración
05-03	Velocidad nominal del motor	0 ~ 65535 1710 (4 polos de 60 Hz); 1410 (4 polos de 50 Hz)	1800
05-03	Número de polos del motor de inducción motor	2 ~ 20	2
04-00	Parámetros de velocidad de varios pasos	Frecuencia de velocidad del primer paso	
04-01	Parámetros de velocidad de varios pasos	Frecuencia de velocidad del segundo paso	
04-02	Parámetros de velocidad de varios pasos	Frecuencia de velocidad del tercer paso	
02-03	Entrada multifunción comando 3 (MI3)	Comando de posición de varios pasos 1	
02-04	Entrada multifunción comando 3 (MI3)	Comando de posición de varios pasos 2	
02-05	Entrada multifunción comando 3 (MI4)	Comando de posición de varios pasos 3	

El fabricante sugiere un tiempo de desaceleración de 10 segundos, pero en este caso específico se utilizará dicho valor. Como se evidencia en la simulación de la Figura 48, que representa el tiempo de aceleración y desaceleración.

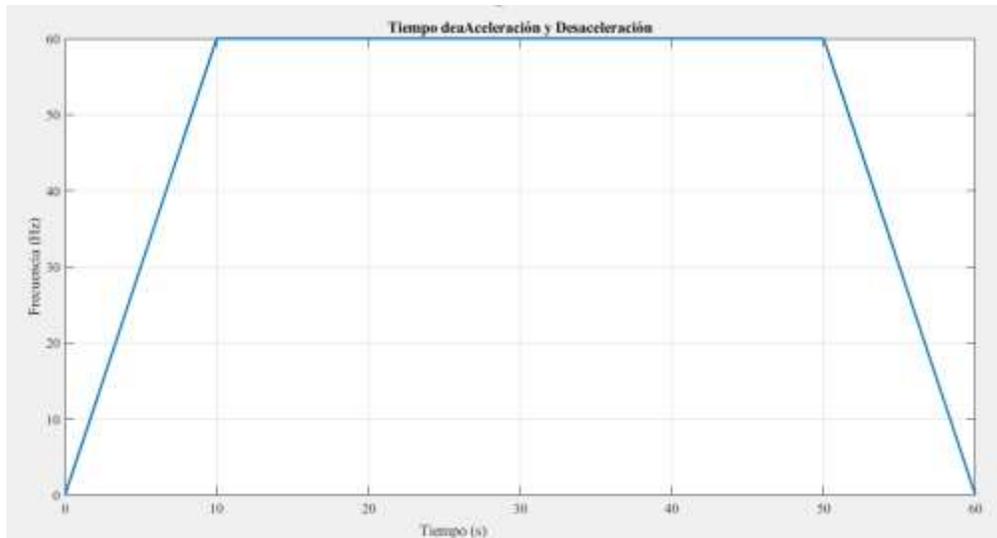


Figura 47. Tiempo de aceleración y desaceleración.

Es esencial tener en cuenta que un tiempo de desaceleración demasiado corto puede provocar daños en el motor,

3.17 Diagrama de flujo del funcionamiento de la mezcladora por cintas

En la Figura 49, se expone un diagrama que detalla el funcionamiento de la máquina mezcladora. Se observa el proceso desde su inicio hasta su conclusión, abarcando diferentes pasos.

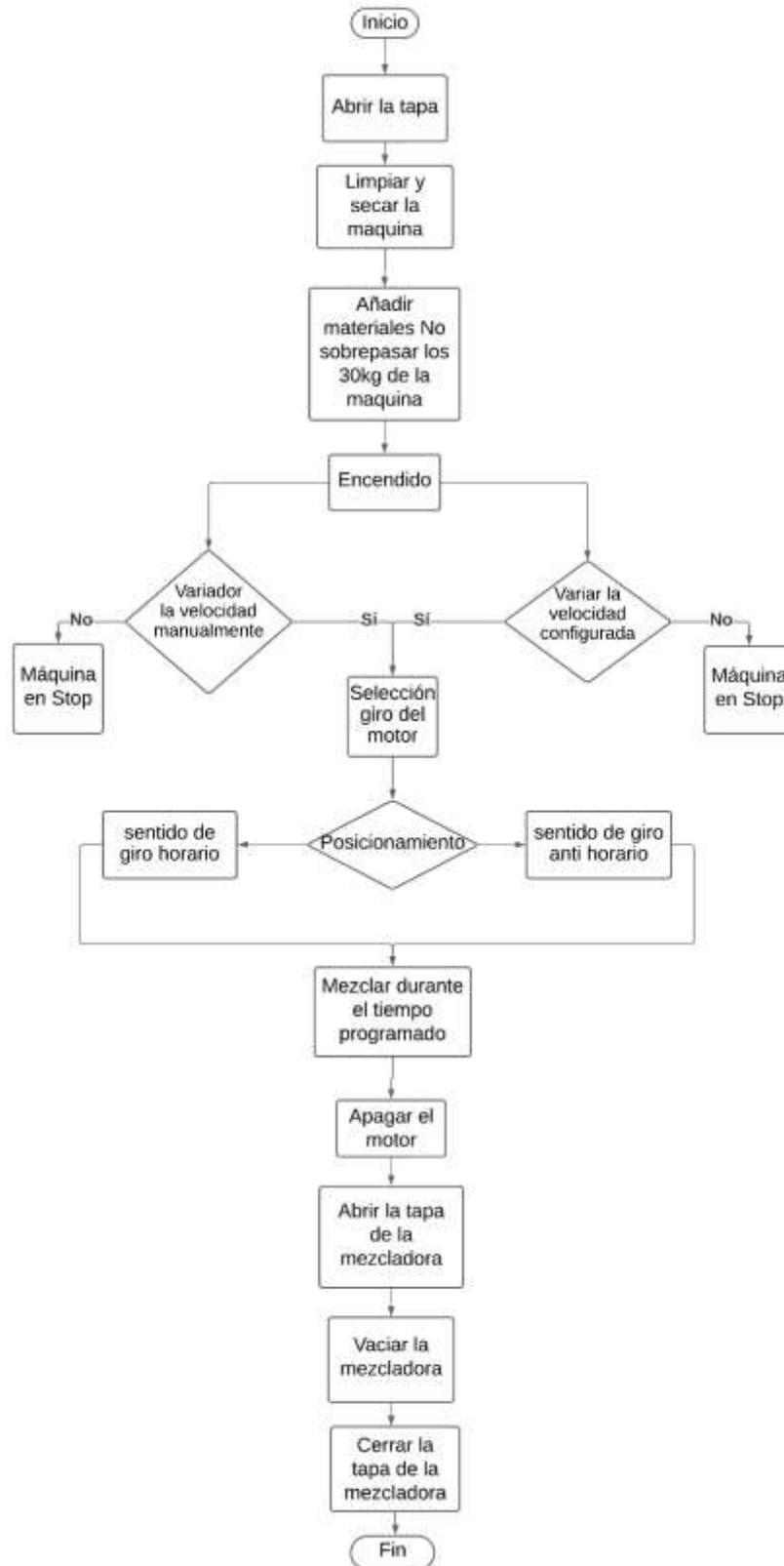


Figura 48. Diagrama del funcionamiento de la máquina.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS DE COSTO DEL PROYECTO

En relación con la evaluación económica de la mezcladora horizontal, se establece el capital financiero requerido para llevar a cabo su ejecución, considerando los factores que impactan de manera directa en los costos asociados a la fabricación y construcción de la máquina. Este capital se divide en categorías de costos directos e indirectos [34].

4.1 Costos directos

Son los costos específicos y fácilmente atribuibles a la producción de un bien o servicio en particular para culminar la máquina como se detalla en la Tabla 29.

Tabla 29. Gastos de materiales de la máquina.

COSTOS	
Detalle	USD
Variador de frecuencia	353.48
Costos electrónicos	887.48
Costos mecánicos	434.92
Motor	257.6
Precio total de la máquina	1933.48

A continuación, se detallan los costos asociados a la fabricación de cada componente de la máquina, y los de la mano de obra necesarios para su construcción, que se extienden en 30 días. Para más detalles, consulte el Anexo 6 y la Tabla 30 se detalla los diferentes costos extras como soldadura SMAW, herramientas, pulidora y dobladora para la creación nuestra máquina.

Tabla 30. Costos asociados con la construcción de la máquina.

COSTOS	
Detalle	USD
Dobladora	18
Pulidora	32
Soldadura SMAW	50
Herramientas	20
Total	120

4.2 Costos indirectos

4.2.1 Costos de Diseño

Los costos de diseño comprenden los gastos fundamentales relacionados con la planificación de cálculos y la elaboración de planos. Estos constituyen los gastos totales del proyecto y representan alrededor del 30% del costo total.

4.2.2 Costos de ingeniería

Este costo de ingeniería de una máquina, se deben considerar varios factores, como el tiempo dedicado por los ingenieros a realizar los análisis y cálculos de la máquina a crear, los costos asociados con el desarrollo de prototipos y pruebas, y cualquier costo de licencia de software o propiedad intelectual. El costo de ingeniería puede variar significativamente dependiendo de la complejidad y el tamaño del proyecto.

4.2.3 Justificación de costos

Mediante el análisis de la creación de la máquina mezcladora, se observa la suma total de gastos vinculados a su construcción, los cuales fueron obtenidos a partir de los valores presentados en la Tabla 31, donde se establece una clara diferenciación entre gastos directos e indirectos. Este enfoque tiene como objetivo simplificar la comprensión de la distribución de los recursos financieros del proyecto, lo que facilita una visualización más clara de la asignación de fondos en cada aspecto relevante del proceso.

Tabla 31. Costo total de la máquina.

