

Diseño Y Construcción De Una Máquina Despulpadora De Mango Dulce

Jorge Enrique Vesga Suarez, Lider Alfonso Gaitán Fontalvo

Trabajo De Grado Para Optar Al Título De Ingeniería Mecánica

Director:

Ricardo Alfonso Jaimes Rolon

Magister en Ingeniería Mecánica

Universidad Industrial De Santander

Facultad De Ingenierías Físico-mecánicas

Escuela De Ingeniería Mecánica

Ingeniería Mecánica

Bucaramanga

2022

Dedicatoria

A mis padres María Griselda y Milton Eduardo, por su esfuerzo en hacer de mí un hombre luchador, responsable y transparente, por enseñarme a enfrentar las dificultades de la manera más correcta y con dios de la mano, gracias por darme las herramientas necesarias para la vida; Los amo.

A mis tíos maría teresa y miguel rueda, a mis primas maría teresa rueda e Isabel Sofia por recibirme en su casa al iniciar este proceso.

A mis hermanos por siempre querer que salga adelante y sea un mejor hombre cada día.

A mi tío Vidal y a mi nona Lucila por ser siempre esas personas que estuvieron pendientes en todo lo que pudieron.

A mi tío Gerardo por ser el metalmecánico que me ayudo a la construcción y siempre estuvo al pendiente de todo

Gracias a toda mi familia porque de alguna u otra forma me acompañaron en todas mis metas y sueños y especialmente a mí por mi resiliencia y nunca rendirme ante las muchas adversidades.

Jorge Enrique Vesga Suarez

Agradecimientos

Al primero que le agradecemos es a Dios por acompañarnos en este proceso de aprendizaje, por darnos la fortaleza para seguir adelante y cumplir nuestras metas.

A la UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER y a sus excelentes docentes y amigos por transmitirnos los conocimientos necesarios para poder estar aquí hoy.

A nuestro profesor y director Ricardo Alfonso Jaimes Rolon, quien nos apoyó y orientó en la realización de este proyecto.

A nuestros compañeros, quienes aportaron un granito de arena en cada paso de nuestra formación como ingenieros y hombres de bien.

Jorge Enrique Vesga Suarez

Lider Alfonso Gaitán Fontalvo

Tabla de Contenido

Contenido

1.Planteamiento del problema.....	14
1.1Identificación del problema.....	14
2.Justificación para solucionar el problema.....	17
3.Objetivos del trabajo de grado	19
3.1Objetivo general	19
3.2Objetivos específicos.....	19
4.Justificación de la solución.....	20
4.1Despliegue de la función calidad (QFD).....	20
4.3Planteamiento de alternativas	27
4.5Especificación de alternativa ganadora	30
5.Gestión del trabajo de grado	32
5.1Identificación de tareas y subtareas.....	32
6.Diagrama De Gantt.....	34
7.Recursos Necesarios	35
8.Marco teórico.....	36
8.1Antecedente de estudio.....	36
8.2Diseño y construcción de una máquina.....	38

8.3Bases teóricas científicas	45
8.4Tipos de máquinas despulpadoras.....	49
8.5Acero inoxidable en la industria alimenticia.	56
8.6Soldadura en acero inoxidable	63
9.Diseño de la máquina despulpadora seleccionada	77
9.1Evolución del prediseño de la máquina	77
9.2Diseño de elementos.....	78
10.Pruebas y resultados de la máquina despulpadora	108
11.Costos del proyecto.....	114
12.1Conclusiones	116
12.2Recomendaciones.....	116
Referencias bibliograficas	117
Apéndices.....	121

Lista de figuras

Figura 1. Distribución nacional de variedad de mango	19
Figura 2. Mangos perdidos.	20
Figura 3. Proceso actual del despulpado que se exporta.....	21
Figura 4. Alternativa 1	27
Figura 5. Alternativa 2	28
Figura 6. Alternativa 3.....	29
Figura 7. Alternativa ganadora	30
Figura 8. Diagrama de Gantt.....	34
Figura 9. Consideraciones de diseño	39
Figura 10. Etapas de diseño	41
Figura 11. Pulpa de fruta empacada.....	46
Figura 12. Diagrama de flujo.....	47
Figura 13. Despulpadora de frutas.....	50
Figura 14. Despulpadora semi industrial.	51
Figura 15. Despulpadora horizontal de tornillo sin fin manual.	52
Figura 16. Despulpadora horizontal de tornillo sin fin accionada por motor.	53
Figura 17. Despulpadora horizontal.....	54
Figura 18. Despulpadora vertical fuente motriz inferior.	55
Figura 19. Máquina despulpadora vertical fuente motriz superior	56
Figura 20. Aplicaciones del acero inoxidable en la industria	58
Figura 21. Soldadura manual	64

Figura 22. Soldadura orbital	65
Figura 23. Arco eléctrico.	66
Figura 24. Soldadura por arco en atmósfera inerte TIG (GTAW).....	67
Figura 25. Soldadura por arco en atmósfera inerte MIG-MAG (GMAW).....	68
Figura 26. Termo-coloración de soldaduras	69
Figura 27. Decapado	70
Figura 28. Producto Genox	71
Figura 29. Pasivado.....	72
Figura 30. Limpieza.....	73
Figura 31. Proceso de despulpado de mango.....	75
Figura 32. Diseño de tolva.....	80
Figura 33. Fuerzas en el aspa.....	81
Figura 34. Soporte de paletas.....	83
Figura 35. Disposición de las poleas	83
Figura 36. Diagrama cuerpo libre.	85
Figura 37. Diagrama fuerzas y momentos en el plano x-y.	86
Figura 38. Diagrama cortante.	87
Figura 39. Diagrama momento.	87
Figura 40. Diagrama fuerzas y momentos en el plano x-z.	88
Figura 41. Diagrama cortante.	89
Figura 42. Diagrama momento.	89
Figura 43. Factor de velocidad fn y Factor de vida fh	98
Figura 44. Carga radial equivalente	100

Figura 45. Factor de seguridad.	101
Figura 46. Disposición de las poleas.	103
Figura 47. Análisis MEF de tensión del eje.....	105
Figura 48. Análisis MEF de desplazamiento del eje	105
Figura 49. Análisis MEF de deformación unitaria del eje.....	106
Figura 50. Tamiz.....	107
Figura 51. Primera prueba	108
Figura 52. Ajuste final	109
Figura 53. Segunda prueba	110
Figura 54. Segunda prueba tiempo después.....	110
Figura 55. Parte interna del cilindro.	111
Figura 56. Estado pulpa y vástago	112
Figura 57. Máquina despulpadora.	113
Figura 58. Diagrama momento	119
Figura 59. Método de anclaje	120
Figura 60. Factor de temperatura	126
Figura 61. Sensibilidad de entalla en caso de aceros y aleaciones de aluminio forjado	128
Figura 62. Eje redondeado con entalla a tensión.	129
Figura 63. Catalogo internacional de chumacera.....	129
Figura 64. Mueble de la maquina sin pintar	133
Figura 65. Tamiz.....	134
Figura 66. Soporte de aspas	134
Figura 67. Aspas	135

Figura 68. Tanque principal.....	135
Figura 69. Tolva.....	136
Figura 70. Eje, poleas y tornillos	137
Figura 71. Primeros ensambles de la máquina	138
Figura 72. Máquina ensamblaje final	138
Figura 73. Ensamble general	139
Figura 74. Ensamble	140
Figura 75. Soporte aspa.	141
Figura 76. Tapa cilindro principal	142
Figura 77. Tapa protectora cilindro.	143
Figura 78. Tolva.....	144
Figura 79. Aspa.....	145
Figura 80. Eje.....	146
Figura 81. Tamiz.....	147
Figura 82. Conduto de entrada.....	148
Figura 83. Tanque principal.....	149
Figura 84. Estructura.....	150

Lista de tablas

Tabla 1. Matriz de calidad.....	26
Tabla 2. Evaluación de alternativas.	29
Tabla 3. Presupuesto	35
Tabla 4. Sistema de numeración para identificar los aceros inoxidables.....	59
Tabla 5. Composición química	63
Tabla 6. Resultado del cálculo de volumen y densidad	76
Tabla 7. Prediseño de la máquina despulpadora seleccionada.....	77
Tabla 8. Capacidad de despulpado.....	112
Tabla 9. Costos del proyecto.....	114
Tabla 10. Instrucciones de operación.....	121
Tabla 11. Instrucciones de limpieza.....	121
Tabla 12. Cronograma de limpieza	122
Tabla 13. Cambio de correa.	123
Tabla 14. Cambio de paletas.	123
Tabla 15. Cronograma de mantenimiento mecánico.....	123
Tabla 16. Ocurrencia de problemas.	124
Tabla 17. Metales y aleaciones.	125
Tabla 18. Factor de la condición superficial	126
Tabla 19. Factor de temperatura.....	127
Tabla 20. Factor de confiabilidad.....	127
Tabla 21. Factor de carga	128

