



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA**

“MÁQUINA TRITURADORA DE UVA PARA VINO ARTESANAL”

**TRABAJO DE TITULACIÓN PARA OBTENER EL TÍTULO DE INGENIERÍA EN
MECATRÓNICA**

AUTOR:

PAREDES ALMEIDA ANA MARÍA

DIRECTOR:

ING. VICTOR ALFONSO ERAZO ARTEAGA

IBARRA-ECUADOR

2023



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1003172457		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Paredes Almeida Ana María		
DIRECCIÓN:	Alejandro Andrade y González Suarez		
EMAIL:	amparedesa1@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:	062906880	TELÉFONO MÓVIL:	0990023717

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	Máquina trituradora de uva para la elaboración de vino artesanal
AUTOR (ES):	Ana María Paredes Almeida
FECHA: DD/MM/AAAA	22/05/2023
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniería Mecatrónica
ASESOR /DIRECTOR:	MSc. Victor Erazo

2. CONSTANCIAS

El autor (es) manifiesta (n) que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es (son) el (los) titular (es) de los derechos patrimoniales, por lo que asume (n) la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá (n) en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 22 días del mes de mayo de 2023

EL AUTOR:

(Firma)

Nombre: Ana María Paredes

CERTIFICACIÓN DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTERGRACIÓN CURRICULAR

Ibarra, 21 de mayo de 2023

Ing. Víctor Erazo

DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

CERTIFICA:

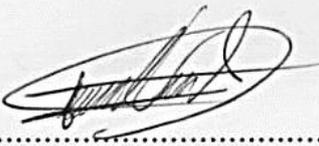
Haber revisado el presente informe final del trabajo de titulación, el mismo que se ajusta a las normas vigentes de la Unidad Académica de la Universidad Técnica del Norte; en consecuencia, autorizo su presentación para los fines legales pertinentes.


DOCENTE
UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
Ingeniero Víctor Erazo
C.C.: 171.918.8029

APROBACIÓN DEL COMITÉ CALIFICADOR

El Tribunal Examinador del trabajo de titulación "MÁQUINA TRITURADORA DE UVA PARA LA ELABORACIÓN DE VINO ARTESANAL" elaborado por PAREDES ALMEIDA ANA MARÍA, previo a la obtención del título de Ingeniera en Mecatrónica, aprueba el presente informe de investigación en nombre de la Universidad Técnica del Norte:

(f): 
Ing. Víctor Erazo
C.C.: 171.419.8029

(f): 
Ing. Fernando Valencia
C.C.: 100308869

DEDICATORIA

Este trabajo de titulación es dedicado a mi hijo Gabriel y mi esposo Klever quienes fueron inspiración para culminar mis estudios, cumplir mis metas y objetivos. De igual manera a mi madre Gladys y mi padre Manuel.

Anita Paredes

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, por siempre darme fortaleza y sabiduría a lo largo de mis estudios. A mis padres quienes me enseñaron a nunca rendirme y siempre luchar por lo que se propone. A mis hermanos Margarita y Juan que me dieron su apoyo incondicional. De manera especial, agradezco a mi hermana Belén quien fue mi ejemplo en todo momento, supo darme los más gratos consejos y apoyarme cuando más lo necesitaba.

Quiero agradecer especialmente a mi esposo, quien me ha apoyado en cada momento que he necesitado, gracias a sus consejos y su confianza hacia mí. A mi hijo, Gabriel quien con su cariño me da la fortaleza para finalizar esta etapa y ser su ejemplo junto con su padre.

Agradezco la ayuda absoluta de mi tutor Ingeniero Víctor Erazo, quien supo guiarme en cada proceso de este trabajo de titulación y confiar en mí para ser su tesista. Así mismo, agradecer a mis maestros quienes en cualquier punto de mis estudios compartieron sus experiencias y conocimientos.

Gracias a todos y cada uno de mis compañeros y amigos quienes siempre me brindaron su apoyo incondicional e hicieron de esta etapa un lugar más llevadero.

Anita Paredes

RESUMEN

La elaboración de vino ha ido mejorando con el pasar de los años, en nuestro país el índice de productividad de viñedos ha incrementado por lo que en la macro y microempresa han optado por mejorar la maquinaria para la comodidad de los fabricantes y así obtener una mayor producción de vino.

El presente documento, tiene como objetivo diseñar una máquina trituradora de uva para la elaboración de vino artesanal, así evitando que los productores tengan lesiones por acciones repetitivas del trabajo.

Por tal motivo, se realizó un diseño mecatrónico, a través de las especificaciones técnicas se han ido desarrollando el diseño para la propuesta, tomando en cuenta el Diseño para la Fabricación y Ensamble, mediante cálculos, análisis de costos de fabricación, ensamble y disponibilidad de componentes en el mercado laboral. Además, se desarrolló el diseño CAD del sistema de transporte de la uva, despallado, trituración o estrujado, la estructura de soporte, la transmisión y la tolva de ingreso.

Las conclusiones de este proyecto surgieron de la relación con el peso de la máquina, sus cargas de soporte y el costo que generará en el caso de hacerse una construcción, así también, se estipuló una relación con otras máquinas que existen en el mercado dando como resultado que la máquina será más liviana de lo estipulado y que su costo de construcción no será elevado.

Finalmente, se proponen algunas observaciones en el caso de la elaboración de los rodillos para la parte del estrujado.

Palabras claves: Despallado, estrujado, uva, vino, enología, trituración, diseño.

Palabras claves: Despallado, estrujado, uva, vino, enología, trituración, diseño.

ABSTRACT

Wine production has improved through the years, in our country the productivity level of vineyards has increased, so that, macro and micro enterprises have decided to improve their equipment due to the convenience of developers and thus obtain greater wine production.

The current work aims to build up a grape crusher machine to produce hand-craft wine and avoid injuries of producers who do repetitive actions at work.

For this reason, it was developed a mechatronic design; through technical details there have been developing the proposal design considering the design for production and assembly; by measurements, analysis of production costs, assembly, and availability of components in the work market. In addition, it was draw up the CAD design of the grape transportation system, stripping, shredding or squeezing, the support structure, the transmission, and the intake hopper.

The conclusions of the current project were gotten from the relationship with the machine weight, its support loads and its cost which will produce its building up, at the same time, it was foreseen a relationship with other available machines in the market; as result, it could be getting lighter the machine and decreasing its construction cost.

Finally, there are proposed some advisements in case of rollers production for the shredding process.

Keywords: Destemming, shredding, grape, wine, enology, crushing, design.

<p>Translated by: MSc. Raúl López C.I.: 1726038852 Master in Pedagogy of English as a Foreign Language N° register: 1027-2022-2554680</p>

Índice General	
RESUMEN	VI
ABSTRACT	VII
Índice General	VIII
Capítulo I	1
Introducción	1
1.1 Planteamiento del problema	1
1.2 Objetivos	1
Objetivo General	1
Objetivos Específicos	1
1.3 Justificación	1
1.4 Alcance	2
Capítulo II	3
Marco Referencial	3
2.1 Antecedentes	3
2.2.1 Mercado vinícola	3
2.2.2 Componentes químicos del racimo de uva	5
2.2.3 Procesamiento de la uva	7
2.2.4 Procesos para elaboración de vino	7
2.2.4.1 Proceso de despalillado	7
2.2.6.3 Procesos de trituración	9
2.2.5 Norma para tableros eléctricos	10
Capítulo III	11
Marco Metodológico	11
3.1 Modelo de Investigación	11
3.2 Diseño de la Investigación	11
Capítulo IV	13
Resultados	13
4.1. Análisis QFD	13
4.1.1. Requerimiento del usuario	13
4.1.2. La voz del usuario	13
4.1.3. La voz del Ingeniero	14
4.2.1. Diagramas funcionales	14
4.2.2. Análisis Modular	2
4.2.2.1. Módulo 1: Ingreso del Racimo	2

□	Análisis Funcional Módulo I	2
□	Análisis de Soluciones para el Módulo I	5
□	Selección de la mejor alternativa del Módulo I	5
	4.2.2.2. Módulo 2: Sistema de Control	9
□	Análisis de función para el Módulo 2	9
□	Alternativas de Solución para el Módulo 2	15
□	Selección de la mejor alternativa del Módulo 2	15
	4.2.2.3. Módulo 3: Sistema de Ejecución	18
□	Análisis de Funciones para el Módulo 3	18
□	Alternativas de solución para el Módulo 3	24
□	Selección de la mejor alternativa del Módulo 3	24
	4.2.2.4. Módulo 4: Salida del Mosto	27
□	Análisis de Funciones para el Módulo 4	27
□	Alternativa de solución para el Módulo 4	28
□	Selección de la mejor alternativa del Módulo 4	28
	4.3. Diseño para la fabricación y montaje	32
	4.3.1 Análisis de la Rueda Dentada	32
	4.3.1.1. Simulación de las Ruedas Dentadas de la máquina	33
	4.3.2. Diseño del Tornillo transportador sin fin	35
	4.3.2.1. Cálculo para la capacidad real	35
	4.3.2.2. Cálculo de la capacidad requerida	36
	4.3.2.3. Características del material	36
	4.3.2.4. Diámetro del tornillo transportador sin fin	36
	4.3.2.5. Cálculo del paso helicoidal	36
	4.3.2.6. Velocidad de giro para el tornillo sin fin	37
	4.3.2.7. Velocidad Lineal para el tornillo sin fin	37
	4.3.2.8. Cálculo de Fuerza sobre cada Hélice	37
	4.3.2.9. Diagrama de cuerpo libre	38
	4.3.2.10. Selección de chumaceras	44
	4.3.3. Cálculo para la capacidad de la tolva	47
	4.3.3.1. Capacidad en peso	47
	4.3.3.2. Capacidad en Volumen	47
	4.3.3.3. Medida de la Tolva	47
	4.3.3.4. Espesor de la Plancha para la tolva	49
	4.3.4. Diseño del Árbol de Despalillado	51

4.3.4.1. Diámetro del árbol de despalillado	51
4.3.4.2. Diagrama de cuerpo libre para el árbol de despalillado.....	53
4.3.5. Diseño del sistema de estrujado	57
4.3.5.1. Cálculos de carga en los rodillos	58
4.3.5. Simulación de la Estructura.....	65
4.4. Diseño de Transmisión	65
4.4.1 Potencia del Motor	66
4.4.1.1. Potencia del Tornillo Transportador.....	66
4.4.1.2. Potencia del Despalillado	68
4.4.1.3. Potencia de Rodillos de estrujado	69
4.4.2. Cálculo de la potencia de Diseño del Motor	72
4.4.3. Cálculo de Transmisión de Cadena.....	73
4.4.4. Diseño del Sistema de Estructura	77
4.4.5. Diseño CAD del Prototipo	77
4.4.6. Análisis de Costos.....	78
Conclusiones y Recomendaciones	79
Conclusiones.....	79
Recomendaciones.....	80
REFERENCIAS.....	81

Figura 1. Mercado del vino en el mundo [7].	4
Figura 2. Exportación de vino de Ecuador en el mundo [8].	4
Figura 3. Importación de vino a Ecuador [8].	5
Figura 4. Partes del grano de uva [11].	5
Figura 5. Componentes Químicos del hollejo [12].	6
Figura 6. Componentes químicos de la semilla [12].	6
Figura 7. Composición química del mosto [12].	6
Figura 8. Proceso de la uva a vino [13].	7
Figura 9. Despalillado manual [14].	8
Figura 10. Rejilla de despalillado [16].	8
Figura 11. Tambor-rejilla y paleta giratoria [18].	9
Figura 12. Despalilladora tipo Pellec [20].	9
Figura 13. Rodillos de estrujado [22].	10
Figura 14. Diagrama de flujo de metodología	11
Figura 15. Diagrama de funciones Nivel 0.	14
Figura 16. Diagrama de función Nivel 1.	15
Figura 17. Diagrama de función Nivel 2.	1
Figura 18. Levantamiento manual de carga [26].	2
Figura 19. Transportación automática de carga [27].	3
Figura 20. Tolva Rectangular.	4
Figura 21. Tolva trapezoidal.	4
Figura 22. Variador de frecuencia [29].	9
Figura 23. Sensor de corriente [36].	12
Figura 24. Motor Eléctrico [40].	13
Figura 25. Motor Neumático [42].	14
Figura 26. Engranaje [44].	19
Figura 27. Bandas de transmisión [46].	19
Figura 28. Cadena de transmisión [48].	20
Figura 29. Rodillo cónico.	23
Figura 30. Resultado de Alternativas para Análisis Modular.	31
Figura 31. Fuerza aplicada en las ruedas.	32
Figura 32. Simulación de rueda de 90 dientes	33
Figura 33. Simulación de rueda de 18 dientes	34
Figura 34. Simulación de rueda de 48 dientes	34
Figura 35. Simulación de rueda de 25 dientes	35
Figura 36. Diagrama de cuerpo libre del eje xy xz.	39
Figura 37. Diagrama de cuerpo libre del tornillo transportador	39
Figura 38. Diagrama de corte y momento plano xy.	41
Figura 39. Diagrama de corte y momento plano xz.	42
Figura 40. Simulación para factor de seguridad	43
Figura 41. Simulación para esfuerzo de von Mises.	43
Figura 42. Distribución de carga radial	45
Figura 43. Simulación para límite elástico y von Mises	50
Figura 44. Factor de seguridad simulada	51
Figura 45. Diagrama de cuerpo libre con las fuerzas en el plano xy y xz.	53
Figura 46. Diagrama de cuerpo libre para el árbol	54
Figura 47. Diagrama de corte y momento en el plano xy	55

Figura 48. Diagrama de corte y momento en el plano xy	56
Figura 49. Simulación von Mises	56
Figura 50. Simulación Factor de Seguridad	57
Figura 51. Rodillos.....	58
Figura 52. Diagrama de cuerpo libre de los rodillos.....	58
Figura 53. Diagrama de cuerpo libre del eje de rodillos en plano xy	60
Figura 54. Diagrama de cuerpo libre del eje de rodillo en el plano xz.....	61
Figura 55. Simulación de von Mises	62
Figura 56. Simulación para factor de seguridad	62
Figura 57. Diagrama de cuerpo libre para rodillos	63
Figura 58. Simulación de von Mises para los rodillos.....	64
Figura 59. Simulación de factor de seguridad para los rodillos.....	64
Figura 60. Simulación para la estructura	65
Figura 61. Máquina despalilladora-estrujadora.....	78

Tabla 1. Requerimiento del usuario	13
Tabla 2. Requerimiento del técnico	14
Tabla 3. Ventajas y Desventajas de la alternativa manual	2
Tabla 4. Ventajas y Desventajas de la alternativa Automático	3
Tabla 5. Ventajas y Desventajas Tolva Rectangular	4
Tabla 6. Ventajas y Desventajas de Tolva Trapezoidal	4
Tabla 7. Alternativas de solución para el Módulo I	5
Tabla 8. Nomenclatura de Criterios	6
Tabla 9. Comparación de Criterios	6
Tabla 10. Comparación criterio de funcionalidad	7
Tabla 11. Comparación criterio de dimensión	7
Tabla 12. Comparación criterio de material	7
Tabla 13. Comparación criterio de mantenimiento	7
Tabla 14. Comparación criterio de peso	8
Tabla 15. Comparación de criterio de mecanismo	8
Tabla 16. Comparación criterio de diseño	8
Tabla 17. Comparación criterio de seguridad	8
Tabla 18. Resultados de la ponderación de criterios	9
Tabla 19. Ventajas y desventajas para variador de frecuencia	10
Tabla 20. Ventajas y desventajas de lógica cableada	10
Tabla 21. Especificaciones técnicas del Encoder	10

Tabla 22. <i>Ventajas y desventajas de Encoder</i>	11
Tabla 23. <i>Especificaciones del sensor Q5X</i>	11
Tabla 24. <i>Ventaja y desventaja de Sensor Q5X</i>	11
Tabla 25. <i>Especificaciones técnicas de sensor de corriente</i>	12
Tabla 26. <i>Ventajas y desventajas de sensor de corriente</i>	12
Tabla 27. <i>Ventajas y desventajas del Final de carrera</i>	13
Tabla 28. <i>Ventajas y desventajas de motor eléctrico</i>	13
Tabla 29. <i>Especificaciones técnicas de motor weg</i>	14
Tabla 30. <i>Ventajas y desventajas de motor neumático</i>	14
Tabla 31. <i>Alternativas de solución para el Módulo 2</i>	15
Tabla 32. <i>Requerimiento del ingeniero</i>	16
Tabla 33. <i>Nomenclatura de criterios</i>	16
Tabla 34. <i>Ponderaciones de criterios</i>	16
Tabla 35. <i>Ponderación de criterio Control.</i>	17
Tabla 36. <i>Ponderación de criterio Costo</i>	17
Tabla 37. <i>Ponderación de criterio Giro</i>	17
Tabla 38. <i>Ponderación de criterio Mantenimiento</i>	17
Tabla 39. <i>Ponderación criterio Velocidad de control</i>	18
Tabla 40. <i>Conclusión para Módulo 2</i>	18
Tabla 41. <i>Ventajas y desventajas de engranes</i>	19
Tabla 42. <i>Ventajas y desventajas de bandas</i>	20
Tabla 43. <i>Ventajas y desventajas de cadenas</i>	20
Tabla 44. <i>Ventajas y desventajas de rejilla de despallado.</i>	21
Tabla 45. <i>Ventajas y desventajas de tambor perforado</i>	21
Tabla 46. <i>Ventajas y desventajas de separación por tenazas</i>	22
Tabla 47. <i>Ventajas y desventajas de rodillo cilíndrico</i>	22
Tabla 48. <i>Ventajas y desventajas de rodillo cónico</i>	23
Tabla 49. <i>Ventajas y desventajas de rodillos de perfil conjugado</i>	23
Tabla 50. <i>Alternativas de solución para Módulo 3</i>	24
Tabla 51. <i>Criterio de ingeniero</i>	25
Tabla 52. <i>Nomenclatura de criterios</i>	25
Tabla 53. <i>Análisis de criterio para Módulo 3</i>	25
Tabla 54. <i>Ponderación de criterio Costo</i>	26
Tabla 55. <i>Ponderación de criterio Mantenimiento</i>	26

Tabla 56. <i>Ponderación de criterio Peso</i> _____	26
Tabla 57. <i>Ponderación de criterio Seguridad</i> _____	26
Tabla 58. <i>Conclusiones para el módulo 3</i> _____	27
Tabla 59. <i>Ventajas y desventajas de recipiente metálico</i> _____	27
Tabla 60. <i>Ventajas y desventajas de recipiente de madera</i> _____	28
Tabla 61. <i>Ventajas y desventajas de recipiente plástico</i> _____	28
Tabla 62. <i>Alternativas de solución para Módulo 4</i> _____	28
Tabla 63. <i>Criterios para el módulo 4</i> _____	29
Tabla 64. <i>Análisis de criterios ponderados</i> _____	29
Tabla 65. <i>Evaluación de criterio Costo</i> _____	29
Tabla 66. <i>Evaluación de criterio Mantenimiento</i> _____	29
Tabla 67. <i>Evaluación de criterio Seguridad</i> _____	30
Tabla 68. <i>Evaluación de criterio Seguridad</i> _____	30
Tabla 69. <i>Especificaciones técnicas del barril plástico</i> _____	30
Tabla 70. <i>Resultados de momentos en los puntos</i> _____	41
Tabla 71. <i>Resultados de momentos en los puntos</i> _____	42
Tabla 72. <i>Resultados de von Mises y Factor de seguridad</i> _____	44
Tabla 73. <i>Características de la chumacera</i> _____	46
Tabla 74. <i>Resultados de momentos en los puntos</i> _____	55
Tabla 75. <i>Resultados de momentos en los puntos</i> _____	56
Tabla 76. <i>Convergencia de datos para tornillo de paletas</i> _____	57
Tabla 77. <i>Características de la baya</i> _____	57
Tabla 78. <i>Convergencia para eje de rodillo</i> _____	60
Tabla 79. <i>Convergencia de datos para eje de rodillo</i> _____	61
Tabla 80. <i>Convergencia de datos para tornillo de paletas</i> _____	62
Tabla 81. <i>Convergencia de datos para rodillos</i> _____	63
Tabla 82. <i>Convergencia de datos para tornillo de paletas</i> _____	64
Tabla 83. <i>Análisis de Costo Total de Fabricación</i> _____	78

Capítulo I

Introducción

1.1 Planteamiento del problema

El consumo de vino es del 3.2% en el mercado nacional de licores en Ecuador, siendo el viñedo más grande “Dos hemisferios”, ocupando el 80% de la producción nacional [1].

Según el mercado del vino en Ecuador, la fase de crecimiento en el país surge desde finales de 2018 el cual se dio por la firma del Acuerdo Multipartes con la Unión Europea en 2017. La razón primordial se da por una mayor demanda en el consumo del vino en el país [2].

La elaboración de vino consta de las siguientes etapas: despallado, trituración, maceración, fermentación, sedimentación, clarificación, embotellamiento y comercialización [3]. Siendo que en la etapa de trituración se utilice una máquina que ayuda al artesano a hacer el estrujamiento de uva para su siguiente etapa, la fermentación. Esta máquina artesanal causa algunos problemas en las personas como son lesiones en el hombro y en el brazo por los movimientos repetitivos que se requiere para la trituración de la uva [4].

Por esta razón, con la elaboración de una máquina con parámetros y limitaciones adecuadas, se buscará realizar un nuevo diseño electromecánico para la elaboración de vino con el fin de aumentar la producción, acortar el tiempo de este proceso y así evitar lesiones en los artesanos.

1.2 Objetivos

Objetivo General

- Diseñar una máquina trituradora de uva para la elaboración de vino artesanal para productores artesanales.

Objetivos Específicos

- Definir las características y parámetros principales de la máquina.
- Modelar una máquina con los parámetros ya establecidos.
- Simular los componentes mecánicos automatizados.
- Realizar las especificaciones técnicas y planos.

1.3 Justificación

La máquina trituradora de vino es de suma importancia, puesto que esta ayudará a pequeños artesanos con la elaboración de vino, de tal manera que la máquina por si sola realice la

trituration de la uva sin que la persona intervenga con mayor esfuerzo y a su vez realizar este proceso en menos tiempo.

Por tanto, el problema a resolver nace de la intención de ahorrar el trabajo que los artesanos realizan en la elaboración del vino de forma manual, con el fin de ayudarlos a evitar lesiones tanto de brazo como de hombro por el trabajo repetitivo y a su vez acortar el tiempo de realización del vino.

1.4 Alcance

En el presente trabajo se diseñará una máquina trituradora de uva para vino, lo que conlleva a definir diversos parámetros, a través de los cuales se podrá establecer un diseño que mejore la producción. Esta máquina tendrá un material de tal modo que no dañe la esencia del vino, por lo que se presume conservará muy bien el sabor y olor de este. Así también, la trituradora deberá armarse y desarmarse fácilmente, debido a que, al estar la máquina al contacto con la uva y su jugo, está podría tener problemas de fermentación en su producción, por ende, esta deberá ser lavable. Finalmente, es un producto que tiene proyección a ser industrial y así ayudar a diferentes artesanos de vinos que quieran adquirirlo y facilitar el proceso de elaboración de vinos.

Capítulo II

Marco Referencial

2.1 Antecedentes

La máquina trituradora de uva ha ido evolucionando su forma con el tiempo, en la antigüedad, la persona ejercía el aplastamiento con las manos e incluso lo hacían con los pies; después aparecieron algunas herramientas las que suplantaron el anterior proceso mencionado. Esta herramienta ha ido cambiando su forma desde dos rodillos, que solo aplastaban la uva, hasta una máquina que ejerce dos acciones como era quitar el grano del racimo y después triturar el grano para su proceso de fermentación [5].

Al tener un aporte de varios proyectos ya desarrollados de esta máquina, se procede a tomar en cuenta varios parámetros, que tienen como objetivo ayudar al pequeño artesano a aumentar su producción sin ejercer mayor esfuerzo a la hora de trabajar. José Luis Escoto de origen mexicano, hizo una máquina despalilladora y trituradora de uva para vino artesanal, cuyo objetivo fue hacer la máquina con bajo volumen de producción de tal manera que facilite el trabajo para los artesanos [6]. Por ende, la máquina se destacó por el despalillador y triturador de uva que se desarrolló de acuerdo con los requerimientos de los artesanos, sin embargo, se recomendó que al momento de la simulación se haga un análisis de elementos finitos, cargas y esfuerzo para que así se pueda seguir promoviendo nuevas investigaciones.

Ahora bien, de acuerdo con la máquina mencionada anteriormente, se tomará en cuenta el mejoramiento del diseño, buscando la ergonomía para que el artesano no sufra lesiones, de la misma manera conste, mediante la implementación de un motor que abastezca con la producción requerida por el artesano.

2.2 Marco Teórico

Tiene como propósito proporcionar una base de conocimientos sólida sobre las máquinas trituradoras de uva, su funcionamiento, componentes y beneficios en la producción vinícola. Con esta información, se podrá comprender mejor el papel crucial que desempeñan en la industria del vino y cómo contribuyen a mejorar la eficiencia y calidad del proceso de extracción del mosto.

2.2.1 Mercado vinícola

Según la FAO y la Organización Internacional de la Viña y Vino, el mercado del vino a nivel mundial es liderado por Italia con aproximadamente 50.2 millones de hectolitros seguido de Francia y España [7] (figura 1).

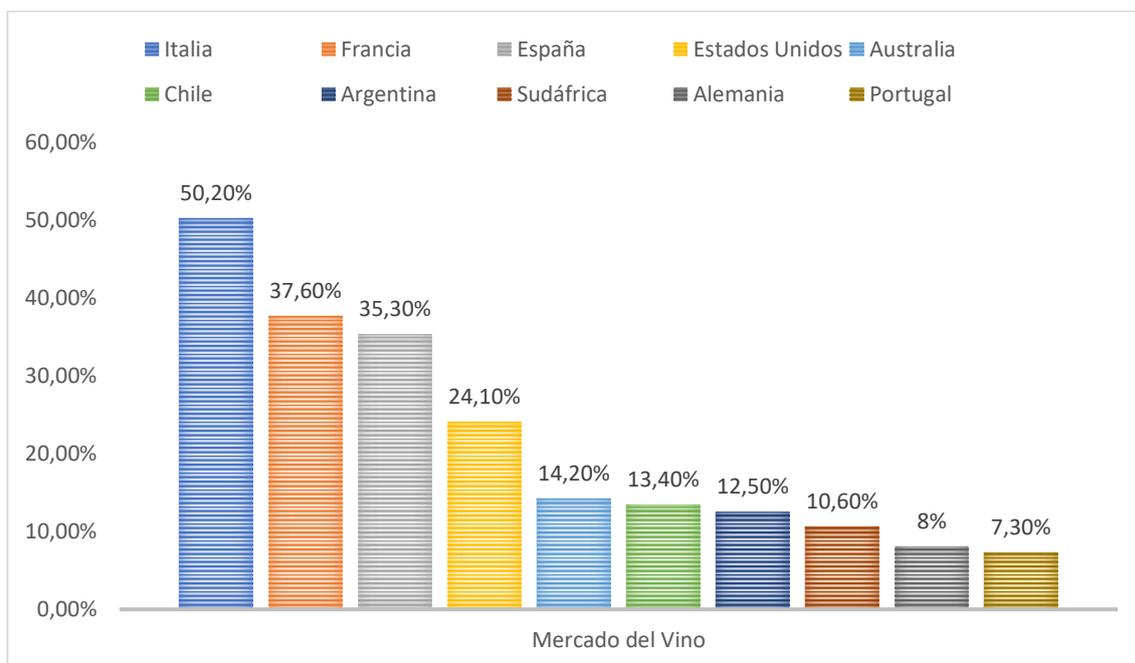


Figura 1. Mercado del vino en el mundo [7].

Por otro lado, el mercado del vino en Ecuador empieza a crecer en el año 2018, gracias a la Unión Europea y el tratado Multipartes que firmaron. Es así como el 97% del vino consumido en Ecuador se debe a las importaciones de Chile, Argentina y de Europa [2].

A continuación, se detallarán gráficas de exportación e importación del vino de Ecuador:

Como se puede observar en la figura 2, se analiza los porcentajes de exportación de vino de Ecuador a otros países, siendo Panamá unos de los más grandes exportadores con el 59,30%. Según el Observatory of Economic en 2020, Ecuador exporta alrededor de \$ 63,4 mil en vino, posicionándolo en el puesto 117 del ranking del exportador de vinos en el mundo [9].

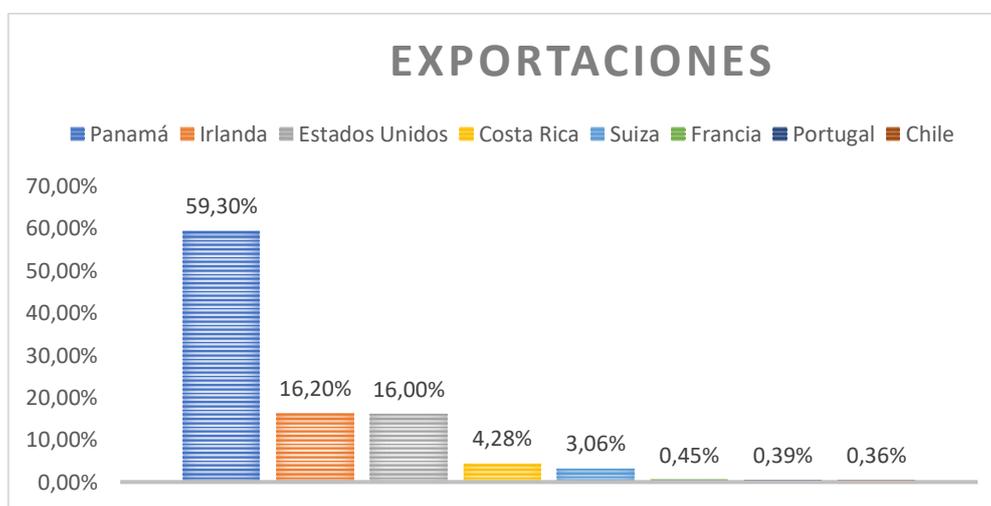


Figura 2. Exportación de vino de Ecuador en el mundo [8].

Por otro lado, en la figura 3, se muestra los porcentajes de importación a nivel mundial para Ecuador, ubicándose en primer lugar con el 46,80% a Chile. Según el Observatory of Economic en 2020 Ecuador importa \$17.9 millones en vino, situando al país en el puesto 73 en importar vino del mundo [9].



Figura 3. Importación de vino a Ecuador [8].

2.2.2 Componentes químicos del racimo de uva

Un racimo de uva se constituye por dos partes: la parte leñosa y los granos. El grano está conformado por la piel, pepas o semilla y la pulpa, de donde se obtiene el zumo que prácticamente es el jugo del que está conformado el vino [10] (ver figura 4).