COSTOS	Valor
DIRECTOS	
Costo de materiales de la máquina	1933.48
Costos de creación de la máquina	120
INDIRECTOS	
Costos diseño	579.9
Costos de ingeniería	320
Total	2953.38

4.2.4 Análisis económico

Se explica el procedimiento para calcular la ganancia anual basada en la Tabla 32. Esta visión completa se logra considerando los niveles previstos de producción media de la máquina y sus ingresos anuales estimados, según un análisis económico realizado.

Tabla 32. Producción a media capacidad de la máquina.

Producción a media capacidad de la máquina		
Descripción	Tiempo	Unidades
Tiempo de trabajo de la máquina (h/día)	7	hora
Producción	150	Kilogramo/Hora
Días Laborables(mes)	20	días
Producción mensual	3000	Kilogramos
Ingreso anual de la producción		
Descripción	Valor	Unidades
Costo del Producto	1.5	USD
Ingresos mensuales	4500	USD
Ingreso Anual	54,000	USD

4.2.5 Flujo de caja

El flujo de efectivo es crucial en el cálculo del Valor Actual Neto (VAN) y de la Tasa Interna de Retorno (TIR). Este flujo, que se describe en la Tabla 33 a continuación, se fundamenta en estimaciones optimistas.

Tabla 33. Flujo de caja.

Flujo de caja	Valor mensual	1 año	2 año	3 año	4 año	5 año
Costo de inversión	2953,38					
Venta	Ingreso 3675	44100	52920	63504	76204,8	91445,76
Luz	Egreso 12,6	351	151,2	151,2	151,2	151,2
Carbonato de calcio	3360	40320	40320	40320	40320	40320
PET	1260	15120	15120	15120	15120	15120
Operario	450	5400	5400	5400	5400	5400
	Ingreso total	44100	52920	63504	76204,8	91445,76
	Egreso	61191	60991,2	60991,2	60991,2	60991,2
	Total	-17091	-8071,2	2512,8	15213,6	30454,56

4.2.6 VAN y TIR

La tasa interna de retorno del 17% muestra una rentabilidad positiva para el proyecto, como se puede observar en la Tabla 34. Este porcentaje resalta la eficacia financiera y el potencial de generación de beneficios a lo largo del tiempo, lo que refuerza aún más la viabilidad económica de la iniciativa. Además, proporciona un retorno de la máquina para el tercer año, demostrando su capacidad para generar ganancias a mediano plazo.

Tabla 34. Resultado del VAN y TIR.

Año	Flujo de caja
1	-17091
2	-8071.2
3	2512.8
4	15213.6
5	30454.56
VAN	3443.8
TIR	17%

4.2.7 Retorno de inversión

Basándose en los datos de la Tabla 34, se evidencia un retorno económico a mediano plazo. Se observa que con una producción al 50 % de su capacidad se genera este beneficio, considerado positivo. Si la máquina operara a su máxima capacidad, estos valores de retorno se verían reducidos, lo cual sería beneficioso desde una perspectiva económica y financiera.

CONCLUSIONES

- Basándose en los hallazgos relacionados con la mezcla de carbonato de calcio y plástico PET para producir plástico PET, se concluye que la combinación óptima es la que incorpora ambos elementos. Esta elección sobresale al ofrecer una estética considerablemente superior a la del papel, ya que la fusión de carbonato de calcio y plástico PET se acerca más a la apariencia distintiva del papel convencional.
- Los resultados demostraron que, para obtener una masa adecuada destinada a la fabricación de papel con un rendimiento óptimo, la proporción ideal es del 60% de gránulos PET y el 40% de carbonato de calcio. Este equilibrio produjo los resultados esperados a lo largo de todo el proceso, consolidando la eficacia de esta combinación específica en el resultado final. La experimentación y el análisis detallado permitieron determinar la composición óptima para el proceso de mezcla, subrayando la importancia de una selección precisa de la materia prima para lograr resultados de alta calidad.
- En cuanto al análisis económico, la Tabla 32 presenta la producción a media capacidad de la máquina, con ingresos anuales estimados basados en un análisis económico detallado. La rentabilidad del proyecto se refleja en el flujo de caja (Tabla 33), que muestra ingresos y egresos a lo largo de cinco años. El Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR) (Tabla 34) destacan la rentabilidad del proyecto, evidenciando un retorno positivo a mediano plazo.
- El retorno de inversión, analizado en el tercer año, respalda la viabilidad económica de la iniciativa. Se observa que con una producción al 50% de su capacidad, se genera un retorno económico, considerado un aspecto positivo. Sin embargo, se plantea la posibilidad de reducción de estos valores si la máquina opera a su máxima capacidad, lo cual podría ser beneficioso desde una perspectiva económica y financiera.

RECOMENDACIONES

- Se sugiere realizar un estudio exhaustivo para investigar la viabilidad y los beneficios de la adición de diversos compuestos, además de la mezcla de carbonato de calcio y plástico, con el fin de potenciar las propiedades físicas y químicas del papel. Este análisis permitirá obtener una comprensión más profunda de cómo estos elementos adicionales pueden contribuir a lograr una proporción óptima, mejorando significativamente la calidad global del papel. Además, se recomienda evaluar el impacto ambiental de estas adiciones para garantizar una producción sostenible.
- Se recomienda realizar una investigación exhaustiva sobre las alternativas disponibles para optimizar el proceso de mezcla, con el fin de lograr una homogeneización más eficiente en el contexto de la maquinaria. Este estudio no solo permitirá identificar y evaluar nuevas técnicas y tecnologías, sino que también proporcionará una base sólida para proponer mejoras concretas que contribuyan de manera significativa a la eficacia y calidad del proceso de mezcla en la mencionada maquinaria.
- Para mejorar la eficiencia operativa, se recomienda investigar oportunidades de eficiencia energética, considerando la posible implementación de tecnologías de energía renovable, como paneles solares, para reducir los costos asociados al consumo eléctrico.
- Se propone llevar a cabo una investigación detallada sobre el diseño e implementación de un plan de mantenimiento para maquinaria, con el fin de ampliar su vida útil y preservar la eficiencia del equipo, minimizando las pérdidas asociadas. Este estudio no solo permitirá analizar la efectividad de diferentes estrategias de mantenimiento, sino que también ofrecerá una base sólida para la formulación de recomendaciones prácticas y personalizadas que contribuyan de manera efectiva a la gestión óptima de la maquinaria en diversos contextos industriales.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] C. Nadia, “EMASEO recolectó cerca de 432 toneladas de residuos en las elecciones 2021,” *Emaseo Ep.*, 2021. <https://www.emaseo.gob.ec/emaseo-recolecto-cerca-de-350-toneladas-de-residuos-en-las-elecciones-2021/>
- [2] M. Torres, X. Cazar, O. Vallejos, A. Francisco, and J. Sierra, “Alternativa producción de materia reciclado PET en la ciudad de Ibarra, Ecuador,” *Rev. Episteme*, vol. 5, pp. 489–499, 2018.
- [3] C. F. Martínez Cáceda and C. A. Mendoza Chaves, “FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA 01 Facultad de Ingeniería y Arquitectura,” 2020. [Online]. Available:
http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/47102/Gutierrez_RS-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- [4] A. Pegels, S. Heyer, D. Ohlig, F. Kurz, L. Laux, and P. Morley, *¿Es sostenible el reciclaje? Propuestas para conciliar los aspectos sociales, ecológicos y económicos en Argentina*. 2021. [Online]. Available: <http://hdl.handle.net/10419/231450>
- [5] T. Hardin, “Conceptos básicos sobre 7 tipos comunes de plástico,” 2021. <https://plasticoceans.org/7-tipos-de-plastico-mas-comunes/>
- [6] R. Nisticò, “Polyethylene terephthalate (PET) in the packaging industry,” *Polym. Test.*, vol. 90, no. June, 2020, doi: 10.1016/j.polymertesting.2020.106707.
- [7] N. A. Samak *et al.*, “Recent advances in biocatalysts engineering for polyethylene terephthalate plastic waste green recycling,” *Environ. Int.*, vol. 145, p. 106144, 2020, doi: 10.1016/j.envint.2020.106144.
- [8] M. CARRERE, “No existe un solo lugar en las Galápagos libre de plástico,” 2019. <https://es.mongabay.com/2019/05/ecuador-contaminacion-plastico-galapagos-video/>
- [9] M. E. Piñeros M. and R. D. Herrera M., “Proyecto de factibilidad económica para la fabricación de bloques con agregados de plástico reciclado (PET), aplicados en la construcción de vivienda,” *Univ. Católica Colomb.*, p. Pag. 1-118, 2018, [Online]. Available: <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/22382/1/TESIS>

BLOQUE PET.pdf

- [10] L. P. Chumpitaz Tome and C. A. Milla Huesa, “Estudio de métodos en el proceso de reciclaje de botellas PET para las municipalidades de Lima y Callao,” 2020.
- [11] L. Garcia, “ANÁLISIS AMBIENTAL DEL PROCESO DE RECICLAJE DE RESIDUOS PLÁSTICOS PET DE UNA INDUSTRIA RECICLADORA EN GUAYAQUIL.,” no. 04, p. 77, 2022.
- [12] RAE, “Recolección.” <https://dle.rae.es/recolección?m=form>
- [13] RAE, “Clasificación.” <https://dle.rae.es/clasificación?m=form>
- [14] EDITORIAL VISTAZO, “Proyecto de reciclaje logra recuperar 10.000 botellas PET en Quito,” 2023.
- [15] H. Liu *et al.*, “Unlocking the potential of amorphous calcium carbonate: a star ascending in the realm of biomedical application,” *Acta Pharm. Sin. B*, no. xxx, 2023, doi: 10.1016/j.apsb.2023.08.027.
- [16] J. Meza and M. Wu, “Los Efectos De La Adición Del Carbonato De Calcio En El Mejoramiento De Las Características De Los Ladrillos Artesanales Del Distrito De Chilca, Año 2018,” 2018.
- [17] S. Reddy and T. Raju, “Design and Development of mini plastic shredder machine,” *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 455, no. 1, 2018, doi: 10.1088/1757-899X/455/1/012119.
- [18] Viñas, “Proceso de fabricación del cemento,” 2017.
- [19] TRUSTAR Pharma, “Mezclador De Cinta Y Mezclador,” 2019.
- [20] M. Giraud *et al.*, “Multi-scale homogeneity analysis of co-milled powders: Development of a reverse approach to assess quality of mixtures,” *Powder Technol.*, vol. 400, p. 117263, Mar. 2022, doi: 10.1016/J.POWTEC.2022.117263.
- [21] P. Luis, “Propuesta de diseño de máquina mezcladora de pienso para el municipio san luis, santiago de cuba,” 2019.