Lista de Apéndices

Apéndice A. Manual de operación y mantenimiento de la máquina.....	119
Apéndice B. propiedades mecánicas del acero AISI 304.....	125
Apéndice C. Catalogo internacional de chumacera	129
Apéndice D. Dimensiones calcula de cuña	131
Apéndice E. Catalogó cálculo de correa.	132
Apéndice F. Fotos de la máquina ya construida y las cada una de sus piezas	133
Apéndice G. Planos de la máquina despulpadora	139

Resumen

Título: Diseño y construcción de una máquina despulpadora de mango dulce *

Autor: Jorge Enrique Vesga Suarez, Lider Gaitan **

Palabras Clave: Despulpado, Mango, Vástago, Tamiz, Pulpa

Descripción:

En la actualidad se puede ver como en la región de la magdalena más especialmente en ciénaga magdalena se pierden en las cosechas de mango dulce por toneladas de estos los cuales se quedan en las carreteras provocando un problema sanitario, con el fin de acabar esta problemática la población pide al gobierno unas máquinas para poder despulpar el mango y así poder consumir de otra manera, debido a esto y a no tener el apoyo por parte del gobierno, se decidió diseñar y construir una máquina despulpadora de mango dulce con una capacidad de 5000kg/h, se presentaron los diferentes tipo de alternativas las cuales se evaluaron y se consideró la mejor para ser esa la que se fuera moldeando como máquina despulpadora, después de muchos cálculos e investigaciones se seleccionaron las partes de la misma y se procedió a la construcción de la misma luego de esto se hicieron las pruebas pertinentes y se concluyó que la máquina ya construida tiene una capacidad de 520kg/h.

* Trabajo de Grado

** Facultad de Ingenierías Físico-mecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica. Director Ricardo Alfonso Jaimes Rolon. Magister en Ingeniería Mecánica.

Abstract

Title: Design and construction of a sweet handle pulper*

Author: Jorge Enrique Vesga Suarez, Lider Gaitan*

Key Words: Pulped, Mango, Stem, Sieve, Pulp.

Description:

At present, it can be seen how in the Magdalena region, more especially in the Magdalena swamp, tons of sweet mango crops are lost, which remain on the roads causing a sanitary problem, in order to end this problem the the population asks the government for some machines to be able to pulp the mango and thus be able to consume it in another way, due to this and not having the support of the government, it was decided to design and build a sweet mango pulping machine with a capacity of 5000kg/h , the different types of alternatives were presented, which were evaluated and it was considered the best to be the one that was molded as a pulping machine, after many calculations and investigations, the parts of it were selected and the construction of the pulping machine was proceeded. same after this the pertinent tests were made, and it was concluded that the machine already built has a capacity of 520kg/h.

* Bachelor Thesis

** Faculty of Physical-Mechanical Engineering. School of Mechanical Engineering. Director: M. Sc. RicardoAlfonso Jaimes Rolon

1. Planteamiento del problema

1.1 Identificación del problema

Colombia cuenta con una gran variedad de frutas entre ellas una de las más apetecidas por los consumidores de diferentes regiones del país es el mango en sus diferentes variedades (Figura 1).

En la actualidad en el municipio de Ciénega el cual se encuentra en el departamento del Magdalena ocupa el tercer lugar de producción de mango dulce, después de Cundinamarca y Tolima. el cual es vendido en la misma región y a un costo muy bajo; son pocas las fincas que exportan el producto ya que se debe tener una serie de requerimientos. Debido a la sobreproducción se evidencia la pérdida de toneladas de mango, según ASOHOFRUCOL cerca de ocho toneladas por hectárea de mangos sembrada se pierde y mientras no exista una política del gobierno que ayude a que esto no siga pasando el daño seguirá. Es común ver montañas del producto a la merced del sol y agua y esto atrae las moscas y crea otro problema, en este caso sanitario (Figura 2).

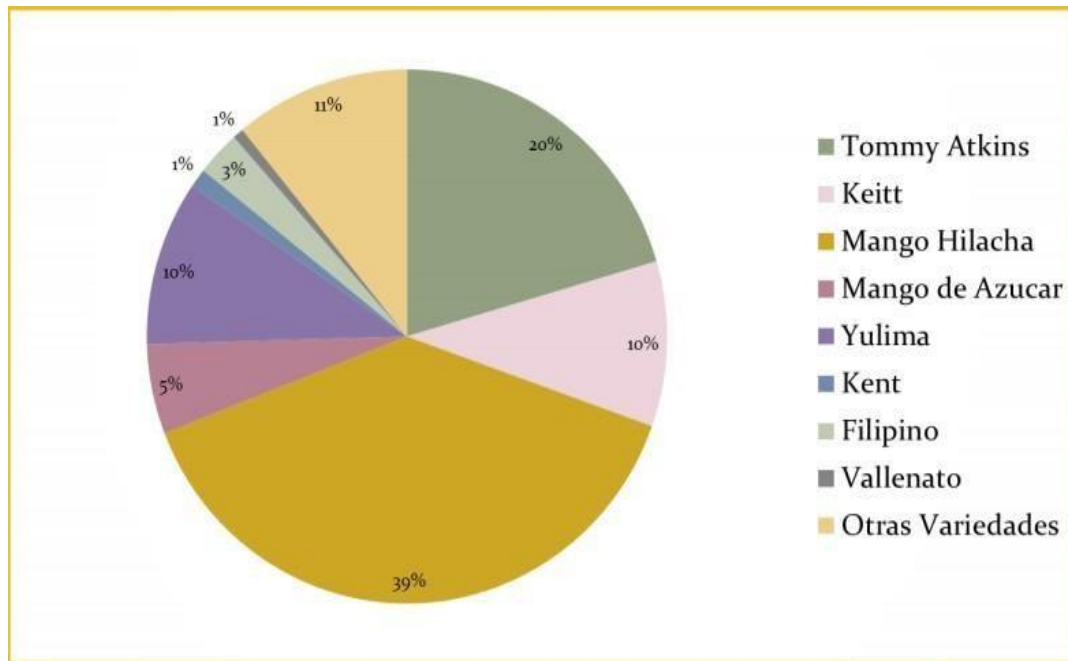
Según Proexport en Colombia se exportan cerca de 800 mil toneladas de mango el mango se exporta como fruta fresca (98%), pulpa (1%) y jugo (1%). La pulpa de mango congelada es un producto viable para la exportación, por esta razón se hace necesario conocer los factores que favorecerán el proceso de exportación a Holanda, el cual resulta ser un mercado óptimo para exportar este producto.

Esto involucra la creación de una máquina despulpadora de mango dulce de bajo costo, la cual va a satisfacer las necesidades a los agricultores de la región y se les dará un proceso adecuado a los mangos que no se logran vender los cuales se maduran hasta llegar al punto de podrirse. Así

se les dará un valor agregado a estos mangos que ahora se están perdiendo porque los agricultores de la región no cuentan con una máquina para realizar esta labor.

Figura 1.

Distribución nacional de variedad de mango



Nota. El gráfico representa la distribución de variedad de mango. Adaptado de http://www.asohofrucol.com.co/archivos/biblioteca/biblioteca_217_Situaci%C3%B3n%20actual%20y%20perspectivas%20de%20la%20cadena%20Productiva%20del%20Mango%20en%20Colombia.pdf

Figura 2.

Mangos perdidos.



Nota. La imagen representa mangos perdidos. Adaptado de <https://www.elheraldo.co/magdalena/en-cienaga-se-pierde-el-mango-por-falta-de-comercializacion-626090>

2. Justificación para solucionar el problema

El desarrollo frutícola en Colombia debe estar de la mano con la innovación en tecnología, como en la identificación y control en los costos de producción transformación y comercialización.

Es por ello que se desea diseñar y construir una máquina despulpadora de mango dulce para salvar el producto que se esta perdiendo y llevar al interior del país la mayor cantidad de pulpa posible para ser comercializada, con esta máquina se verán beneficiados los finqueros de la región ya que podrán dar un valor agregado a sus cosechas que en la actualidad se pierden por falta de clientes transporte y no tener otro proceso de venta.

El desarrollo de esta máquina será también de beneficio para el consumidor ya que es una fruta bastante apetecida y se llevara a las diferentes regiones del país en forma de pulpa a un buen precio y de alta calidad ya que los mangos dulces de la región de la magdalena son los más apetecidos.

Sin dejar atrás la posible exportación del producto cumpliendo con lo requerido por parte de las empresas exportadoras (Figura 3).

Figura 3.

Proceso actual del despulpado que se exporta.



Nota. La imagen muestra el proceso actual de despulpado que se exporta. Adaptado de <https://diariocorreo.pe/economia/exportaciones-de-mango-peruano-a-china-en-su-mejor-momento-714087/>

3. Objetivos del trabajo de grado

3.1 Objetivo general

Desarrollar una máquina despulpadora de mango dulce, Continuando con la misión de la Universidad Industrial de Santander, de brindar conocimientos y soluciones a las diferentes necesidades de la industria, específicamente la agroindustria.