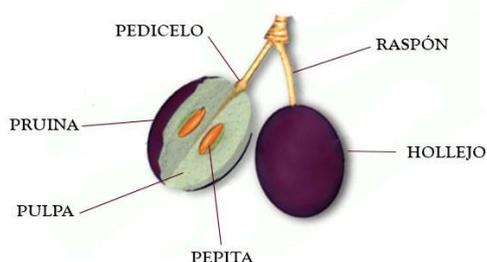


Figura 4. Partes del grano de uva [11].

A continuación, se muestra la composición química de la que se compone la piel de la uva (figura 5):

Pruina	Agua	Azucares	Ácido y acidez
<ul style="list-style-type: none"> •$\frac{2}{3}$ ácido oleánico •$\frac{1}{3}$ alcoholes •esteres ácidos grasos •aldehídos 	<ul style="list-style-type: none"> •Se compone de entre el 40% al 80% 	<ul style="list-style-type: none"> •Tiene entre 0,7 a 3 [g/kg] 	<ul style="list-style-type: none"> •ácido málico •tartárico •cítrico predominante

Figura 5. Componentes Químicos del hollejo [12].

Mientras que en la figura 6 se detalla a la semilla y su composición química:

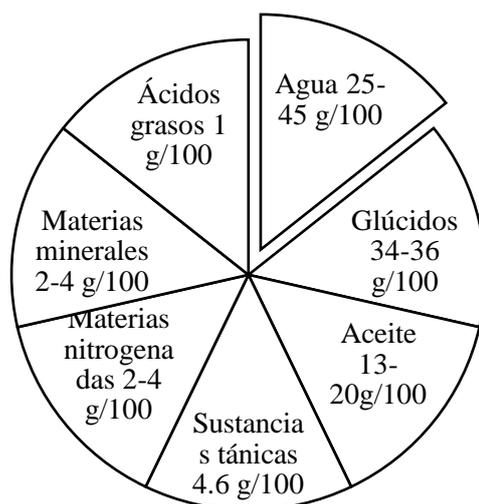


Figura 6. Componentes químicos de la semilla [12].

El mosto o la uva triturada está conformado químicamente por (figura 7):

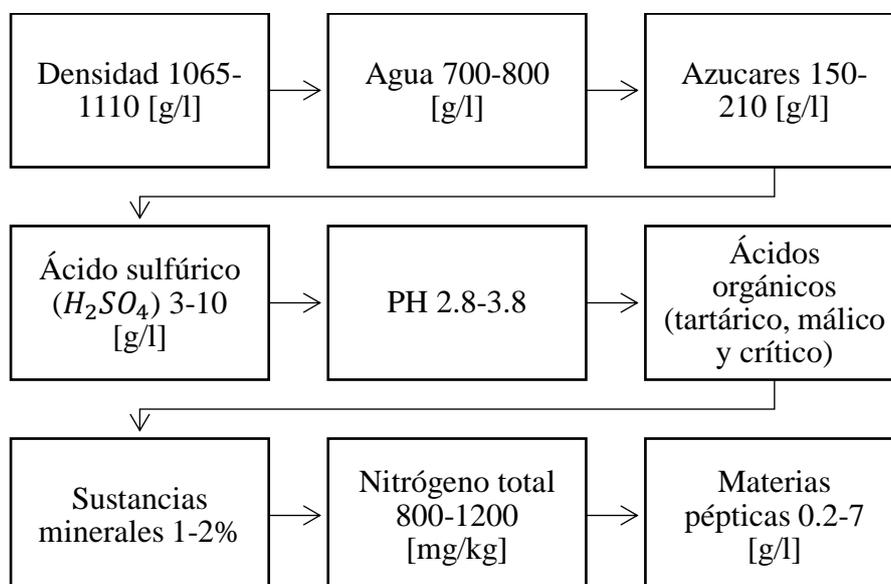


Figura 7. Composición química del mosto [12].

2.2.3 Procesamiento de la uva

Para que la uva se transforme en vino, se necesita seguir una serie de pasos [13] los cuales se detalla a continuación en la figura 8:



Figura 8. Proceso de la uva a vino [13].

2.2.4 Procesos para elaboración de vino

La elaboración del vino es un proceso fascinante que combina la ciencia, el arte y la tradición. Detrás de una copa de vino se encuentra un proceso meticuloso que involucra diversas etapas, desde la selección y cosecha de las uvas, hasta el embotellado y envejecimiento.

2.2.4.1 Proceso de despalillado

Desde los inicios de la elaboración del vino, se realiza el despalillado netamente de manera manual, esto consistía en que la persona quite los granos de la parte leñosa de la uva (figura 9).



Figura 9. Despalillado manual [14].

- **Separación con uso de rejillas**

Conocido como un principio realizado en la antigüedad, en la que, a través de una rejilla perforada, se coloca por encima el racimo para que al momento de halar los granos de uva vayan quedándose en las perforaciones (figura 10), de tal modo que se va desprendiendo de la parte leñosa, este proceso no es muy recomendado debido a que daña mucho al grano de la uva [15].



Figura 10. Rejilla de despalillado [16].

- **Separación por tambor perforado y paleta**

Este principio trata de separar el tallo de la uva. En este tipo de máquina hay dos estilos, el primero busca separar el grano para posteriormente triturarlo por medio de dos rodillos; la segunda solo separa el fruto del tallo y lo recolecta en un contenedor (figura 11). Aquí se usa paletas que hace que la vendimia ingrese en la perforación y el tallo recorra toda la trayectoria de tal manera que sólo quede el grano de uva [17].

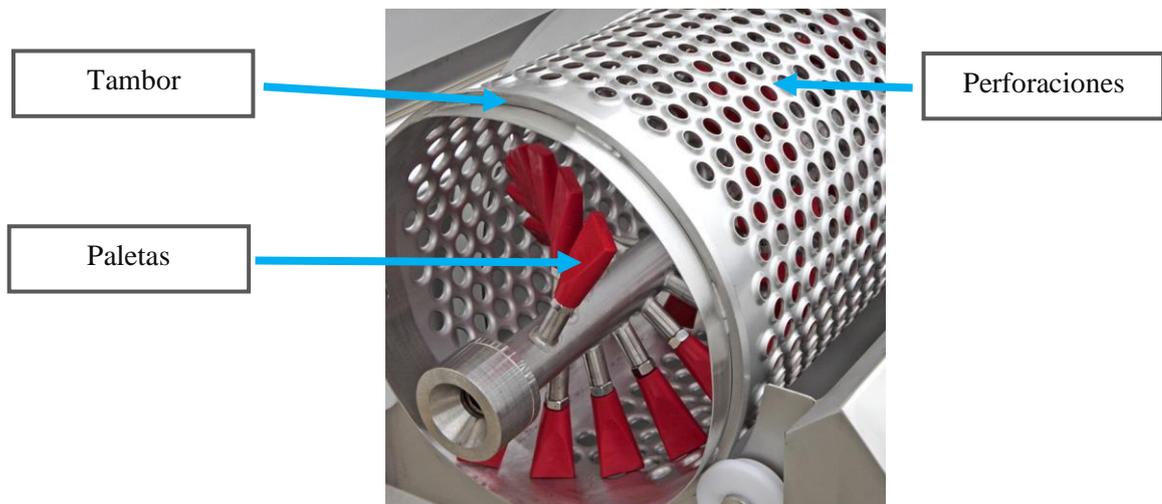


Figura 11. Tambor-rejilla y paleta giratoria [18].

- **Separación por tenazas y superficie vibratoria**

En esta ocasión existe una superficie plana equipada por una transportadora flexible la cual lleva a los racimos sobre unas aletas estáticas cortando la parte leñosa para enseguida ser recogidas por un contenedor al final [19] (figura 12).



Figura 12. Despalilladora tipo Pellec [20].

2.2.6.3 Procesos de trituración

En la antigua Grecia para obtener el zumo de la uva para luego convertirla en vino se dispuso una tradición, que consistía en pisar a la uva bailando y cantando, tomando como referencia hasta llegar a la industrialización [21]. Para la trituración existen tres clasificaciones según el tipo de rodillo (figura 13):

- Trituración por rodillo cilíndrico (a)
- Trituración por rodillo cónico (b)
- Trituración por rodillo de perfiles conjugados (c)

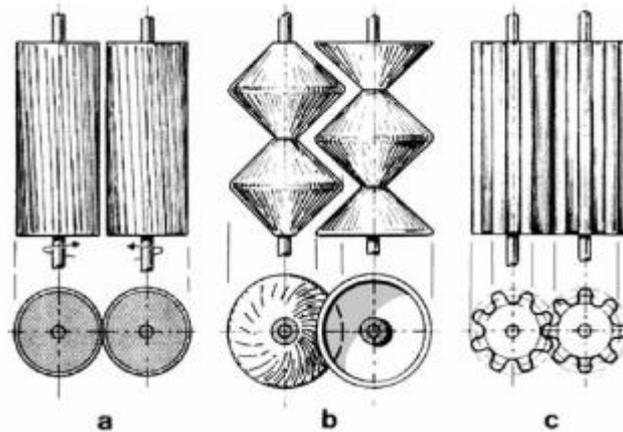


Figura 13. Rodillos de estrujado [22].

2.2.5 Norma para tableros eléctricos

En Ecuador, la normativa vigente para tableros eléctricos es la norma técnica ecuatoriana NTE INEN 2423:2016 "Tableros eléctricos de baja tensión. Requisitos de seguridad y de rendimiento". Esta norma establece los requisitos de seguridad y rendimiento que deben cumplir los tableros eléctricos de baja tensión para asegurar su correcto funcionamiento y proteger a las personas y bienes de posibles peligros eléctricos.

Entre los principales requisitos que establece la norma NTE INEN 2423:2016 se incluyen:

- La correcta identificación de los elementos del tablero eléctrico, incluyendo los dispositivos de protección, los interruptores y los circuitos.
- La necesidad de que el tablero eléctrico sea diseñado y construido de acuerdo con las especificaciones técnicas establecidas por el fabricante.
- La importancia de la protección contra sobrecargas, cortocircuitos y fallas a tierra.
- La necesidad de que el tablero eléctrico cuente con dispositivos de señalización y alarma para indicar cualquier fallo o anomalía en su funcionamiento.
- La obligación de que el personal encargado de instalar, mantener o reparar el tablero eléctrico cuente con la capacitación y experiencia necesarias para realizar estas tareas de manera segura.

Es importante destacar que esta normativa es de cumplimiento obligatorio para todas las instalaciones eléctricas en el territorio ecuatoriano, por lo que se recomienda su rigurosa aplicación en la construcción, diseño y mantenimiento de tableros eléctricos.

Capítulo III

Marco Metodológico

3.1 Modelo de Investigación

En el presente trabajo se desarrollará una investigación aplicada, la misma que está dispuesta a la resolver la problemática planteada [23]. Por tal motivo, este proyecto busca dar una solución que propone una máquina, mediante la cual evita que el artesano haga mayor trabajo.

La investigación es documental debido a que se busca varios datos de libros, artículos científicos, tesis, entre otros; que serán utilizados para su respectivo análisis. De la misma manera, se aplicará una investigación descriptiva, por lo que se detallará varias propiedades, funciones y especificaciones que harán comprender el funcionamiento de la máquina [24].

3.2 Diseño de la Investigación

A continuación, en la figura 14, se muestra un diagrama de flujo con la metodología a seguir por lo que se deberá efectuar diferentes procesos y en el caso de no cumplir regresar al anterior proceso para sus debidas correcciones y así poder finalizar el proyecto.

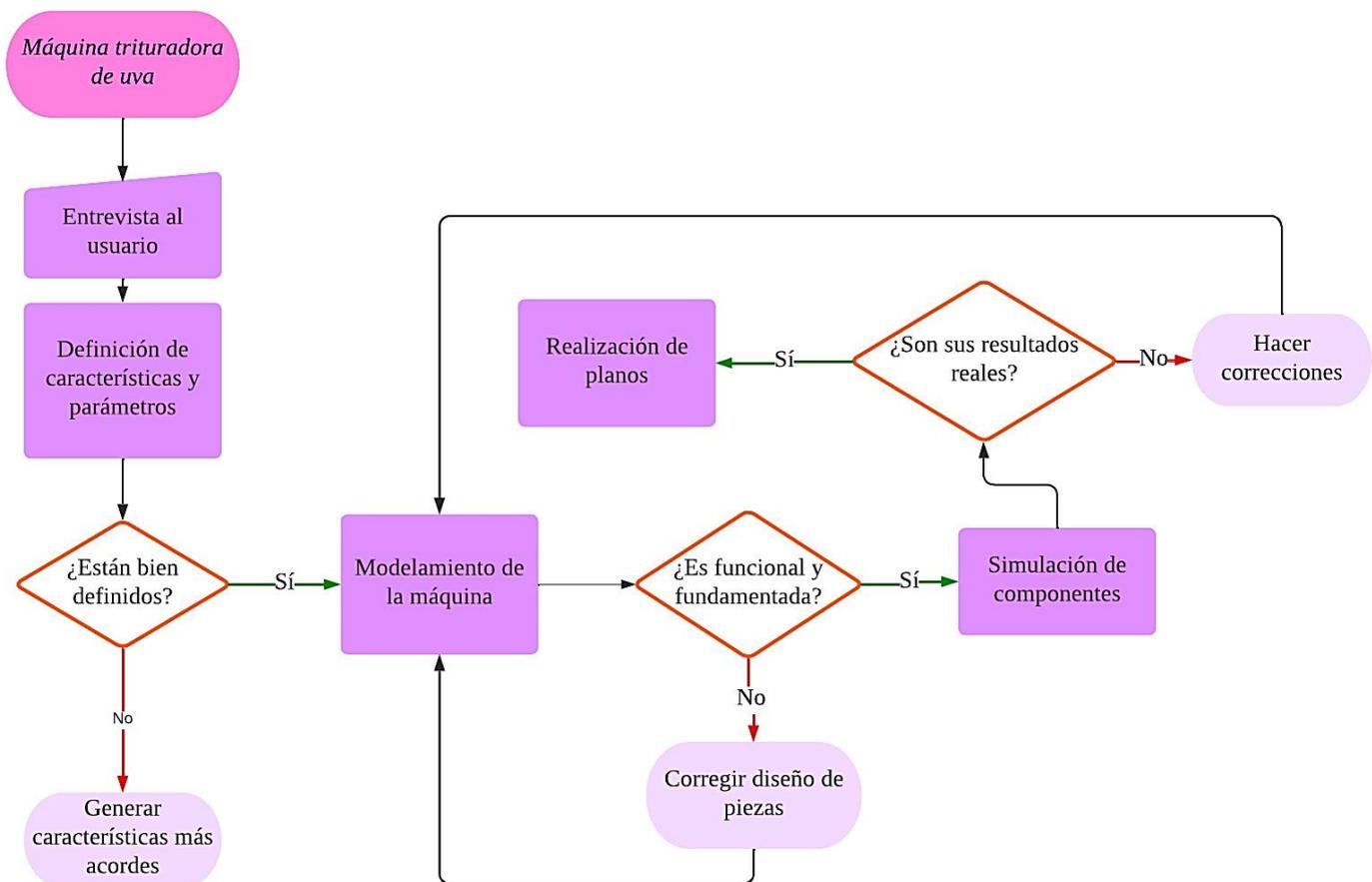


Figura 14. Diagrama de flujo de metodología

En esta sección se resume el proceso de desarrollo de una máquina trituradora de uvas. Para lograr esto, se consideran cuatro procesos secuenciales, donde cada uno debe completarse correctamente antes de pasar al siguiente. Estos procesos se detallan a continuación:

- Definición de las características y parámetros principales de la máquina.
 - Se describen los requerimientos de la máquina en base a la interacción con el cliente.
 - Se realiza un análisis de los criterios del cliente y del técnico para obtener una mejor alternativa.
 - Se realiza un análisis más profundo y se establecen ponderaciones relevantes de los criterios técnicos.
 - Se selecciona la mejor solución funcional y mecánica para la máquina.
- Modelación de una máquina con los parámetros ya establecidos:
 - Se realiza un diseño inicial de la máquina trituradora de uvas.
 - Se realizan cálculos eléctricos y mecánicos y se seleccionan los componentes adecuados.
 - Se dibujan los elementos estructurales de la máquina y se generan sus acotaciones.
 - Se seleccionan los elementos mecánicos, eléctricos y electrónicos utilizando los cálculos y catálogos disponibles.
- Simulación de los componentes mecánicos automatizados:
 - Se simulan los componentes mecánicos con análisis dinámicos y estáticos para corregir posibles errores y evaluar su funcionamiento.
 - Se simulan los componentes eléctricos de la máquina para identificar posibles errores y realizar ajustes.
- Realización de las especificaciones técnicas y planos:
 - Se elaboran fichas técnicas que servirán como referencia para futuras reproducciones de la máquina.
 - Se realizan los planos de cada una de las piezas de la máquina.

Estas actividades representan el proceso de diseño y desarrollo de la máquina trituradora de uvas, culminando en la creación de fichas técnicas y planos que permiten su construcción en caso de ser necesario.

Capítulo IV

Resultados

Se generaron los análisis respectivos de las diferentes actividades para la elaboración de la máquina trituradora de uva para vino artesanal por medio de los requerimientos del usuario, con el fin de implementar los componentes que tendrá la máquina.

4.1. Análisis QFD

El análisis QFD que significa Quality Function Deployment o también llamado La Casa de la Calidad, es un sistema estructura que consiste en un análisis de identificación de necesidades y expectativas que del cliente respecto a los requerimientos de calidad internos que posee una organización.

En el caso de este proyecto, se analiza a continuación, los siguientes puntos mencionados:

4.1.1. Requerimiento del usuario

La adquisición de los requerimientos del usuario se dio por medio de la entrevista con el cliente (Anexo 2). Donde se toman los requerimientos mostrados en la Tabla 1:

Tabla 1. Requerimiento del usuario

Requerimiento	Descripción
Ligero	Que sea ligero para su fácil movimiento
Fácil Limpieza	Que se pueda asear fácil
Buen Material	Que sea buen material para alimento
Fácil mantenimiento	Que sus piezas mecánicas sean fáciles de adquirir y arreglar
Fácil manejo	Que sea fácil de usar y manejar
Regulación Sencilla	Que su velocidad sea regulable
Bajo costo	Que su adquisición sea de bajo costo
Motor eléctrico	Que tenga motor eléctrico
Seguridad	Que tenga la seguridad para usar

4.1.2. La voz del usuario

La voz del usuario es directamente concerniente con los requerimientos del beneficiario que se encuentra en el apartado 4.1.1.

4.1.3. La voz del Ingeniero

Mediante la matriz QFD (Anexo 1) se convierte la voz del usuario a la voz del ingeniero, en la Tabla 2 se muestran las ponderaciones de los requisitos para ver su prioridad, siendo el de mayor porcentaje el peso.

Tabla 2. Requerimiento del técnico

Requerimiento	Ponderación QFD	Descripción
Dimensión	7,8%	Debe tener dimensiones aptas no más de 1,50m
Peso	18%	Debe ser liviano
Mantenimiento	13,2%	Debe ser de fácil mantenimiento y sus piezas de fácil acceso
Material	15,3%	Material ligero, resistente y apto para alimentación
Funcionalidad	7,9%	Debe ser práctico y útil
Mecanismo	13%	Debe ser sencillo y funcional
Diseño	11%	Debe tener un diseño llamativo
Seguridad	13,7%	Debe tener un seguro para accidentes

4.2. Selección de Alternativas

Se genera diferentes alternativas para adquirir una buena solución.

4.2.1. Diagramas funcionales

Los diagramas funcionales ayudan a establecer las funciones del procedimiento por medio del diagrama de flujo [25], alcanzando los niveles 0, 1 y 2.

La función básica de la máquina se representa en el nivel cero, donde, al accionarse por una señal, ingresa de la vendimia y energía, atraviesa primero el despallado quitando el grano de uva del tallo, para después pasar por la trituration obteniendo el mosto, como se muestra en la figura 15.

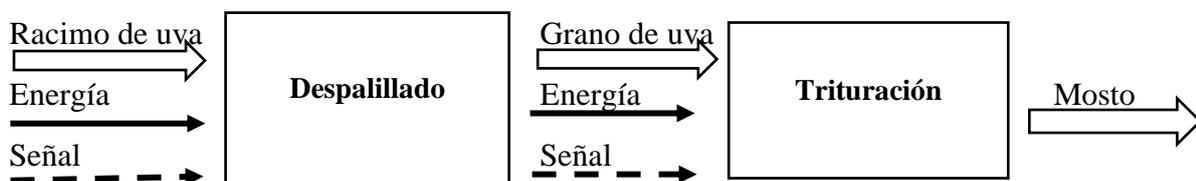


Figura 15. Diagrama de funciones Nivel 0.

El nivel 1, se considera la forma de ingreso del racimo y el encendido del sistema motriz en paralelo, el que permite el despalillado y la trituración, obteniendo la uva triturada y lista para su fermentación. Para ello, existe una señal de corriente que detecta un atascamiento, provoca la inversión de giro del motor que conlleva a apagar y encender nuevamente el sistema motriz, como se puede observar en el análisis de la figura 16.

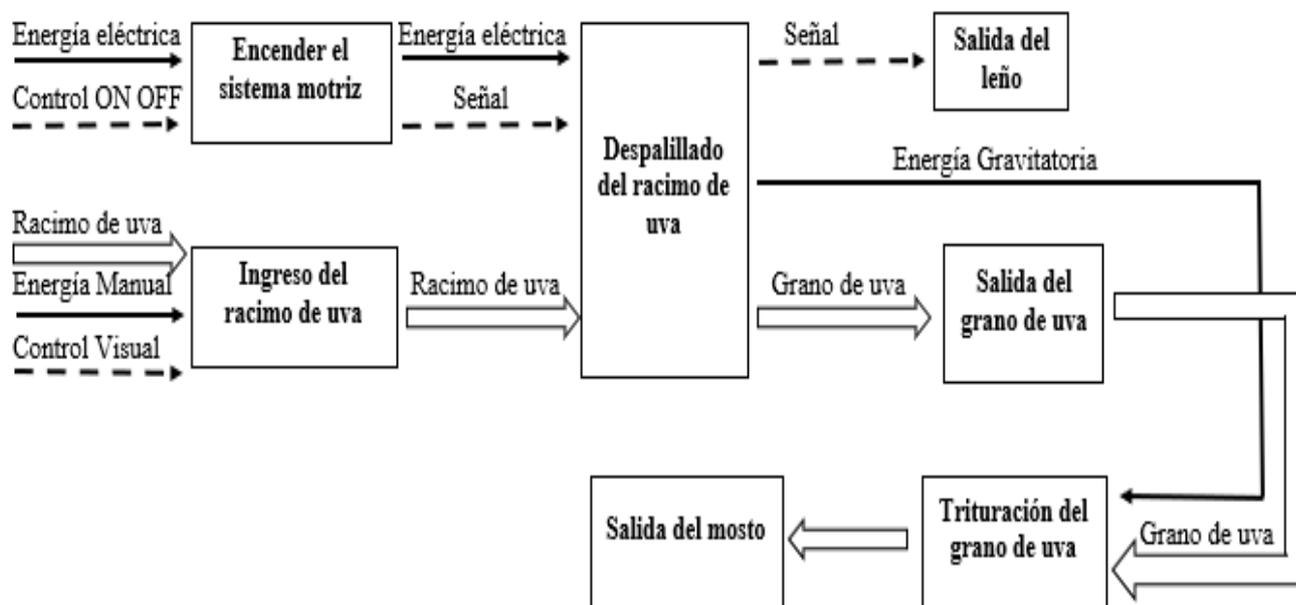


Figura 16. Diagrama de función Nivel 1.

En la figura 17, se observa el diagrama del nivel 2, en donde se considera más a detalle la parte del control, por medio del cual, se toma en cuenta si el sistema llegara a atascarse, por tanto, va más allá del nivel 1, de tal manera que aquí se detectan posibles errores para dar soluciones inmediatas; por otro lado, el ingreso del racimo de la uva, detalla cómo es el ingreso por donde actúa el sistema mecánico, además, en qué momento se transporta el racimo o el grano de uva para luego tener la caída que lleva a su respectivo sistema ya sea despalillado o triturado; finalmente, se toma a consideración las respectivas salidas tanto del leño en la etapa de despalillado y en la salida del mosto en la etapa del triturado.

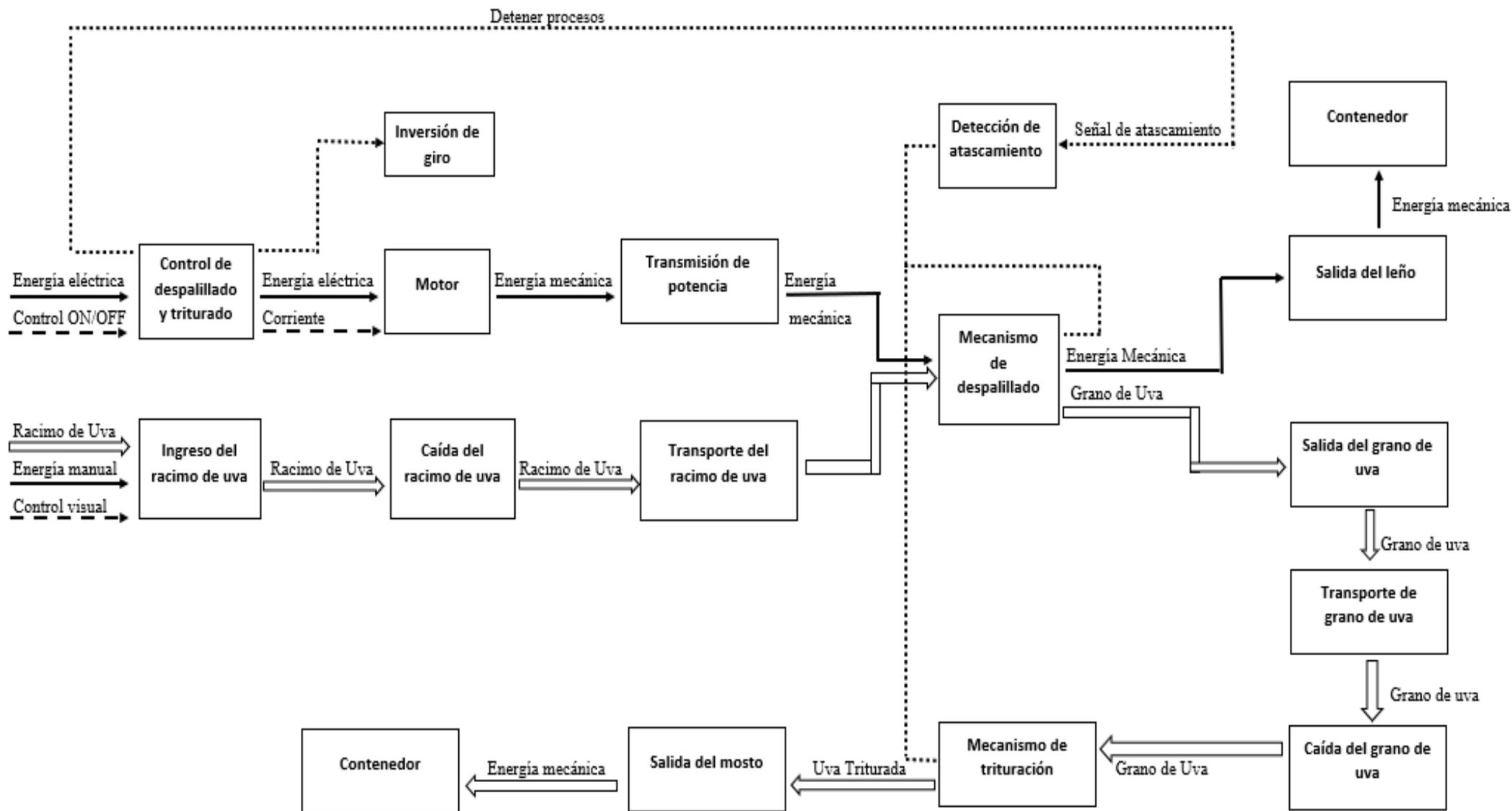


Figura 17. Diagrama de función Nivel 2.

4.2.2. Análisis Modular

Gracias al diagrama de funciones del nivel 2, se efectuó el análisis modular de 4 módulos, siendo el Módulo 1: Ingreso del racimo, el Módulo 2: Sistema de Control, el Módulo 3: Sistema de despallado, Módulo 4: Sistema de trituración y Módulo 5: Salida del Mosto.

4.2.2.1. Módulo 1: Ingreso del Racimo

En este módulo se establecen las funciones de “Ingreso del Racimo de Uva” y “Caída del Racimo”.

- **Análisis Funcional Módulo I**

Ingreso del Racimo de Uva

- Manual:

El ingreso de la uva es manual por lo que se realiza gracias al trabajo de un operario, como se ve en la figura 18, de donde se analiza a través de la tabla 3 las ventajas y desventajas.



Figura 18. Levantamiento manual de carga [26].

Tabla 3. Ventajas y Desventajas de la alternativa manual

Ventajas	Desventajas
Bajo Costo	Posibles Lesiones

- Automático:

La alternativa del ingreso del racimo se puede dar por medio de una banda transportadora, como se muestra en la figura 19, este mecanismo es

ideal para grandes producciones. La tabla 4 muestra las ventajas y desventajas.



Figura 19. Transportación automática de carga [27].

Tabla 4. Ventajas y Desventajas de la alternativa Automático

Ventajas	Desventajas
Sin lesiones	Alto Costo
Facilidad de control en velocidad	

Caída del Racimo

Las alternativas para la caída del racimo se relacionan con la forma de la tolva, para ello se tiene diferentes formas, la primera es la tolva rectangular y la segunda la tolva trapezoidal.

- Tolva Rectangular

Esta tolva como su nombre lo dice es rectangular, como se indica en la figura 20. A continuación se presentan las ventajas y desventajas en la tabla 5.

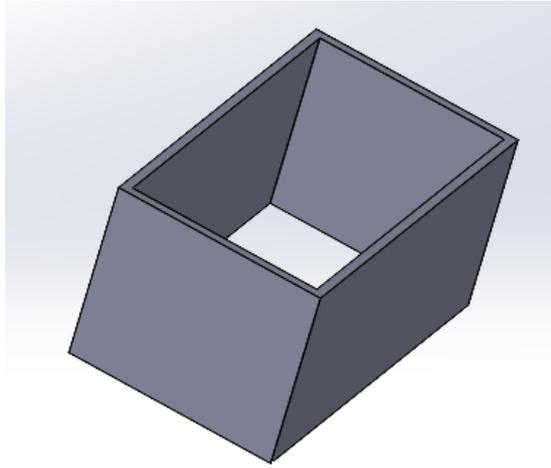


Figura 20. Tolva Rectangular.

Tabla 5. Ventajas y Desventajas Tolva Rectangular

Ventajas	Desventajas
Fácil de fabricar	Caída inestable de la uva
Costo bajo de fabricación	Desperdicio de material

○ Tolva Trapezoidal

Este tipo de tolva es de forma trapezoidal, indicada en la figura 21. Se hace un análisis mediante ventajas y desventajas mostrada en la tabla 6.