- [22] C. Rodríguez, “Mezclado,” *Slideshare*, pp. 1–18, 2019, [Online]. Available: <https://es.slideshare.net/Carlos0601/mezclado-25865193>
- [23] B. Chalacan, “Diseño y fabricación de una máquina mezcladora de paletas con chopper para una capacidad de mezcla de 1000 kilogramos de sal Bryan Aldair Chalaca Vallejo Informe de práctica para optar al título de Ingeniero Mecánico Asesores Carlos Andrés Trujillo (PhD,” 2022.
- [24] C. Rodríguez, “Mezclado,” *Slideshare*, pp. 1–18, 2019.
- [25] Universidad de Sevilla, “Mezclado De Sólidos,” *Mezclador de fluidos*, vol. 2, pp. 12–36, 2010, [Online]. Available: http://personal.us.es/mfarevalo/recursos/tec_far/mezclado_solidos.pdf
- [26] C. D. E. I. Ambiental, J. Rodolfo, and O. Ramírez, “Benemérita universidad autónoma de puebla,” 2022.
- [27] F. S. Yelvita, “Rediseño de una máquina mezcladora,” no. 8.5.2017, pp. 2003–2005, 2022.
- [28] E.Bachiller B, “Mezclador cónico vertical de tornillo sinfín para productos sólidos y pulverulentos.” <https://bachiller.com/es/mezclador-conico-vertical-eliconomix/>
- [29] E.Bachiller B, “Mezclador cónico vertical de tornillo sinfín para productos sólidos y pulverulentos.”
- [30] X. Jin and Y. Shen, “DEM study of mixing performance of superquadric particles in an industrial-scale ribbon mixer,” *Adv. Powder Technol.*, vol. 34, no. 11, p. 104239, 2023, doi: 10.1016/j.appt.2023.104239.
- [31] L. C. IÑACASHA TROYA and G. A. ROJAS LEON, “Diseño Y Construcción De Una Máquina Mezcladora De Arcilla Con Capacidad De 200 Kilogramos/Hora Que Se Utilizará En La Fabricación De Artesanías, En La Parroquia De La Victoria-Provincia De Cotopaxi.,” 2019, [Online]. Available: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/17758>
- [32] V. H. Tania, “Equipos de uso en la industria farmaceutica”.

- [33] Smart Batching, “Soluciones de mezcla personalizadas.”
- [34] D. Gómez and M. Mina, “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA MEZCLADORA DE BALANCEADO CON CAPACIDAD DE 100 kg/h PARA IMPLEMENTACIÓN EN LA EMPRESA AVÍCOLA AVITECNIC DEL ECUADOR.,” UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI, 2023.
- [35] DIPAC, “Planchas laminadas al caliente.” p. 1500.
- [36] DIPAC, “Ejes DIPAC,” 2022. https://dipacmanta.com/ejes-dipac-2/?gad_source=1&gclid=CjwKCAiAqY6tBhAtEiwAHeRopckmBHjb0h6gZjrsKQaIRF3X-RmBJNTHsqejm7BJpIvCrqmQTYiPbhoC2pEQAvD_BwE
- [37] SKF, “Selección de Rodamientos,” *Ekp*, vol. 13, no. 3, pp. 1576–1580, 2015, [Online]. Available: <https://www.skf.com/co>
- [38] Dinatex, “MOTORES ELÉCTRICOS GE.”
- [39] WEG, “WEG CESTARI motorreductor WCG20-50111528.pdf.”
- [40] Comintec, “ACOPLAMIENTOS RÍGIDOS”.
- [41] Electro cable, “Electrocables - Catálogo de Productos,” *Electro cable*, p. 182, 2018.
- [42] Lureye, “programación del convertidor de frecuencia,” pp. 7823–7830.

ANEXOS

ANEXO 1

Medición de porcentajes de carbonato de calcio y cloruro de calcio



ANEXO 2

Experimentación para encontrar la combinación adecuada de carbonato de calcio con plástico PET





ANEXO 3

Resultados obtenidos con la experimentación de carbonato de calcio y cloruro de calcio variando los porcentajes de gránulos PET junto con carbonato de calcio y cloruro de calcio



ANEXO 4

Cálculo de fuerza para conocer valores que muevan las hélices en nuestro diseño



ANEXO 5

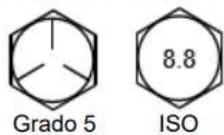
Recomendaciones de uso de pernos

Tabla 1

Tamaño del perno		Par de apriete recomendado en N-m (libras-pies)			
Métrica	Pulgada*	Mínimo		Máximo	
M6	(1/4)	9	(7)	15	(11)
M8	(5/16)	19	(14)	28	(21)
M10	(3/8)	34	(25)	50	(37)
M12	(1/2)	81	(60)	122	(90)
M16	(5/8)	163	(120)	244	(180)
M20	(3/4)	285	(210)	433	(320)

***Solo a modo informativo**

Tabla 2: designación de grado del perno



ANEXO 6

Proforma del material estructural y eléctrico de la máquina

PROFORMA DYNAC MANTA S.A.

NÚMERO DE OFERTA: CT-00084663 QUITO NORTE FECHA: 17/01/2024
 NOMBRERAZÓN SOCIAL: ARGUEL ANGEL ACUCHI TENE
 RUC o CI: 080289738001 TELÉFONO:
 DIRECCIÓN: E 15 N86-78 Y JOSE BUSTOS QUITO QUITO PICHINCHA Ecuador

Pos	Artículo	Descripción	Cantidad	Unid	Precio	Total USD
1	OXILC0100	OXICORTES 15mm 1 pila de 700x300x15mm 1 pila de 400x300x15mm	53.38	kg	1.6000	85.41
2	OXILC0040	OXICORTES 4mm 1 pila de 700x300x4mm 1 pila de 700x475x4mm 1 pila de 350x400x4mm	38.33	kg	1.8000	68.99
3	OXILC0040	OXICORTES 4mm 3 pila de 500x500x4mm 3 pila de 380x500x4mm	40.22	kg	1.8000	72.40
4	OXILC0020	OXICORTES 2mm 2 pila de 600x100x2mm 2 pila de 200x100x2mm	2.00	kg	1.8000	3.60
5	BISAGRAE110	BISAGRA TORNEADA E/T 1"	3.00	x	2.6200	7.86
6	EF18100	E.A.C.FRDO 1(3.0777 KG/MT) 5.40 metros de arlo de 1 pulgada	37.79	kg	1.6200	61.22
7	EF18038	E.A.C.FRDO 3(80.5888 KG/MT)	0.87	kg	1.6200	1.41
SUBTOTAL:						307.96
IVA: 12.00 %						36.96
FORMA DE PAGO: EFECTIVO					TOTAL USD:	344.92

ESTE DOCUMENTO NO CONSTITUYE VENTA Y LOS PRECIOS PUEDEN CAMBIAR SIN PREVIO AVISO

Contacto: **Quito:** Av. Miguel Yumbato y Zona Norte Vía Samborombán KM 16.5 Tel: 048838734 | 047965539 | 088553800
Machala: Av. 25 de Junio Cárdena al SRD Tel: 0889107778
Quito: Av. Gato Píezas Lázaro N33-188 y Rafael Bustamante Tel: 047965539
 Servicio Técnico: 048838738 - EXT 139 Email: ventas@dinatek.ec Web: www.dinatek.ec



Fecha: 17/01/2024

Proforma No. 45188

Cliete: CONSUMIDOR FINAL (18)

Dirección: S/N

RUC/CI: 000000000000

E-mail:

Tel.1:

Tel.2:

PROFORMA

UBI	Modelo	Cant.	Descripción	Precio	Total
00	SKP28052W1.2035	1	MOTOR ELECTRICO GENERAL ELECTRIC HORIZONTAL 3HP 1800RPM 43.225AMV	230.00	230.00

Nota: SR. BRYAN ACUCHI TLF. 093 925 7906

Total: 230.00

Subtotal: 230.00

(+) IVA %: 27.60

(=) Total: 257.60

Forma de Pago: CONTADO

Entrega:

Garantía:

Observaciones:
 Proforma válida por 30 días
 Se aceptan todas las tarjetas de crédito
 * Próximamente en Stock

Vendedor: **QUELAL MARCELA**

Celular:

EMAIL: quita@dinatek.ec

Cargo: EJECUTIVO DE VENTAS

Ferrin Zambrano Mariana Del Jesus
 Av. Galo Plaza Lasso N66-171 Y Los Cerezos
 022476055 0999452299