3.2 Objetivos específicos

Generar un diseño que cumpla con los siguientes requisitos.

- ✓ Capacidad de procesamiento igual o superior a los 500 [kg/h]
- ✓ Diámetro de los agujeros del tamiz de 4 [mm]

Desarrollar un óptimo diseño basado en los diferentes subconjuntos de la máquina:

- ✓ Tolva ingreso de materia prima
- ✓ Caja protectora de el tamiz
- ✓ Recolección del producto procesado
- ✓ Recolección de cascaras y semillas
- ✓ Suministro de energía

Calcular los diámetros requeridos para el tamiz.

Calcular el eje necesario para que la máquina pueda despulpar 500kg/hora.

Realizar un manual básico de operación y mantenimiento de la máquina.

4. Justificación de la solución

Puesto que el gobierno colombiano no le ha dado la importancia a las necesidades que están pasando los campesinos del municipio de Ciénega el cual se encuentra en el departamento del Magdalena se hace necesario el diseño y la fabricación de una máquina despulpadora de mango dulce de bajo costo con la cual podrán satisfacer la sobreproducción que se está presentando con el cultivo de mango dulce, con la construcción de esta máquina se verían grande mente beneficiados una buena parte de los campesinos productores que no cuentan en la actualidad con una despulpadora para dar un valor agregado a los mangos que en la actualidad se pierden. se desea que la sea máquina económica, fácil de usar y con una gran capacidad de producción.

Teniendo en cuenta las necesidades anteriormente mencionadas se realizó un estudio de selección de las alternativas más viables por medio de un despliegue de la función calidad (QFD). A continuación, se dará paso al estudio realizado.

4.1 Despliegue de la función calidad (QFD)

4.1.1 Requerimientos del consumidor.

Lista de los requerimientos basados en los intereses de la persona que obtendrá el producto, en este caso la máquina despulpadora:

- Económica.
- Funcional.
- Fácil de operar.
- Pocas vibraciones.

- Material adecuado (resistente a la corrosión).
- Capacidad de producción 500kg/h.
- Poco manteniendo.
- Versátil.
- Sencilla.
- Segura.

4.1.2 Requerimientos del ingeniero.

- Potencia del motor
- Estructura (resistencia/peso)
- Trasmisión de potencia (poleas)
- Facilidad de mantenimiento
- Fácil de transportar
- Efectiva
- Fácil de atender en caso de emergencia
- Poco peso

4.2 Matriz de calidad

Tabla 1. Matriz de calidad

		POTENCIA DEL MOTOR	ESTRUCTURA (RESISTENCIA/PESO)	TRANSMISIÓN DE POTENCIA (POLEAS)	FACILIDAD DE MANTENIMIENTO	FÁCIL DE TRANSPORTAR	EFFECTIVA	FÁCIL DE ATENDER EN CASO DE EMERGENCIA	FÁCIL ACCESO EN CASO DE ATASCARSE	POCO PESO
ECONOMÍA	10	90	90	30	90	0	90	90	0	90
CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN	9	81	27	27	0	81	81	27	0	0
SEGURA	8	24	72	24	24	24	0	72	24	0
FÁCIL DE OPERAR	7	21	63	0	21	0	0	21	63	0
FUNCIONAL	6	54	54	54	0	0	18	0	54	18
POCAS VIBRACIONES	5	45	45	45	0	15	0	0	0	45
MATERIAL ADECUADO	4	0	36	36	12	0	0	0	0	36
VERSÁTIL	3	27	9	9	0	27	9	9	9	9
SENCILLA	2	18	18	18	18	6	0	18	18	6
POCO MANTENIMIENTO	1	9	3	9	9	0	0	0	0	0
		369	417	252	174	153	198	237	168	204

Nota. La tabla representa la matriz de calidad. Elaborada por los autores.

4.3 Planteamiento de alternativas

Ahora bien, teniendo en cuenta los resultados obtenidos en la matriz de calidad (QFD) se procede a dar una propuesta de alternativas para el desarrollo de las prioridades que principalmente se deben tener en cuenta.

4.3.1 Alternativa 1:

Potencia del motor: que satisfaga los 500 [kg/ h]

Estructura: tambor de centrifugado inclinado

Transmisión de potencia: reductor de velocidad y acople

Fácil de atender en caso de emergencia: control de seguridad para apagar la máquina de inmediato.

Figura 4.

Alternativa 1



Nota. La figura representa la alternativa No. 1. Adaptado de <https://citalisa.com/despulpadora-de-frutas-citalisa-d1000>

4.3.2 Alternativa 2:

Potencia del motor: que satisfaga los 500 [kg/ h]

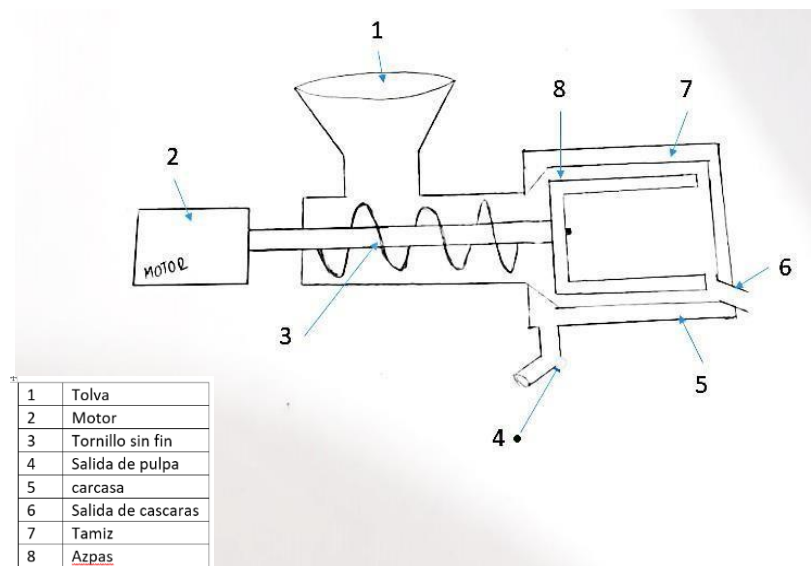
Estructura: tambor horizontal

Transmisión de potencia: reductor de velocidad y acople

Fácil de atender en caso de emergencia: botón de apagado cerca del operador para casos de emergencias.

Figura 5.

Alternativa 2



Nota. La figura representa la alternativa No. 2. Elaboración propia

4.3.3 Alternativa 3:

Potencia del motor: que satisfaga los 500 [kg/ h]

Estructura: tambor de forma vertical

Transmisión de potencia: con acople y reductor de velocidad

Fácil de atender en caso de emergencia: control de seguridad para apagar la máquina de inmediato.

Figura 6.

Alternativa 3.



Nota. La figura representa la alternativa No. 1. Adaptado de <https://citalsa.com/despulpadora-de-frutas-citalsa-d1000>

4.4 Evaluación de las alternativas

Tabla 2.

Evaluación de alternativas.

		Alternativa 1		Alternativa 2		Alternativa 3	
Estructura	0.33	4.0	1.32	4.5	1.49	3.8	1.25
Potencia del motor	0.29	4.1	1.19	4.1	1.19	4.0	1.16
Transmisión de potencia	0.2	4.0	0.8	4.1	0.82	3.9	0.78
Fácil de atender en caso de emergencia	0.18	4.0	0.72	4.0	0.72	4.0	0.13
Total			4.03		4.22		3.32

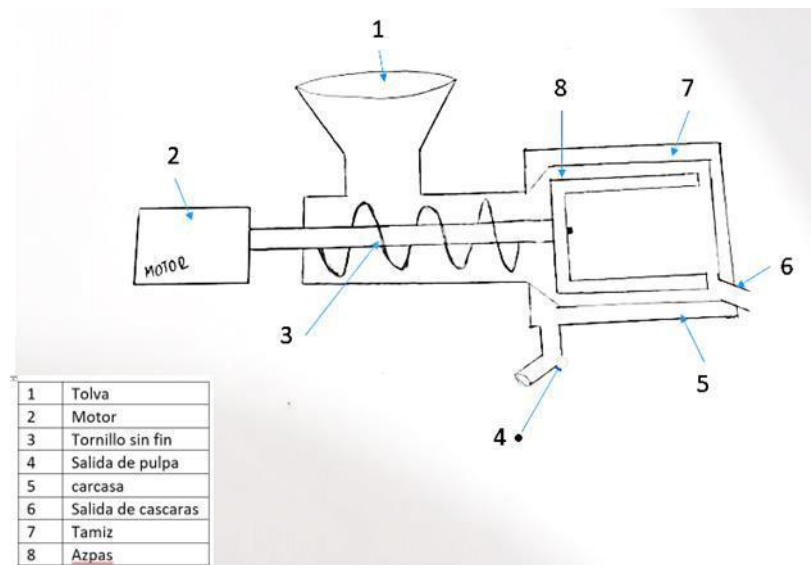
Nota. La tabla representa la matriz de calidad. Elaborada por los autores.