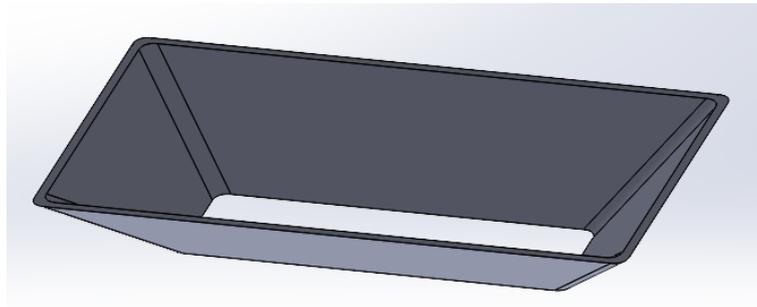


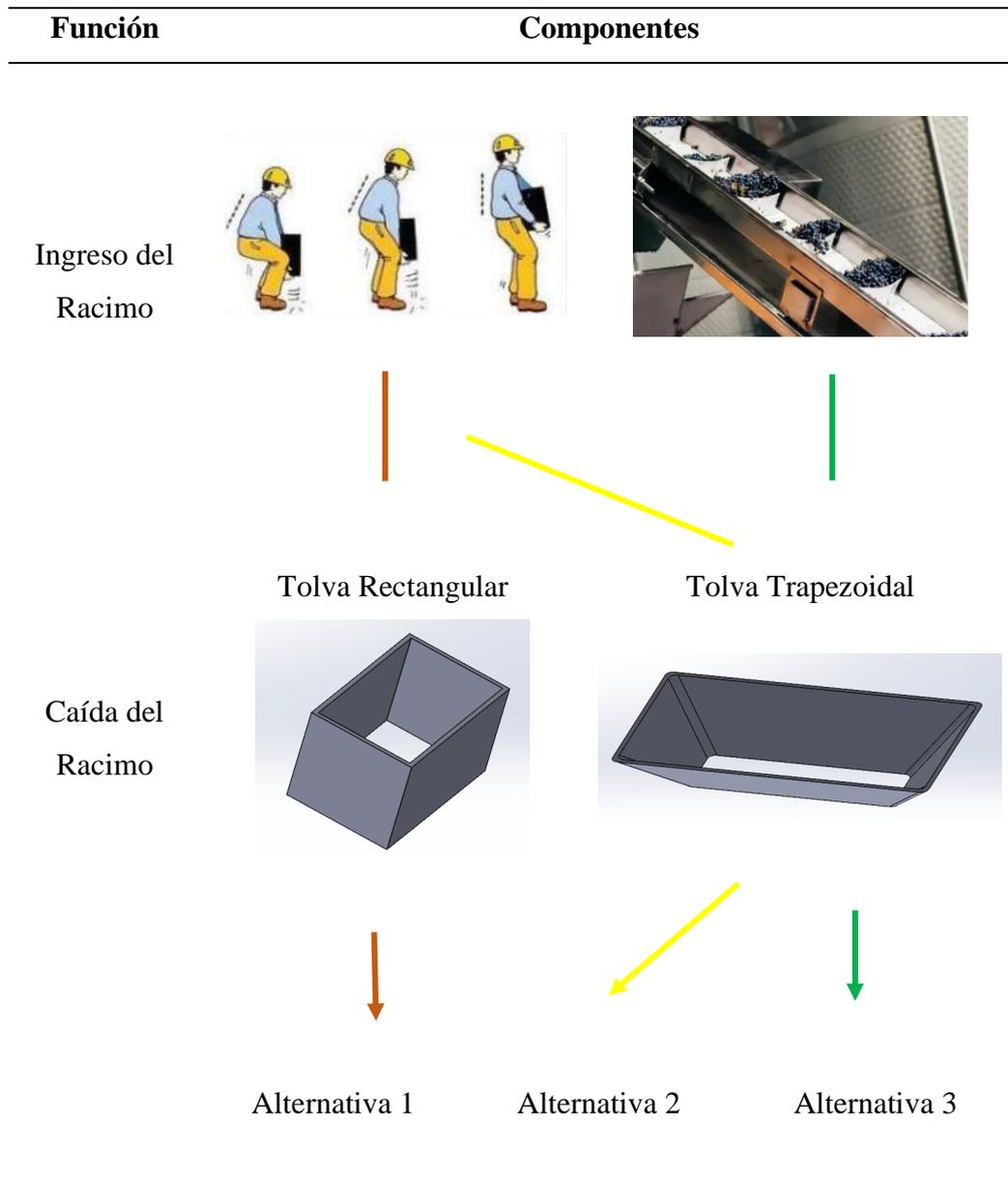
Figura 21. Tolva trapezoidal.

Tabla 6. Ventajas y Desventajas de Tolva Trapezoidal

Ventajas	Desventajas
El material cae hacia el centro	Su costo es más elevado
Fácil construcción	
Mantenimiento adecuado	

- **Análisis de Soluciones para el Módulo I**

Tabla 7. Alternativas de solución para el Módulo I



- **Selección de la mejor alternativa del Módulo I**

De acuerdo con lo mencionado anteriormente, se toma la decisión de escoger la alternativa más conveniente para el Módulo I, a través del cual se hace una evaluación colocando las respectivas ponderaciones de acuerdo con los requerimientos del técnico mostrado en la tabla 1.

Para tener un mejor entendimiento se coloca nomenclatura a los requerimientos del técnico mostrada en la tabla 8.

Tabla 8. Nomenclatura de Criterios

Nomenclatura	Criterio
C1	Dimensión
C2	Peso
C3	Mantenimiento
C4	Material
C5	Funcionalidad
C6	Mecanismo
C7	Diseño
C8	Seguridad

En la tabla 9, se indica la ponderación y análisis de los criterios para el módulo I.

Tabla 9. Comparación de Criterios

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	Σ+1	Ponderación
C1	-	1	1	0	0,5	1	1	0	5,5	0,15
C2	0	-	1	1	0	0,5	0,5	0	4	0,11
C3	0	0	-	1	0	1	0,5	1	4,5	0,13
C4	1	0	0	-	0,5	1	1	1	5,5	0,15
C5	0,5	1	1	0,5	-	1	0,5	1	6,5	0,18
C6	0	0,5	0	0	0	-	1	1	3,5	0,10
C7	0	0,5	0,5	0	0,5	0	-	1	3,5	0,10
C8	1	1	0	0	0	0	0	-	3	0,08
TOTAL									36	1

C5>(C1=C4)>C3>C2>(C6=C7)>C8

Funcionalidad>(Dimensión=Material)>Mantenimiento>Peso>(Mecanismo=Diseño)>Seguridad

En las tablas 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16 y 17 se indica la evaluación de soluciones para los requerimientos según la importancia.

Tabla 10. Comparación criterio de funcionalidad

C5	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa 1	-	0	1	2	0,33
Alternativa 2	1	-	1	3	0,50
Alternativa 3	0	0	-	1	0,17
TOTAL				6	1

Alternativa 2 > Alternativa 1 > Alternativa 3

Tabla 11. Comparación criterio de dimensión

C1	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa 1	-	0,5	0	1,5	0,25
Alternativa 2	0,5	-	1	2,5	0,42
Alternativa 3	1	0	-	2	0,33
TOTAL				6	1

Alternativa 2 > Alternativa 3 > Alternativa 1

Tabla 12. Comparación criterio de material

C4	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa 1	-	1	1	3	0,50
Alternativa 2	0	-	1	2	0,33
Alternativa 3	0	0	-	1	0,17
TOTAL				6	1

Alternativa 1 > Alternativa 2 > Alternativa 3

Tabla 13. Comparación criterio de mantenimiento

C3	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa 1	-	0	0	1	0,17
Alternativa 2	1	-	1	3	0,50
Alternativa 3	1	0	-	2	0,33
TOTAL				6	1

Alternativa 2 > Alternativa 3 > Alternativa 1

Tabla 14. Comparación criterio de peso

C2	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\sum+1$	Ponderación
Alternativa 1	-	0,5	1	2,5	0,42
Alternativa 2	0,5	-	1	2,5	0,42
Alternativa 3	0	0	-	1	0,17
TOTAL				6	1

Alternativa 1 = Alternativa 2 > Alternativa 3

Tabla 15. Comparación de criterio de mecanismo

C6	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\sum+1$	Ponderación
Alternativa 1	-	0	0,5	1,5	0,25
Alternativa 2	1	-	1	3	0,50
Alternativa 3	0,5	0	-	1,5	0,25
TOTAL				6	1

Alternativa 2 > Alternativa 1 = Alternativa 3

Tabla 16. Comparación criterio de diseño

C7	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\sum+1$	Ponderación
Alternativa 1	-	0	0	1	0,17
Alternativa 2	1	-	0,5	2,5	0,42
Alternativa 3	1	0,5	-	2,5	0,42
TOTAL				6	1

Alternativa 2 = Alternativa 3 > Alternativa 1

Tabla 17. Comparación criterio de seguridad

C8	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\sum+1$	Ponderación
Alternativa 1	-	0	0	1	0,17
Alternativa 2	1	-	0	2	0,33
Alternativa 3	1	1	-	3	0,50
TOTAL				6	1

Alternativa 3 > Alternativa 2 > Alternativa 1

Una vez finalizada la matriz de criterios, se procedió a analizar cada ponderación de criterio con las alternativas planteadas. En la Tabla 18, se hace la multiplicación de las ponderaciones de cada criterio con las ponderaciones de las alternativas, dando como resultado la ponderación correspondiente para la mejor alternativa.

Tabla 18. Resultados de la ponderación de criterios

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	Priori
A1	0,25*0,15	0,42*0,11	0,17*0,13	0,50*0,15	0,33*0,18	0,25*0,10	0,17*0,10	0,17*0,08	0,30 (2)
A2	0,42*0,15	0,42*0,11	0,50*0,13	0,33*0,15	0,50*0,18	0,50*0,10	0,42*0,10	0,33*0,08	0,43 (1)
A3	0,33*0,15	0,17*0,11	0,33*0,13	0,17*0,15	0,17*0,18	0,25*0,10	0,42*0,10	0,50*0,08	0,27 (3)

Como conclusión para el módulo 1, se tiene que la mejor alternativa es la opción 2. Es decir, la alternativa 2 es la carga manual con tolva trapezoidal.

4.2.2.2. Módulo 2: Sistema de Control

El módulo 2 tiene como funciones el “Control de despallado y trituración”, “Detectar atascamiento”, “Inversión de Giro” y “Motor”.

- **Análisis de función para el Módulo 2**

Control de despallado y triturado

En el control se dan dos opciones un variador de frecuencia y un PLC.

- Variador de Frecuencia

Un variador de frecuencia es aquel que regulariza la velocidad de un motor, es decir, de este varia la alimentación eléctrica antes de llegar al motor para así reducir entre un 20 y 70% [28], como se observa en la figura 22. Se indica enseguida en la tabla 19 las ventajas y desventajas de este.



Figura 22. Variador de frecuencia [29].

Tabla 19. *Ventajas y desventajas para variador de frecuencia*

Ventajas	Desventajas
Es una herramienta útil para ahorrar energía y soportar altas potencias	Su costo es elevado

Lógica cableada

Un circuito de lógica cableada es quien realiza controles con la ayuda de contactores o relés que a veces se asocian con temporizadores y contactores [30]. En la tabla 20 se describen las ventajas y desventajas.

Tabla 20. *Ventajas y desventajas de lógica cableada*

Ventajas	Desventajas
Fácil de implementar	Ocupa mucho espacio
Es ordenado y seguro	Difícil mantener
	Costoso por sus componentes

Detectar atascamiento

- Encoder

El Encoder es electromecánico que genera pulsos codificando el movimiento de impulsos eléctricos [32]. En la tabla 21, se indica las especificaciones de un Encoder rotativo de tipo LPD3806-600BM-G5-2NC.

Tabla 21. *Especificaciones técnicas del Encoder*

Especificaciones	Detalles
Resolución	600 PPR
Tipo de salida	Digital
Interfaz de salida	Incremental
Velocidad máxima de rotación	6000 rpm
Tensión de alimentación	5 V DC
Montaje	Estándar o fijo al eje
Protección y clasificación del ambiente	IP40 o superior

En la tabla 22, se indican las ventajas y desventajas del Encoder rotativo.

Tabla 22. *Ventajas y desventajas de Encoder*

Ventajas	Desventajas
Fácil adquisición	Costo alto
Confiables en la lectura de codificación	Necesita inicializarse en un cero predeterminado
Alta precisión	

○ Sensor Q5X

Es un sensor capaz de detectar un atasco de forma rápida y precisa [34]. En la tabla 23 se encuentran las especificaciones técnicas del sensor Q5XKLAP200-Q8.

Tabla 23. *Especificaciones del sensor Q5X*

Especificaciones	Detalles
Rango de detección	200 mm
Tipo de salida	Digital
Tecnología de detección	Láser
Condiciones ambientales	IP67
Salida de señales	Conmutación
Alimentación eléctrica	10 a 30 V CC

En la tabla 24, se indica las ventajas y desventajas del sensor Q5X.

Tabla 24. *Ventaja y desventaja de Sensor Q5X*

Ventajas	Desventajas
Alto alcance	Muy sensibles
Capaz de detectar objetos complicados	

○ Sensor de corriente

En la figura 23, se observa un sensor de corriente eléctrica, que ayuda de tal forma que cuando exista un atascamiento en la máquina el

motor genere más intensidad y así este sensor puede ayudar a detectar. En la tabla 25 se muestra las especificaciones de un sensor de corriente tipo SCT013.



Figura 23. Sensor de corriente [36]

Tabla 25. Especificaciones técnicas de sensor de corriente

Especificaciones	Detalles
Rango de corriente	20 a 30 A
Rango de frecuencia	50 a 60 Hz
Sensibilidad	100 mV/A
Salida	Analógica
Alimentación	Sin alimentación

En la tabla 26, se muestra las ventajas y desventajas del sensor de corriente.

Tabla 26. Ventajas y desventajas de sensor de corriente

Ventajas	Desventajas
Adquisición fácil	Programación difícil
Bajo costo	

- Final de carrera

El sensor electromecánico determina el posicionamiento de un elemento o dispositivo que está en movimiento por accionamiento mecánico [37]. En la tabla 27, se muestra las ventajas y desventajas del final de carrera.

Tabla 27. *Ventajas y desventajas del Final de carrera*

Ventajas	Desventajas
Costo bajo	Se usa en cada posición del elemento a sensar
Usa alimentación AC	

Motores

- Motor eléctrico

El motor eléctrico permite la transformación de la energía eléctrica en energía mecánica, funciona por unas bobinas que accionan un campo magnético [39], en la figura 24, se muestra un motor eléctrico y a continuación, en la tabla 28 se conoce las ventajas y desventajas. En la tabla 29, se encuentran las especificaciones técnicas del motor.



Figura 24. *Motor Eléctrico [40]*

Tabla 28. *Ventajas y desventajas de motor eléctrico*

Ventajas	Desventajas
Rendimiento elevado	Necesita instalación trifásica
No es contaminante	
Poco ruido	
Fácil de conseguir en el mercado	

Tabla 29. Especificaciones técnicas de motor weg

Especificaciones	Detalles
Potencia nominal	1/2 HP
Alimentación	110V o 220V
Frecuencia	60 Hz
Eficiencia	Alta
Velocidad	1750 rpm
Clasificación de protección	IP55

○ Motor Neumático

Un motor neumático es aquel que su funciona con aire comprimido y a su vez transforma ese aire en trabajo mecánico, gracias a un movimiento lineal o giratorio [41]. En la figura 25, se muestra un motor neumático y en la tabla 30 se detallan cuáles son ventas y desventajas.



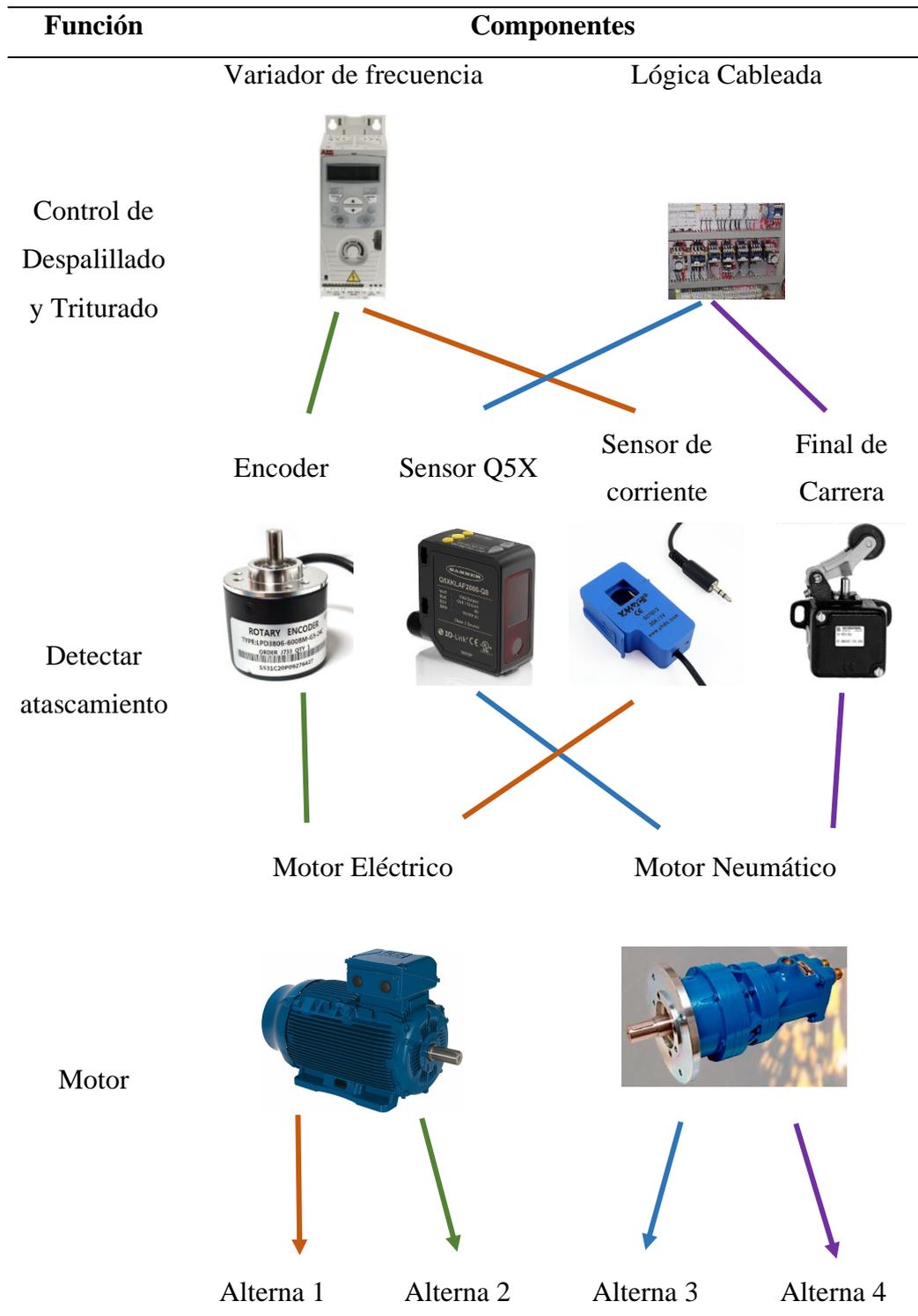
Figura 25. Motor Neumático [42]

Tabla 30. Ventajas y desventajas de motor neumático

Ventajas	Desventajas
Potencias más altas	Costo elevado
Velocidad moderada	Adquisición complicada

- **Alternativas de Solución para el Módulo 2**

Tabla 31. Alternativas de solución para el Módulo 2



- **Selección de la mejor alternativa del Módulo 2**

En la tabla 32, se observa los requerimientos técnicos para el módulo 2

Tabla 32. Requerimiento del ingeniero

Criterio	Descripción
Control	Debe ser fácil de usar y controlar
Mantenimiento	Debe ser de fácil mantenimiento y sus piezas de fácil acceso
Giro	Debe tener una inversión de giro para evitar algún atascamiento
Costo	Costo de adquisición debe ser bajo
Velocidad de control	Alcanza un alto rendimiento de velocidad para sus dos actividades

La tabla 33, muestra la nomenclatura de los criterios para el módulo 2.

Tabla 33. Nomenclatura de criterios

Criterios	Nomenclatura
Control	C1
Mantenimiento	C2
Giro	C3
Costo	C4
Velocidad de control	C5

La tabla 34, detalla las ponderaciones de cada uno de los criterios del módulo 2.

Tabla 34. Ponderaciones de criterios

	C1	C2	C3	C4	C5	$\Sigma+1$	Ponderación
C1	-	0,5	1	1	1	4,5	0,3
C2	0,5	-	0	0	0,5	2	0,13
C3	0	1	-	0	1	3	0,2
C4	0	1	1	-	1	4	0,27
C5	0	0,5	0	0	-	1,5	0,1
					Total	15	1

C1>C4>C3>C2>C5

Control>Costo>Giro>Mantenimiento>Velocidad de control

En las tablas 35, 36, 37, 38 y 39 se mencionan las diferentes alternativas de solución en comparación con los criterios, donde, hace un análisis sobre el control, costo, giro, mantenimiento y velocidad de control.

Tabla 35. Ponderación de criterio Control.

C1	Altn 1	Altn 2	Altn 3	Altn 4	$\sum+1$	Ponderación
Altn 1	-	1	0	0,5	2,5	0,25
Altn 2	1	-	0,5	1	3,5	0,35
Altn 3	0	0,5	-	1	2,5	0,25
Altn 4	0,5	0	0	-	1,5	0,15
				Total	10	1

Alternativa 2 > Alternativa 1 = Alternativa 3 > Alternativa 4

Tabla 36. Ponderación de criterio Costo

C1	Altn 1	Altn 2	Altn 3	Altn 4	$\sum+1$	Ponderación
Altn 1	-	1	1	1	4	0,4
Altn 2	0	-	1	1	3	0,3
Altn 3	0	0	-	0	1	0,1
Altn 4	0	0	1	-	2	0,2
				Total	10	1

Alternativa 1 > Alternativa 2 > Alternativa 4 > Alternativa 3

Tabla 37. Ponderación de criterio Giro

C4	Altn 1	Altn 2	Altn 3	Altn 4	$\sum+1$	Ponderación
Altn 1	-	1	1	1	4	0,4
Altn 2	0	-	0,5	0	1,5	0,15
Altn 3	0	0,5	-	0	1,5	0,15
Altn 4	0	1	1	-	3	0,3
				Total	10	1

Alternativa 1 > Alternativa 4 > Alternativa 2 = Alternativa 3

Tabla 38. Ponderación de criterio Mantenimiento

C3	Altn 1	Altn 2	Altn 3	Altn 4	$\sum+1$	Ponderación
Altn 1	-	1	1	1	4	0,4
Altn 2	0	-	0,5	0	1,5	0,15
Altn 3	0	0,5	-	0	1,5	0,15
Altn 4	0	1	1	-	3	0,3
				Total	10	1

Alternativa 1 = Alternativa 4 > Alternativa 2 = Alternativa 3

Tabla 39. Ponderación criterio Velocidad de control

C2	Altn 1	Altn 2	Altn 3	Altn 4	$\Sigma+1$	Ponderación
Altn 1	-	1	1	0,5	3,5	0,35
Altn 2	0	-	0,5	0	1,5	0,15
Altn 3	0	0,5	-	0	1,5	0,15
Altn 4	0,5	1	1	-	3,5	0,35
Total					10	1

Alternativa 1 = Alternativa 4 > Alternativa 2 = Alternativa 3

En la tabla 40, se indica las conclusiones para el módulo 2, donde, se muestra la mejor solución.

Tabla 40. Conclusión para Módulo 2

	C1	C4	C3	C2	$\Sigma+1$	Prioridad
Altn 1	0,3*0,4	0,13*0,4	0,2*0,4	0,27*0,35	1,35	1
Altn 2	0,3*0,3	0,13*0,15	0,2*0,15	0,27*0,15	1,18	3
Altn 3	0,3*0,1	0,13*0,15	0,2*0,15	0,27*0,15	1,12	4
Altn 4	0,3*0,2	0,13*0,3	0,2*0,3	0,27*0,35	1,25	2

Gracias a la tabla de conclusiones vista en la tabla 38, se mira que la alternativa 1 es la mejor para el módulo 2. Por lo tanto, la alternativa 1 tiene como componentes un variador de frecuencia, un sensor de corriente y un motor eléctrico.

4.2.2.3. Módulo 3: Sistema de Ejecución

- **Análisis de Funciones para el Módulo 3**

En el módulo 3, se toman en cuenta las funciones de transmisión de potencia, mecanismo de despalillado y mecanismo de trituración.

Transmisión de potencia

Existen varias posibilidades para transmisión de potencia como: “Engranaje”, “Bandas” y “Cadena”.

- Engranaje

Es un mecanismo capaz de transmitir el movimiento, consta de un piñón y corona [43]. En la figura 26, se observa un par de engranajes y en la tabla 41, se observa las ventajas y desventajas.



Figura 26. Engranaje [44]

Tabla 41. Ventajas y desventajas de engranes

Ventajas	Desventajas
Simplicidad de diseño	Ruido y vibración
Alta eficiencia de transmisión	Mayor desgaste
Bajo costo	Cargas desiguales
Capacidad de transmitir grandes cargas	Sensibilidad de desalineamiento

- Bandas o correas

Son aquellas que se acoplan sobre poleas que gracias a los ejes cumplen su objetivo de transmitir movimiento [45]. En la figura 27, se puede observar como son las bandas de transmisión y en la tabla 42, se desarrollan las ventajas y desventajas.



Figura 27. Bandas de transmisión [46]

Tabla 42. *Ventajas y desventajas de bandas*

Ventajas	Desventajas
Amortiguación de vibraciones	Deslizamiento y pérdida de eficiencia
Protección contra sobrecargas	Limitación de velocidad y potencia
Fácil instalación y reemplazo	Reemplazo periódico
Transmisión de movimientos sin lubricación	Sensibilidad de contaminación y temperatura

○ Cadena

En la figura 28, se observa un mecanismo de transmisión por cadenas siendo aquellos que se entrelazan con dientes de un piñón y se usa en grandes potencias [47]. Las ventajas y desventajas se describen en la tabla 43.

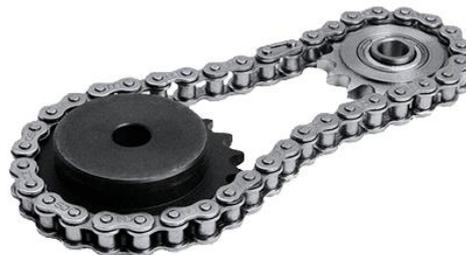


Figura 28. *Cadena de transmisión [48]*

Tabla 43. *Ventajas y desventajas de cadenas*

Ventajas	Desventajas
Alta capacidad de carga	Mantenimiento regular
Eficiencia de transmisión	Ruido y vibración
Durabilidad y resistencia	Necesidad de lubricación
Flexibilidad de diseño	Mayor costo inicial

Mecanismo de Despalillado

Para el despalillado se consideran las siguientes opciones: “Despalillado con uso de rejillas”, “Separación por tambor perforado y paleta”, “Separación por tenazas y superficie vibratoria”.

- Despalillado con uso de rejillas

Este tipo de despalillado se usa con una rejilla de material plástico, indicado en la figura 10. A continuación en la tabla 44 se detalla las ventajas y desventajas de este método.

Tabla 44. *Ventajas y desventajas de rejilla de despalillado.*

Ventajas	Desventajas
Separación eficiente	Mayor costo y complejidad
Control de calidad	Posible daño de las uvas
Mayor rendimiento	Limitaciones de capacidades
Reducción de riesgos	Requiere supervisión y ajuste

- Separación por tambor perforado y paletas

En la figura 11, se muestra cómo es su mecanismo y a partir de ello se generan sus ventajas y desventajas mostradas en la tabla 45.

Tabla 45. *Ventajas y desventajas de tambor perforado*

Ventajas	Desventajas
Eficiencia de separación	Desgaste y mantenimiento
Flexibilidad en la clasificación	Posible obstrucción de las perforaciones
Alta capacidad de procesamiento	Requerimiento de energía
Versatilidad de aplicaciones	Limitaciones en la precisión de clasificación

- Separación por tenazas y superficie vibratoria

En la figura 12, se indica como es el mecanismo de este principio. En la tabla 46, se analizan sus ventajas y desventajas.

Tabla 46. *Ventajas y desventajas de separación por tenazas*

Ventajas	Desventajas
Flexibilidad de manipulación	Limitación en la forma o tamaño de los objetos
Alta precisión y selectividad	Sensibilidad de textura y fragilidad de material
Velocidad de operación	Requerimiento de programación y ajuste
Versatilidad de aplicación	Costo de implementación y mantenimiento

Mecanismo de trituración

- Trituración por rodillo cilíndrico

Es un rodillo laminado que forma un cilindro el cual hace un estrujado leve, hay que tener en cuenta los diferentes parámetros para los requerimientos de la máquina. Por ello, en la tabla 47, se muestran las ventajas y desventajas.

Tabla 47. *Ventajas y desventajas de rodillo cilíndrico*

Ventajas	Desventajas
Eficiencia de trituración	Sensibilidad al desgaste
Versatilidad en el tamaño de alimentación	Limitaciones en la dureza de los materiales
Control del tamaño de salida	Requerimientos de ajustes y alineación
Bajo consumo de energía	Riesgo de bloqueo

- Trituración por rodillo cónico

En la figura 29, se observa un rodillo cónico quien tiene un paso de la uva en forma de zigzag, es aquel que se usa para reducir el tamaño del material a triturar. En la tabla 48, se indican las ventajas y desventajas.

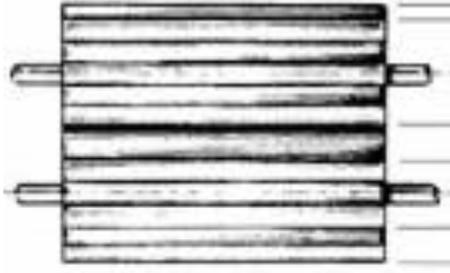


Figura 29. Rodillo cónico

Tabla 48. Ventajas y desventajas de rodillo cónico

Ventajas	Desventajas
Mayor capacidad de carga	Requerimientos de alineación y ajuste
Mejor distribución de la carga	Mayor complejidad de diseño y fabricación
Mayor estabilidad	Limitaciones en el tamaño de alimentos
Mayor eficiencia de trituración	Mayor costo inicial

- Trituración por rodillo de perfiles conjugados

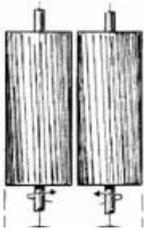
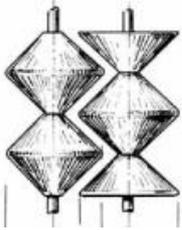
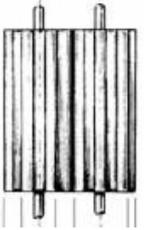
Este rodillo permite una trituración más eficiente, ya que la uva pasa de una manera suave y su rotura es mayor. Son conocidos también como rodillos dentados o rodillos de engrane. En la tabla 49, se presentan las ventajas y desventajas de estos.