0975310662



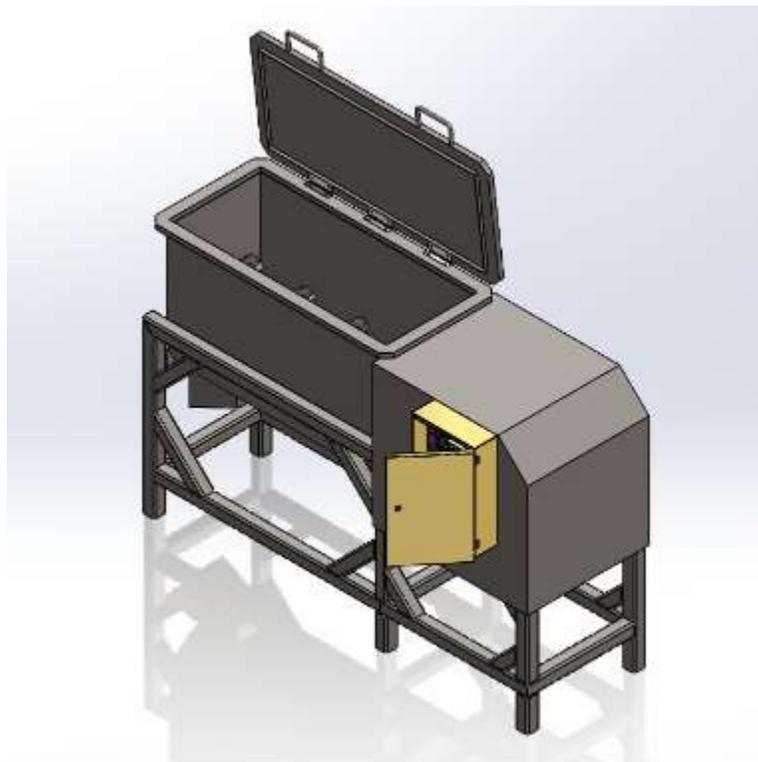
PROFORMA

N° :	FEQ-PRF-000028545	Fecha :	2024-01-18 09:34:05
DNI :	999999999999	Vendedor :	Mario Verduga
Cliente :	Consumidor Final	Credito :	2024-01-18 09:34:13
Telefono :	2476055 / 2476055	Modificas :	2024-01-18 09:39:20
Direccion :	Galo Plaza Laso		
Concepto :			

Codigo	Codigo Aux.	Descripcion	Cant.	Unid.	Precio	Desc.	Valor Total	
PRON-078	prn078	Fuente De Poder Reg 85-20Vca 24Vdc 50w 2...	1,0000	unidad	44.5800	0,00	44.58	
VVELT-429	8809129824279	Varistor Presionista 3.2kw 3ph 200-240Vca 8...	1,0000	unidad	489.7100	0,00	489.71	
CONT-158	6801860758558	Contacto Neo-12a 3p 120/220Vca Chant	1,0000	unidad	13.6800	0,00	13.68	
GREM-487		Breaker P/Def Ndo 3p-25a Chant	1,0000	unidad	8.5700	0,00	8.57	
PRDH-614	04934188031952	Lago 230 Rca Red1052-1806-Red1804ad 4...	1,0000	unidad	256.0000	0,00	256.00	
RETS-698	6821802788322	Rela Termico 7-15a Ndo 25 Chant	1,0000	unidad	18.5500	0,00	18.55	
Preparado por :							Subtotal 0%	0.00
Revisado por :							Subtotal No Objeto Iva	0.00
Autorizado por :							Subtotal Imponible	809.09
Mario							Descuento	0.00
Observaciones :							Ica	0.00
							Iva 12.00%	97.29
							Valor Total	906.38

Manual Técnico: Mezcladora de Cintas Helicoidales

Modelo: MezclaPet30



Especificaciones Técnicas:

- Capacidad de Mezcla: 30 kg/h
- Proporción de Mezcla: 60% Carbonato de Calcio, 40% Plástico PET
- Construcción: Acero Estructural
- Componentes Clave: Eje y Cintas de Acero AISI 1018
- Motor: Trifásico, 1800 rpm
- Variador de Velocidad: Delta MS300

Instrucciones de Uso:

Encendido y Apagado:

El primer selector tiene dos estados: encendido (I) y apagado (O).

- En el estado encendido, la mezcladora está activada.
- En el estado apagado, la mezcladora se detiene.
- Al cambiar el selector de encendido a apagado, se invierte la dirección de giro.

Control de Velocidad:

El control de velocidad se realiza a través de un potenciómetro en el primer selector cuando está en el estado encendido.

- En el segundo selector, las velocidades están preestablecidas y se seleccionan de acuerdo con la configuración del selector.

Configuración de Velocidades Preestablecidas:

En el segundo selector, las velocidades preestablecidas se ajustan según la configuración del selector.

- Cambie el selector para seleccionar la velocidad deseada.

Variador de Velocidad Delta MS300:

Características:

- Variador de velocidad para el control preciso de la velocidad del motor.
- Ayuda a reducir la velocidad del motor trifásico de 1800 rpm.

Configuración:

- Se utiliza el variador de velocidad Delta MS300 para ajustar la velocidad según las necesidades de mezcla.
- Consulte la guía del variador para detalles específicos de configuración.

Calibración:

La calibración de la máquina se realiza para garantizar la precisión de las proporciones de mezcla.

- Siga las instrucciones detalladas en el manual de calibración suministrado por el fabricante.

Lubricación:

Tabla 9: Guía de lubricación del motor

Tamaño del armazón	Polos	Tipo de rodamiento DE	Intervalo de lubricación (horas)	Peso de la grasa que debe agregarse en (g)	Tipo de rodamiento NDE	Intervalo de lubricación	Peso de la grasa que debe agregarse en (g)
200	2	6312	2000	30	6212	2000	30
	4	6312	3000		6212	3000	
	6	6312	3000		6212	3000	
225	2	6312	2000	30	6312	2000	30
	4	6313	3000		6312	3000	
	6	6313	3000		6312	3000	
250	2	6313	2000	30	6313	2000	30
	4	6314	3000		6313	3000	
	6	6314	3000		6313	3000	
280	2	6314	2000	30	6314	2000	30
	4	6317	3000	35	6314	3000	35
	6	6317	3000		6314	3000	
315	2	6317	2000	35	6317	2000	35
	4	6319/NU319	3000	40	6319	3000	40
	6	6319/NU319	3000		6319	3000	
355	2	6319	2000	40	6319	3000	40
	4	6322/NU322	3000	40	6322	3000	40
	6	6322/NU322	3000		6322	3000	

- Lubrique regularmente las cintas helicoidales y el eje con un lubricante recomendado por el fabricante.

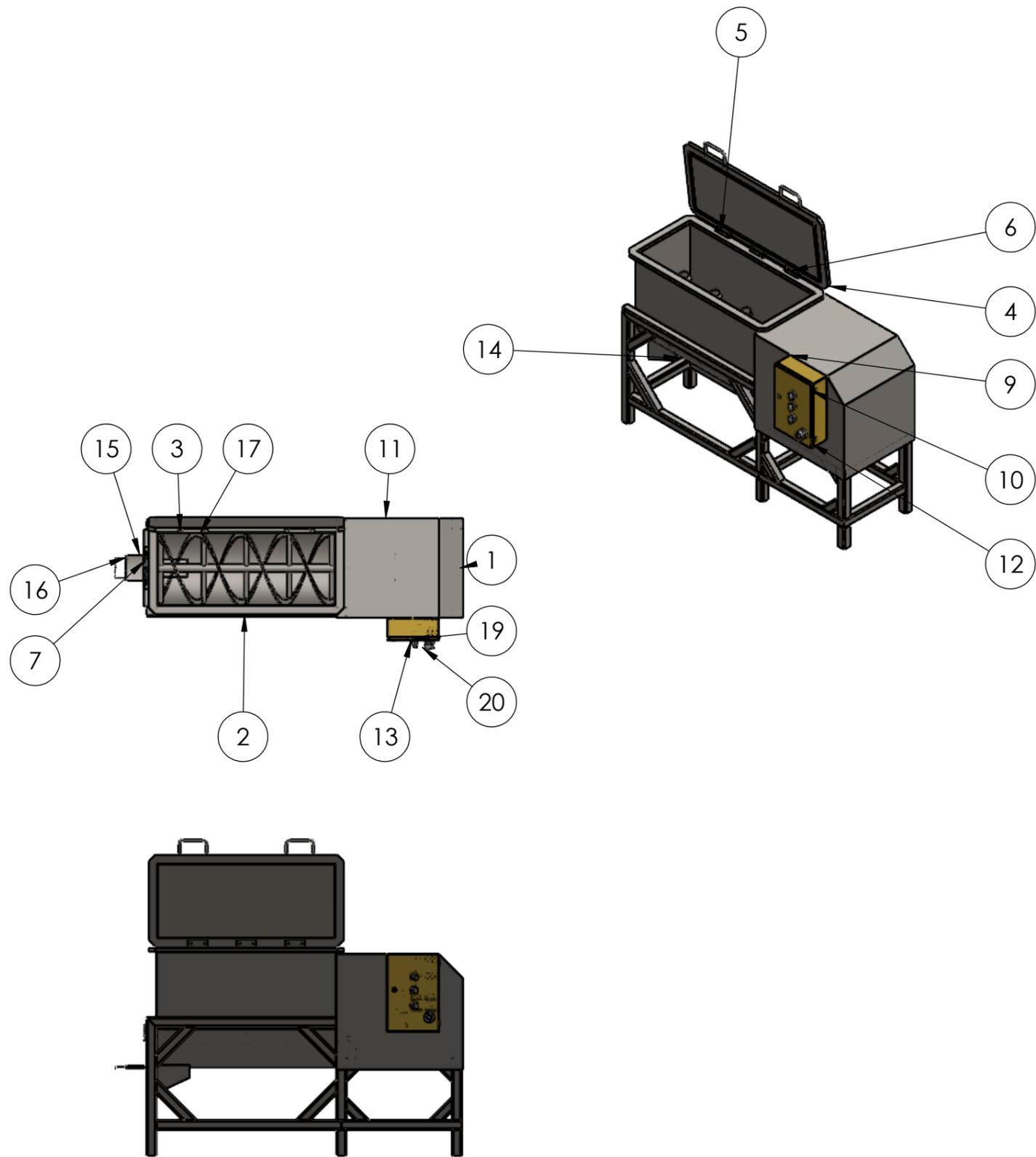
- Consulte el manual de mantenimiento para programar la lubricación y el tipo de lubricante recomendado.

Mantenimiento General:

- Realice inspecciones periódicas de las piezas clave.
- Siga el programa de mantenimiento para asegurar un rendimiento óptimo y prolongar la vida útil de la máquina.