4.5 Especificación de alternativa ganadora

Capacidad de 500 Kg/h tiene como Función eliminar partículas como semillas, vástagos, cáscaras, y otros productos no deseados en la obtención de pulpa para jugos, néctar o puré de mango. Descripción: La fruta se deposita en la tolva de alimentación que permite el ingreso a una primera zona, donde el eje con ayuda de un tornillo sin fin arrastra la fruta para posteriormente pasar el producto a una segunda etapa donde se encuentra con dos aspás, ajustadas al tamiz, que se encargan de presionar el fruto contra el tamiz y filtrar las partículas. Las semillas, cáscaras y vástagos siguen su curso y desalojan por la parte posterior del equipo. La pulpa se filtra por el tamiz y se descarga por uno de los lados del equipo, sus características principales son: Tolva, guarda y tamiz

Figura 7.

Alternativa ganadora



Nota. La figura representa la alternativa ganadora. Elaboración propia

5. Gestión del trabajo de grado

5.1 Identificación de tareas y subtareas

Se tienen en cuenta las principales actividades a realizar para llevar a cabo el proyecto de grado planteado.

5.1.1 Fase de Investigación

- Identificación de la necesidad.
- Determinación de los recursos necesarios.
- Recopilación de bibliografía y conceptualización.
- Planteamiento de objetivos.
- Justificación del trabajo de grado.
- Estructuración del cronograma de actividades.
- Borrador del plan de trabajo.

TIEMPO REQUERIDO: 4 Semanas.

5.1.2 Fase de Estudio

- Análisis de la literatura recopilada.
- Selección de los procesos de manufactura.
- Presentación del plan de trabajo de grado.

TIEMPO REQUERIDO: 4 Semanas.

5.1.3 Fase de Diseño

- Diseño detallado de la máquina.
- Elaboración de planos constructivos.

TIEMPO REQUERIDO: 7 Semanas.

5.1.4 Fase de Desarrollo

- Fabricación
- Compra de los diferentes elementos de la máquina.
- Montaje de la máquina.

TIEMPO REQUERIDO: 6 Semanas.

5.1.5 Fase de Operación y Realización de Pruebas

- Realización de pruebas de la máquina.
- Análisis de los resultados.
- Formulación de conclusiones y observaciones.

TIEMPO REQUERIDO: 3 Semanas.

5.1.6 Fase de Elaboración de Memorias

- Redacción preliminar.
- Elaboración de memorias.
- Corrección de memorias.
- Sustentación del proyecto.

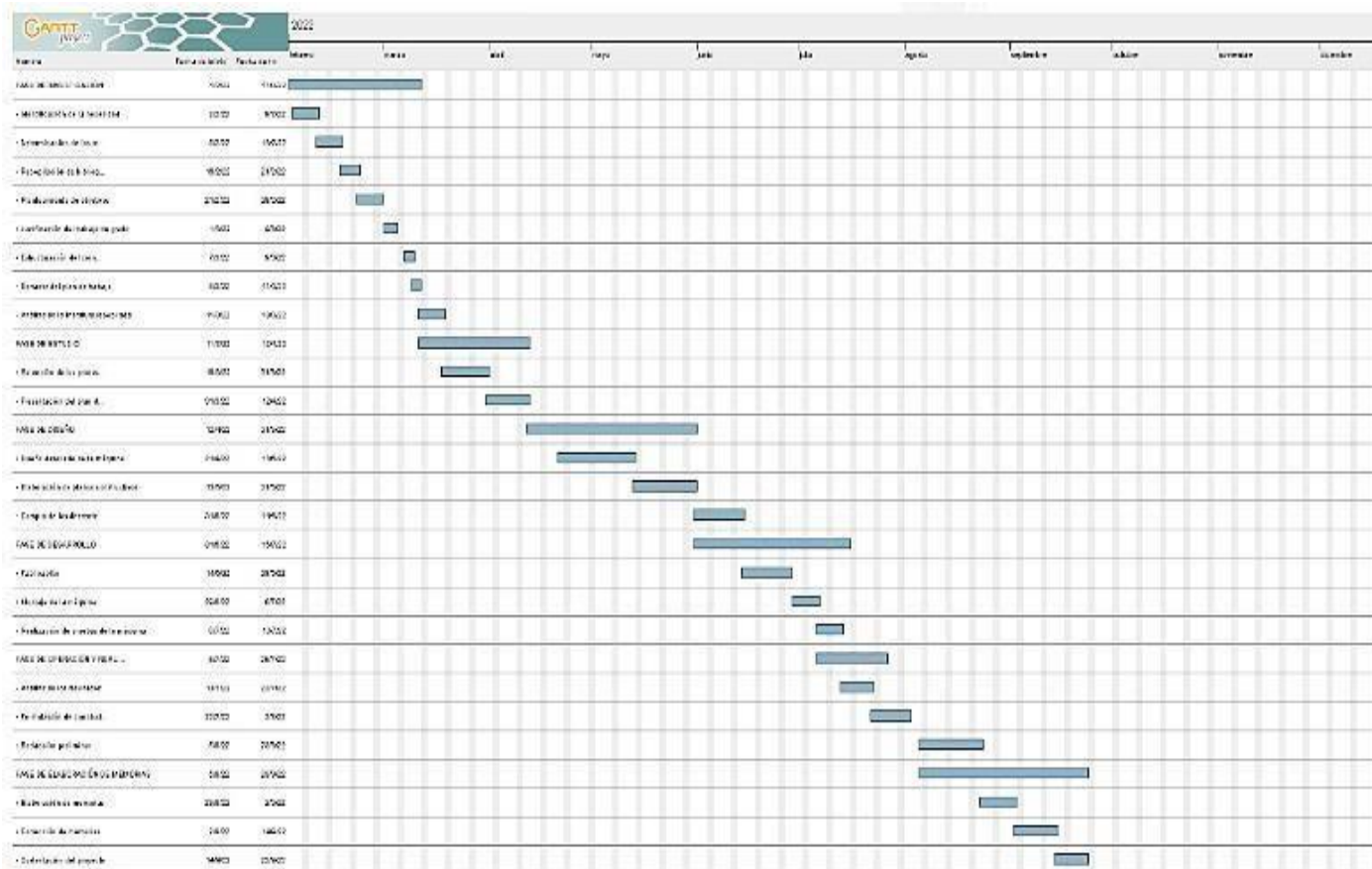
TIEMPO REQUERIDO: 10 Semana

6.

Diagrama De Gantt

Figura 8.

Diagrama de Gantt



Nota. La tabla muestra Diagrama de Gantt

7. RECURSOS NECESARIOS

- Libros y fotocopias (papelería);
- Computador;
- Licencia software;
- Materiales para la construcción de la máquina;
- Mano de obra propiedad intelectual;
- Asesoría profesional.

7.1 Presupuesto

Tabla 3.

Presupuesto

GASTOS	PRECIOS
Papelería y libros	\$ 180.000
licencia software	\$3'000.000
Materiales para la construcción de la máquina	\$5'000.000
Mano de obra propiedad intelectual	\$1'500.000
Asesoría profesional	\$1'200.000
Imprevistos	\$300.000
TOTAL	\$7'580.000

Nota. La tabla muestra el presupuesto. Elaboración propia.

8. Marco teórico

8.1 Antecedente de estudio

La investigación es referente a las oportunidades de mercado para los países andinos de jugos y pulpas de frutas, dirigida por el docente Carbajal Cardona, nos indica que hay buenas razones para creer que el negocio de los jugos continuará como una industria en crecimiento durante mucho tiempo, ya que el consumo de jugos de frutas y néctares es aún bajo en muchos mercados, incluyendo algunos de los principales mercados mundiales. En Europa el consumo **per cápita** durante 1991 fue de 42,0 litros en Alemania Occidental y 34,1 litros en Suiza, comparados con resultados de 22,5 litros en los Países Bajos, 18,9 litros en el Reino Unido y aún menos en otros países tales como 7,6 litros en Italia y 8,5 litros en Francia. El consumo per cápita en los Estados Unidos fue de 29 litros en 1991. Se espera que, debido a la constante preocupación por parte de los consumidores con respecto a la salud, y a las nuevas mezclas y sabores que se ofrecen, el consumo per cápita de los países antes mencionados aumente. En conclusión, el mercado mundial ha venido creciendo, pero las inversiones deben basarse sólo en pronósticos de mercado actualizados y en perspectivas de precio realistas, preferiblemente en acuerdos de mercado negociados anteriormente (Carbajal, SF).