Tabla 49. Ventajas y desventajas de rodillos de perfil conjugado

Ventajas	Desventajas
Alta eficiencia en trituración	Mayor ruido y vibración
Mejor distribución de la carga	Requerimientos de alineación y mantenimiento
Mayor capacidad de carga	Mayor complejidad de diseño y fabricación
Versatilidad en la trituración	Mayor costo inicial

- **Alternativas de solución para el Módulo 3**

Tabla 50. Alternativas de solución para Módulo 3

Función	Componentes		
Transmisión de potencia	Engranaje 	Bandas 	Cadena 
Mecanismo de despallado	Con uso de rejilla 	Por tambor perforado y paletas 	Separación por tenazas 
Mecanismo de trituración	Rodillo cilíndrico 	Rodillo cónico 	Rodillo conjugado 
	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3

- **Selección de la mejor alternativa del Módulo 3**

En la tabla 51, se indica los criterios a considerar en este módulo.

Tabla 51. Criterio de ingeniero

Criterio	Descripción
Costo	Su costo deber ser mínimo
Mantenimiento	Fácil de arreglar
Peso	Debe ser ligero
Seguridad	Debe pretender una alerta en caso de accidente

A continuación, en la tabla 52 se muestran las nomenclaturas para los criterios.

Tabla 52. Nomenclatura de criterios

Criterio	Nomenclatura
Costo	C1
Mantenimiento	C2
Peso	C3
Seguridad	C4

La tabla 53, demuestra el análisis y ponderaciones de los criterios en el módulo 3.

Tabla 53. Análisis de criterio para Módulo 3

	C1	C2	C3	C4	$\sum+1$	Ponderación
C1	-	1	1	1	4	0,4
C2	0	-	1	0,5	2,5	0,25
C3	0	0	-	1	2	0,2
C4	0	0,5	0	-	1,5	0,15
				Total	10	1

C1>C2>C3>C4

Costo>Mantenimiento>Peso>Seguridad

En la tabla 54, 55, 56 y 57 se indica el análisis de las alternativas con los criterios propuestos para este módulo.

Tabla 54. Ponderación de criterio Costo

C1	Altn 1	Altn 2	Altn 3	$\Sigma+1$	Ponderación
Altn 1	-	1	1	3	0,5
Altn 2	0	-	0	1	0,17
Altn 3	0	1	-	2	0,33
			Total	6	1

Alternativa 1 > Alternativa 3 > Alternativa 2

Tabla 55. Ponderación de criterio Mantenimiento

C2	Altn 1	Altn 2	Altn 3	$\Sigma+1$	Ponderación
Altn 1	-	1	0,5	2,5	0,42
Altn 2	0	-	0	1	0,17
Altn 3	1,5	1	-	2,5	0,42
			Total	6	1

Alternativa 1 = Alternativa 3 > Alternativa 2

Tabla 56. Ponderación de criterio Peso

C3	Altn 1	Altn 2	Altn 3	$\Sigma+1$	Ponderación
Altn 1	-	0	0,5	1,5	0,25
Altn 2	1	-	0	2	0,33
Altn 3	0,5	1	-	2,5	0,42
			Total	6	1

Alternativa 3 > Alternativa 2 > Alternativa 1

Tabla 57. Ponderación de criterio Seguridad

C4	Altn 1	Altn 2	Altn 3	$\Sigma+1$	Ponderación
Altn 1	-	0	0	1	0,17
Altn 2	1	-	0	2	0,33
Altn 3	1	1	-	3	0,5
			Total	6	1

Alternativa 3 > Alternativa 2 > Alternativa 1

La tabla 58, muestra las conclusiones para el módulo 3, donde, se indica la mejor solución que es la alternativa 3.

Tabla 58. Conclusiones para el módulo 3

	C1	C2	C3	C4	$\Sigma+1$	Prioridad
Altn 1	0,4*0,5	0,25*0,42	0,2*0,25	0,15*0,17	1,38	2
Altn 2	0,4*0,17	0,25*0,17	0,2*0,33	0,15*0,33	1,23	3
Altn 3	0,4*0,33	0,25*0,42	0,2*0,42	0,15*0,5	1,40	1

La alternativa 3 que consta en la función de transmisión de potencia un sistema de engranaje, en el mecanismo de despalillado se usa separación por tambor perforado y paletas; y en el mecanismo de trituración se utiliza rodillos conjugados.

4.2.2.4. Módulo 4: Salida del Mosto

- **Análisis de Funciones para el Módulo 4**

Para este módulo se pone a consideración la función de Salida del Mosto. Analizando las opciones como: “Recipiente de metal”, “Recipiente de madera” y “Recipiente plástico”.

- Recipiente de metal

Este recipiente es un barril metálico, con su totalidad de abertura en la parte superior y una tapa hermética con un escape de aire para la fermentación. En la tabla 59, están las ventajas y desventajas.

Tabla 59. Ventajas y desventajas de recipiente metálico

Ventajas	Desventajas
Bajo costo	Mayor mantenimiento Baja vida útil

- Recipiente de madera

Es un barril de madera, con una pequeña abertura en la parte superior para que el mosto caiga dentro del recipiente, además este tiene una abertura para la salida de oxígeno que permite que se genere la fermentación. Sus ventajas y desventajas se muestran en la tabla 60.

Tabla 60. Ventajas y desventajas de recipiente de madera

Ventajas	Desventajas
Bueno para la fermentación Conserva la esencia	Alto mantenimiento

○ Recipiente plástico

Un barril plástico que recoge el mosto que sale de la máquina para luego llevarle a otro recipiente o barril que sea apto para su fermentación. En la tabla 61, están sus ventajas y desventajas.

Tabla 61. Ventajas y desventajas de recipiente plástico

Ventajas	Desventajas
Liviano Costo bajo	Baja vida útil

• **Alternativa de solución para el Módulo 4**

Tabla 62. Alternativas de solución para Módulo 4

Función	Componentes		
Salida del Mosto	Barril Metal	Barril Madera	Barril Plástico
			
	↓	↓	↓
	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3

• **Selección de la mejor alternativa del Módulo 4**

A continuación, en la tabla 63, se muestran los criterios propuestos para este módulo.

Tabla 63. Criterios para el módulo 4

Criterios	Descripción
Mantenimiento	Debe tener un fácil acceso para la limpieza del barril
Costo	Debe ser de bajo costo
Seguridad	No debe generar lesiones y debe ser seguro para el vino

En la tabla 64, se describen las ponderaciones para cada uno de los criterios y observar cual es más importante.

Tabla 64. Análisis de criterios ponderados

	Mantenimiento	Costo	Seguridad	$\Sigma+1$	Ponderación
Mantenimiento	-	0,5	0,5	2	0,33
Costo	0,5	-	1	2,5	0,42
Seguridad	0,5	0	-	1,5	0,25
		Total		6	1
Costo > Mantenimiento > Seguridad					

Las tablas 65, 66 y 67, indican el análisis de las alternativas de acuerdo con cada criterio.

Tabla 65. Evaluación de criterio Costo

	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa 1	-	1	0	2	0,33
Alternativa 2	0	-	0	1	0,17
Alternativa 3	1	1	-	3	0,5
		Total		6	1
Alternativa 3 > Alternativa 1 > Alternativa 2					

Tabla 66. Evaluación de criterio Mantenimiento

	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa 1	-	1	1	3	0,5
Alternativa 2	0	-	0	1	0,17
Alternativa 3	0	1	-	2	0,33
		Total		6	1
Alternativa 1 > Alternativa 3 > Alternativa 2					

Tabla 67. Evaluación de criterio Seguridad

	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\sum+1$	Ponderación
Alternativa 1	-	1	1	3	0,5
Alternativa 2	0	-	1	2	0,33
Alternativa 3	0	0	-	1	0,17
	Total			6	1
Alternativa 1 > Alternativa 2 > Alternativa 3					

Una vez que se hizo la ponderación tanto para los criterios como para las alternativas con cada criterio, la tabla 68, señala la mejor solución de acuerdo con lo mencionado anteriormente.

Tabla 68. Evaluación de criterio Seguridad

	Costo	Mantenimiento	Seguridad	$\sum+1$	Ponderación
Alternativa 1	0,33*0,33	0,42*0,17	0,25*0,5	1,31	2
Alternativa 2	0,33*0,5	0,42*0,17	0,25*0,33	1,32	3
Alternativa 3	0,33*0,5	0,42*0,33	0,25*0,17	1,35	1

La mejor solución para el módulo 4 es la alternativa 3. En la tabla 69, se muestra las especificaciones del barril plástico el cual fue la mejor solución para la recolección del mosto en su salida.

Tabla 69. Especificaciones técnicas del barril plástico

Especificaciones	Detalles
Material	Polietileno de alta densidad (HDPE)
Capacidad	20 y 60 litros
Diseño hermético	Evita la entrada de oxígeno u otros contaminantes
Tapa o cierre	Segura para evitar fugas o derrames
Grifo de dispensación	Facilita la dispensación del mosto de manera controlada
Marcas de medición	Indica el volumen recolectado del mosto
Resistencia química	Resistente a productos químicos y ácidos presentes en el mosto

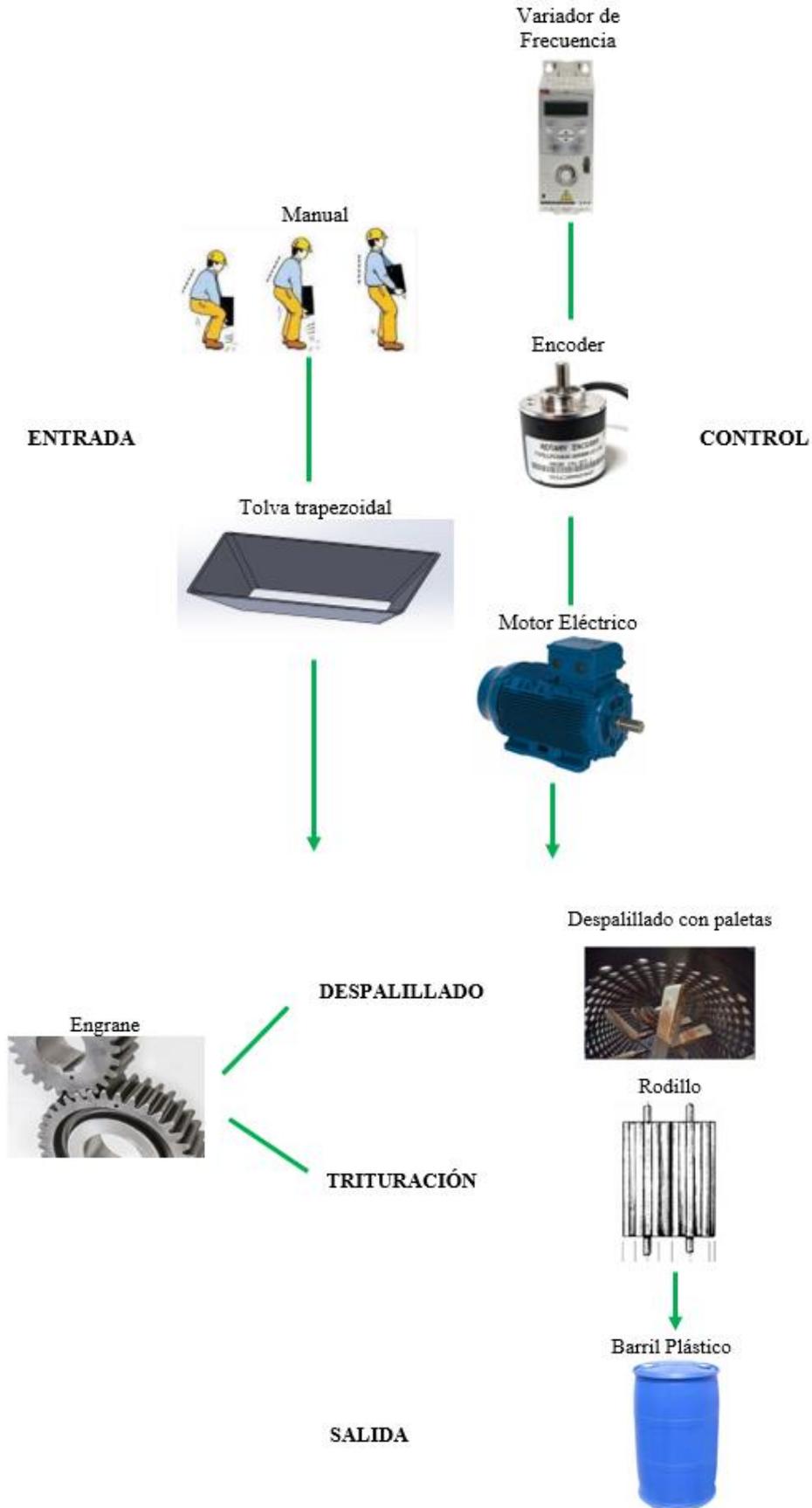


Figura 30. Resultado de Alternativas para Análisis Modular

4.3. Diseño para la fabricación y montaje

En la fase de entrada, los elementos propuestos que son necesarios son: un tornillo transportador sin fin y la tolva. Para ello, se realiza un análisis para el diseño del tornillo. El primer paso es dar parámetros iniciales tanto de la cosecha como de la uva, ya que es necesario para tomar la capacidad que requiere la máquina.

En la cosecha de la uva que se hace de manera artesanal, se recolecta en canastas de aproximadamente 15 kg y para transportar se llena en un balde que alcanza aproximadamente de 4 canastas, siendo un total de 60 kg.

Por tanto, para que la tolva soporte la capacidad de la vendimia será mayor a 60 kg. La máquina debe trabajar con una capacidad de 300 kg/h, cargando a la tolva 5 veces en 1 hora. El servicio de trabajo de la máquina será de 2h/día.

4.3.1 Análisis de la Rueda Dentada

La rueda dentada consta de diferentes fuerzas como es la fuerza tangencial, la fuerza resultante y las fuerzas del peso. En la figura 31, se muestra cómo se aplican.

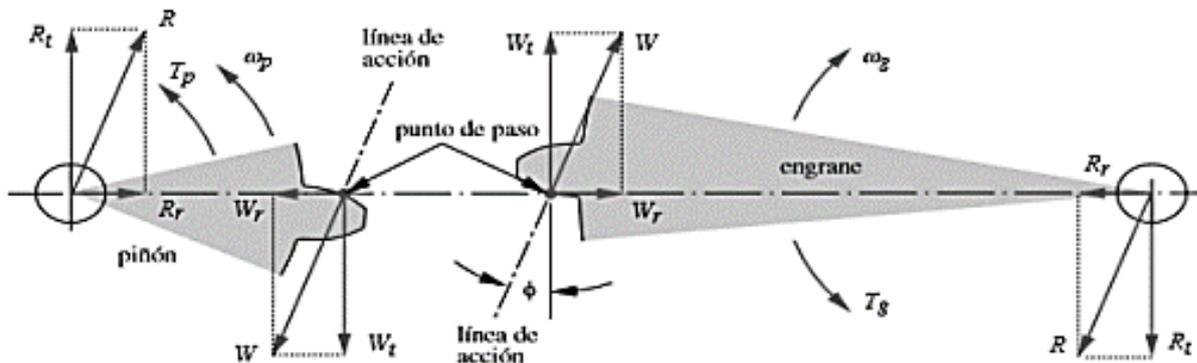


Figura 31. Fuerza aplicada en las ruedas.

La fuerza resultante y la descomposición de estas se obtiene por un análisis de trigonométrico, ya que W_r es el peso del engranaje que es 25,68 [N] y el ángulo de acción es de 20° . Por tanto, la ecuación para encontrar W_t que expresada en:

$$W_t = \frac{W_r}{\tan \alpha} \quad (1)$$

Dando como resultado que W_t es 11,48 [N]. Al tener las dos fuerzas podemos obtener la fuerza resultante con un teorema de Pitágoras, es así como W es 28,13 [N].

Se analiza la resistencia en el diente de contacto, donde hay más soporte de esfuerzo. Para ver si el engrane soportará toda la carga, se hace un análisis presentado en la ecuación (2).

$$\sigma = W_t K_0 K_V K_S \frac{1}{b m_t} \frac{K_H K_B}{Y_j} \quad (2)$$

Donde:

$W_t = \text{carga tangencial transmitida} = 11,48 \text{ [N]}$

$K_0 = \text{factor de sobrecarga} = 1,25$

$K_v = \text{factor dinámico} = 1,13$

$K_s = \text{factor de tamaño} = 1$

$b = \text{ancho de cara} = 0,02 \text{ [m]}$

$m_t = \text{módulo métrico transversal} = 0,004 \text{ [m]}$

$K_H = \text{factor de distribución de carga} = 1,1$

$K_B = \text{factor del espesor del aro} = 1$

$Y_j = \text{factor geométrico de resistencia a la flexión} = 0,35$

Reemplazando todos los datos en la ecuación (2), se tiene:

$$\sigma = 0,64 \text{ MPa}$$

4.3.1.1. Simulación de las Ruedas Dentadas de la máquina

La rueda dentada de 90 dientes tiene como peso 25,68 [N], por ende, el ángulo de presión es 20° y se tiene una fuerza tangencial de 11,48 [N], tomando en cuenta que la carga se encuentra en el diámetro primitivo. Es así como permite hacer la simulación para ver si el diente de la rueda resiste o se rompe. En la figura 32, se observa la simulación mostrando el esfuerzo de von Mises.

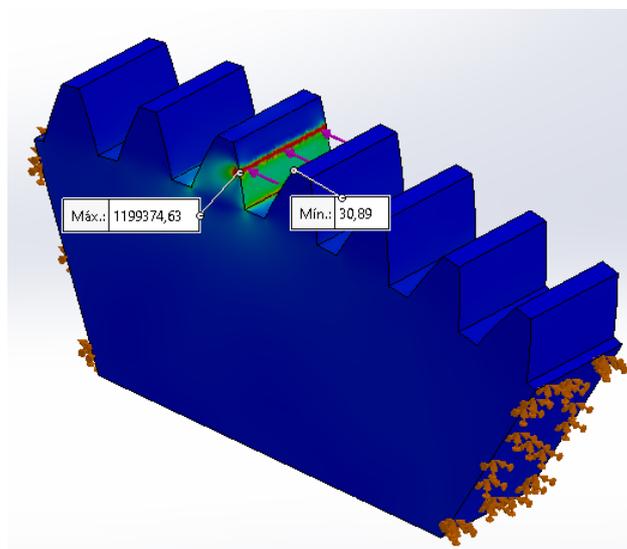


Figura 32. Simulación de rueda de 90 dientes

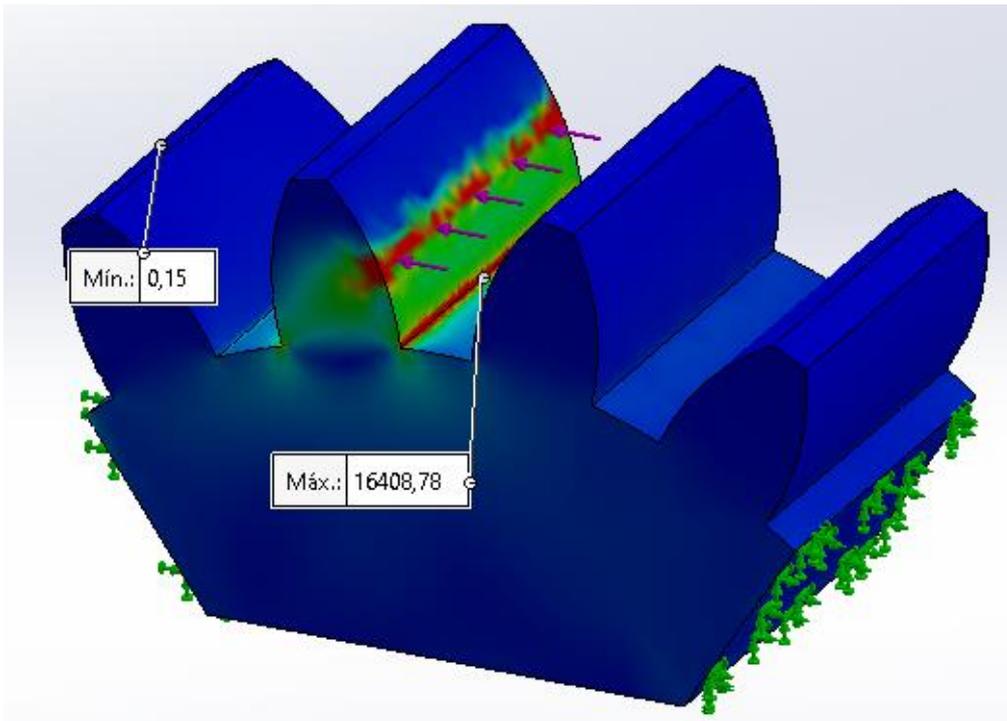


Figura 33. Simulación de rueda de 18 dientes

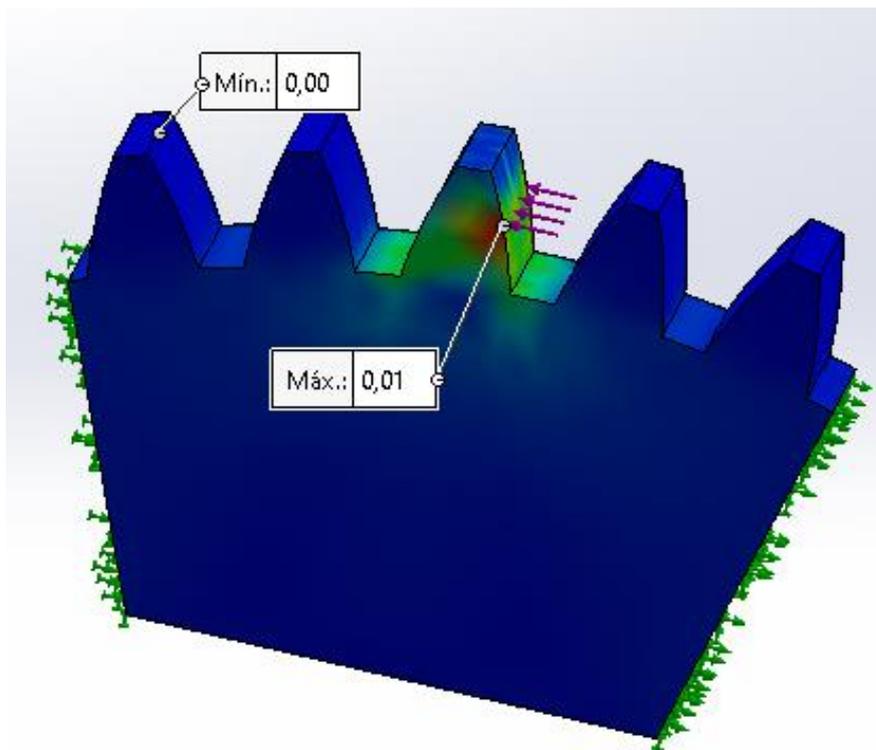


Figura 34. Simulación de rueda de 48 dientes

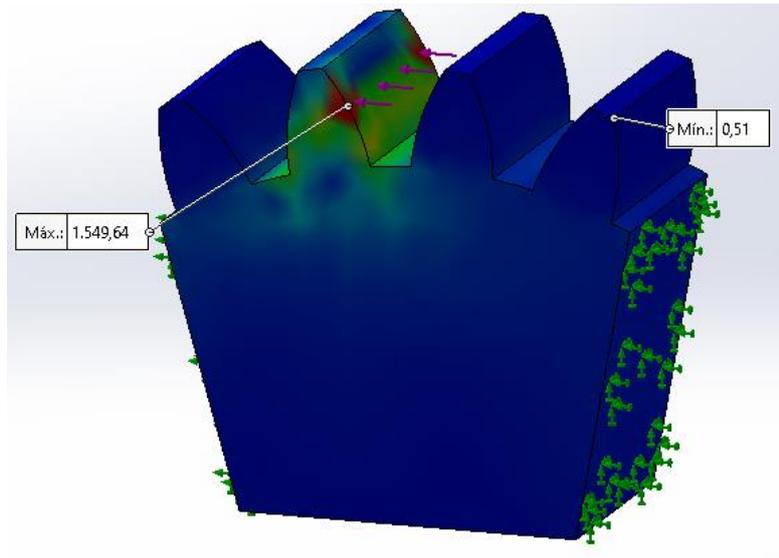


Figura 35. Simulación de rueda de 25 dientes

4.3.2. Diseño del Tornillo transportador sin fin

Los parámetros para el tornillo sin fin son:

- **Tipo:** Tornillo sin fin de paso corto
- **Disposición:** Horizontal
- **Material por transportar:** Uva

4.3.2.1. Cálculo para la capacidad real

De acuerdo con la ecuación (3), se calcula la capacidad real.

$$C_S = C_{req} \times C_{F1} \times C_{F2} \times C_{F3} \quad (3)$$

Donde:

C_{req} = capacidad requerida [pie^3/h]

C_{F1} = Factor de capacidad para el paso helicoidal

C_{F2} = Factor de capacidad para el tipo del helicoidal

C_{F3}

= Factor de capacidad que se aplica cuando el helicoidal lleva paletas mezcladoras

La capacidad requerida es de 300 kg/h, en el anexo 2 está C_{F1} , en el anexo 3 está C_{F2} y en el anexo 4 está C_{F3} .

4.3.2.2. Cálculo de la capacidad requerida

Para poder calcular la capacidad real una de sus variables es importante tomar en cuenta la capacidad requerida. Por tanto, primero se debe realizar este cálculo.

$$C_{req} = \frac{m}{\rho} \quad (4)$$

Donde:

m = capacidad del equipo (kg/h)

ρ = densidad de la uva (kg/m³)

La densidad se adquiere gracias al anexo 5, donde se necesitan los grados Brix que son 12,5 y la temperatura ambiente que es 23°C (296,15 K).

El resultado para la capacidad requerida dado en la ecuación (2) es de 0,28 m³/h (9,89 ft³/h).

Siendo el resultado final de la ecuación (1) es: 0,42m³/h (14,83 ft³/h).

4.3.2.3. Características del material

En el anexo 6, se observa las características del material que el tornillo din fin lo va a transportar.

4.3.2.4. Diámetro del tornillo transportador sin fin

Al no encontrarse el valor en el anexo 7, tomando como referencia a la capacidad en pies de 180 ft³/h. Entonces, el diámetro para el tornillo transportador será de 152 mm (6 in).

En la tabla 66, indica la serie de componentes que es 2, entonces, una vez seleccionado el diámetro del tornillo se escoge de la tabla del grupo de componentes 2 que se encuentra en el anexo 8.

4.3.2.5. Cálculo del paso helicoidal

El tipo de paso de la helicoidal seleccionada es corto, por tanto:

$$P = \frac{2xD_{helicoidal}}{3} \quad (5)$$

$$P = 101 \text{ mm}$$

4.3.2.6. *Velocidad de giro para el tornillo sin fin*

En la tabla 67, indica la capacidad del paso en rpm y la máxima de rpm que recomienda Martin en su catálogo, entonces, como se tiene un diámetro de 6 in, que se maneja con una capacidad de 180 rpm a un máximo de 120 rpm. Ahora, de acuerdo con el anexo 9, se selecciona la velocidad recomendada para girar el tornillo sin fin, que en este caso es de 20 rpm ya que es su velocidad máxima.

4.3.2.7. *Velocidad Lineal para el tornillo sin fin*

Para calcular la velocidad lineal, se acoge a la ecuación (6):

$$V_a = \frac{PxN}{60} \quad (6)$$

Donde:

V_a = Velocidad Lineal

P = Paso helicoidal

N = número de revoluciones

$$V_a = 0,034 [m/s]$$

4.3.2.8. *Cálculo de Fuerza sobre cada Hélice*

La carga que el tornillo debe soportar es de 60kg, esto en su peso equivalente es 588 N y gracias al análisis hecho por Oscar Fernández en su proyecto de grado [60], señala que, el coeficiente de rozamiento en la uva es de 0,364. Con todos los datos propuestos se realiza el cálculo para la fuerza ejercida por el desplazamiento:

$$F_f = \mu \times P \quad (7)$$

Donde:

F_f = Fuerza de desplazamiento

μ = coeficiente de rozamiento

P = peso del material (uva)

$$F_f = 214 [N]$$

El tornillo transportador tiene una fuerza tanto axial como radial, para ello, se calcula el ángulo para la hélice:

$$\tan\theta = \frac{P}{\pi x D} \quad (8)$$

Donde:

P = Paso de la hélice

D = diámetro del tornillo

Para calcular el ángulo se despeja θ de la ecuación (8):

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{P}{\pi x D}\right)$$

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{101}{\pi x 152}\right)$$

$$\theta = 11,9^\circ$$

La fuerza radial se presenta en la ecuación (9):

$$F_{radial} = F_f x \sin\theta \quad (9)$$

$$F_{radial} = 44,13 [N]$$

Ahora se multiplica el paso tomado en metros y se divide para la distancia del tornillo.

$$F_{radial} = \frac{44,13 x 0,101}{0,75}$$

$$F_{radial} = 6 [N]$$

Para obtener la fuerza total, se hace la sumatoria entre la fuerza por fricción y la fuerza radial por tanto la ecuación (10) quedaría:

$$F_T = F_f + F_{radial} \quad (10)$$

$$F_T = 220 [N]$$

4.3.2.9. Diagrama de cuerpo libre

En el diagrama de cuerpo (DCL), se muestran los elementos que intervienen en el eje del tornillo de transporte helicoidal, mostrado en la figura 36.