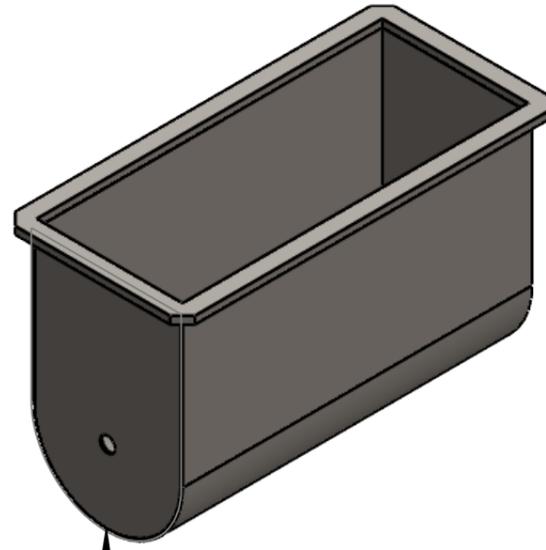
Precauciones:

- No sobrecargue la mezcladora.
- No utilice la mezcladora con materiales abrasivos.
- No opere la mezcladora sin la tapa de seguridad.
- Desconecte la mezcladora de la corriente eléctrica antes de realizar cualquier mantenimiento.



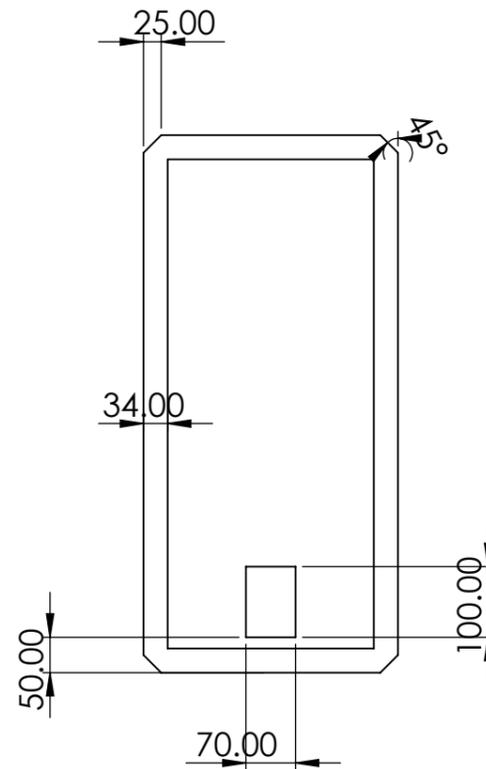
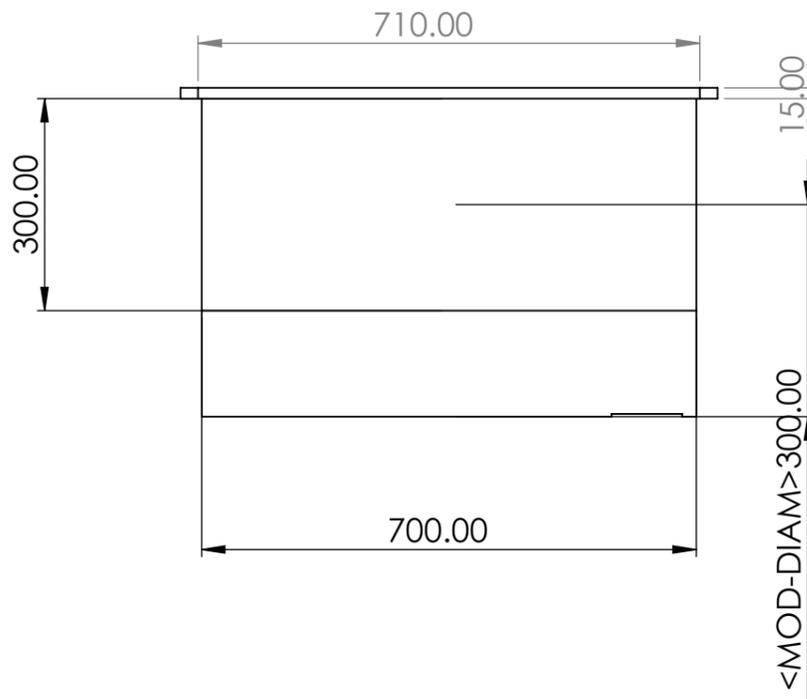
N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD
1	Estructura	1
2	Cilindro_tambor	1
3	manijas	2
4	TAPA_	1
7	Chumacera	2
8	motor	1
9	Panel de control	1
11	carcasaproteccion	1
13	electric unit uno	1
14	salida fin	1
15	Placa de asentamiento del motor	1
16	Salida de material	1
17	cintas	1
18	PLANCHA	1
19	Selectores	3
20	Paro de emergencia	1

Tratamientos térmicos:	NA	Material:	ASTM A336	Dim. brutas:
Recubrimiento:	NA			
CARRERA DE INGENIERIA MECATRONICA		UPS	Diseño:	Bryan Acuchi, Kevin Guanoliquin
			Dibujó:	Bryan Acuchi, Kevin Guanoliquin
		Escala:	1:1	Tol. Gral:

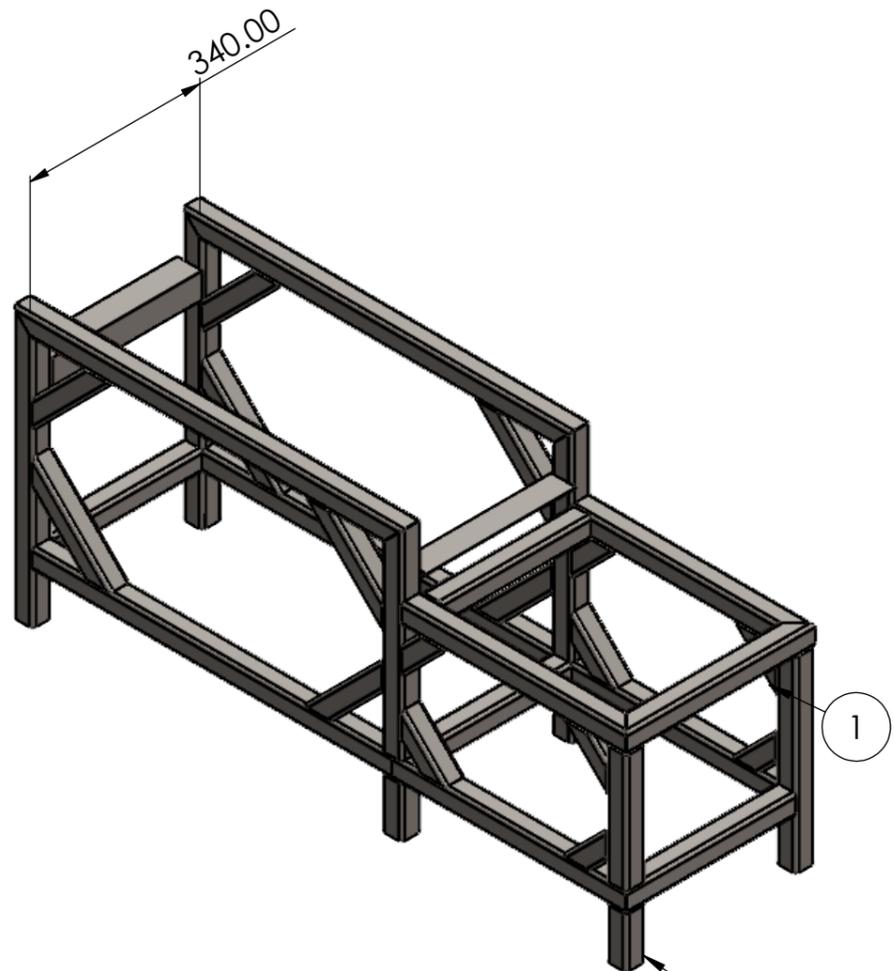


1

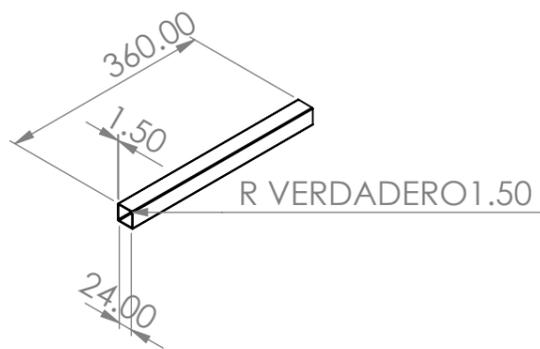
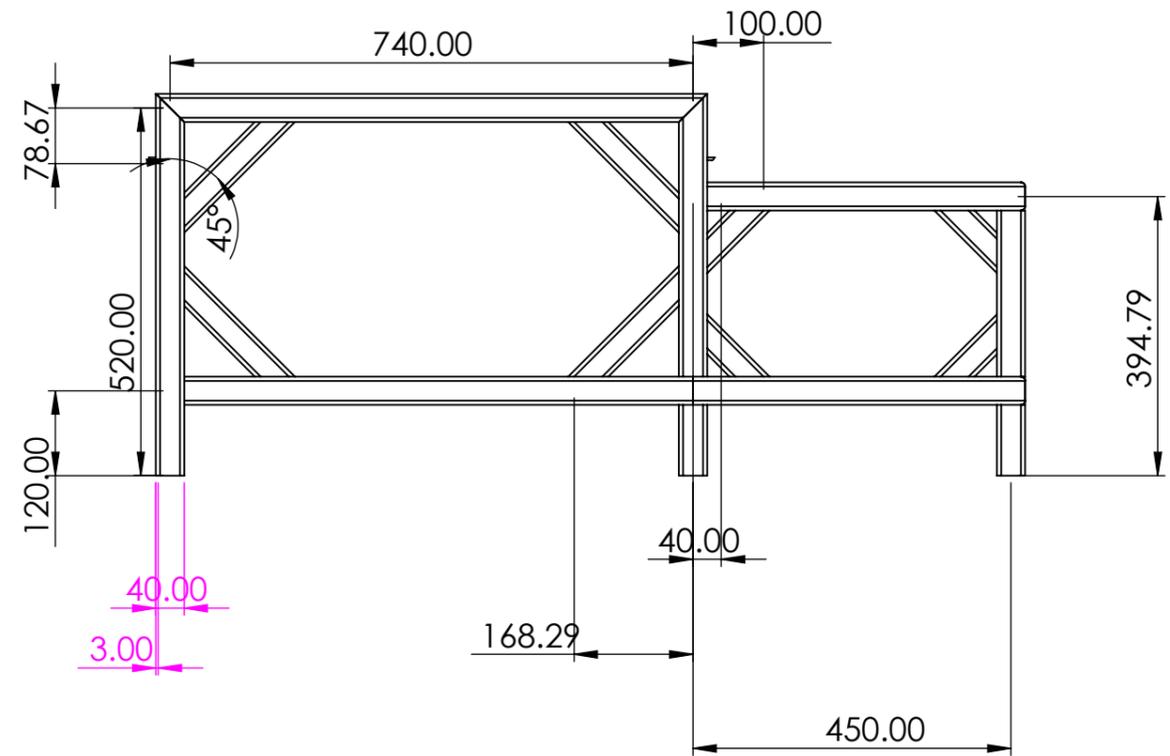
N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD
1	Cilindro_tambor	1