En este tema de investigación los autores estudiaron la factibilidad de crear una planta despulpadora y comercializadora de frutas en el municipio de la vega Cundinamarca, donde identificaron que el proyecto es viable comercialmente porque cuenta con un mercado garantizado para las frutas, debido a que el municipio de la Vega cuenta con 50 empresas legalmente constituidas y reconocidas que estarían dispuestas a comprar las pulpas de frutas, dentro de las cuales tenemos: EL rey, el Bodegón, frutería el Kiwi, supermercado los mandarinios, heladería Saborama entre otros. Además, El mercado de pulpa de fruta esta sin explotar en el municipio de

La Vega y se puede constatar que allí se cuenta con la materia prima para satisfacer las necesidades de los clientes del municipio inicial y posteriormente llegar a otras zonas geográficas. De esta forma se contribuirá al avance social y económico (Jaramillo, Espíndola y Rivas, SF)

La información de este artículo tiene como título: Estudio de Pre Factibilidad para la Instalación de una Pequeña Empresa Procesadora de Néctares. El néctar es una bebida natural que se prepara a partir de pulpa de fruta, natural, o concentrada; agua, azúcar conservante y en algunos casos un ácido orgánico como el ácido cítrico y un espesante. Además, se estima que el consumo nacional de néctares en 1996 fue de 6,230 T.M. de los cuales 4,360 corresponde al consumo de lima metropolitana. Tiene como objetivo la extracción de la pulpa y el néctar de las frutas sin refinar, esto es sin descolorar, sin desodorizar, lo que hace sencillo este proceso, mediante un proceso donde la máquina despulpadora es la encargada de realizar esta operación llegando a la conclusión mediante el estudio realizado de Pre- factibilidad se prueba la viabilidad comercial, técnica, económica y financiera del proyecto. En los dos últimos años un aproximado del 40% del consumo nacional es atendido con productos importados, principalmente de Chile. Por otro lado, la producción nacional en 1996 ascendió a las 7,084 T.M., de esta producción un 50% se orienta al mercado de exportación. Por lo tanto, se consideraría prudente, de acuerdo al cronograma de implementación y desarrollo es rentable, viable en el tiempo y no es contaminante. Probado su factibilidad sería conveniente asimismo el proceso de formación y capacitación del grupo de jóvenes que formarán parte de la organización de la empresa (Consuelo y Alejandro, 1999).

Redes de Innovación Productiva (RIP's) es un programa de la Dirección General de Transferencia e Innovación Tecnológica y Científica del MCT, el cual busca potenciar las vocaciones productivas de las localidades. En ellas se identifica un núcleo de productores con aspiraciones de vincular su actividad productiva a las diferentes instituciones de la localidad, de la

región o del ámbito nacional. La propuesta se sustenta en la participación activa y concertada de todos los actores de la Red de Innovación Productiva; con la intención de mejorar la calidad del producto, e incrementar la capacidad competitiva de las unidades productivas que conforman la red; tomando en consideración la aptitud y capacidad de los productores, los recursos físicos y financieros disponibles y las propuestas posibles en materia de tecnología, lo cual se verá reflejado en un incremento tanto en la capacidad productiva como en la calidad de vida de los productores y el desarrollo socio productivo de la comunidad. En este sistema las empresas unirían sus esfuerzos y experiencias individuales en una organización de cooperación empresarial, que les permitan resolver sus problemas y deficiencias organizacionales, para así lograr diseñar estrategias colectivas, que estén orientadas a dar respuestas en conjunto a las exigencias del mercado y su entorno permitiéndoles bajo una visión sistémica, abordar el proceso productivo, con miras a ser un negocio atractivo, reconocido por su rentabilidad, desde la perspectiva del manejo de la alimentación (con uso de recursos locales) (Rodríguez, 2012).

8.2 Diseño y construcción de una máquina

El diseño y proyecto de máquinas es una de las principales funciones de un ingeniero mecánico. Todo el mundo sabe lo que es una máquina, pero el proceso que conlleva su diseño no es tan evidente. Dicho esto, muchos de vosotros os podéis preguntar: ¿Qué consideraciones debo tener en cuenta para su diseño? ¿Qué códigos y normas existen? ¿Cuáles son las fases y el proceso general del diseño? ¿De qué consta el documento del proyecto de una máquina? En esta entrada se resolverán todas estas dudas, siendo de interés, no sólo para los ingenieros, sino también para aquellos que sientan curiosidad en conocer las consideraciones previas y fases de diseño de una máquina.

Una máquina es un conjunto de mecanismos y sistemas capaces de desarrollar trabajo y cubrir una necesidad práctica. A este conjunto de mecanismos y sistemas que la conforman se les denomina elementos de máquina (E.M.). Las máquinas las podemos dividir en:

- Máquinas motrices: Transforman la energía de las fuentes naturales en energía mecánica. Ejemplos de este tipo serían una máquina de vapor, un motor de combustión interna, etc.
- Máquinas operadoras: Reciben la energía de una máquina motriz y la emplean para efectuar un trabajo determinado. Una máquina herramienta que recibe la energía de un motor eléctrico para realizar cualquier mecanizado sería un ejemplo de este tipo. La ingeniería mecánica se ocupa del diseño y construcción de máquinas y mecanismos, para lo cual se deberán tener en cuenta diversas consideraciones de diseño:

Figura 9. Consideraciones de diseño



Nota. La figura representa las consideraciones del diseño. Adaptado de <https://ingelibreblog.wordpress.com/2014/02/03/introduccion-al-proyecto-y-diseno-de-maquinas/>

Además, debemos seguir una serie de códigos y normas:

- Normas españolas (UNE)
- Reglamentos oficiales, específicos para un determinado tipo de máquina
- Ordenanzas y disposiciones municipales
- International Standards Organization (ISO)
- American Gear Manufacturers Association (AGMA)
- American Iron and Steel Institute (AISI)
- American Society of Mechanical Engineers (ASME)
- American Society of Testing and Materials (ASTM)
- Society of Automotive Engineers (SAE)

Sabemos lo que es una máquina, las consideraciones para tener en cuenta en su diseño y normativas a emplear, pero ¿qué nos lleva a diseñar una máquina?

El diseño de una máquina parte de una necesidad específica. Mediante una serie de conocimientos multidisciplinarios (dibujo industrial, resistencia de materiales, mecánica y teoría de mecanismos...), se proyectará la máquina que debe satisfacer dicha necesidad del usuario. Las etapas del diseño son las siguientes:

Figura 10.*Etapas de diseño*

Nota. La figura representa las etapas del diseño. Adaptado de <https://ingelibreblog.wordpress.com/2014/02/03/introduccion-al-proyecto-y-diseno-de-maquinas/>

- a) Especificaciones de diseño: Selección y cuantificación de las especificaciones de diseño, basándonos en la necesidad que debemos cubrir.
- b) Síntesis estructural: Definición del tipo de mecanismos y subsistemas que se deben componer
- c) Síntesis cinemática: Definición de las dimensiones de los miembros de la cadena cinemática, de manera que se cumplan los requisitos de movilidad necesarios (velocidad, trayectoria...)

- d) Diseño y cálculo de componentes: Diseño y cálculo de cada componente por separado, teniendo en cuenta los principios y métodos de la resistencia de materiales (estudiados en ciencia de materiales)
- e) Sistema de lubricación: Definición del sistema de lubricación, calculado desde el punto de vista mecánico, hidráulico y termodinámico
- f) Sistema de regulación, control y mantenimiento: Definición del sistema de regulación, control y mantenimiento de la máquina, permitiendo conocer su estado en cada momento (condiciones de seguridad)
- g) Síntesis final de la máquina: Ensamblaje de los distintos subsistemas, definición de sus posiciones relativas, modos de fijación, etc

También es importante considerar los aspectos relativos a la fabricación de la máquina, como son los materiales disponibles, procesos y equipos de fabricación, los aspectos económicos y de mercado. Estos aspectos, que muchas veces no se consideran, son muy importantes. Como sucede en muchos casos, la teoría puede ser diferente a la práctica. Para entendernos, no nos sirve de mucho diseñar una máquina perfectamente calculada que después va a ser imposible fabricar.