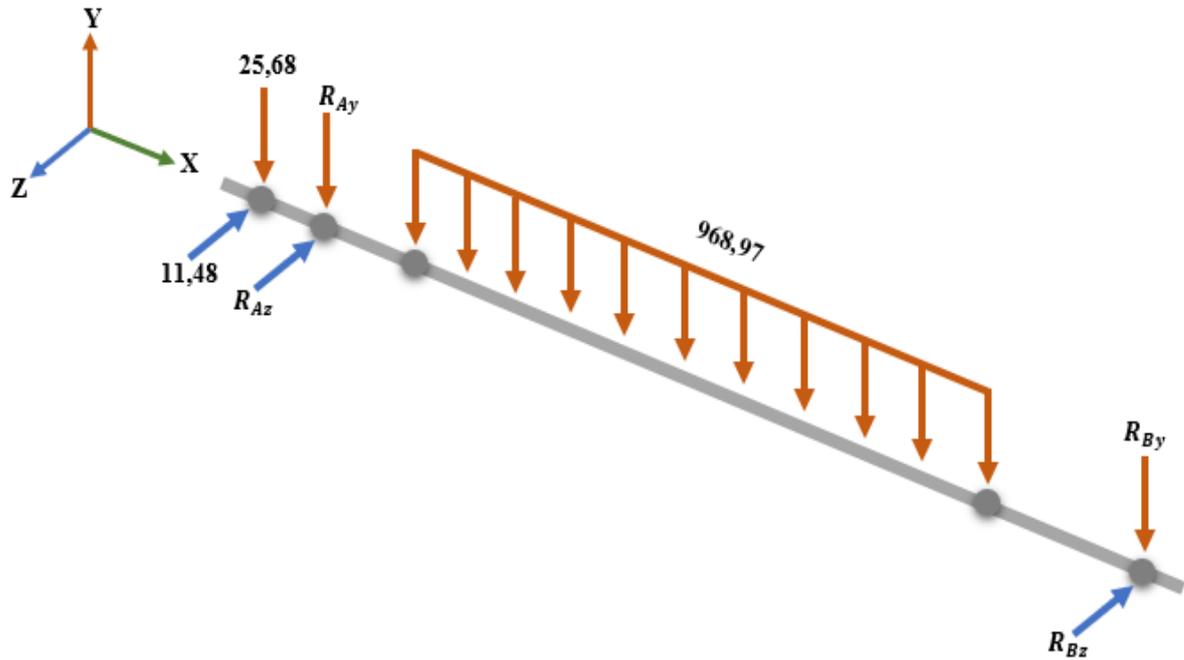


Figura 36. Diagrama de cuerpo libre del eje xy xz

A través de la figura 37, se puede observar el diagrama de cuerpo libre para el eje xy donde se ve con claridad el tornillo helicoidal con sus fuerzas y reacciones.

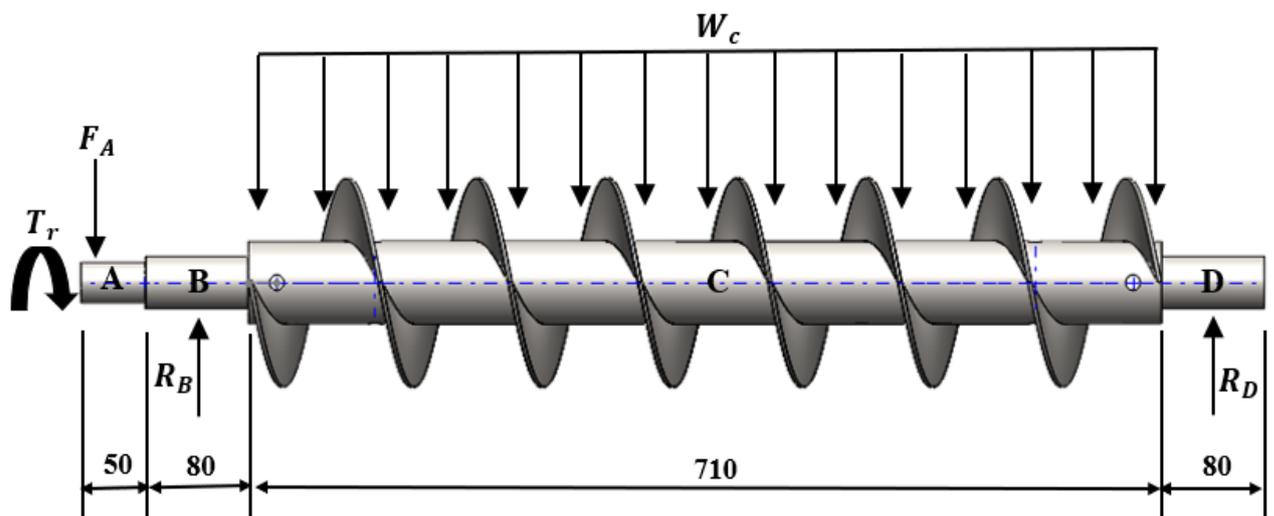


Figura 37. Diagrama de cuerpo libre del tornillo transportador

Donde:

F_A = Peso del engranaje = 25,68 [N]

T_r = Torque

W_c = Peso distribuido del tornillo transportador helicoidal más la vendimia $W=687$
[N]

R_B = Reacción en el punto B

R_D = Reacción en el punto D

Calculando la carga distribuida aplicada en el tornillo helicoidal:

$$W_c = \frac{W}{L} \quad (11)$$

Donde:

L = Longitud del tornillo en *metros* = 0,71 [m]

$$W_c = 968,97 \text{ [N/m]}$$

Para poder seguir con el análisis del DCL, primero se debe definir la potencia indicada en la ecuación (12):

$$P = T \times \omega \quad (12)$$

Siendo ω la velocidad angular que se propone como:

$$\omega = \frac{\pi \times n}{30} \quad (13)$$

Al reemplazar la ecuación (13) en la ecuación (12) se tiene:

$$P = \frac{\pi \times n \times T}{30}$$

Despejar el torque de la potencia:

$$T_r = \frac{30 \times P}{\pi \times n} \quad (14)$$

Donde:

P = Potencia de diseño = 24,43 [W]

n = 20rpm

Reemplazarlos valores anteriores en la ecuación (14):

$$T_r = 11,66 \text{ [Nm]}$$

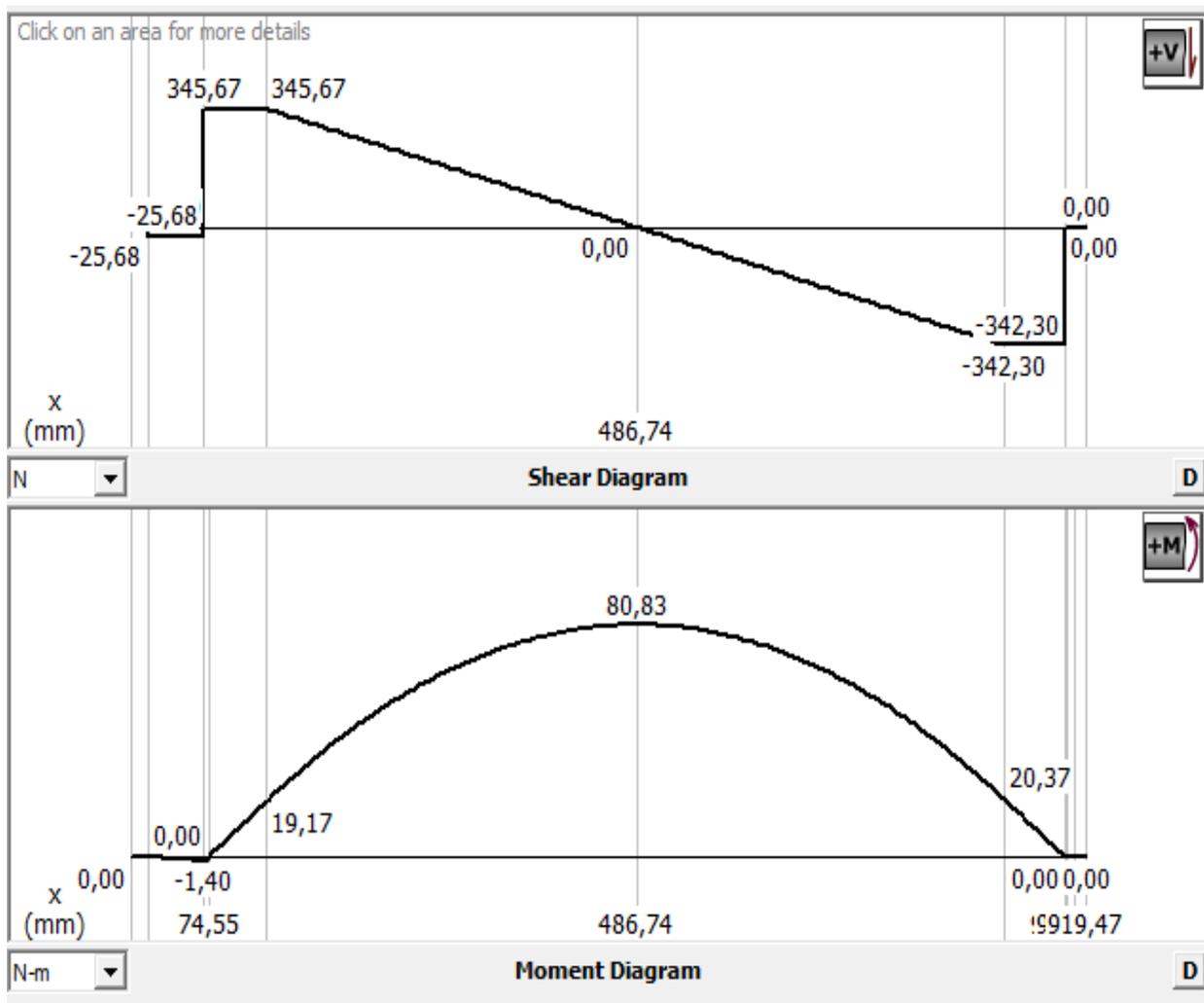


Figura 38. Diagrama de corte y momento plano xy

Llegando a la conclusión de resultados que se muestra en la tabla

Tabla 70. Resultados de momentos en los puntos

Puntos	Simulación	Calculado	Porcentaje de error
Momento Flector mínimo	-1,40	-1,39	0,72%
Momento Flector máximo	80,83	80,82	0,72%

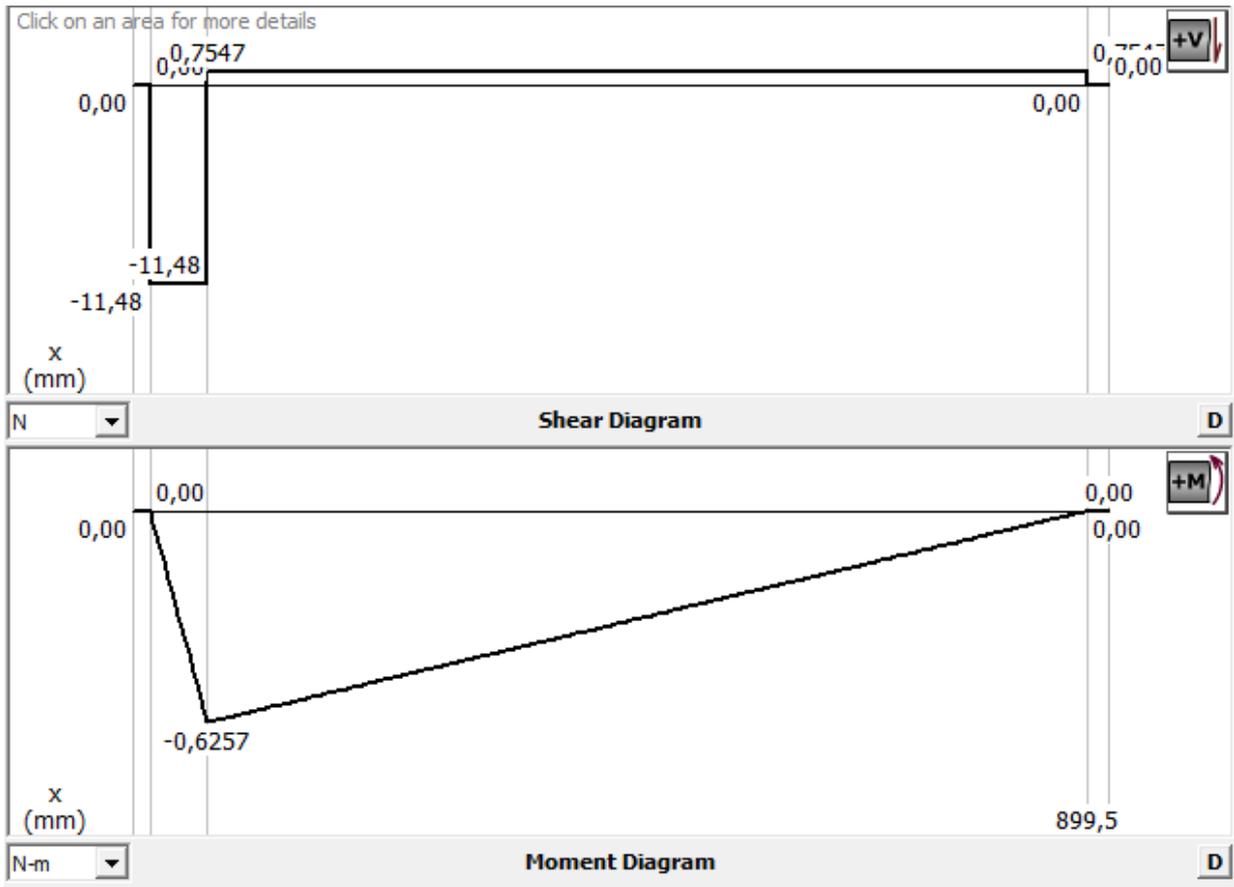


Figura 39. Diagrama de corte y momento plano xz.

Tabla 71. Resultados de momentos en los puntos

Puntos	Simulación	Calculado	Porcentaje de error
Momento Flector mínimo	0	0	0%
Momento Flector máximo	-0,63	-0.62	0,62%

En la figura 38 y figura 39, se observa la simulación del eje para encontrar el factor de seguridad y el esfuerzo de von Mises. En donde se encuentra un error porcentual calculando manualmente el valor y así verificando si la simulación es correcta.

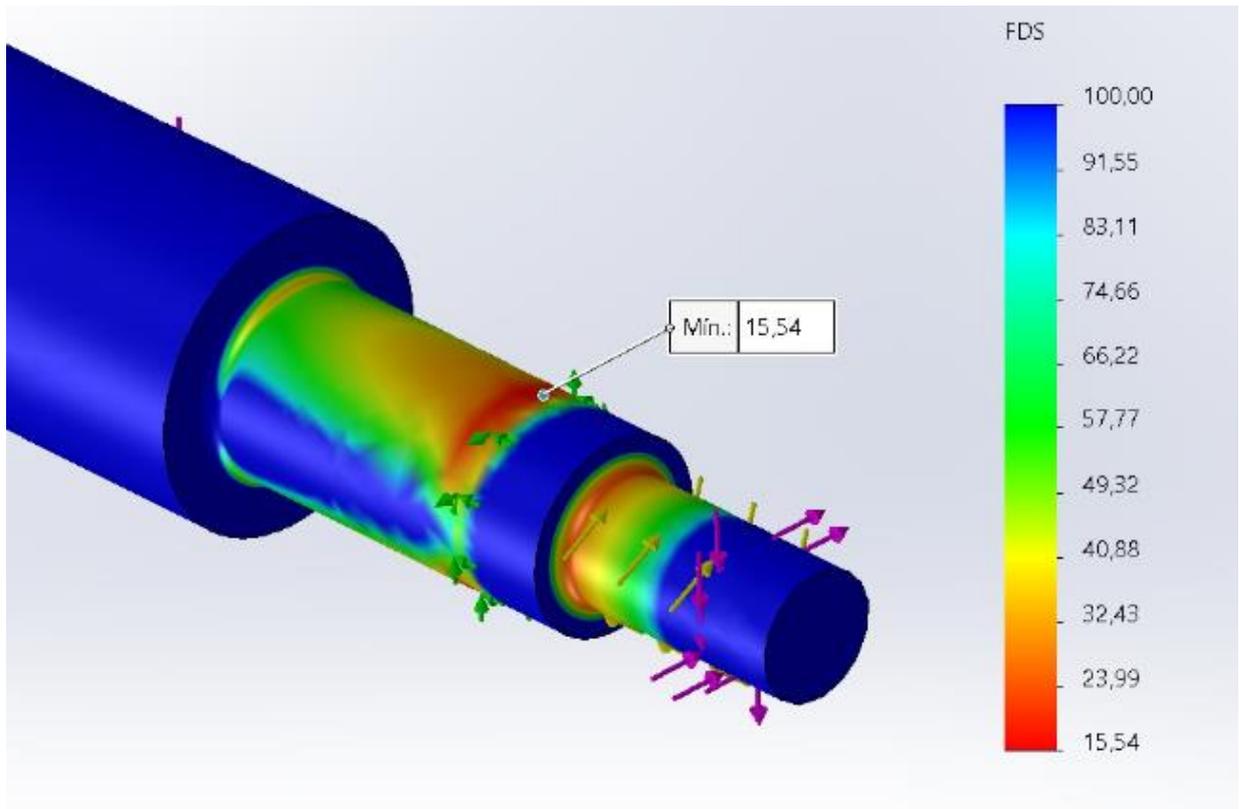


Figura 40. Simulación para factor de seguridad

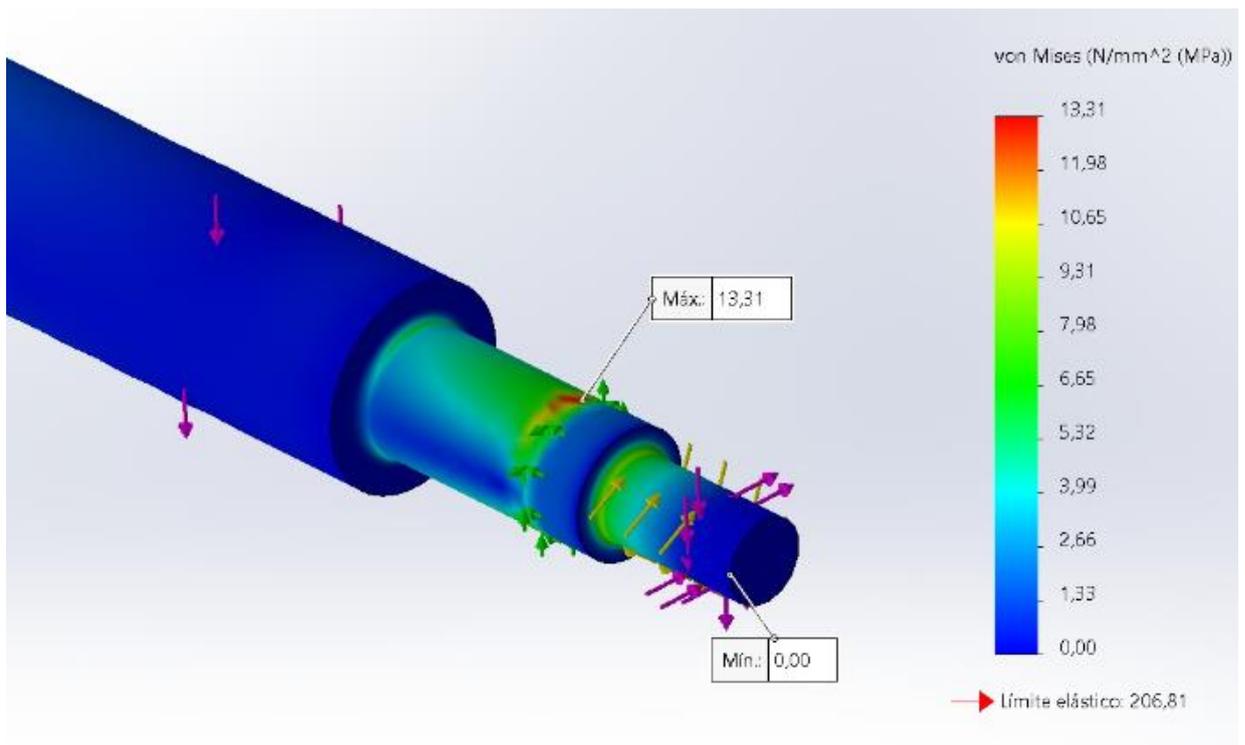


Figura 41. Simulación para esfuerzo de von Mises

Tabla 72. Resultados de von Mises y Factor de seguridad

Puntos	Simulación	Calculado	Porcentaje de error
von Mises	13,31 [MPa]	13,16 [MPa]	1,14%
Factor de seguridad	15,54	15,72	1,15%

4.3.2.10. Selección de chumaceras

Para la selección de las chumaceras se toma en cuenta el cálculo de la carga dinámica y la carga elástica, con el fin de seleccionar bien los rodamientos requeridos.

- **Capacidad de carga elástica (Rodamiento)**

$$P_0 = X_0 \times F_R + Y_0 \times F_A \quad (15)$$

Donde:

P_0 = Carga equivalente estática [kN]

X_0 = Factor de carga radial del rodamiento

F_R = Carga radial del rodamiento [kN]

Y_0 = Factor de carga axial del rodamiento

F_A = Carga axial real del rodamiento [kN]

La carga radial total F_R , se calcula con la siguiente ecuación:

$$F_R = F_r \times F_s \quad (16)$$

Donde:

F_r = Carga radial, igual a la fuerza de desplazamiento de la vendimia [kN]

F_s = Factor de servicio del rodamiento = 2 (anexo 10)

La determinación de la carga radial se da por un análisis que se muestra en la figura 42. Esta muestra la distribución de carga que está en el tornillo.

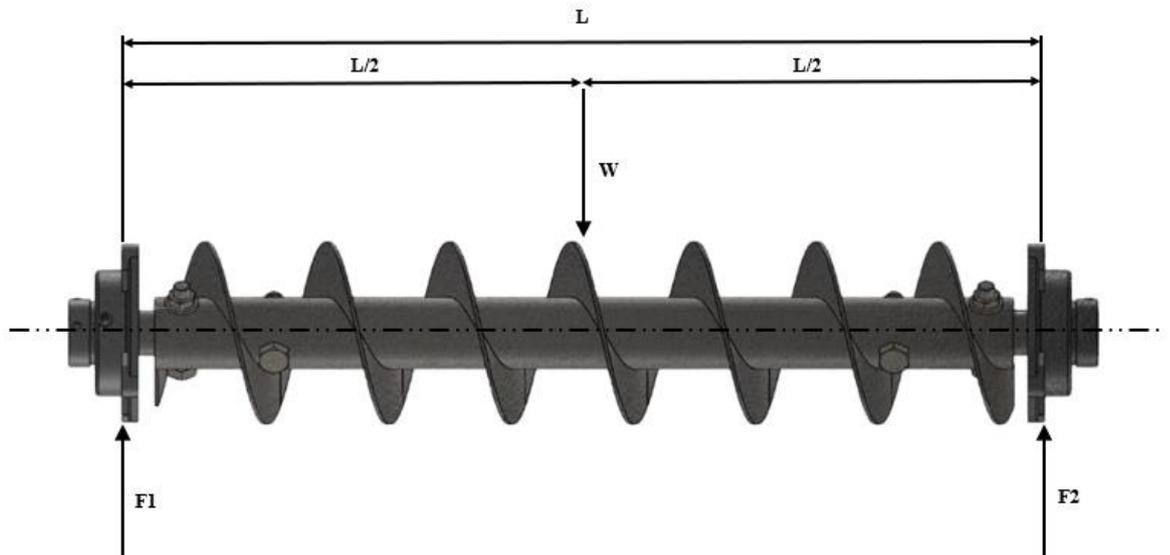


Figura 42. Distribución de carga radial

Gracias al diagrama se muestran las siguientes ecuaciones:

$$F_1 = \frac{L/2}{L} \times W = \frac{1}{2} \times W; F_2 = \frac{L/2}{L} \times W = \frac{1}{2} \times W \quad (17)$$

Como las fuerzas son las mismas entonces:

$$F_r = \frac{1}{2} \times W \quad (18)$$

Se conoce a W como el peso que corresponde a la vendimia, el engranaje y el tornillo transportador, por lo tanto, para la carga radial se tiene el resultado de:

$$F_r = 41 [kg] = 0,402 [kN]$$

Reemplazando en la ecuación (14), se tiene el valor de la carga radial real:

$$F_R = 0,804 [kN]$$

Los factores de las cargas se extra del libro de “Diseño de elementos de máquinas” [61].

$$X_0 = 0,6$$

$$Y_0 = 0,5$$

Se toma en cuenta que no hay cargas de fuerza axial por tanto es cero.

Reemplazando los valores en la ecuación (13), por tanto:

$$P_0 = 0,482 [kN]$$

- **Capacidad de carga dinámica**

En la ecuación (18) se observa como calcular la carga dinámica.

$$C = P \times \left(\frac{L_{10h} \times n \times 60}{10^6} \right)^{1/p} \quad (19)$$

Donde:

L_{10h} = Vida nominal (anexo 11)

C = Capacidad de carga dinámica [kN]

P = Carga estática equivalente del rodamiento [kN]

n = Velocidad de giro [rpm]

p = exponente de la ecuación de la vida

NOTA: exponente 3 para rodamiento de bolas y 10/3 para rodamientos de rodillo

Reemplazando los datos en la ecuación (19), se tiene:

$$C = 0,739 \text{ [kN]}$$

Una vez calculado las dos cargas, se pone a consideración que al interior de la chumacera está un rodamiento de bolas el mismo que está sometido a cargas radiales. Para la selección de la chumacera se toma en cuenta el eje motriz que se escogió en la tabla 65 siendo de $1 \frac{1}{2}$ in, es así como se obtienen las siguientes características de la chumacera seleccionadas de SKF.

Tabla 73. Características de la chumacera

Características	Valores
Número de la chumacera	UCF208-108D1
Número del rodamiento	F4B 108-FM
Diámetro interno	38,10 mm
Capacidad de carga dinámica	30,7 [kN]
Capacidad de carga estática	19 [kN]
Ancho	58,1 mm
Peso de la unidad	2,3 kg
Rango de temperatura de operaciones	-40 a 120 °C

4.3.3. Cálculo para la capacidad de la tolva

La máquina tiene una capacidad de 300 kg/h, siendo cargada 5 veces por 1 hora.

- Tiempo en cargar los 60 kg de uvas: 8 minutos
- Tiempo muerto: 4 minutos
- Tiempo total: $8 + 4 = 12$ minutos

4.3.3.1. Capacidad en peso

$$W = \frac{\text{Capacidad de la máquina}}{\text{Número de veces cargada en 1h}} \quad (20)$$

$$W = 60 \text{ [kg]}$$

La capacidad de la tolva será de 60 kg.

4.3.3.2. Capacidad en Volumen

$$60 \text{ kg} \times \frac{1 \text{ racimo}}{0,380} = 158 \text{ [racimos]}$$

Al determinar el número de racimos, calculamos el volumen de las uvas:

$$V_{uvas} = V_{1 \text{ uva}} \times N. \text{ racimos} \quad (21)$$

$$V_{uvas} = 10428 \times 10^4 \text{ [mm}^3\text{]}$$

4.3.3.3. Medida de la Tolva

Las medidas de la tolva en su área superior son:

$$\text{Longitud} = 800 \text{ mm}$$

$$\text{Ancho} = 500 \text{ mm}$$

Las medidas para el área inferior de la tolva son:

$$\text{Longitud} = 744 \text{ mm}$$

$$\text{Ancho} = 185,27 \text{ mm}$$

Una vez que se obtienen las dimensiones de la tolva en su área superior e inferior, se procede a determinar el volumen total para la tolva, para ello se empieza por la pirámide truncada:

$$V_{pt} = \frac{h}{3} \times (A_1 + A_2 + \sqrt{A_1 \times A_2}) \quad (22)$$

Donde:

$h = \text{altura de la pirámide truncada} = 350 \text{ mm}$

$A_1 = \text{área de la base superior}$

$A_2 = \text{área de la base inferior}$

Determinando las áreas de las bases:

$$A_1 = 800 \times 500 = 400000 \text{ mm}$$

$$A_2 = 744 \times 185,27 = 137840,88 \text{ mm}$$

Reemplazando los datos en la ecuación (20):

$$V_{pt} = 90142755,67 \text{ [mm}^3\text{]}$$

También se debe calcular el volumen de la artesa donde tiene un prisma y un semicilindro.

$$V_{pr} = a \times b \times c \quad (23)$$

$$V_c = \pi \times r^2 \times h \quad (24)$$

Donde:

$a = \text{altura del prisma} = 177,8 \text{ mm}$

$b = \text{largo del prisma} = 720 \text{ mm}$

$c = \text{ancho del prisma} = 110,56 \text{ mm}$

$r = \text{radio del cilindro} = 88,9 \text{ mm}$

$h = \text{altura del cilindro} = 720 \text{ mm}$

Reemplazando los valores en la ecuación (23) y (24), se tiene:

$$V_{pr} = 14153448,96 \text{ [mm}^3\text{]}$$

$$V_c = 8938319,93 \text{ [mm}^3\text{]}$$

Para el volumen total se debe sumar el volumen de la pirámide, el prisma y el cilindro y restar el volumen del eje, por tanto, para ello se tiene:

$$V_{eje} = \frac{\pi}{4} \times D^2 \times l \quad (25)$$

Donde:

$D = \text{diámetro del eje} = 60,3 \text{ mm}$

$l = \text{longitud del eje} = 720 \text{ mm}$

$$V_{eje} = 2056160,45 \text{ [mm}^3\text{]}$$

Volumen total de la tolva es:

$$V_T = (V_{pt} + V_{pr} + V_c) - V_{eje} \quad (26)$$

$$V_T = 11118 \times 10^4 \text{ [mm}^3\text{]}$$

El volumen de la tolva es mayor que el volumen de la uva, por ende, se sabe que los 60kg que tiene la vendimia es satisfactoria para el volumen que se requiere.

$$V_T > V_{uva}$$

$$11118 \times 10^4 > 10428 \times 10^4$$

4.3.3.4. *Espesor de la Plancha para la tolva*

- **Cálculo de la fuerza vertical**

La fuerza vertical se da por el peso de la vendimia, por tanto:

$$F_V = 588 \text{ [N]}$$

- **Cálculo de la fuerza horizontal**

La fuerza horizontal, se aplica en la longitud de la pirámide trunca.

$$F_H = \gamma_{uva} \times h_{cg} \times A \quad (27)$$

Donde:

$$\gamma_{uva} = \text{densidad de la uva} = 1058 \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right]$$

$$h_{cg} = \text{altura de la pirámide en m} = 0,35 \text{ [m]}$$

$$A = \text{área de la pirámide en m}^2 = (0,8 \times 0,35) \text{ [m}^2\text{]}$$

$$F_H = 1016,10 \text{ [N]}$$

- **Cálculo de la fuerza resultante**

$$F_R = \sqrt{F_V^2 + F_H^2} \quad (28)$$

Reemplazando los datos se tiene:

$$F_R = 1173,97 [N]$$

- **Peso del tornillo transportador**

El tornillo transportador tiene una masa de 10,10 kg, es por ello, que el tornillo ejercerá una fuerza de:

$$W_T = 98,98 [N]$$

- **Factor de Seguridad**

Para conseguir el factor de seguridad se ha hecho una simulación en SolidWorks donde, el espesor usado es de 4mm, es decir calibre 9, aunque la tabla para las tolvas recomienda calibre 10 (3,42mm). Gracias a esta simulación se obtiene el límite elástico y la tensión máxima de von Mises.