Tratamientos térmicos:	NA	Material:	ASTM A336	Dim. brutas:
Recubrimiento:	NA			
CARRERA DE INGENIERIA MECATRONICA		UPS		
Tambor		Dibujó:	Bryan Acuchi, Kevin Guanoliquin	
		Revisó:		
		Escala:	1:1	Tol. Gral:
		Codigó:		

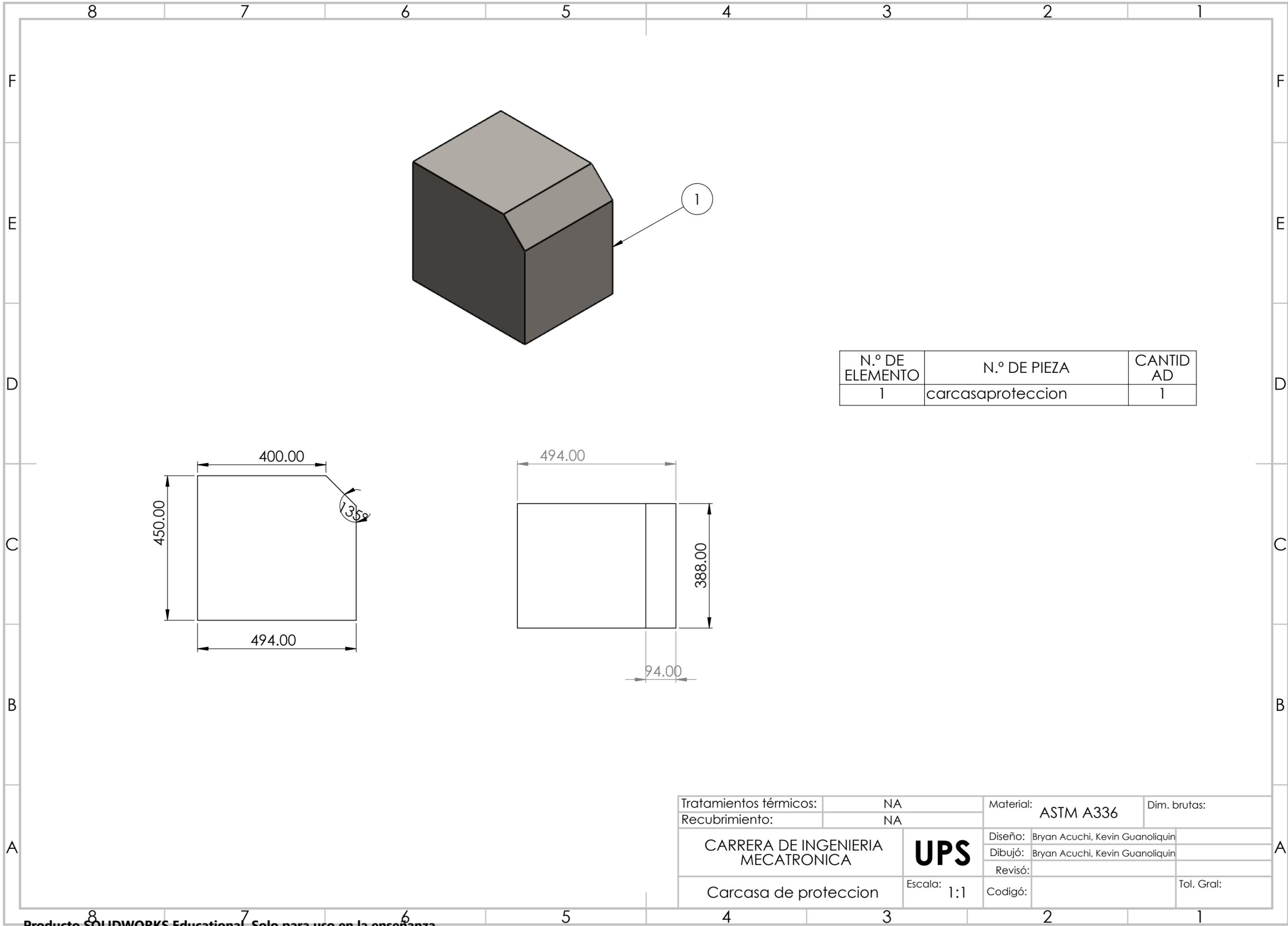


ASTM A336



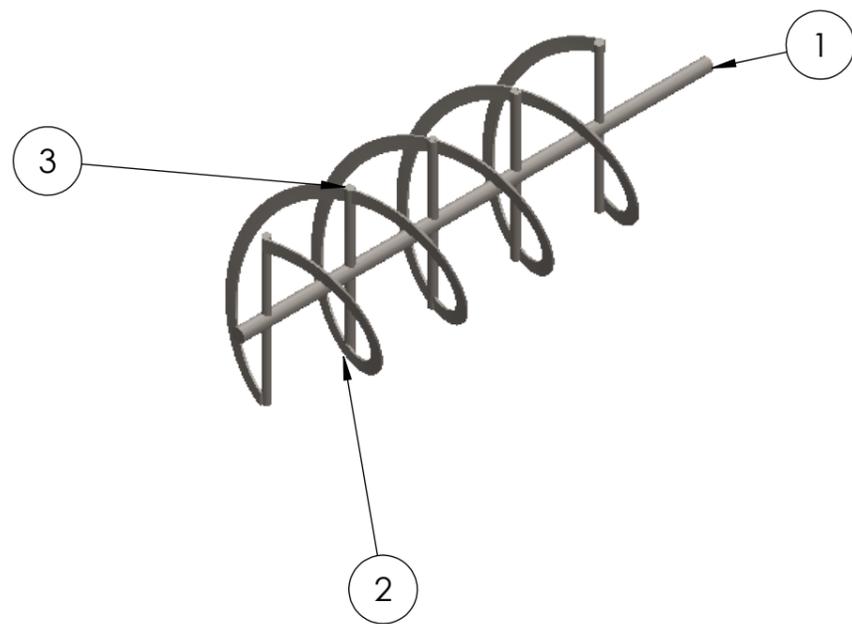
N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD
1	base	1

Tratamientos térmicos:	NA	Material:	ASTM A336	Dim. brutas:
Recubrimiento:	NA			
CARRERA DE INGENIERIA MECATRONICA		UPS		
BASE		Dibujó:	Bryan Acuchi, Kevin Guanoliquin	
		Revisó:		
		Escala:	1:1	
		Codigó:	Tol. Gral:	

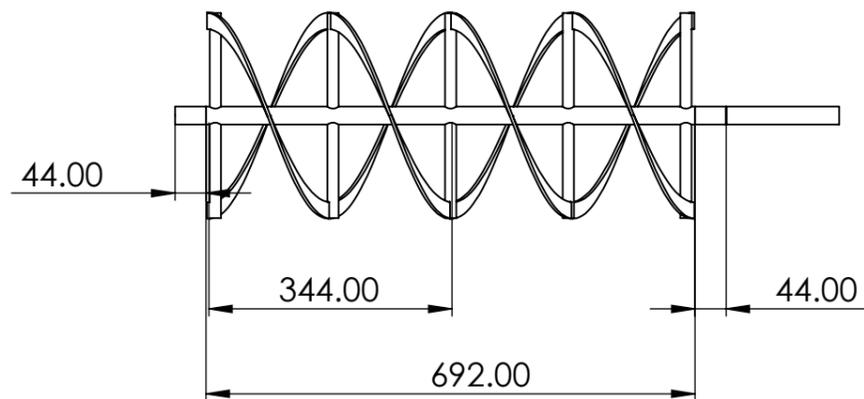


N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD
1	carcasaproteccion	1

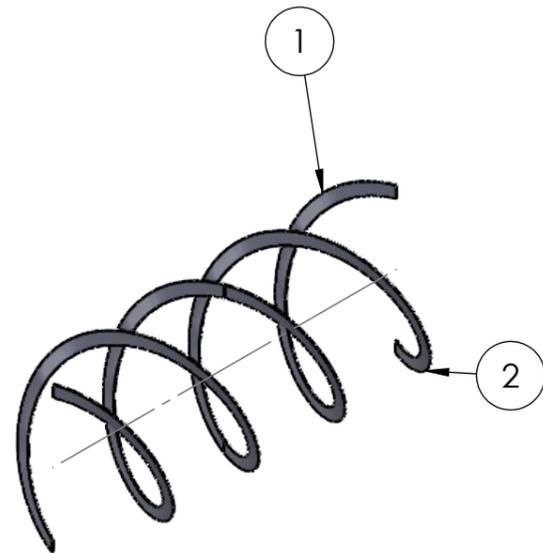
Tratamientos térmicos:	NA	Material:	ASTM A336	Dim. brutas:
Recubrimiento:	NA			
CARRERA DE INGENIERIA MECATRONICA		UPS	Diseño:	Bryan Acuchi, Kevin Guanoliquin
Carcasa de proteccion			Dibujó:	Bryan Acuchi, Kevin Guanoliquin
		Escala:	1:1	Tol. Gral:
		Codigó:		