Como hemos visto, una máquina consta de diversos elementos de máquina, por lo que el diseño correcto de cada elemento es vital para el buen funcionamiento de la máquina. Con diseño correcto nos referimos a aquel que consigue unas dimensiones adecuadas, de manera que no falle durante la vida útil prevista:

- El diseño y cálculo requiere el conocimiento previo de las acciones que actúan sobre él

- Debemos idealizar el elemento a calcular y sustituirlo por un modelo matemático para poder calcular las características resistentes del material y las dimensiones mínimas del elemento para que no falle
- Definir el concepto de fallo y asumir los valores máximos que no se pueden sobrepasar
- Tener en cuenta restricciones de mínimo peso, mínimo coste...para lo que necesitamos emplear técnicas de optimización

El diseño de máquinas exige del proyectista:

- Conocer las características del material empleado en la construcción del EM
- Conocer los criterios de fallo del EM
- Formular las ecuaciones de diseño correctas sobre el modelo
- Determinar el coeficiente de seguridad, de forma que no se produzca el fallo por sobrepasar los valores límites

El proyecto de una máquina consta de:

- Antecedentes. Justificación de la necesidad de diseñar una máquina
- Memoria descriptiva
 - ✓ Especificaciones para el diseño
 - ✓ Descripción de la máquina previa en caso de rediseño
 - ✓ Descripción de los componentes de la máquina
 - ✓ Descripción de los métodos de cálculo utilizados

- ✓ Etapas del diseño y cálculo
- ✓ Niveles de esfuerzos
- ✓ Criterios de fallo (coeficientes de seguridad, vida útil)
- ✓ Soluciones adoptadas (material y dimensiones)
- Memoria de cálculo
 - ✓ Análisis estático, cinemático y dinámico
 - ✓ Diseño y cálculo de componentes
 - ✓ Diseño y cálculo del sistema de lubricación
 - ✓ Diseño y cálculo del sistema de accionamiento y regulación
 - ✓ Síntesis de resultados
- Planos
 - ✓ Planos de cada mecanismo o elemento
 - ✓ Planos de ensamblaje de mecanismos y elementos
 - ✓ Planos de fabricación
 - ✓ Planos de funcionamiento
- Pliego de condiciones
 - ✓ Normativa técnica de aplicación
 - ✓ Condiciones de materiales y equipos

- ✓ Condiciones de montaje y fabricación
- ✓ Condiciones de mantenimiento
- ✓ Condiciones de seguridad
- ✓ Condiciones económicas
- Presupuesto
 - ✓ Costes de material
 - ✓ Costes de montaje
 - ✓ Costes de fabricación, ensayo, equilibrado
 - ✓ Costes de mantenimiento
 - ✓ Otros costes
 - ✓ Mediciones
 - ✓ Presupuesto general

8.3 Bases teóricas científicas

8.3.1 *Pulpa de frutas*

La Pulpa de la Fruta es la parte comestible de las frutas o el producto obtenido de la separación de las partes comestibles carnosas de estas mediante procesos tecnológicos adecuados. Además, es el producto pastoso, no diluido, ni concentrado, ni fermentado, obtenido por la desintegración y tamizado de la fracción comestible de frutas frescas sanas, maduras y limpias.

Figura 11.

Pulpa de fruta empacada



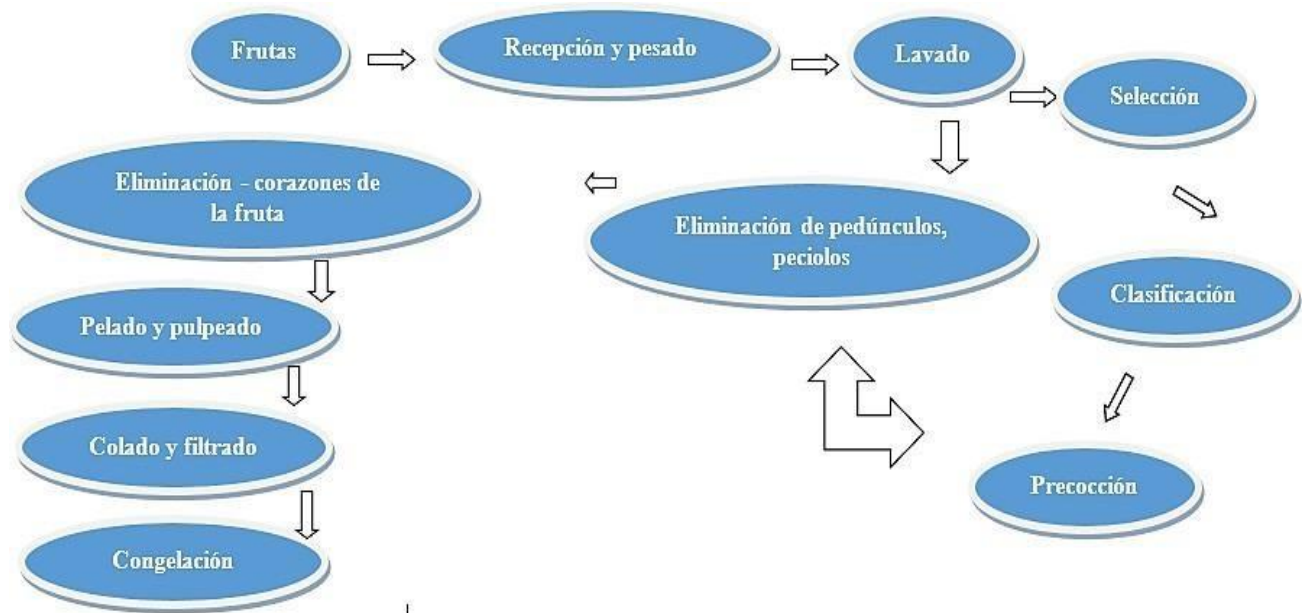
Nota. La imagen representa pulpa de fruta empacada. Adaptado de <https://banatropic.com.co/>

8.3.2 Proceso de despulpado de fruta

El proceso de despulpado consiste en separar la pulpa de las frutas de las semillas y otros elementos que no sean parte de la pulpa. Esto se realiza mediante movimientos rotativos de un conjunto de rascadores unidos a un eje, cuya potencia es dada por un sistema de poleas (sistema de transmisión), que a su vez regulan y reducen las revoluciones que vienen del motor.

Figura 12.

Diagrama de flujo.



Nota. La imagen representa el diagrama de flujo del proceso de despulpado de fruta. Adaptado de <https://repositorio.ucv.edu.pe/>

8.3.3 Descripción del proceso

8.3.3.1 Recepción y pesado. Se realiza la recepción verificando la calidad de la fruta (Presencia de contaminantes, grado de madurez, niveles de azúcar y color). Además, son pesadas y depositadas en cajas de plástico en el área de almacén.

8.3.3.2 Lavado. Ayuda a eliminar las impurezas que toda fruta tiene adheridas en su cosecha de manera se eliminan los microorganismos.

8.3.3.3 Selección. En esta etapa se retiran los frutos que no cumplen con las características mínimas adecuadas para obtener un producto de calidad.

8.3.3.4 Clasificación. Se clasifica la fruta por tamaño, diámetro, peso, según los requerimientos con el que opera la máquina.

8.3.3.5 Precocción. La fruta es sometida a un ligero tratamiento térmico. Cada fruta tiene un tiempo estimado de precocción para el caso del mango, dependiendo de la variedad, se aplica un tratamiento térmico a temperatura de ebullición de 4 a 5 minutos.

8.3.3.6 Eliminación de pedúnculos, pecíolos y recortes. Se realiza mediante a mano el retiro de los tallos o residuos de cálices.

8.3.3.7 Eliminación de los corazones de la fruta. Se extrae el corazón de la fruta de forma manual o mediante máquina para agilizar el proceso dependiendo de la fruta.

8.3.3.8 Pelado y pulpeado. El objetivo de esta operación es extraer o transformar la fruta en una pasta homogénea y separar la cáscara mediante una máquina despulpadora.

8.3.3.9 Colado y filtrado. En esta etapa se realiza un colado y filtrado para separar las impurezas que no se retuvieron en el proceso de despulpado.

8.3.3.10 Congelación. La congelación puede realizarse en forma continua o por enfriamiento. Las frutas preparadas pueden envasarse dentro del recipiente final antes de su congelación. Los recipientes utilizados para productos congelados deben ser poco permeables al vapor de agua y al oxígeno, suficientemente fuertes para soportar tensiones y deformaciones a que se ven sometidos durante el llenado, congelamiento, almacenamiento, transporte, poseen celofán, polietileno, polímeros de vinilo y vinilideno, poliésteres, poliamidas y polipropileno.

8.4 Tipos de máquinas despulpadoras

Sin duda, entre las máquinas para procesar alimentos la despulpadora es muy eficiente y permite reducir el tiempo de producción de la pulpa. De acuerdo con su capacidad de procesamiento, las despulpadoras se clasifican en semi industriales, con una capacidad de producción de hasta 50Kg/h, e industriales, las cuales permiten obtener una alta cantidad de pulpa.

Su Operación de separación en la que entra al equipo la fruta entera (mora, fresa, guayaba) en trozos o la masa pulpa semilla separada de la cascara para separar la pulpa de las partes no comestibles. Se extrae la parte comestible de la fruta, se presenta una separación de la pulpa de aquellos residuos sólidos como cáscaras y semillas

Figura 13.

Despulpadora de frutas.



Nota. La imagen representa una despulpadora de frutas. Adaptado de <https://www.directindustry.es/prod/sraml/product-210027-2136439.html>

8.4.1 Despulpadora semi industriales

Este tipo de despulpadora posee un diseño horizontal, al ser semi industrial su capacidad puede llegar a 50 kg/h, dispone de una tolva de alimentación en la cual su capacidad puede llegar a 50 kg/h, dispone de una tolva de alimentación en la cual se ingresa la fruta que será procesada, esta puede ser previamente cortada dependiendo de las características de la máquina, el motor hace girar las paletas internas que por fuerza centrífuga se filtra la pulpa por medio del tamiz interno. Aunque el principio es el mismo, encontramos dos variedades; por una parte, la despulpadora horizontal de tornillo sin fin, accionado por una manilla; sirve

para distintas frutas con solo cambiar el filtro del cono. Además, está la despulpadora horizontal de paletas, donde un motor hace girar unas paletas internas que presionan la fruta contra el tamiz que la filtra.