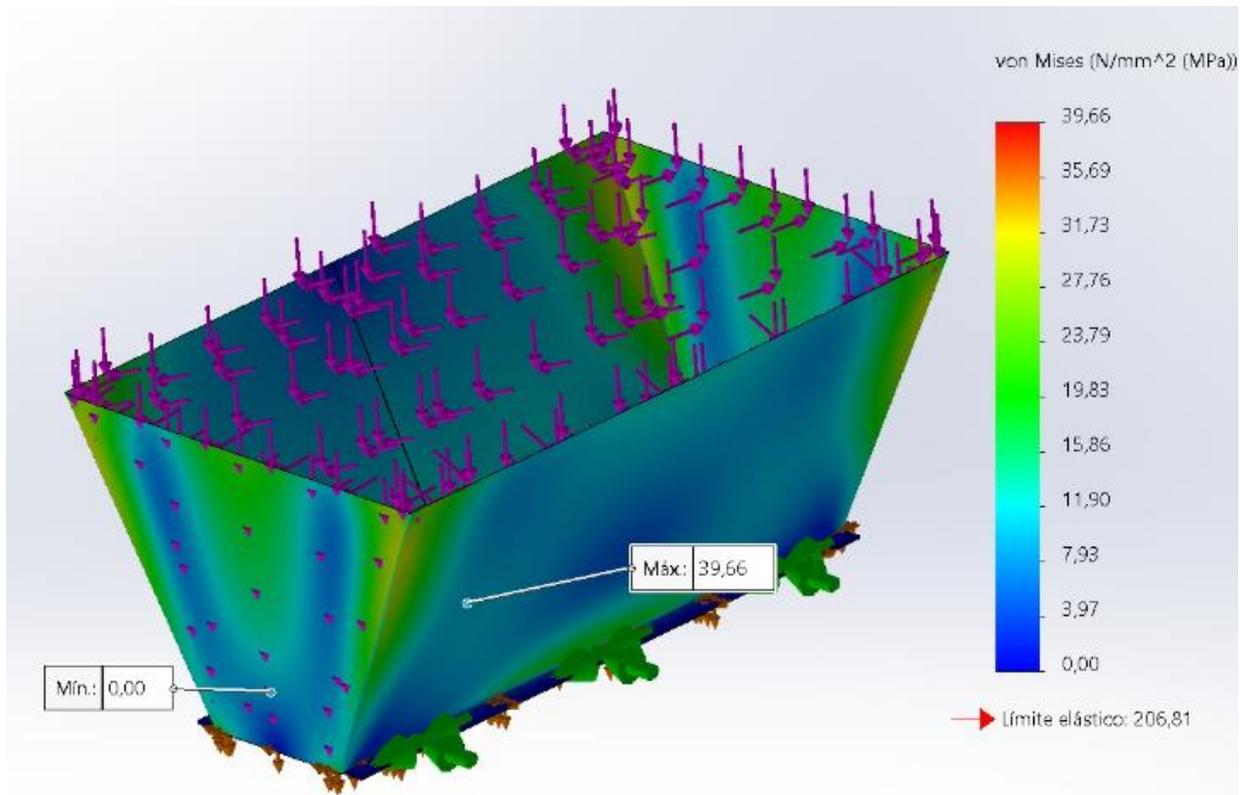


Figura 43. Simulación para límite elástico y von Mises

$$FS = \frac{LE}{\sigma_{Von Mises}} \quad (29)$$

Donde:

$$LE = \text{Límite elástico} = 206,81 [MPa]$$

$$\sigma_{Von Mises} = \text{Esfuerzo máximo} = 39,66 [N/m^2]$$

$$FS = 5,21$$

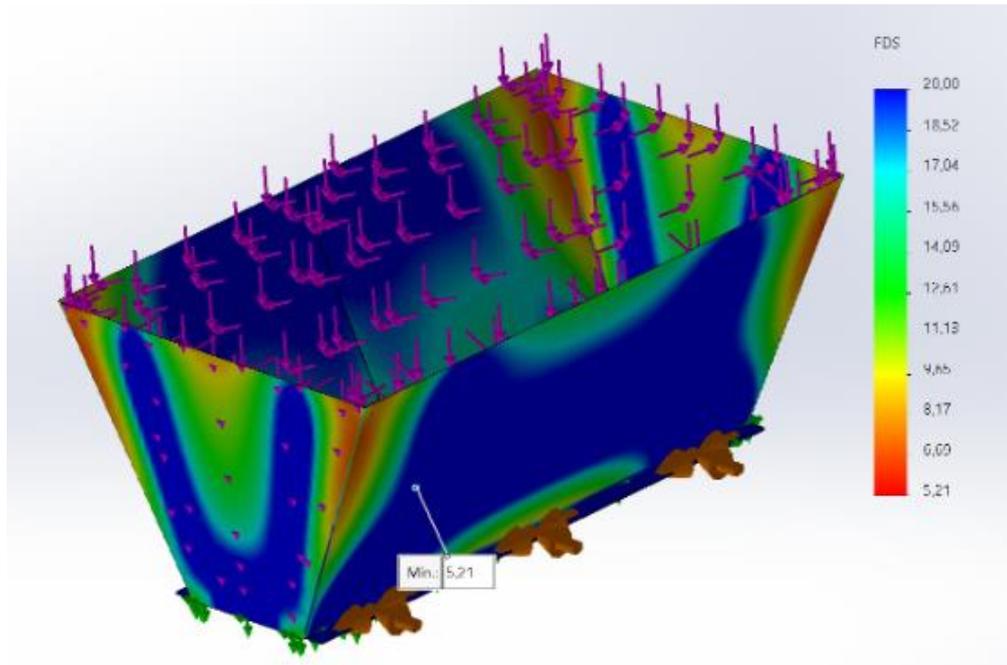


Figura 44. Factor de seguridad simulada

4.3.4. Diseño del Árbol de Despalillado

El diseño del árbol de despalillado busca maximizar la extracción de uvas de calidad al minimizar la presencia de tallos y otros contaminantes no deseados. Un diseño eficiente garantiza una separación efectiva y evita daños excesivos a la fruta, minimizando la pérdida de jugo. La facilidad de limpieza, mantenimiento y adaptabilidad a diferentes tipos de uvas también son consideraciones importantes en el diseño.

4.3.4.1. Diámetro del árbol de despalillado

Para obtener el diámetro del árbol despalillador se toma en cuenta el anexo 12 en donde se efectúa una interpolación para encontrar la longitud de las paletas. Esta interpolación se realiza tomando en cuenta el diámetro de la artesa de 7 pulgadas en donde va sujeta el tornillo transportador.

Como resultado se tiene una longitud de 58.73 mm desde el eje exterior del tubo transportador. Para la sujeción de las paletas en el tubo transportador se toma en cuenta el diámetro del árbol despalillador desde el diámetro interno del tubo. Como resultado se obtiene:

$$D_{\text{árbol}} = (e_{\text{tubo}} + L_{\text{paleta}}) \times (2 + D_{\text{int}}) \quad (30)$$

Donde:

$D_{\text{árbol}} = \text{Diámetro del árbol despalillador}$

$e_{\text{tubo}} = \text{espesor del tubo} = 3,91 \text{ mm}$

$L_{\text{paleta}} = \text{Longitud de la paleta} = 58,73 \text{ mm}$

$D_{\text{int}} = \text{Diámetro interior del tubo} = 52,48 \text{ mm}$

Reemplazando los datos queda:

$$D_{\text{árbol}} = 177,76 \text{ mm}$$

Según Escoto para diseñar el tambor se debe tomar en cuenta que esté, debe ser de 90% a 96% el diámetro del árbol despalillador como se muestra en la ecuación.

$$D_{\text{tambor}} = \frac{D_{\text{árbol}}}{0,96} \quad (31)$$

$$D_{\text{tambor}} = 185,16 \text{ mm}$$

- **Paso de las paletas**

El paso para las paletas será el mismo que se usa para el tornillo transportador helicoidal, por tanto, este será de 101 [mm].

- **Longitud del árbol de despalillado**

La longitud del árbol se calcula con la siguiente ecuación:

$$L_p = 2 \times A + 3 \times P \quad (32)$$

Donde:

$A = \text{Eje de sujeción} = 203,5 \text{ mm}$

$P = \text{Paso de la paletas}$

Por tanto, la longitud es:

$$L_p = 710[\text{mm}]$$

- **Velocidad de Giro**

El cálculo de giro para el despalillado se da por la ecuación (33), donde se toma en cuenta que la velocidad tiene un rango que puede dañar la uva que es de 7,5 [m/s] y la velocidad que es mínima y no daña la uva de 1,5 [m/s].

$$N = \frac{V}{\pi \times D} \quad (33)$$

Donde:

$V = \text{Velocidad tangencial} = 1,5 \text{ [m/s]} = 90[\text{m/min}]$

$D = \text{Diámetro de giro de las paletas} = 7\text{in} = 0,178 \text{ [m]}$

La velocidad de giro del árbol será:

$$N = 160,94 \text{ [rpm]}$$

En la tabla 67, se observa la velocidad máxima recomendada, no obstante, como en la tabla no existe un diámetro de 7in, entonces, se usa el inmediato superior que es de 9in y es así como la velocidad recomendada es de:

$$N = 100 \text{ [rpm]}$$

- **Velocidad Lineal del Despalillado**

Se usa la ecuación (34) para calcular la velocidad lineal:

$$V_L = \frac{P \times N \times F_m}{60} \quad (34)$$

Donde:

$F_m = \text{Factor de material} = 1,4$

$$V_L = 0,24 \text{ [m/s]}$$

- **Tiempo de despalillado**

El tiempo depende de la velocidad lineal a lo largo del tambor.

$$T_{desp} = \frac{L}{V_L} \quad (35)$$

$$T_{desp} = 2,94 \text{ [s]}$$

4.3.4.2. Diagrama de cuerpo libre para el árbol de despalillado

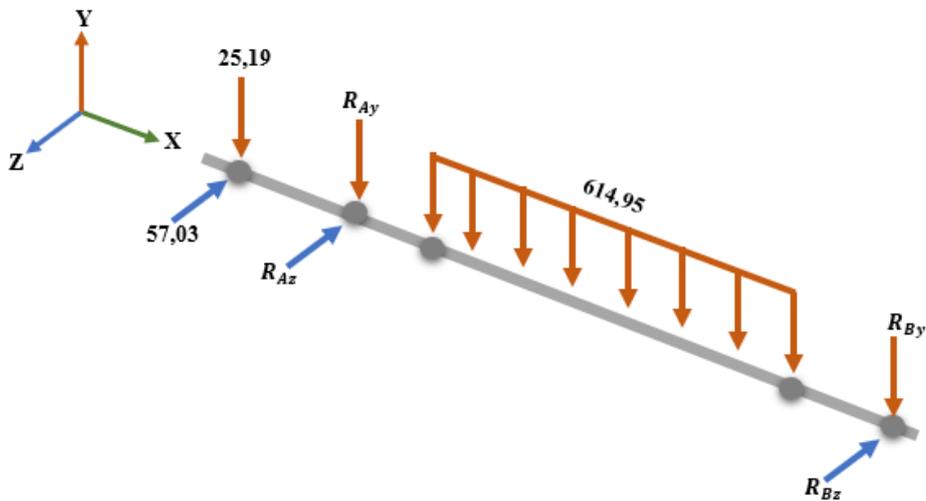


Figura 45. Diagrama de cuerpo libre con las fuerzas en el plano xy y xz

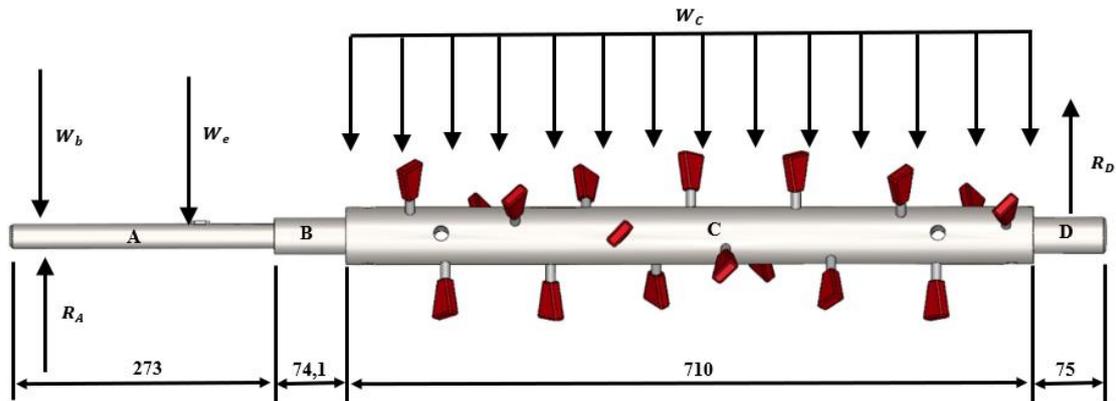


Figura 46. Diagrama de cuerpo libre para el árbol

Donde:

$$T_R = \text{Torque [Nm]}$$

$$R_A = \text{Reacción en el punto A}$$

$$W_b = \text{Peso de la Polea} = 2,57 \text{ kg} = 25,19 \text{ N}$$

$$R_D = \text{Reacción en el punto D}$$

$$W_e = \text{Peso del engranaje} = 0,089 \text{ kg} = 0,87 \text{ N}$$

$$R_D = \text{Reacción en el punto F}$$

$$W_c = \text{Peso del árbol} = 2,57 \text{ kg} = 614,95 \text{ N}$$

Para encontrar el torque, se hace referencia la potencia.

$$P = T \times \omega \quad (36)$$

Siendo la velocidad angular:

$$\omega = \frac{\pi \times n}{30} \quad (37)$$

Reemplazando la ecuación (37) en la ecuación (36), y despejando torque se tiene:

$$T_R = \frac{30 \times P}{\pi \times n} \quad (38)$$

Donde:

$$P = P_{d2} = \text{Potencia del despalillado} = 190,9 \text{ [W]}$$

$$n = 100 \text{ rpm}$$

Reemplazando estos datos se tiene:

$$T_R = 18,23 \text{ [Nm]}$$

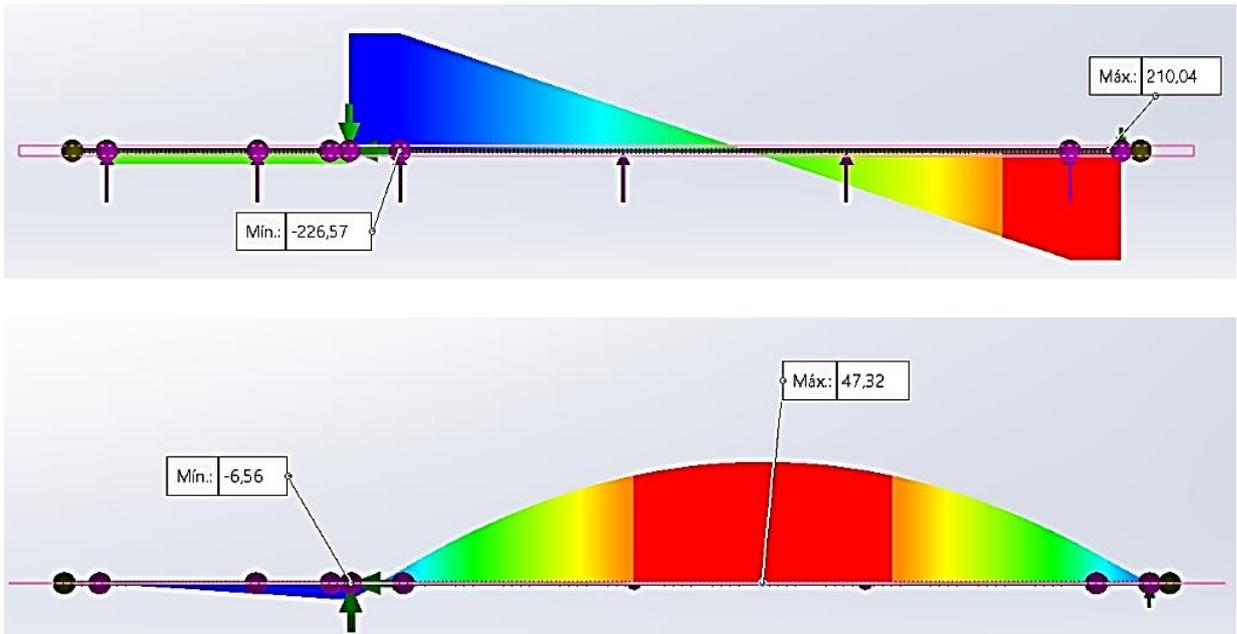
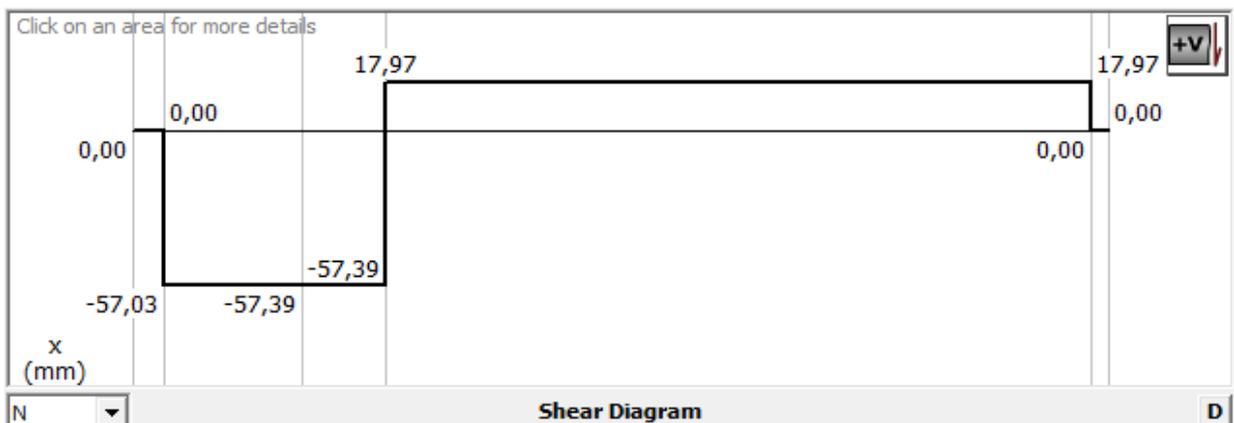


Figura 47. Diagrama de corte y momento en el plano xy

Tabla 74. Resultados de momentos en los puntos

Puntos	Simulación	Calculado	Porcentaje de error
Momento Flector mínimo	-6,56	-6.48	1,65%
Momento Flector máximo	44,32	44,31	0,07%



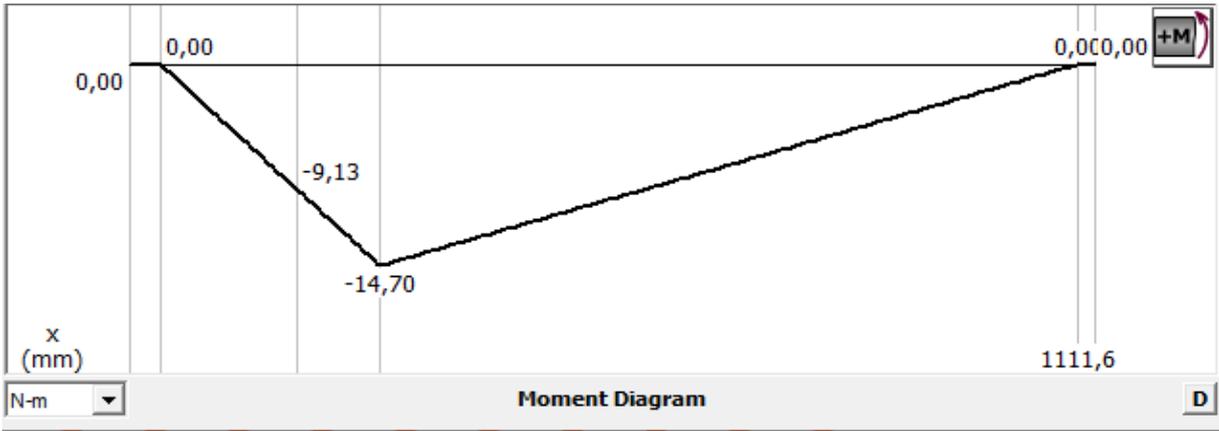


Figura 48. Diagrama de corte y momento en el plano xy

Tabla 75. Resultados de momentos en los puntos

Puntos	Simulación	Calculado	Porcentaje de error
Momento Flector mínimo	0	0	0%
Momento Flector máximo	-14,70	-17,43	0,57%

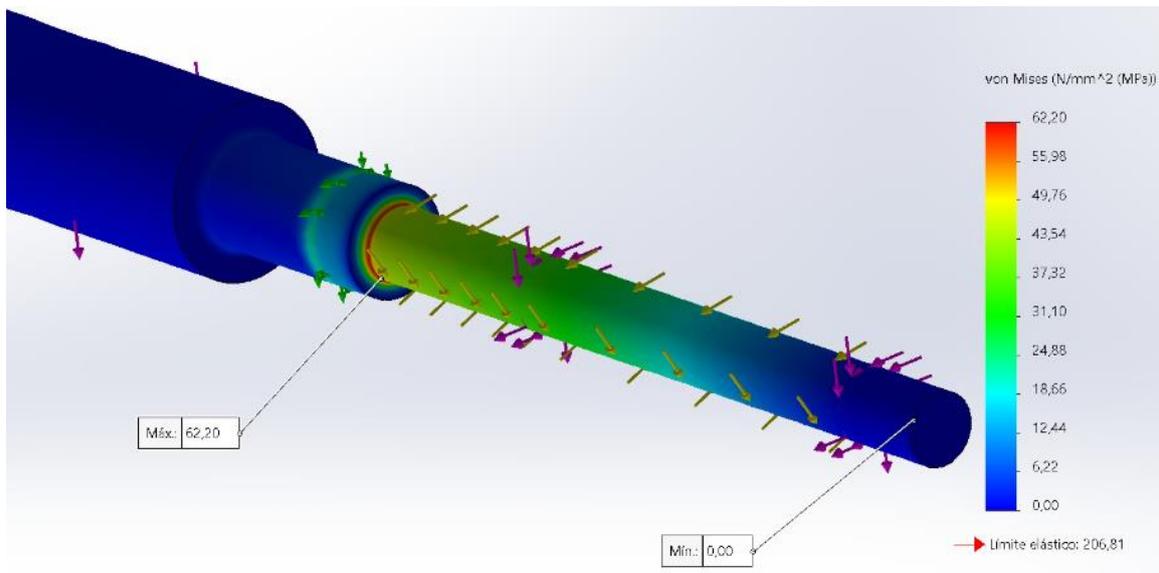


Figura 49. Simulación von Mises

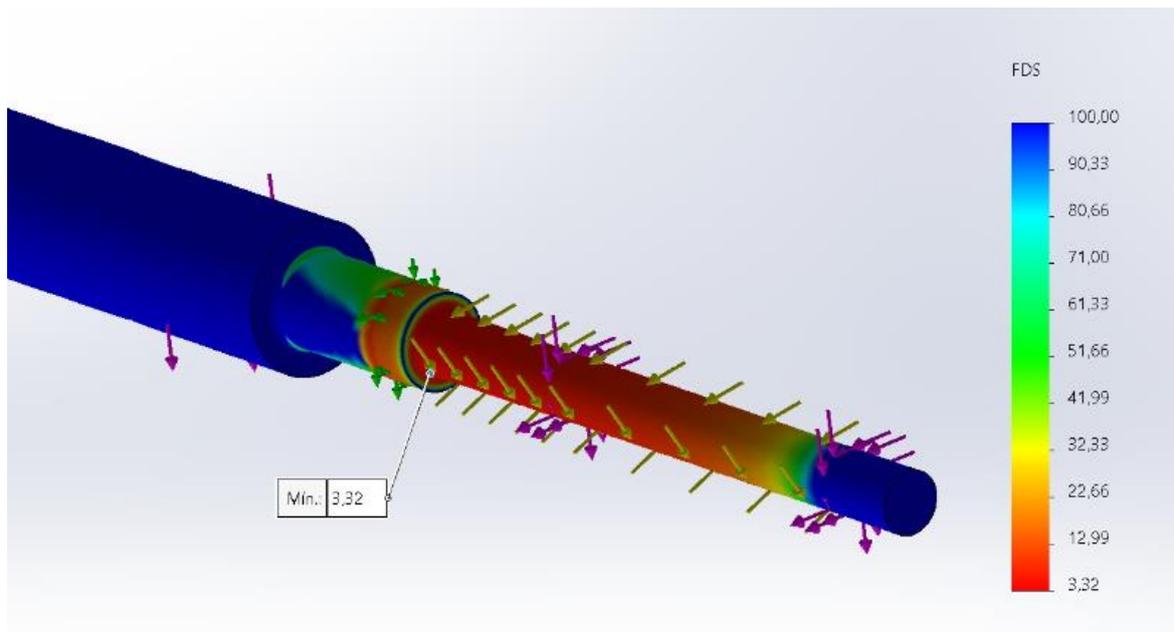


Figura 50. Simulación Factor de Seguridad

Tabla 76. Convergencia de datos para tornillo de paletas

Puntos	Simulación	Calculado	Porcentaje de error
Von Mises	62,20 [MPa]	62.07 [MPa]	3.43%
Factor de seguridad	3,32	3,33	0,3%

4.3.5. Diseño del sistema de estrujado

- **Características de la Baya**

Tabla 77. Características de la baya

Características	Valor
Peso	2,90 [g]
Fuerza de compresión	7,8 [N]
Resistencia de compresión	4700[N/m ²]
Área	0,00166 [m ²]
Volumen de la pepa	610,726 [mm ³]
Distancia requerida entre rodillos	10 [mm]
Coefficiente de fricción	0,364
Ángulo de separación	40°

4.3.5.1. Cálculos de carga en los rodillos

Las cargas que se producen en los rodillos dependen de la resistencia a la ruptura y el corte de la uva.

En la figura 51, es una vista isométrica de los rodillos con sus chumaceras y rodamientos.

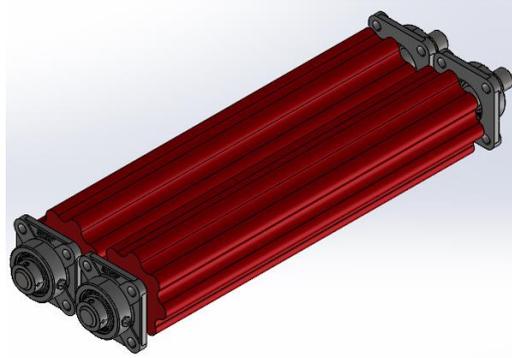


Figura 51. Rodillos

Para analizar las reacciones, fuerzas y cargas de los rodillos se hace un diagrama de cuerpo libre y se analiza cada uno de los puntos.

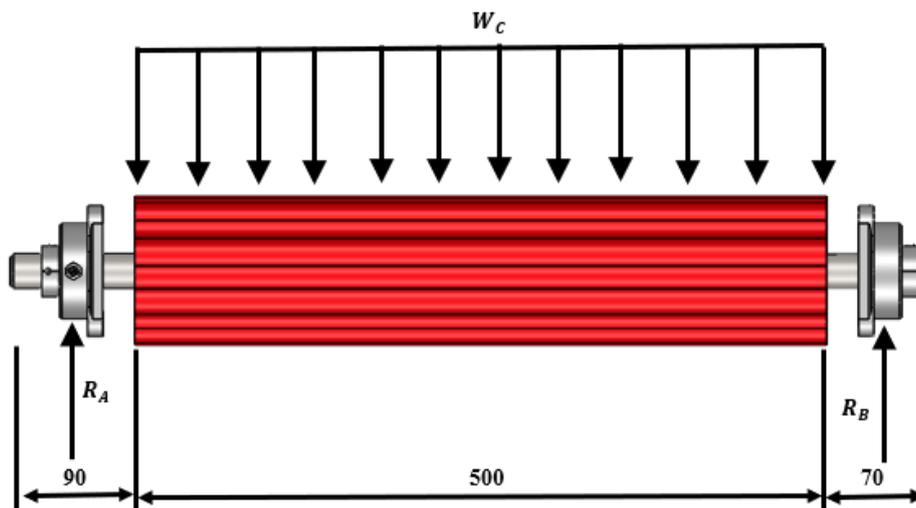


Figura 52. Diagrama de cuerpo libre de los rodillos

Se conoce que la fuerza de compresión de la uva es de 7,8 [N] y el diámetro de esta es de 18 [mm], entonces para encontrar la fuerza total de compresión se determina de acuerdo con la ecuación (39).

$$F_T = F_u \times n_b \quad (39)$$

Donde:

$F_T = \text{Fuerza total}$

$F_u = \text{fuerza de compresión}$

$n_b = \text{número de bayas o uvas} = 40 \text{ uvas}$

Al hacer el cálculo matemático la respuesta a la fuerza total de compresión es:

$$F_T = 312 \text{ [N]}$$

Para tener un peso total y poder obtener la carga distribuida en los rodillos se suma la fuerza total de compresión y el peso de los rodillos que es 68,21 [N].

$$W = 312 + 68,21 = 380,21 \text{ [N]}$$

Ahora se calcula la carga distribuida en el rodillo.

$$W_c = \frac{W}{L} \quad (40)$$

Donde:

$W = \text{Peso de los rodillos y las uvas}$

$L = \text{Longitud de los rodillos}$

$$W_c = 760,442 \text{ [N/m]}$$

Se calcula el torque para los rodillos.

$$T_R = \frac{30 \times P}{\pi \times n} \quad (41)$$

Donde:

$P = \text{potencia de motor} = 18,22 \text{ [W]}$

$n = \text{número de revoluciones} = 100 \text{rpm}$

$$T_R = 1,74 \text{ [Nm]}$$

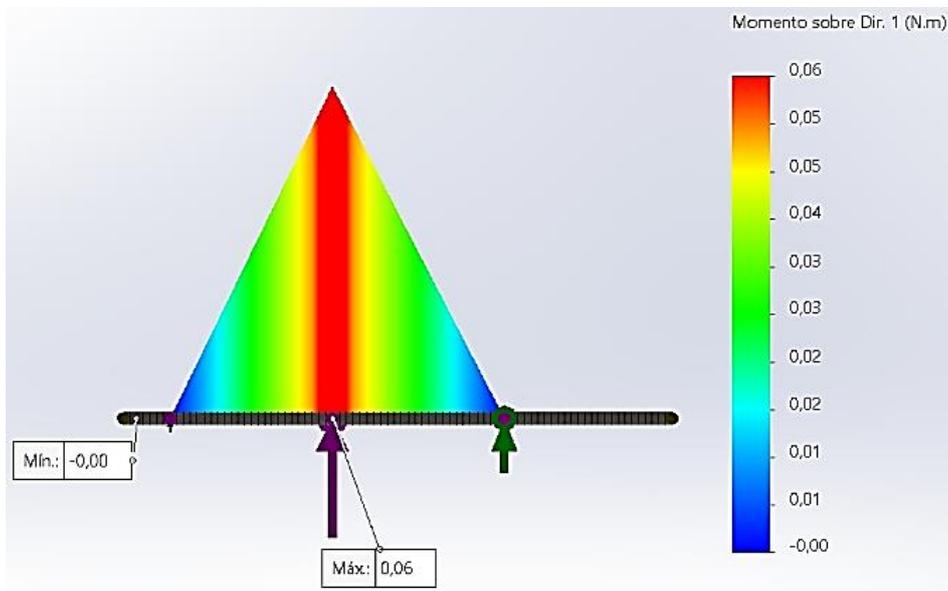
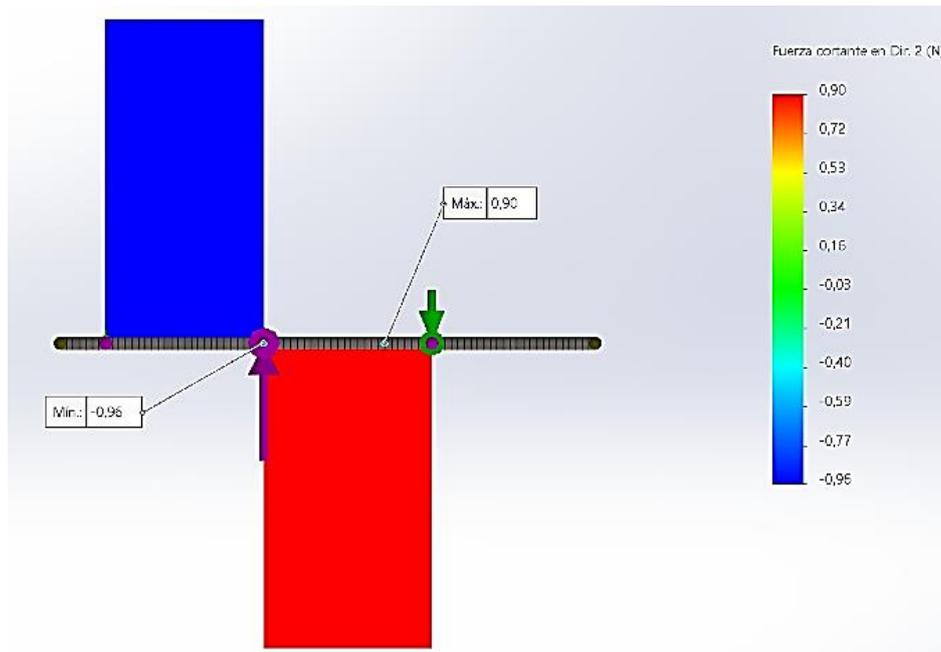


Figura 53. Diagrama de cuerpo libre del eje de rodillos en plano xy

Tabla 78. Convergencia para eje de rodillo

Puntos	Simulación	Calculado	Porcentaje de error
Momento Flector mínimo	0	0	0%
Momento Flector máximo	0,058	0,06	3,33%

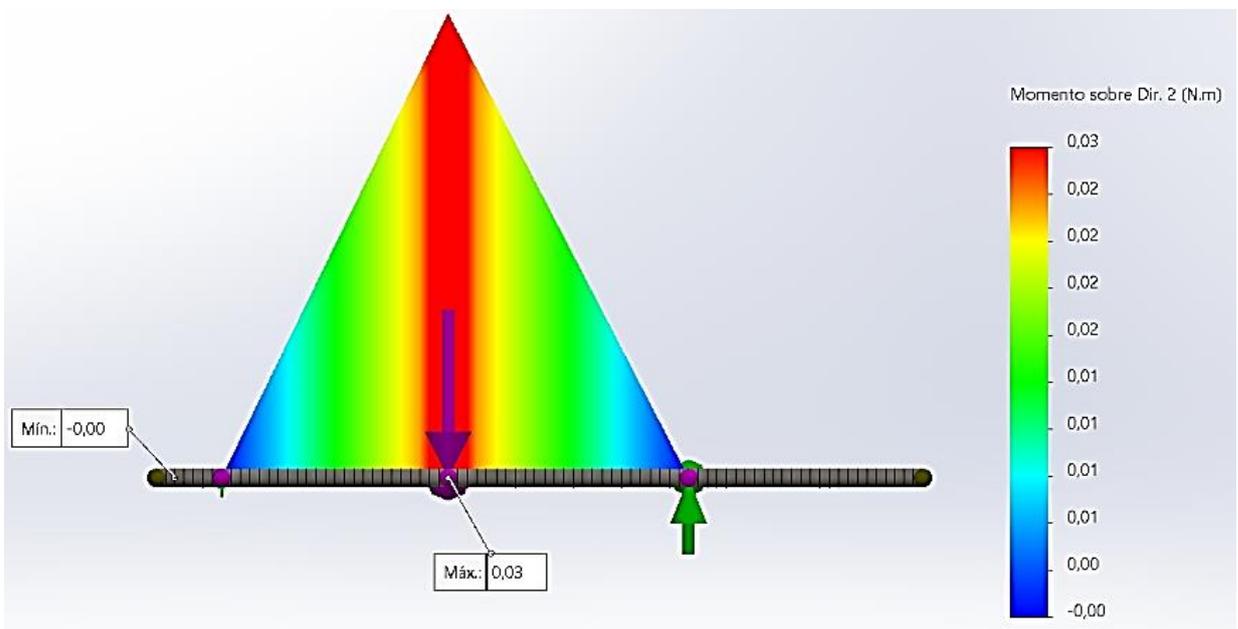
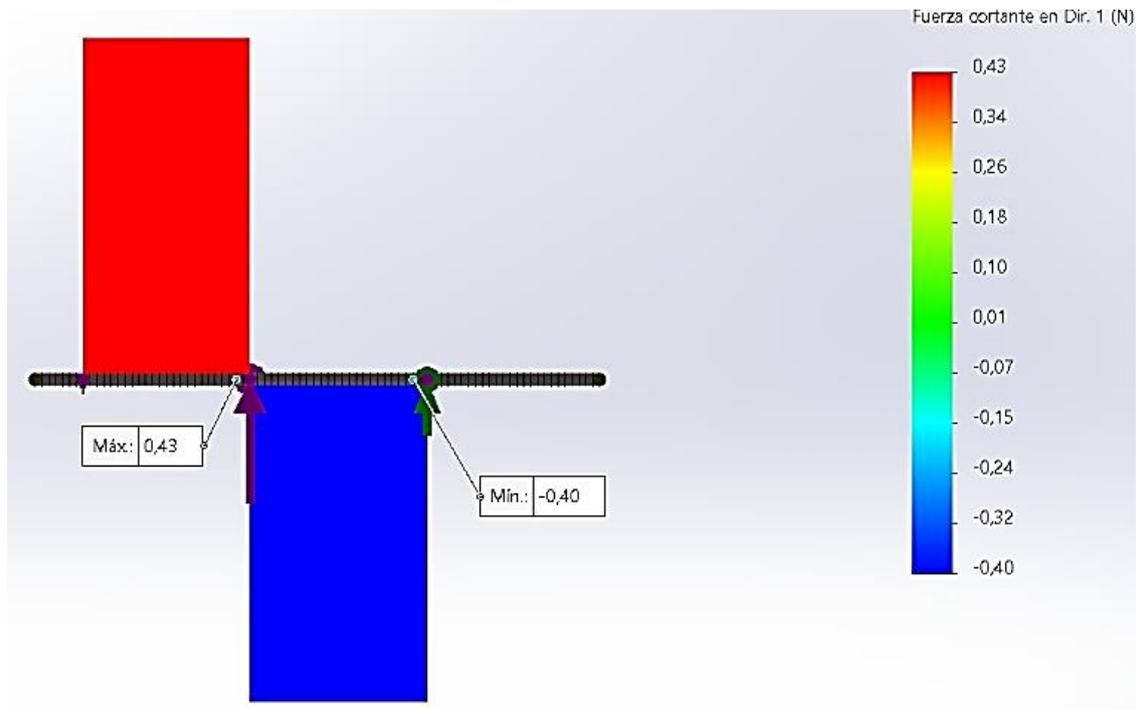


Figura 54. Diagrama de cuerpo libre del eje de rodillo en el plano xz

Tabla 79. Convergencia de datos para eje de rodillo

Puntos	Simulación	Calculado	Porcentaje de error
Momento Flector mínimo	0	0	0%
Momento Flector máximo	0,026	0,025	3,85%

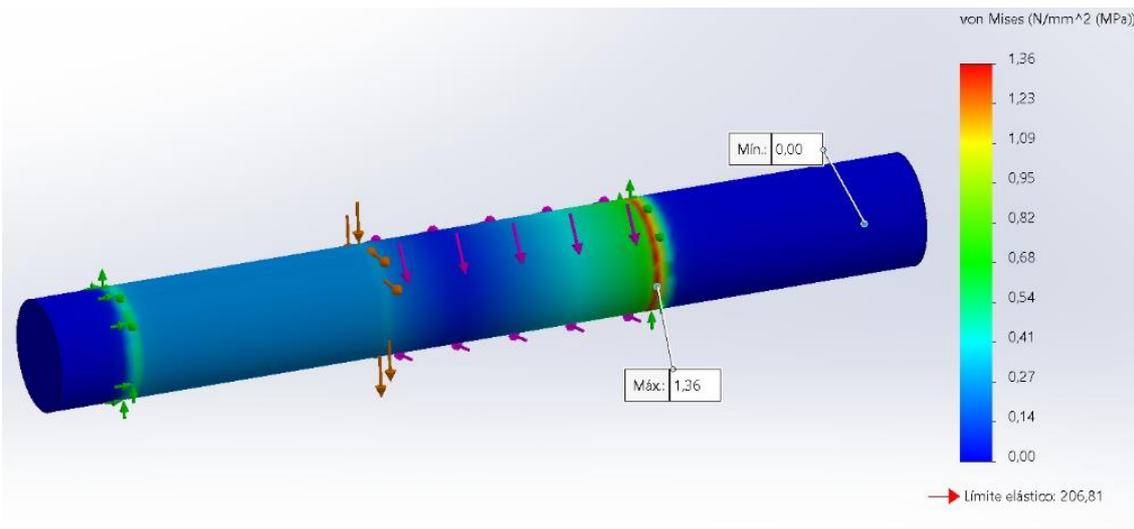


Figura 55. Simulación de von Mises

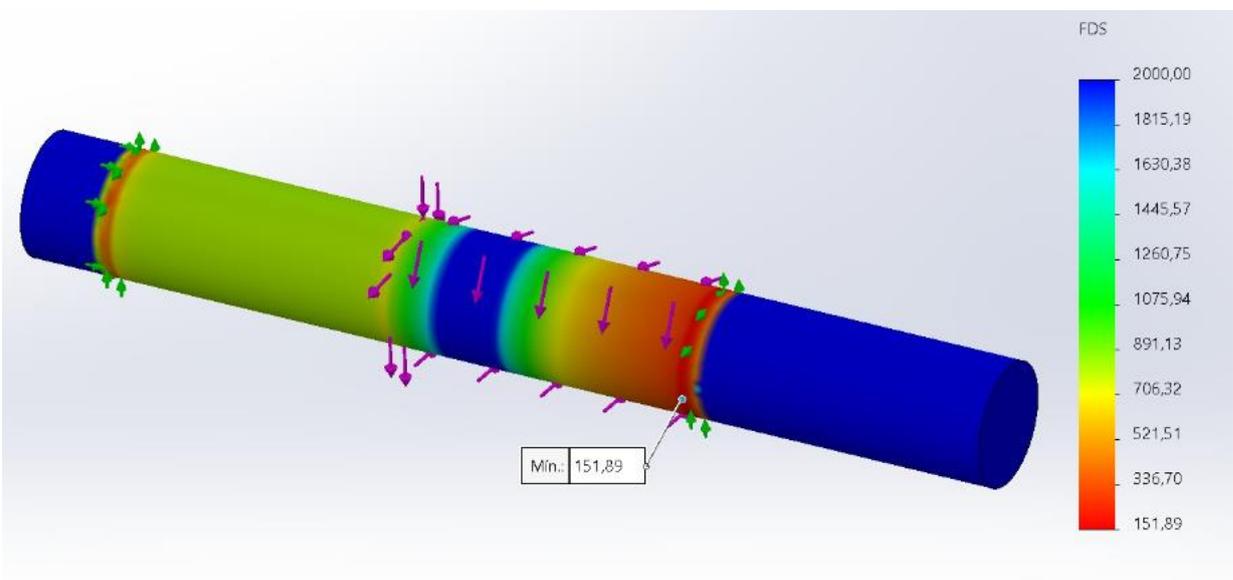


Figura 56. Simulación para factor de seguridad

Tabla 80. Convergencia de datos para tornillo de paletas

Puntos	Simulación	Calculado	Porcentaje de error
Von Mises	1,36 [MPa]	1,31 [MPa]	3,82%
Factor de seguridad	151,89	157,87	3,79%

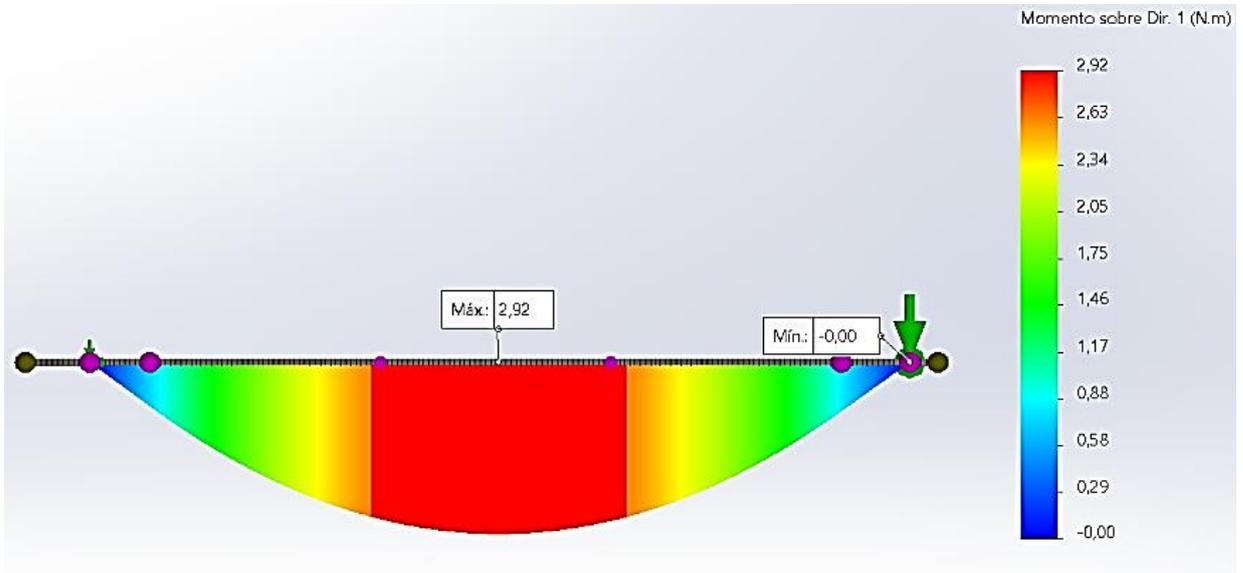
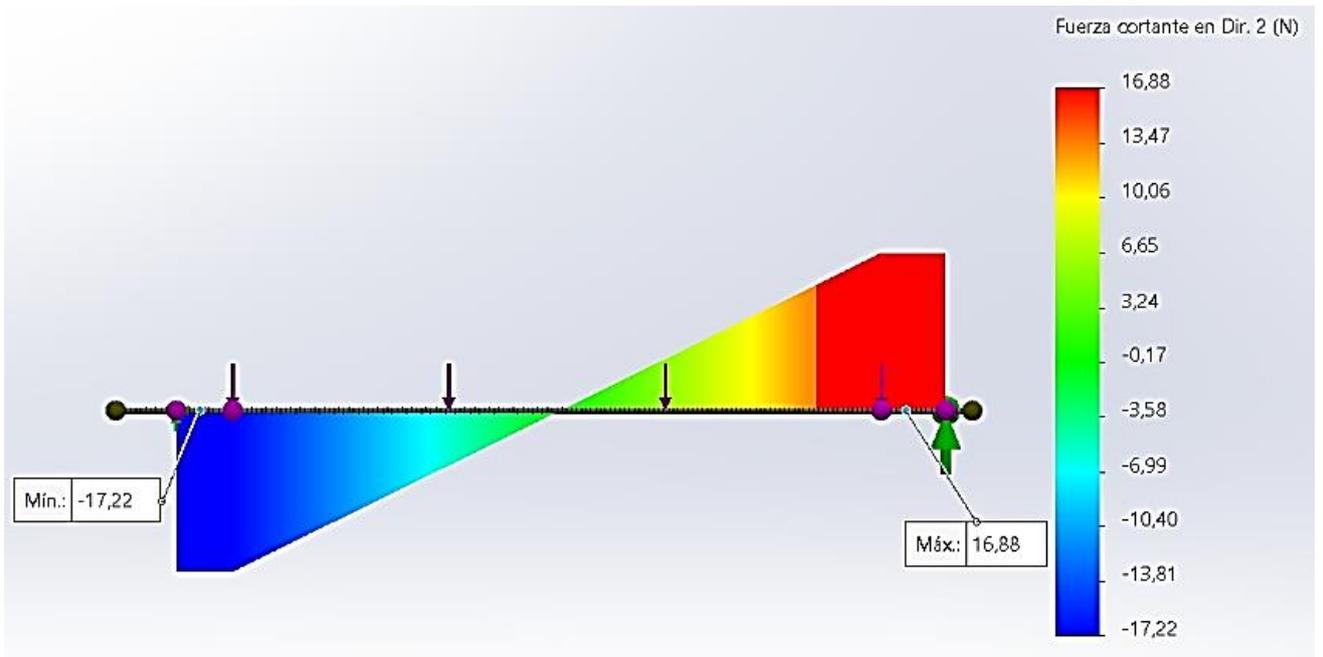


Figura 57. Diagrama de cuerpo libre para rodillos

Tabla 81. Convergencia de datos para rodillos

Puntos	Simulación	Calculado	Porcentaje de error
Momento Flector mínimo	0	0	0%
Momento Flector máximo	2,92	2,93	0,34%

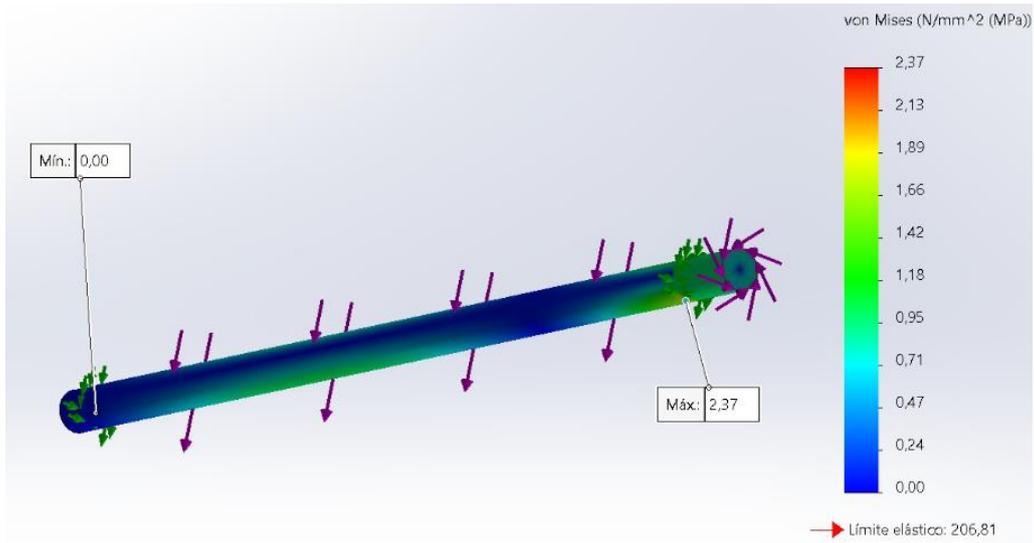


Figura 58. Simulación de von Mises para los rodillos

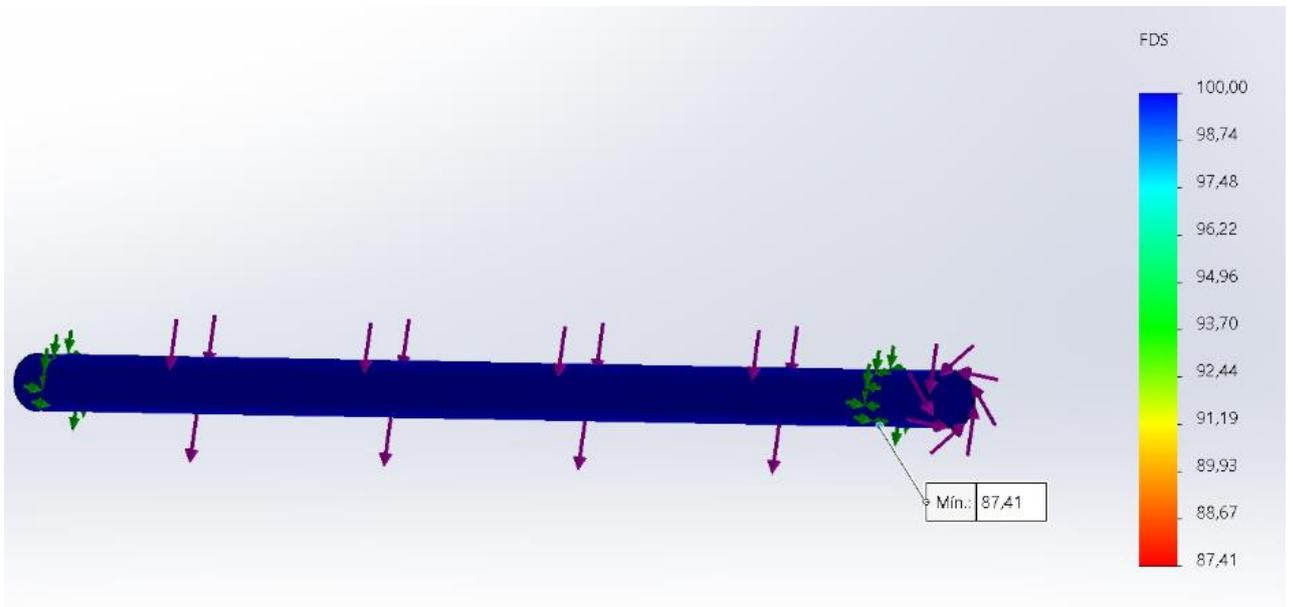


Figura 59. Simulación de factor de seguridad para los rodillos

Tabla 82. Convergencia de datos para tornillo de paletas

Puntos	Simulación	Calculado	Porcentaje de error
Von Mises	2,37 [MPa]	2,42 [MPa]	2,07%
Factor de seguridad	87,41	85,46	2,28%

4.3.5. Simulación de la Estructura

Para conocer si la estructura del tubo va a soportar el peso de la máquina, se pone a consideración las cargas en la parte lateral derecha y lateral izquierda, donde se obtienen como datos 1505,16 [N] y 165,72 [N], respectivamente. Las fuerzas tomadas de la parte lateral derecha son: Tolva superior con tornillo helicoidal transportador, artesa media con tornillo de paletas y tambor, y finalmente los rodillos estrujadores con sus chumaceras. Las fuerzas tomadas en la parte lateral izquierda tienen que ver con el motor, los engranes, las poleas, las correas, las chumaceras y los ejes. En la parte inferior se toma restricciones de desplazamiento para el eje x y el eje de 0,1 mm.

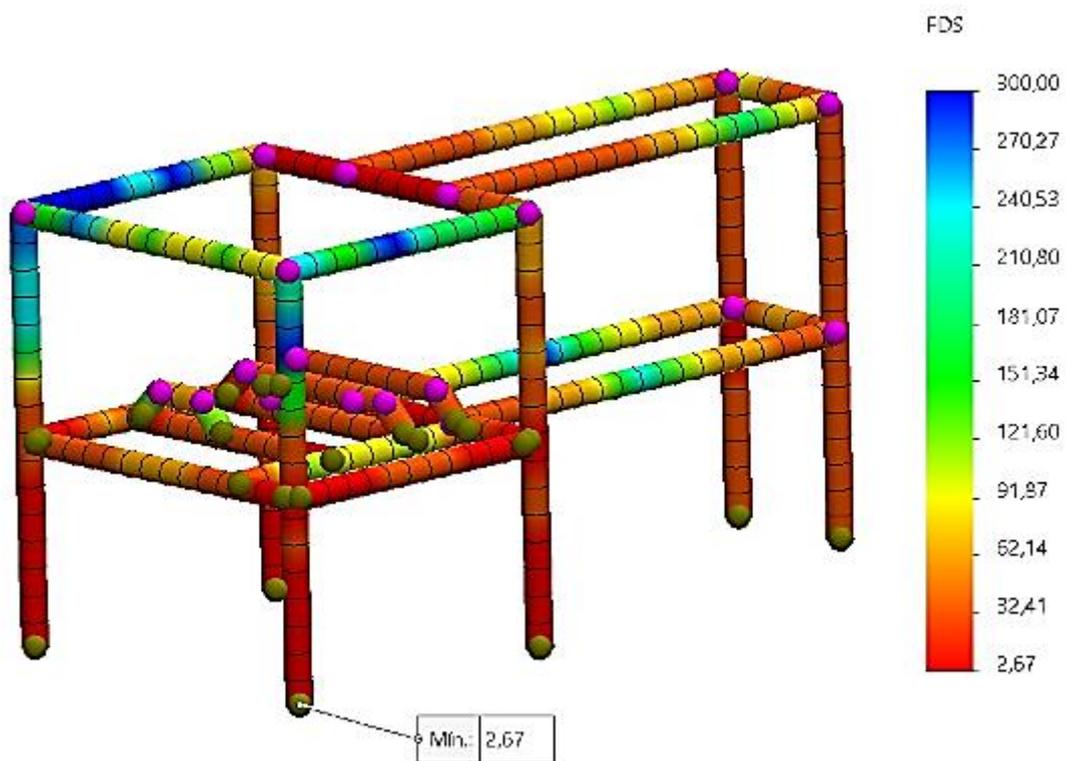


Figura 60. Simulación para la estructura

En la figura 60, se muestra la simulación de la estructura donde el ángulo es de 35x35x5 [mm], dando un factor de seguridad de 2,67, siendo que la estructura es óptima para soportar las cargas aplicadas.

4.4. Diseño de Transmisión

El diseño de transmisión juega un papel crucial en el rendimiento y la confiabilidad de un sistema mecánico. Un diseño bien ejecutado puede mejorar la eficiencia energética, reducir el desgaste y minimizar los tiempos de inactividad del equipo. Por otro lado, un

diseño inadecuado puede resultar en pérdidas de energía, desgaste prematuro de los componentes y fallas en el sistema.

4.4.1 Potencia del Motor

La potencia del motor se da por la sumatoria de todos los sistemas, como se muestra en la ecuación (42):

$$P_{MOTOR} = P_{TT} + P_{AD} + P_{RE} \quad (42)$$

Donde:

P_{TT} = Potencia del tornillo transportador helicoidal

P_{AD} = Potencia del despallado

P_{RE} = Potencia del rodillo estrujador

4.4.1.1. Potencia del Tornillo Transportador

La potencia requerida para el tornillo transportador helicoidal se fundamenta en la alimentación de la vendimia hacia el transportador. Es así como se calcula la potencia para este.

$$P_{TT} = \frac{(HP_f + HP_m) \times F_0}{E_t} \quad (43)$$

Donde:

HP_f = Potencia en vacío para mover el transportador

HP_m = Potencia para mover el material

F_0 = Factor de sobrecarga

E_t = Eficiencia de transmisión

- **Potencia en Vacío**

$$HP_f = \frac{L \times N \times F_d \times f_b}{1000000} \quad (44)$$

Donde:

L = Longitud total del transportador = 710 mm (2,33 ft)

N = Velocidad del sistema = 20rpm

F_d = Factor del diámetro del transportador = 18 (anexo 13)

$f_b = \text{Factor del buje para colgante} = 4,4$ (anexo 14)

Reemplazando los valores en la ecuación (44), se obtiene la potencia en vacío:

$$HP_f = 3,69 \times 10^{-3} [hp]$$

- **Potencia del Material**

$$HP_m = \frac{C \times L \times W \times F_f \times F_m \times F_p}{1000000} \quad (45)$$

Donde:

$C = \text{Capacidad} = 14,83 \text{ ft}^3/h$

$L = \text{Longitud del tornillo helicoidal} = 2,33 \text{ ft}$

$W = \text{Densidad de la uva} = 66,05 \text{ lb/ft}^3$

$F_f = \text{Factor de helicoidal} = 1$ (anexo 15)

$F_m = \text{Factor del material}$ (Tabla 66) = 1,4

$F_p = \text{Factor de las paletas} = 1$ (anexo 16)

Para obtener la potencia de material para el tornillo, se reemplaza la ecuación (45):

$$HP_m = 3,19 \times 10^{-3} [hp]$$

- **Factor de Sobrecarga**

El factor de sobre carga se lo toma de un diagrama, para ello se necesita la sumatoria entre la potencia en vacío y la potencia del material.

$$HP_m + HP_f = 0,01 [hp]$$

$F_0 = 3$ (anexo 17)

- **Eficiencia de Transmisión**

$E_t = 0,88$ (anexo 18)

Al reemplazar todos los datos conseguidos, se obtiene la potencia del tornillo transportador helicoidal, que está en la ecuación (43).

$$P_{TT} = 2,34 \times 10^{-2} [hp]$$

En Sistema Internacional se dice que la potencia del tornillo transportador helicoidal es de 17,45 W.

4.4.1.2. Potencia del Despalillado

Al igual que la potencia del tornillo transportador será para la potencia del despalillado, por tanto, se tiene:

$$P_{TT} = \frac{(HP_f + HP_m) \times F_0}{E_t} \quad (46)$$

- **Potencia en Vacío**

$$HP_f = \frac{L \times N \times F_d \times f_b}{1000000} \quad (47)$$

Donde:

$$L = 710 \text{ mm } (2,33 \text{ ft})$$

$$N = 100 \text{ rpm}$$

$$F_d = 31$$

$$f_b = 4,4$$

Reemplazando todos estos datos en la ecuación (47), se obtiene el valor para la potencia en vacío.

$$HP_f = 3,18 \times 10^{-3} \text{ [hp]}$$

- **Potencia del Material**

$$HP_m = \frac{C \times L \times W \times F_f \times F_m \times F_p}{1000000} \quad (48)$$

Donde:

$$C = 14,83 \text{ ft}^3/\text{h}$$

$$L = 2,33 \text{ ft}$$

$$W = 66,05 \text{ lb/ft}^3$$

$$F_f = 1$$

$$F_m = 1,4$$

$$F_p = 2,16$$

Se reemplaza los datos en la ecuación (48) y se obtiene el valor de la potencia del material.

$$HP_m = 6,88 \times 10^{-3} \text{ [hp]}$$

- **Factor de Sobrecarga**

Se suman la potencia de vacío y la potencia del material para poder obtener el valor.

$$HP_m + HP_f = 0,01 \text{ [hp]}$$

De acuerdo con el diagrama se tiene un factor de seguridad de:

$$F_0 = 3$$

- **Eficiencia de transmisión**

$$E_t = 0,88$$

Reemplazando todos los datos en la ecuación (46), se obtiene la potencia del despalillado.

$$P_{TT} = 3,42 \times 10^{-2} [hp]$$

Lo que en el Sistema Internacional la potencia del despalillado es de 25,5 W.