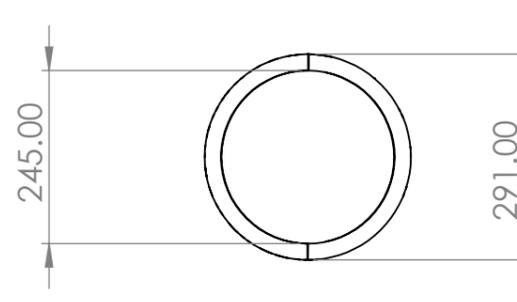
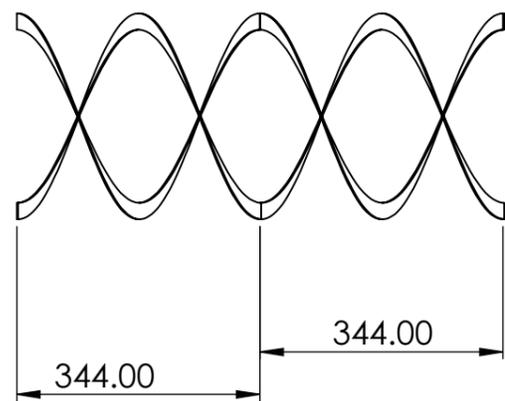
N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD
1	EJE	1
2	HELICE MAYOR	1
3	cinta posterior	1



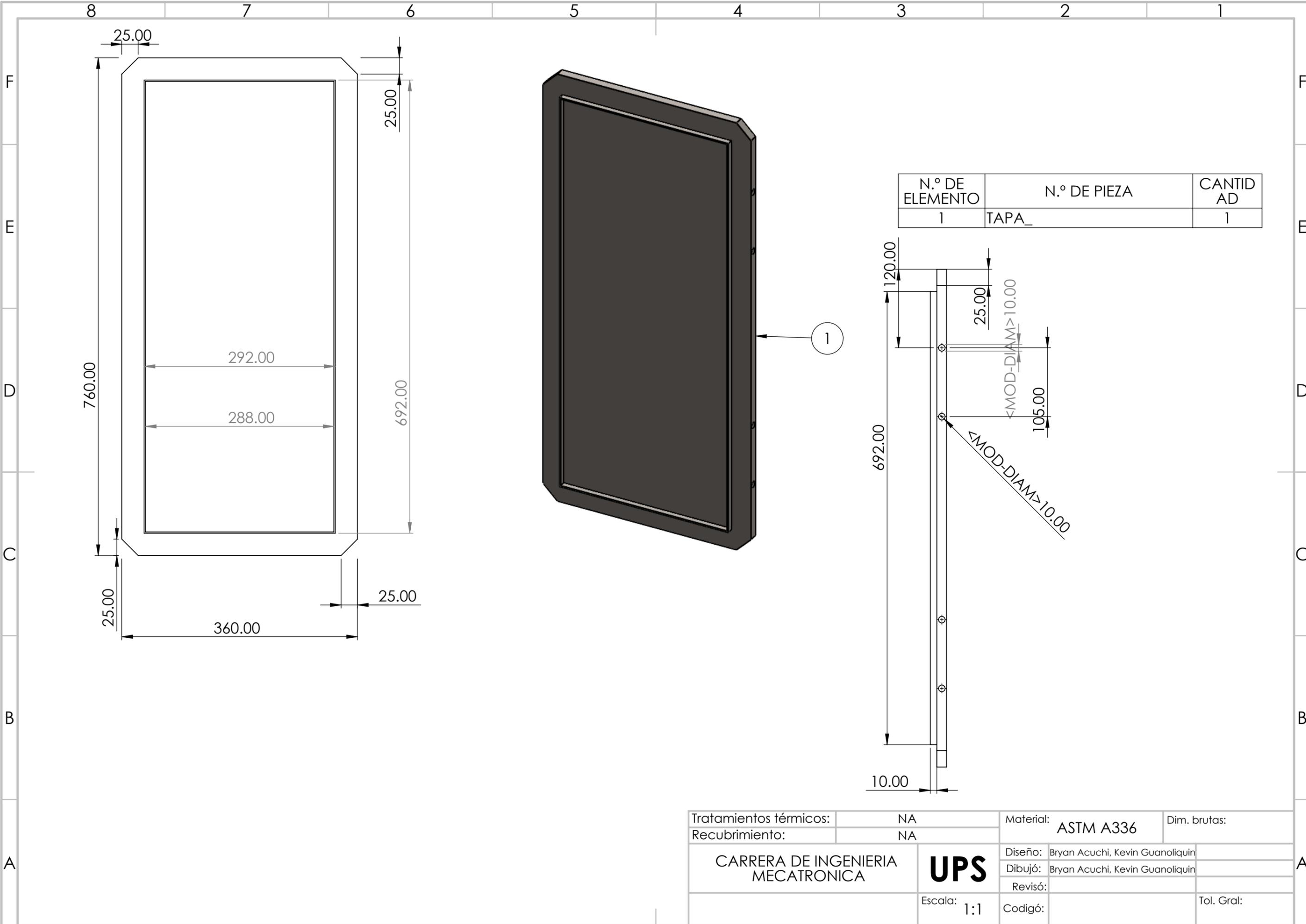
Tratamientos térmicos:	NA	Material:	ASTM A336	Dim. brutas:
Recubrimiento:	NA			
CARRERA DE INGENIERIA MECATRONICA		UPS	Diseño:	Bryan Acuchi, Kevin Guanoliquin
			Dibujó:	Bryan Acuchi, Kevin Guanoliquin
Helices		Escala:	Revisó:	
			Tol. Gral:	
		Escala:	1:1	
		Codigó:		



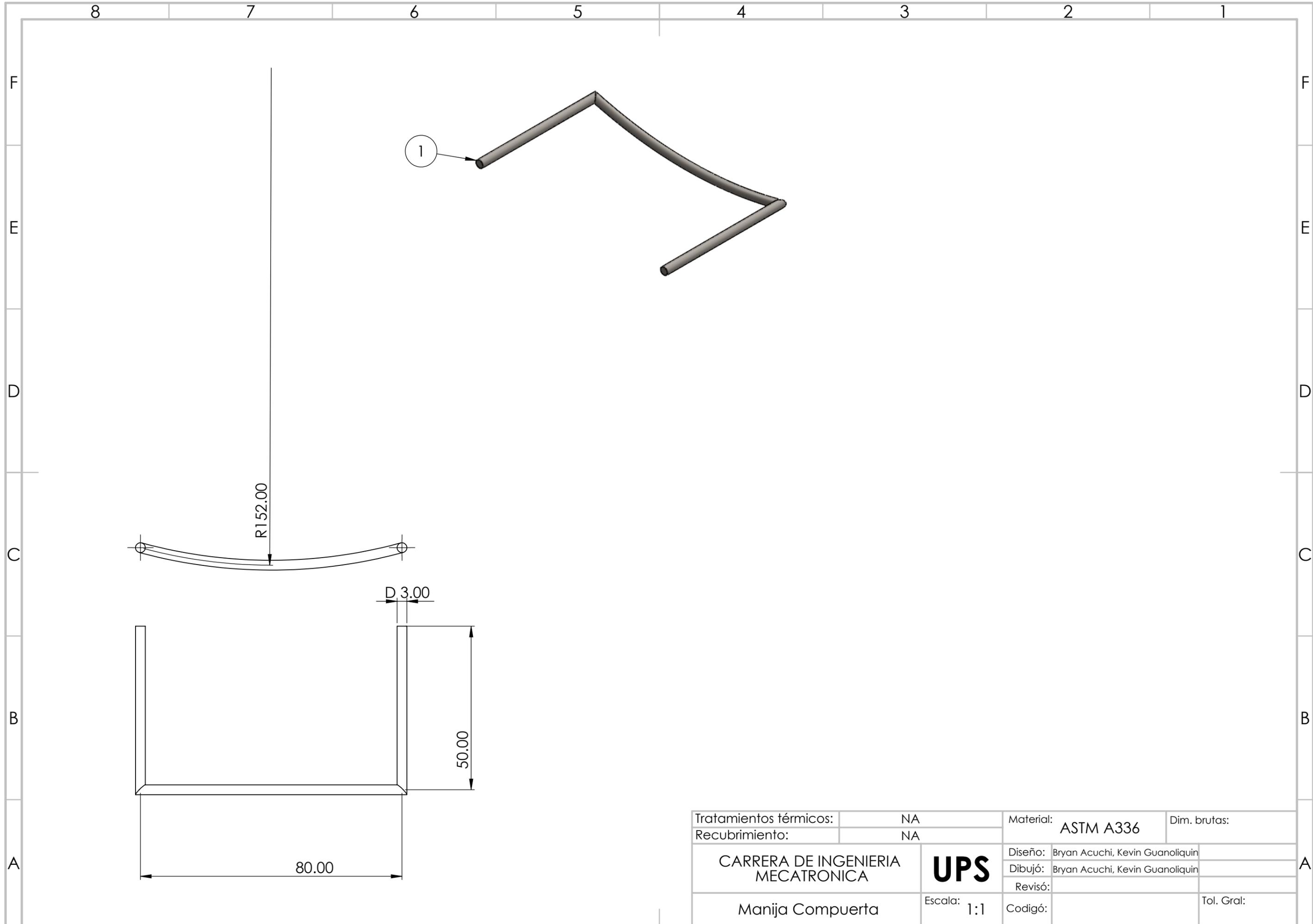
N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD
1	HELICE MAYOR	1
2	cinta posterior	1