Figura 14.

Despulpadora semi industrial.



Nota. La imagen representa una despulpadora semi industrial. Adaptado de <http://imarca.com.ve/Despulpadoras-de-frutas.php>

8.4.2 Despulpadora horizontal de tornillo sin fin

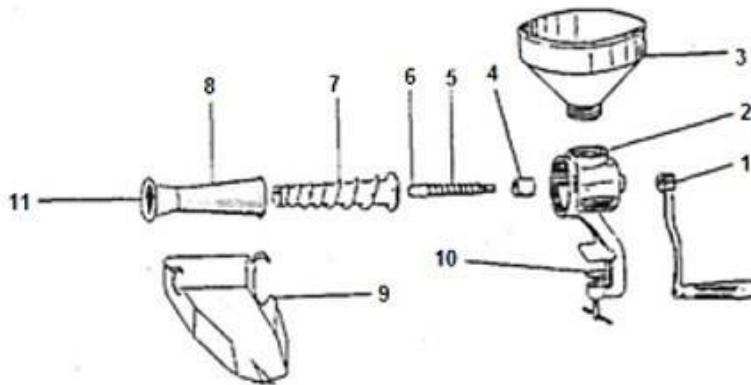
Consiste en un molino el cual tiene una tolva superior, por donde es alimentado con la materia prima, la que pasa a través de un filtro agujereado que es el extractor de la pulpa en forma de cono, en el interior está compuesto por un tornillo sin fin el que es accionado por una manilla

en sentido horario. Esta despulpadora puede servir para diferentes tipos de frutas sólo se debe cambiar el filtro del cono, dependiendo de qué tan pequeña sea la semilla. (Despulpadora, 2010).

Figura 15.

Despulpadora horizontal de tornillo sin fin manual.

1. Manija de rotación
2. Cuerpo del equipo
3. Tolva de alimentación de material prima
4. Arandela
5. Resorte
6. Perno
7. Rosca sin fin
8. Filtro agujerado extractor de pulpa
9. Deslizante de la pulpa extraída
10. prensa para asegurar el equipo a la mesa
11. Boquilla de salida de los desechos



Nota. La figura representa una Despulpadora horizontal de tornillo sin fin manual. Esta despulpadora puede ser accionada mediante un motor, el que se conectará cuando se requiera, para así agilizar el proceso. Adaptado de <http://despulfruc-tpa.blogspot.com/>.

Figura 16.

Despulpadora horizontal de tornillo sin fin accionada por motor.



Nota. La imagen representa una despulpadora horizontal de tornillo sin fin accionada por motor.

Adaptado de <https://gastronomica.com.ve/product/despulpadora-tomate-frutas-reber-mod-9004n/>.

8.4.3 Despulpadora horizontal de paletas.

Este tipo de máquinas al ser semi industriales su capacidad puede llegar a 50 kg/h, dispone de una tolva de alimentación en la cual se ingresa los frutos, estos pueden ser cortados previamente dependiendo del tamaño de los mismos. El motor hace girar las paletas internas, que por fuerza centrífuga se filtra la pulpa por medio del tamiz interno. Permite el aprovechamiento de la fruta de 50% hasta 90% con poco desperdicio. Es de fácil limpieza y mantenimiento, Figura 6. (IMARCA)

8.4.4 Despulpadoras industriales

Poseen una elevada capacidad de producción y son de dos tipos: horizontales y verticales.

8.4.4.1 Despulpadora horizontal. Es un equipo muy versátil fabricado en acero inoxidable T-304 grado alimenticio, con aspas que poseen banda de caucho quirúrgico graduable, incluye dos tamices intercambiables los cuales se adaptan de acuerdo a la fruta a manejar. La fuerza centrífuga de giro de las aspas que van unidas a un eje que gira a una velocidad fija, lleva a la fruta contra las paredes del tamiz allí es arrastrada logrando que el fluido pase a través de los orificios separando la pulpa de los demás residuos como las semillas, cáscaras, vástagos y desechos, obteniendo pulpas para jugos, néctares o purés y dulces.

Figura 17.

Despulpadora horizontal.



Nota. La imagen representa una despulpadora horizontal de fruta. Adaptado de <http://inducardin.com/index.php/product/despulpadora-horizontal/>

8.4.4.2 Despulpadora vertical. Es una máquina de capacidad industrial, el principio de funcionamiento es similar a la máquina horizontal, a diferencia de su cuerpo que es en posición vertical, esta máquina posee paletas rotatorias que comprimen el producto contra el tamiz y la pulpa es evacuada por la parte inferior del cilindro contenedor y por el otro lado salen los desechos. (Industrias Cardín) Poseen un sistema de alimentación mediante una tolva, adecuada a una altura específica. En el mercado se puede presentar en dos configuraciones, esto se da ya que el sistema matriz el cual genera movimiento es ubicado en diferentes posiciones tanto en la parte inferior como en la parte superior, como se observa en las figuras 11 y 12 respectivamente.

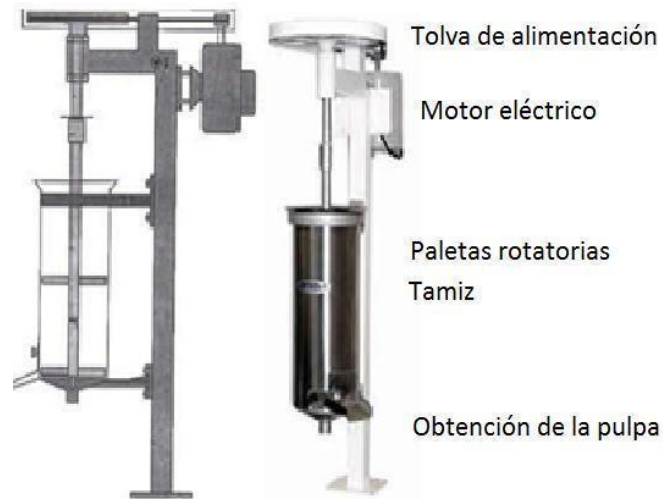
Figura 18. *Despulpadora vertical fuente motriz inferior.*



Nota. La imagen representa una despulpadora vertical fuente motriz inferior. Adaptado de <https://inducardin.com/index.php/product/despulpadora-vertical/>

Figura 19.

Máquina despulpadora vertical fuente motriz superior.



Nota. La imagen representa una máquina despulpadora vertical fuente motriz superior.

Adaptado de <https://docplayer.es/59806346-Universidad-internacional-del-ecuador.html>

8.5 Acero inoxidable en la industria alimenticia.

El acero inoxidable se ha convertido en un material imprescindible en la industria alimentaria. Es un material que ofrece grandes beneficios en la producción alimentaria, ya que es metal muy higiénico, duradero en el tiempo y resistente a la corrosión.

¿Por qué se usa el acero inoxidable en la industria alimentaria?

Para ponernos en antecedentes y comprender los beneficios que tiene la utilización del acero inoxidable en la industria alimentaria, debemos saber la importancia que tiene cumplir las normas de seguridad alimentaria en los procesos de elaboración, producción, transporte, almacenamiento y conservación de los alimentos. El objetivo clave es la higiene, evitando la

contaminación en la manipulación de las materias primas. Es por eso que emplear materiales adecuados en estos procesos facilitará el cumplimiento de los requisitos en mayor medida.

Beneficios que aporta el acero inoxidable en los procesos alimentarios:

- Material muy resistente a la corrosión, que puede ser provocada por diferentes factores.
- Su superficie es compacta y poco rugosa.
- Elevada resistencia a las variaciones térmicas.
- Muy resistente a golpes y tensiones mecánicas.
- Se puede limpiar en profundidad sin verse alterado el material, facilitando la eliminación de bacterias.
- No está recubierto por ningún protector que se degrade fácilmente.

¿Qué acero inoxidable es el más utilizado en la industria alimentaria?

Es la Unión Europea quien define los requisitos básicos para materiales y objetos que entren en contacto con alimentos mediante el Reglamento 21935/2004/CE.

La elección del acero inoxidable adecuado para estar en contacto con los alimentos basado en el Reglamento de la Unión Europea depende en mayor grado de las condiciones ambientales de la industria en cuestión. Pero en general, los más indicados son los aceros inoxidables austeníticos (1.4301, 1.4404). En el caso de una mayor exposición a la corrosión, es necesario recurrir a aceros dúplex.

El único acero que no se debe utilizar en alimentos es la aleación de azufre 1.4305.