4.4.1.3. Potencia de Rodillos de estrujado

Los elementos tomados en consideración son aquellos que están en contacto con los rodillos.

$$P_{RE} = 2 \times (P_e + P_r) \quad (49)$$

Donde:

$P_e =$ Potencia de estrujado

$P_r =$ Potencia requerida para rodillos

- **Potencia de Estrujado**

Esta potencia se calcula con la ecuación mostrada a continuación:

$$P_e = T \times v \quad (50)$$

Donde:

$T =$ Torque [kg m]

$v =$ Velocidad tangencial [m/s]

Se debe calcular el torque de la siguiente manera:

$$T > \mu \times F \times r_{rodillo} \quad (51)$$

Donde:

$\mu =$ coeficiente fricción del grano = 0,364

$F =$ Factor de fricción de la uva = 0,795

$r_{rodillo} = 0,055$ m

Al reemplazar los datos, se tiene el torque:

$$T > 200 \times 10^{-4} [kg]$$

Ahora se determina la velocidad.

$$v = \omega \times r = \frac{2 \times \pi \times n}{60} \times r \quad (52)$$

Donde:

$$n = 100 \text{ rpm}$$

$$r = 0,055 \text{ m}$$

Reemplazamos los valores y se obtiene la velocidad tangencial:

$$v = 0,576 \text{ [m/s]}$$

Se reemplaza los valores para encontrar la potencia de estrujado en la ecuación (50).

$$P_e = 0,118 \text{ [W]}$$

- **Potencia Requerida por los rodillos**

La potencia requerida se da por la siguiente ecuación:

$$P_r = T \times \omega \quad (53)$$

Donde:

$$T = \text{Torque referido al rodillo [kg m]}$$

$$\omega = \text{Velocidad angular del todillo [rad/s]}$$

Se calculo primero el momento.

$$T = I_r \times \alpha \quad (54)$$

Donde:

$$I_r = \text{Inercia en el rodillo}$$

$$\alpha = \text{aceleración angular}$$

Para calcular el momento de la uva sobre los rodillos, se debe conocer la inercia total que está representada en la siguiente ecuación:

$$I_r = \frac{\pi \times D^4 \times \rho \times L}{32} \quad (55)$$

Donde:

$$D = \text{Diámetro del eje [m]}$$

$$\rho = \text{Densidad del material} = 8100 \text{ [kg/m}^3\text{]}$$

$$L = \text{longitud del rodilo [m]}$$

La inercia del rodillo será la sumatoria de:

$$I_r = I_{rc} + I_s + I_e \quad (56)$$

- **Inercia del Rodillo Compresor:**

Datos:

$$D = 0,11 \text{ m}$$

$$L = 0,5 \text{ m}$$

Reemplazando la ecuación (56), tenemos:

$$I_{rc} = 0,058 \text{ [kg m}^2\text{]}$$

○ **Inercia del separador:**

Datos:

$$D = 0,03 \text{ m}$$

$$L = 0,016 \text{ m}$$

$$I_s = 1,031 \times 10^{-5} \text{ [kg m}^2\text{]}$$

○ **Inercia de la espiga:**

Datos:

$$D = 0,002 \text{ m}$$

$$L = 0,075 \text{ m}$$

$$I_e = 9,542 \times 10^{-10} \text{ [kg m}^2\text{]}$$

Reemplazando la ecuación (56) se tiene el total de inercia para los rodillos:

$$I_r = 0,058 \text{ [kg m}^2\text{]}$$

El cálculo de la aceleración angular se da por la siguiente ecuación:

$$\alpha = \frac{\pi \times n_e}{30 \times t} \quad (57)$$

Donde:

$$n_e = \text{Revolución del estrujado} = 100 \text{ rpm}$$

$$t = \text{Tiempo de aceleración} = 1 \text{ s}$$

$$\alpha = 10,47 \text{ [rad/s}^2\text{]}$$

Una vez obtenido los datos anteriores, se reemplaza en la ecuación (54), para obtener el momento:

$$T = 0,61 \text{ [Nm]}$$

● **Velocidad Angular del Rodillo:**

$$\omega = \frac{2 \times \pi \times n}{60} \quad (58)$$

$$\omega = 10,47 \text{ [rad/s]}$$

Reemplazando los datos para completar la ecuación (53), se obtiene el valor de la potencia requerida de los rodillos:

$$P_r = 6,39 [W]$$

Se reemplaza la potencia requerida y la potencia de estrujado en la ecuación (49), para tener el valor de la potencia de los rodillos:

$$P_{RE} = 13,016 [W]$$

Una vez que se ha obtenido los datos de la potencia del tornillo, del árbol y del rodillo, se reemplaza en la ecuación (43), para conseguir el valor de la potencia del motor.

$$P_{MOTOR} = 125,916 [W]$$

Se aproxima el valor para obtener un motor comercial se tiene:

$$P_{MOTOR} = 186 [W] = 0,25 [hp]$$

4.4.2. Cálculo de la potencia de Diseño del Motor

El cálculo de la potencia del diseño es:

$$P_d = P_{Motor} \times F_S \quad (59)$$

Donde

F_S = Factor de servicio (*anexo 19*)

- **Potencia de diseño del tornillo transportador:**

$F_S = 1,4$ (Factor de servicio para naturaleza de carga mediana)

$$P_{d1} = 17,45 \times 1,4 = 24,43 [W]$$

- **Potencia de diseño del árbol despalillador:**

$F_S = 2$ (Factor de servicio para naturaleza de carga pesada)

$$P_{d2} = 95,45 \times 2 = 190,9 [W]$$

- **Potencia de diseño de los rodillos estrujadores:**

$F_S = 1,4$ (Factor de servicio para naturaleza de carga mediana)

$$P_{d3} = 13,016 \times 1,4 = 18,22 [W]$$

La sumatoria de las 3 queda como:

$$P_d = 233,55 [W]$$

La aproximación de la potencia para su uso comercial es:

$$P_d = 372,85 [W] (0,5 hp)$$

4.4.3. Cálculo de Transmisión de Cadena

- **Diámetro de piñón y catarina**

Para determinar el diámetro de la polea del motor se analiza lo siguiente:

$$N_1 = \text{Velocidad del motor} = 1395 \text{ rpm}$$

$$N_2 = \text{Velocidad del despalillado} = 100 \text{ rpm}$$

El diámetro recomendado para el piñón del motor es de 2,5 pulgadas, en consecuencia, se hace una relación entre las velocidades y los diámetros.

Para detectar si la relación de transmisión es reductora o multiplicadora tenemos dos casos:

Caso 1: ($i < 1$) es Reductor

$$i_T = \frac{N_2}{N_1} = 0,072 \quad \Rightarrow \quad i = \sqrt{i_T} = 0,268$$

Caso 2: ($i > 1$) es Multiplicador

$$i_T = \frac{N_1}{N_2} = 13,95 \quad \Rightarrow \quad i = \sqrt{i_T} = 3,73$$

Como se tiene un tren de poleas, entonces se escoge el caso 1, ya que la diferencia de dimensiones de los diámetros es muy notoria, entonces se toma en cuenta lo siguiente:

$$\text{Multiplicador} \quad \Rightarrow \quad \text{Si: } i > 1 \quad \Rightarrow \quad i = \sqrt[k]{i_T} \leq 4 \quad (60)$$

$$\text{Reductor} \quad \Rightarrow \quad \text{Si: } i < 1 \quad \Rightarrow \quad i = \sqrt[k]{\frac{1}{i_T}} \leq 4 \quad (61)$$

Donde:

i = Relación de transmisión para trenes de poleas

k = Número de pares de poleas

Anteriormente se mencionó que es un caso de reductor, entonces, el cálculo queda:

$$i_T = 0,072$$

$$i = 3,73 < 4$$

El diámetro de la Catarina de acuerdo con el anexo 20, se tiene que es:

$$D_1 = 63,5 \text{ mm (2,5 in)}$$

Para determinar el diámetro del árbol de despalillado, se calcula de la siguiente manera:

$$i = \frac{N_4}{N_1} = \frac{100}{1395} = \frac{D_1}{D_2} \times \frac{D_3}{D_4}$$

$$i = \frac{1}{13,95} = \frac{1}{3,73} \times \frac{1}{3,73} = \frac{63,5}{63,5} \times \frac{63,5}{63,5}$$

$$i = \frac{2,5}{239} \times \frac{2,5}{x} = \frac{100}{1395}$$

$$x = \frac{63,5^2}{239} \times \frac{1395}{100} = 239$$

Es así, como se obtiene un valor para encontrar los diámetros de las poleas comerciales.

$$D_1 = D_3 = 63,5 \text{ mm (2,5 in)}$$

$$D_2 = D_4 = 256,54 \text{ (10,1 in)}$$

- **Distancia entre Centros**

Se obtiene un valor mínimo y un valor máximo para expresar la distancia entre centros. El valor mínimo ocasiona que las bandas patinen y el valor máximo ocasiona vibración en las bandas.

$$0,7 \times (D + d) < C < 2 \times (D + d) \quad (62)$$

Donde:

C = Distancia entre centros

D = Diámetro mayor de la polea

d = Diámetro menor de la polea

Reemplazando los valores:

$$0,7 \times (254 + 64) < C < 2 \times (254 + 64)$$

$$223 < C < 636$$

La distancia para la polea 1 y 2 es de 461,67 mm y para la polea 3 y 4 es de 399,19 mm, es así como estos valores corresponden al rango establecido anteriormente.

- **Longitud de la Correa**

Se da por la siguiente ecuación:

$$L_c = 2 \times C + 1,57 \times (D + d) + \frac{(D-d)^2}{4 \times C} \quad (63)$$

En la transmisión 1-2 se tiene:

$$L_{1-2} = 1442,15 \text{ [mm]}$$

En la transmisión 3-4 se tiene:

$$L_{3-4} = 1320,24 \text{ [mm]}$$

- **Cálculos de la Velocidad de Bandas**

$$V = \frac{\pi \times D_{pm} \times n_{motor}}{60} \quad (64)$$

Donde:

V = Velocidad de la banda

D_{pm} = Diametro de la polea menor

n = revoluciones del motor

La velocidad para las poleas 1-2:

$$V_{1-2} = 4,67 \text{ [m/s]}$$

La velocidad para las poleas 3-4:

$$i = \frac{N_2}{N_1} = \frac{D_1}{D_2}$$

$$N_2 = \frac{D_1 \times N_1}{D_2} \quad (65)$$

$$N_2 = 352 \text{ [rpm]} = N_3$$

$$V_{3-4} = 5,88 \text{ [m/s]}$$

- **Cálculo de potencia y fuerza por la correa**

$$P = \frac{2 \times \pi \times n}{60} \times T \quad (66)$$

Donde:

n = revoluciones de la polea

T = Torqua de la banda

$$T_2 = F_2 \times R_2 = (F_1 - F_1') \times R_2 \text{ [Nm]} \quad (67)$$

$$\text{Condición} = F_1 > F_1'$$

Donde:

F_1 = Fuerza en el ramal tenso

F_1' = Fuerza en el ramal flojo

R = Radio de la polea

$$F' = (5 - 10)\% \times F \quad (68)$$

Transmisión para las poleas 1-2:

$$T_1 = 5,11 [Nm]$$

Al despejar F_1 de la ecuación (67) y reemplazando los datos se tiene:

$$F_1 = \frac{2 \times T_1}{D_1} \quad (69)$$

$$F_1 = 159,69 [N]$$

Si se asume un 10% para el ramal tenso y reemplazando datos de la ecuación (68) se tiene:

$$F'_1 = 15,97 [N]$$

La fuerza transmitida es:

$$F_2 = F_1 - F'_1 \quad (70)$$

$$F_2 = 143,72 [N]$$

Encontrando su torque es:

$$T_2 = \frac{F_2 \times D_2}{2} \quad (71)$$

$$T_2 = 18,25 [Nm]$$

La potencia se encuentra de la ecuación (66):

$$P_2 = 672,72 [W]$$

Transmisión para las poleas 3-4:

$$P_2 = P_3 = 672,72 [W]$$

$$T_2 = T_3 = 18,25 [Nm]$$

La fuerza 3 en el ramal tenso es:

$$F_3 = \frac{2 \times T_3}{D_3} \quad (72)$$

$$F_3 = 570,31 [N]$$

$$F'_3 = 57,03 [N]$$

Asumiendo el 10% del tamal tenso se tiene:

$$F_4 = F_3 - F'_3$$

$$F_4 = 513,28 [N]$$

Su torque es:

$$T_4 = \frac{F_4 \times D_4}{2} \quad (73)$$

$$T_4 = 65,19 [Nm]$$

La potencia es:

$$P_4 = 682,67 [W]$$

4.4.4. Diseño del Sistema de Estructura

- Pesos de componentes

Número de Cargas	Descripción	Peso [N]
1	Tolva	226,58
	Tornillo Transportador	98,98
	Vendimia	588
	Engranaje	25,87
	Eje (2)	68,99
	Chumaceras (2)	5,49
2	Tambor Desgranador	11,27
	Árbol Despalillador	55,66
	Ejes (2)	75,36
	Engranaje	0,88
	Polea	25,19
	Chumaceras (2)	5,49
3	Rodillos (2)	68,21
	Chumaceras (2)	5,49
	Ejes (4)	28,81
	Engranajes (2)	3,63
4	Motor	57,13
	Catalina (2)	7,45
	Piñones (2)	0,59
	Cadena	3,63
5	Poleas (2)	33,03
	Engranaje	7,25
	Chumaceras (2)	0,196
	Eje	12,64
6	Planchas	114,66
Total		1570,48

4.4.5. Diseño CAD del Prototipo

Gracias a la metodología aplicada, “casa de la calidad” (QFD), se toma en cuenta los requerimientos del usuario y se analizan los criterios del ingeniero, lo que permite realizar la máquina, proponer y seleccionar la alternativa de solución adecuada para la máquina.

La técnica del Diseño Funcional de Manufactura Aplicada (DFMA) fue de gran ayuda para la selección de materiales y la elaboración de planos de la máquina visto en los anexos, porque se considera el cómo fabricar y también la disponibilidad en el mercado. Se hace cálculos matemáticos para ver la convergencia con la simulación, es así como se

comprueba que los materiales usados en el prototipo cumplen con la carga aplicada, es decir, cumplen con la función de despalillar y triturar la uva.

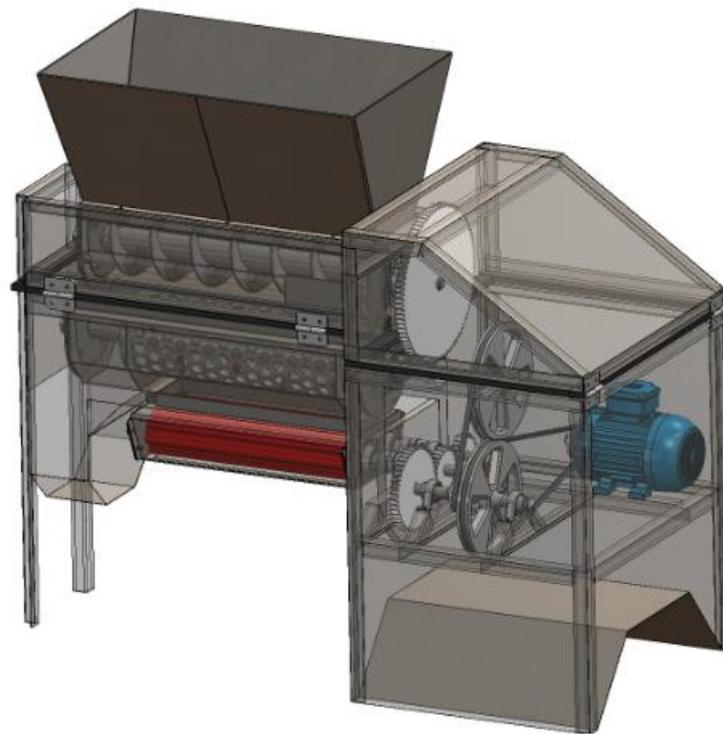


Figura 61. Máquina despalilladora-estrujadora

4.4.6. Análisis de Costos

Costo Total

Tabla 83. Análisis de Costo Total de Fabricación

COSTO DE FABRICACIÓN	
Operación	Costo (USD)
Costo Mecánico	6370,33
Costo Eléctrico	467,75
Costo de maquinado	1800
Costo de ensamble	420
Total	9058,08

Conclusiones y Recomendaciones

Conclusiones

- Se determinó las características y parámetros mediante la casa de la calidad QFD, dando como parámetro principal el peso, ya que como es una máquina procesadora de alimentos, necesita ser aseada constantemente para que no exista afección en el proceso, en consecuencia, tenga mayor facilidad para mover varias piezas y con un peso adecuado para que la persona no tenga lesiones a largo plazo, siendo el peso total de la máquina de 160,25 kg. De igual manera cumple con la capacidad requerida que es de 300kg/h. Además, se definió los parámetros adecuados para la máquina tomando en cuenta el material a procesar y que es una máquina para alimentos, por tanto, su material es de Acero Inoxidable (AISI 304), siendo el más recomendado con la norma de “Maquinaria para procesos de alimentos” (NTE INEN-EN 1672-2).
- Se modeló la máquina con los parámetros establecidos anteriormente, haciendo cálculos de diseño para diferentes piezas, dando como resultado las dimensiones de estas.
- Se simuló las piezas y ensambles, en donde se determinó la fuerza cortante y el torque, para la etapa de traslado de la uva, por medio del cual se obtiene una fuerza cortante de 371,06 N y un torque de 11,66 Nm; para la etapa de despalillado posee una fuerza de corte de 252,63 N y un torque de 18,23 Nm; y para la etapa de trituración se obtuvo una fuerza cortante de 17,22 N y un torque de 1,74 Nm. De igual manera se analizó las potencias en cada etapa teniendo $2,34 \times 10^{-2}$ Hp en el transporte de la uva, $3,42 \times 10^{-2}$ Hp y $1,75 \times 10^{-2}$ Hp para los rodillos. Dando así un motor de 0,5 Hp.
- La metodología se basó en un diseño mecatrónico, a través del cual se hizo un análisis de ponderaciones, donde la máquina constará de un tornillo transportador helicoidal, un tambor con tornillo de paletas, dos rodillos cónicos conjugados, un sistema de transmisión por engranaje y un control por medio de un variador de frecuencia. Gracias a la técnica DFMA se buscó componentes disponibles en el mercado local y así también se ha ido analizando costos, además, se determinó que la construcción de esta máquina es de aproximadamente 9058,08 dólares estadounidenses.

Recomendaciones

Se recomienda analizar el diseño de los rodillos para tener un mejor trabajo y así también mejorar la productividad para la realización del vino.

REFERENCIAS

[1] Expreso (27 de octubre de 2020). Los vinos nacionales apuestan por lo local. [Online] Recuperado de <https://www.expreso.ec/actualidad/economia/vinos-nacionales-apuestan-local-90784.html>.

[2] Iñaki Arrien Gorospe (7 de enero de 2019). El mercado del vino en Ecuador [Online]. NIPO: 114-19-038-4. Oficina Económica y Comercial de la Embajada de España en Quito.

[3] Laura Macias Pérez de Alarcón. Elaboración de vino. ISBN: 978-84-9171-187-2. [Online]. Recuperado de <https://www.sintesis.com/data/indices/9788491711872.pdf>.

[4] Fernando Nicolas Espejo Girón (15 de julio de 2015). Evaluación del nivel de riesgo por movimientos repetitivos en la actividad de clasificadores de flores y propuestas de medidas [Online] Interpresa. Recuperado de <https://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/1409/EVALUACI%C3%93N%20DEL%20NIVEL%20DE%20RIESGO%20POR%20MOVIMIENTOS.pdf>

[5] Mercedes Díaz de Ríó (13 de junio de 2017) Evolución de la tecnología de elaboración de vino y su influencia en el diseño de bodegas [Online]. Interpresa Recuperado de <https://www.interempresas.net/Vitinicola/Articulos/185012-Evolucion-de-la-tecnologia-de-elaboracion-de-vino-y-su-influencia-en-el-diseño-de-bodegas.html>

[6] José Luis Escoto García (12 de marzo de 2015). Diseño de una máquina despalilladora de racimo de uva para la elaboración de vino artesanal. [Online] Recuperado de <https://docplayer.es/69723242-Diseno-de-una-maquina-despalilladora-de-racimos-de-uva-para-la-elaboracion-de-vino-artesanal-tesis-para-obtener-el-grado-de-maestro-en.html>

[7] Países que producen más vino en el mundo (2022, 22 agosto). Ekos Negocios. Recuperado 21 octubre de 2022, de <https://www.ekosnegocios.com/articulo/paises-que-producen-mas-vino-en-el-mundo>

[8] Informes Económicos Mercado- (s.f.). Interprofesional del Vino de España. Recuperado 29 de octubre de 2022, de <https://www.interprofesionaldelvino.es/publicaciones/informes-econ%C3%B3micos-mercado>

[9] Vino en Ecuador. OEC. Recuperado de <https://oec.world/es/profile/bilateral-product/wine/reporter/ecu#:~:text=Exportaciones%3A%20En%202020%2C%20Ecuador%20export%C3%B3,522%20m%C3%A1s%20exportado%20en%20Ecuador.>

[10] Goussard, P.G. & Du Toit, W., 2010. Entrevista personal. Stellenbosch:

Department of Viticulture and Oenology, 26 enero 2010.

[11] Vino, A. de. (2021, 7 agosto). Partes de la Uva. Aprender de Vino. <https://www.aprenderdevino.es/partes-de-la-uva/>

[12] Escoto, “Diseño de una Maquina Despalilladora de Racimos de Uva para la Elaboración de Vinos Artesanal”, Página 23

[13] Almirón Evelyn. Centro de capacitación y asesoramiento profesional, 2021. Curso: Elaboración de vinos artesanales. CIP 122247.

[14] Despalillado y estrujado de los racimos de uva para la obtención del zumo de uva para la elaboración del pisco de manera artesanal (01 de octubre de 2015). Recuperado de <http://www.sierracantabria.com/prensa/vendimia-2014-en-rioja/>

[15] Escoto, “Diseño de una Maquina Despalilladora de Racimos de Uva para la Elaboración de Vinos Artesanal”, Página 26

[16] Imagen extraída de José Luis Escoto. Página 26

[17] Escoto, “Diseño de una Maquina Despalilladora de Racimos de Uva para la Elaboración de Vinos Artesanal”, Página 27

[18] Imagen extraída de José Luis Escoto. Página 27

[19] Escoto, “Diseño de una Maquina Despalilladora de Racimos de Uva para la Elaboración de Vinos Artesanal”, Página 28

[20] Imagen tomado de <http://www.pellenc.com/agriculture/es/> (27/Ago/14)

[21] Guzmán, R. de. (2020, 20 febrero). ¿Quién es Dioniso en la mitología griega y qué tiene que ver con el vino? Blog de vino. <https://raizdeguzman.com/blog/quien-es-dionisio-mitologia-griega-vino/>

[22] Tratado de enología. (2011). Mundi-Prensa.

[23] Cortés, M. E. C., León, M. I., Carmen, U. A. del & Universidad Autónoma del Carmen (Campeche). (2005). Generalidades sobre metodología de la investigación. Universidad Autónoma del Carmen.

[24] Introducción a la Investigación: guía interactiva. (s. f.). Recuperado 1 de noviembre de 2022, de <https://www.uv.mx/apps/bdh/investigacion/unidad1/investigacion-tipos.html>

[25] C. R. Romeva, Diseño Concurrente, Barcelona: Ediciones UPC, 2002.

[26] Regalan tamales antes de celebración del Día de la Candelaria en Tlaxcala, México | Spanish.xinhuanet.com. (s. f.). http://spanish.xinhuanet.com/photo/2019-01/14/c_137741824.htm

[27] Oomkt, E. (2022, 10 marzo). Maquinaria necesaria para hacer vino | Metalúrgica del Penedés. Metalurgica del Penedès. <https://www.metalurgicadelpenedes.com/blog/maquinaria-necesaria-para-hacer-vino/>

[28] Access Denied. (s. f.). <https://new.abb.com/drives/es/que-es-un-variador>

[29] Offline page | RS Components. (s. f.). <https://offline.rsdelivers.com/>

[30] LÓGICA CABLEADA Y LÓGICA PROGRAMADA - 03fmeautomatismos. (s. f.). <https://sites.google.com/site/03fmeautomatismos/home/logica-cableada-y-logica-programada>

[31] Evaluación de los Esquemas de Automatización Industrial de Lógica Cableada y Lógica Programada. (s. f.). <https://1library.co/document/y6eo77nz-evaluacion-esquemas-automatizacion-industrial-logica-cableada-logica-programada.html>

[32] Maquina, D. (2017, 10 mayo). ¿Qué es un encoder, cuáles son sus tipos y para qué sirven? De Máquinas y Herramientas. <https://www.demaquinasyherramientas.com/mecanizado/encoder-tipos>

[33] Access denied. (s. f.). <https://uelectronics.com/producto/encoder-incremental-600-pulsos-lpd3806-600bm-5-24v-dc/>

[34] Mateu, M. (2022, 27 enero). Q5X JAM: Detección de atascos en transportadores. Elion. <https://www.elion.es/aplicaciones/detector-de-atascos/>

[35] Pomer, J. (2020, 10 noviembre). Nuevo Sensor Láser Q5X. Elion. <https://www.elion.es/novedades/nuevo-indicador-laser-q5x/>

[36] Sensor de Corriente AC 30A no invasivo - SCT-013-030. (s. f.). Naylamp Mechatronics - Perú. <https://naylampmechatronics.com/sensores-corriente-voltaje/154-sensor-de-corriente-ac-30a-no-invasivo-sct-013-030.html>

[37] Generalidades de Finales de carrera y sus principales usos -. (2020, 14 diciembre). <https://laumayer.com/novedades-y-publicaciones/diciembre/generalidades-finales-carrera-principales-usos/>

[38] Transductores interruptores de final de carrera. (2017, 12 febrero). TICtransductoresTOJO. <https://tictransductoresdtojo.wordpress.com/transductores/transductores-de-posicion-proximidad-y-desplazamiento/transductores-interruptores-de-final-de-carrera/>

[39] Molina, J., Cánovas, F. & Ruz, F. (2012). Motores y Máquinas Eléctricas (1.a ed.). ALFAOMEGA MARCOMBO.

[40] <https://www.redeweb.com/author/redeweb/#author>. (2021, 31 marzo). ¿Qué ha cambiado en el diseño de motores? Revista Española de Electrónica | Todas las noticias de electrónica actualizadas a diario. <https://www.redeweb.com/actualidad/que-ha-cambiado-en-el-diseno-de-motores/?cn-reloaded=1>

[41] Motor neumatico. (2019, 29 mayo). HiSoUR Arte Cultura Historia. <https://www.hisour.com/es/pneumatic-motor-40824/amp/>

[42] NEUMAC. (s. f.). NEUMAC - MOTORES NEUMÁTICOS. <https://www.neumac.es/index.php/es/productos/motores-neumaticos>

[43] Latam, M. (2021, 4 mayo). Engranaje. Mecatrónica LATAM. <https://www.mecatronicalatam.com/es/tutoriales/mecanica/mecanismos/engranaje/>

[44] marketing. (2022, 17 mayo). Engranajes a medida Tecnocut - Your converting partner. Tecnocut. <https://www.tecnocut.com/productos/engranajes-a-medida/>

[45] Correas de transmisi3n. (s. f.). <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn121.html>

[46] 5. Poleas y correas - mecanismos. (s. f.).
<https://sites.google.com/site/sergio1mecatronica/home/transmision-de-movimientos/5poleas-y-correas>

[47] 4.4.- Cadenas. (s. f.).
https://www.edu.xunta.gal/espazoAbalar/sites/espazoAbalar/files/datos/1464947673/contido/44_cadenas.html

[48] TRANSMISIÓN DE POTENCIA – REMA. (s. f.).
<https://www.rema.com.co/transmision-de-potencia/>

[49] Cuba para vino 550 Litros Deposito acero Inox 3 patas - Soutelana. (s. f.). Soutelana Ferreteria SL. <https://ferreteria.soutelana.com/cubas-o-depositos-cierre-hermetico/684-cuba-para-vino-550-litros-deposito-acero-inox-3-patas.html>

[50] (2022, 21 marzo). Descargar barriles de madera para la fermentación del vino hay una banda de metal para apretar el cuerpo en el suelo y un papel tapiz blanco. representación 3d gratis. Vecteezy. <https://es.vecteezy.com/foto/6660524-barriles-de-madera-para-la-fermentacion-del-vino-hay-una-banda-metalica-para-apretar-el-cuerpo-en-el-suelo-y-un-papel-pintado-blanco-representacion-3d>

[51] Amazon.com: MNSSRN Barril de plástico grueso de 200L, barril de goma de doble anillo, barril de materia prima, tanque de aceite, contenedor de líquido de almacenamiento grande con mango de cubierta de protección del medio ambiente: Todo lo demás. (s. f.). <https://www.amazon.com/-/es/pl%C3%A1stico-contenedor-almacenamiento-cubierta-protecci%C3%B3n/dp/B0915184DT>

[52] Transportadores helicoidales (2020), catálogo Martin. México. CF1. Página H-17

[53] Transportadores helicoidales (2020), catálogo Martin. México. CF2. Página H-17

[54] Transportadores helicoidales (2020), catálogo Martin. México. CF3. Página H-17

[55] Tabla equivalencia dens baume brix alcohol VDF. (s. f.).
http://www.vinodefruta.com/tabla_equivalencia_dens_baume_brix_alcohol_vdf.htm

[56] Transportadores helicoidales (2020), catálogo Martin. México. Página H-15

[57] Transportadores helicoidales (2020), catálogo Martin. México. Página H-18

[58] Transportadores helicoidales (2020), catálogo Martin. México. Página H-21

[59] [60] [61] Diseño De Una Máquina Despalilladora-estrujadora De Uvas Para El Municipio De Luribay. (2019). [Tesis]. UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS.

[63] Transportadores helicoidales (2020), catálogo Martin. México. Página H-23

[64] Transportadores helicoidales (2020), catálogo Martin. México. Página H-21

[65] Transportadores helicoidales (2020), catálogo Martin. México. Ff. Página H-24

[66] Transportadores helicoidales (2020), catálogo Martin. México. Fp. Página H-24

[67] Transportadores helicoidales (2020), catálogo Martin. México. F0. Página H-24

[68] Transportadores helicoidales (2020), catálogo Martin. México. Factor Eficiencia. Página H-24

[69] Novedades en manuales de mecánica 51 nuevos manuales disponibles. (s. f).
Manuales de Taller y Mecánica Automotriz GRATIS.
[https://www.manualesdemecanica.com/manuales/Varios/Manual-de-la-Norma-Cem-\(espa%C3%B1ol\)/](https://www.manualesdemecanica.com/manuales/Varios/Manual-de-la-Norma-Cem-(espa%C3%B1ol)/)