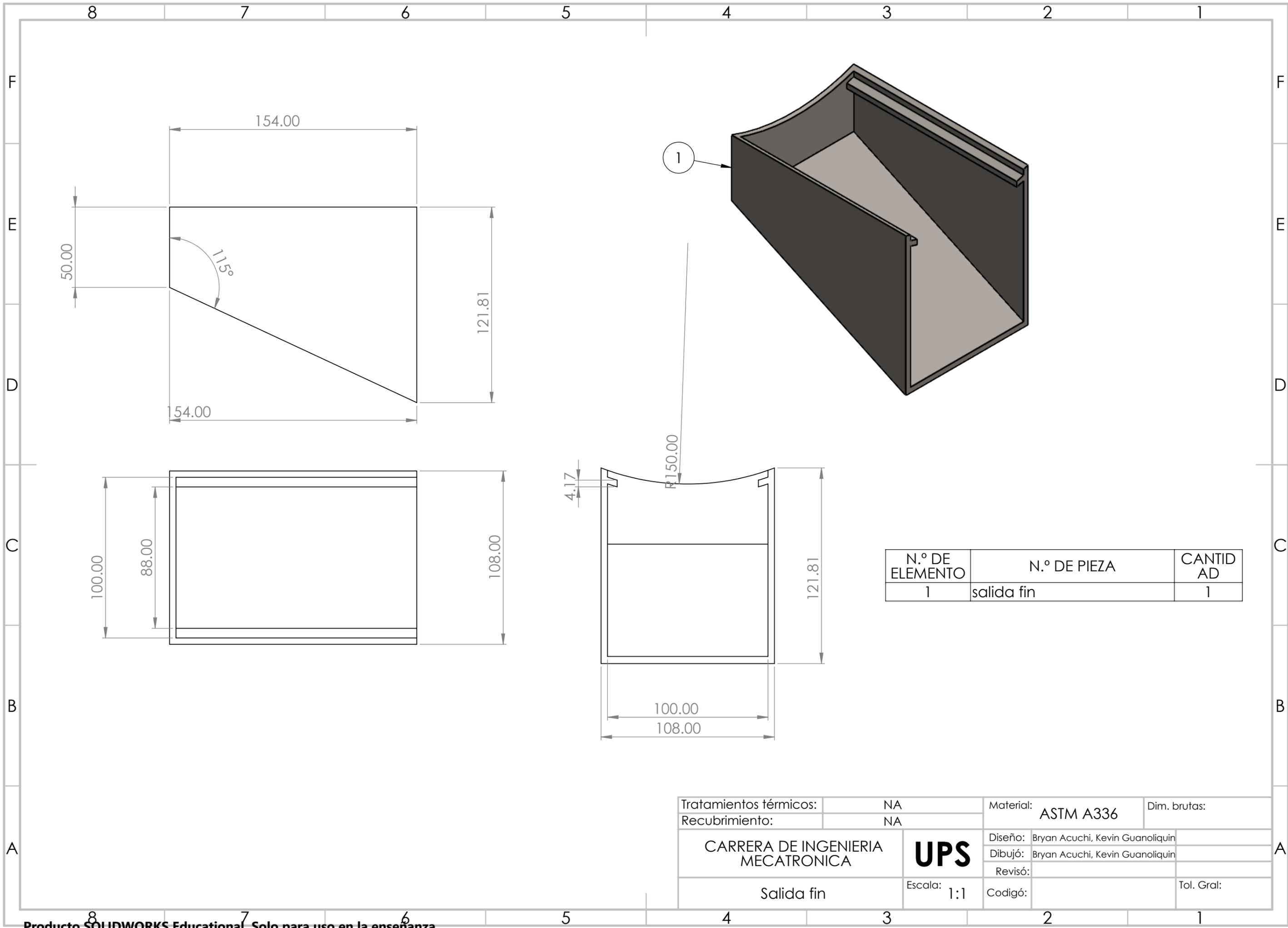
Tratamientos térmicos:	NA	Material:	ASTM A336	Dim. brutas:
Recubrimiento:	NA			
CARRERA DE INGENIERIA MECATRONICA		UPS		
Helices		Dibujó:	Bryan Acuchi, Kevin Guanoliquin	
		Revisó:		
		Escala:	1:1	Tol. Gral:
		Codigó:		



Tratamientos térmicos:	NA	Material:	ASTM A336	Dim. brutas:
Recubrimiento:	NA			
CARRERA DE INGENIERIA MECATRONICA				
		Dibujó:	Bryan Acuchi, Kevin Guanoliquin	
		Revisó:		
		Escala:	1:1	Tol. Gral:
		Codigó:		

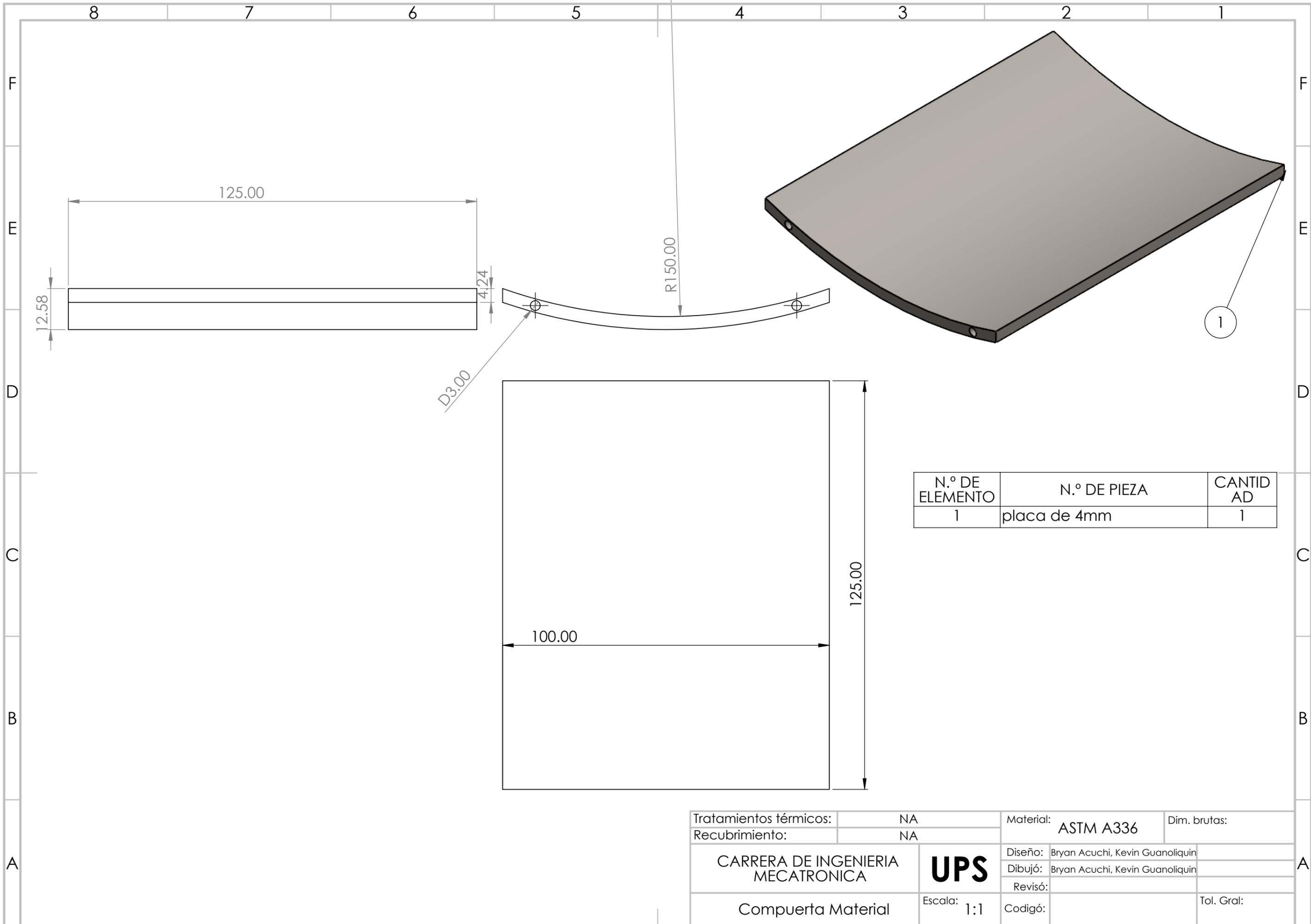


Tratamientos térmicos:	NA	Material:	ASTM A336	Dim. brutas:	
Recubrimiento:	NA	Diseño:	Bryan Acuchi, Kevin Guanoliquin		
CARRERA DE INGENIERIA MECATRONICA		UPS		Dibujó:	Bryan Acuchi, Kevin Guanoliquin
				Revisó:	
Manija Compuerta		Escala:	1:1	Codigó:	
				Tol. Gral:	



N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD
1	salida fin	1

Tratamientos térmicos:	NA	Material:	ASTM A336	Dim. brutas:
Recubrimiento:	NA			
CARRERA DE INGENIERIA MECATRONICA		Diseño:	Bryan Acuchi, Kevin Guanoliquin	
		Dibujó:	Bryan Acuchi, Kevin Guanoliquin	
Salida fin		Revisó:		
		Escala:	1:1	Codigó:



N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD
1	placa de 4mm	1

Tratamientos térmicos:	NA	Material:	ASTM A336	Dim. brutas:
Recubrimiento:	NA			
CARRERA DE INGENIERIA MECATRONICA		UPS		
Compuerta Material		Dibujó:	Bryan Acuchi, Kevin Guanoliquin	
		Revisó:		
		Escala:	1:1	Tol. Gral:
		Codigó:		