En definitiva, la utilización del acero inoxidable en la industria alimentaria reúne todos los requisitos necesarios para garantizar el cumplimiento de las normas de seguridad alimentaria.

Figura 20.

Aplicaciones del acero inoxidable en la industria



Nota. La imagen representa las aplicaciones del acero inoxidable en la industria. Adaptado de <https://embuticion.com/acero-inoxidable-para-el-sector-alimentario/>

8.5.1 Acero Inoxidable

Esta aleación es resistente a la corrosión y al calor. Para los aceros inoxidables se emplea la categoría AISI que utiliza un código de tres dígitos a veces seguido de una o más letras. El primer dígito da una pista de la clase de acero. Serie 2xx y 3xx corresponden a aceros austeníticos. La serie 4xx contiene los aceros ferríticos y martensíticos. El segundo y tercer dígito no están

relacionados a la composición ni se sigue una secuencia (ejemplo 430 y 446 son ferríticos mientras que 431 y 440 son martensíticos).

Tabla 4.

Sistema de numeración para identificar los aceros inoxidable.

Designación de la serie	Grupos
2XX	Cromo-níquel-manganeso; no endurecibles, austeníticos, no magnéticos.
3XX	Cromo-níquel; no endurecibles, austeníticos, no magnéticos.
4XX	Cromo-carbono; endurecibles, martensíticos, magnéticos.
4XX	Cromo; no endurecibles, ferríticos, magnéticos.
5XX	Cromo; bajo cromo, resistentes al calor.

Nota. La tabla representa el sistema de numeración para identificar los aceros inoxidable.

Adaptado de AVNER, 1988.

La propiedad de resistencia a la corrosión se debe a una película delgada, adherente, estable de óxido de cromo o de níquel que protege efectivamente al acero contra medios corrosivos. 15 el extenso rango de propiedades y características secundarias, presentes en los aceros inoxidable hacen de ellos un grupo de aceros muy versátiles.

8.5.2 Tipos de aceros Inoxidables

Los aceros inoxidable se clasifican en función de los distintos elementos que lo componen.

De forma general, se consideran tres familias básicas:

- Aceros martensíticos.
- Aceros ferríticos.
- Aceros austeníticos.

La mayor parte de las aleaciones de acero inoxidable utilizadas actualmente se desarrollaron entre 1913 y 1935.

Posteriormente se desarrollaron aleaciones con una mayor resistencia a la corrosión y propiedades mecánicas más elevadas dando lugar a la creación de dos nuevas familias:

- DUPLEX.
- ENDURECIBLES POR PRECIPITACIÓN.

8.5.2.1 Aceros martensíticos. Son la primera rama de los aceros inoxidables simplemente al cromo. Fueron los primeros que se desarrollaron industrialmente.

- Grados Tipo AISI: Ej (410, 414, 416, 420, 440)
- Contienen Cromo de 10,5% a 18% más carbono hasta 1,2%
- Se utilizan en Cuchillería, discos de freno, partes para bombas y turbinas a gas o vapor, tuercas y tornillos, equipos quirúrgicos, instrumentos dentales, cabezas de palos de golf, etc.

8.5.2.2 Aceros ferríticos. Los aceros inoxidables ferríticos empleados en la industria alimentaria contienen al menos 16% de cromo y 0,12% de carbono.

El ISSF (International Stainless Steel Forum) clasifica los grados ferríticos en cinco grupos, tres familias “estándar” y dos grados especiales.

El GRUPO 2 (tipo 430) es comúnmente utilizado en los equipos comerciales de alimentos, siendo ideal para ciertas aplicaciones.

Los GRUPOS 3,4 y 5 ofrecen grados de rendimiento más alto tanto mecánico como en resistencia a la corrosión.

Grupo 2: 14% - 18% de cromo. Tipo 430

Grupo 3: 14% - 18% de cromo. Tipos 430Ti, 430 Nb, 439, 441. Incluyen elementos estabilizadores como el titanio y niobio.

Grupo 4: Con adición de Molibdeno (0.5%). Tipos 436, 444. Contienen molibdeno Arriba del 0.5%.

Grupo 5: 18 - 30% de cromo. Tipos 445, 446. No pertenecientes a los otros grupos.

Características

- Resistencia a la corrosión de moderada a buena.
- Se endurecen por deformación en frío.
- No pueden ser endurecidos por tratamiento térmico.
- Son magnéticos.
- Pobre dureza.
- Su uso se limita a procesos de formado en frío de poca severidad.
- Usos ferríticos en el hogar e industria alimenticia

8.5.2.3 Aceros austeníticos. Los aceros inoxidable austeníticos constituyen la familia con el mayor número de aleaciones disponibles.

Grados Tipo:

(301, 303, 304, 304L, 309, 310, 310S, 316, 316L, 316Ti, 317, 321, 347, 904L, 201, 204).

Contienen Cromo del 16% al 26% y su contenido de carbono se mantiene bajo, en algunos casos de muy bajo carbono (L=low carbón= 0,03%) para impedir la falla de soldaduras por corrosión intergranular.

Aceros austeníticos: el AISI 304

Se utilizan principalmente en la industria química y del petróleo, alimenticia y farmacéutica, del alcohol, aeronáutica, naval, transporte, en la arquitectura y en la construcción civil.

El grado AISI 304 contiene aprox. 0,05% de carbono, 18% de cromo y 8% de Níquel. Es el más utilizado en la industria alimentaria (tanques de almacenamiento, transporte de leche, contenedores, equipos de proceso, tuberías) entrando en contacto con el producto. También se utiliza el AISI 316 cuando el grado de resistencia a la corrosión así lo requiere (ej. quesos salados, procesos con cloro o dióxido de azufre).

Características:

- Excelente formalidad.
- Superior resistencia a la corrosión.
- Endurecibles por deformación en frío.
- Excelente soldabilidad.
- Excelente factor de higiene y limpieza.
- Tienen la habilidad de ser funcionales en temperaturas extremas (bajas y altas).
- Formato sencillo y de fácil transformación.
- En estado recosido, su magnetismo tiende a 1.

8.5.3 Composición química

Tabla 5.

Composición química

EN	AISI	C% min - max	Cr% min - max	Ni% min - max	Mo% min - max	N% min - max	Cu% min - max	Others
1.4021	420	0.16 - 0.25	12 - 14					
1.4116		0.45 - 0.55	14 - 15		0.5 - 0.8			V% = 0.10 to 0.20
1.4125	440C	0.95 - 1.20	16 - 18		0.4 - 0.8			
1.4016	430	0.08	16 - 18					
1.4509	441	0.030	17.5 - 18.5					Nb% = 3xC%+0.30 to 1.00 Ti% = 0.10 to 0.60
1.4510	439	0.05	16 - 18					Ti% = 4x(C%+N%) +0.15 to 0.80
1.4521	444	0.025	17 - 20		1.8 - 2.5	0.030		
1.4301	304	0.07	17 - 19.5	8 - 10.5		0.11		
1.4307	304L	0.030	17.5 - 19.5	8 - 10		0.11		
1.4401	316	0.07	16.5 - 18.5	10 - 13	2.0 - 2.5	0.11		
1.4404	316L	0.030	16.5 - 18.5	10 - 13	2.0 - 2.5	0.11		
1.4541	321	0.08	17 - 19	9 - 12				Ti% = 5xC% to 0.7
1.4539	904L	0.020	19 - 21	24 - 26	4.0 - 5.0	0.15	1.2 - 2.0	
1.4547		0.020	19.5 - 20.5	17.5 - 18.5	6.0 - 7.0	0.18 - 0.25	0.5 - 1.0	
1.4529		0.020	19 - 21	24 - 26	6.0 - 7.0	0.15 - 0.25	0.5 - 1.5	
1.4542	630	0.07	15 - 17	3 - 5	0.6	0.45	3 - 5	Nb% = 5xC% to 0.45
1.4462		0.030	21 - 23	4.5 - 6.5	2.5 - 3.5	0.10 - 0.22		
1.4362		0.030	22 - 24	3.5 - 5.5	0.1 - 0.6	0.05 - 0.20	0.1 - 0.6	

Nota. La tabla representa la composición química del acero. Adaptado de <https://www.famiq.com.ar/informacion-tecnica/clasificacion-aceros>

8.6 Soldadura en acero inoxidable

¿Qué es la soldadura?

La soldadura es un proceso de unión entre metales (unión metalúrgica) por la acción del calor, con o sin aporte de material metálico nuevo, dando continuidad a los elementos unidos.

Tipos de soldadura en acero inoxidable:

8.6.1 Soldadura manual

- Es la forma más común de unir dos cañerías o piezas.
- Requiere de mano de obra calificada (soldadores) para unir dos piezas de acero inoxidable.
- El método más común es el TIG, que es el que utiliza electrodo de tungsteno y material de aporte.

Figura 21.

Soldadura manual



Nota. La imagen representa la soldadura normal. Adaptado de <https://www.famiq.com.ar/informacion-tecnica/soldadura>.

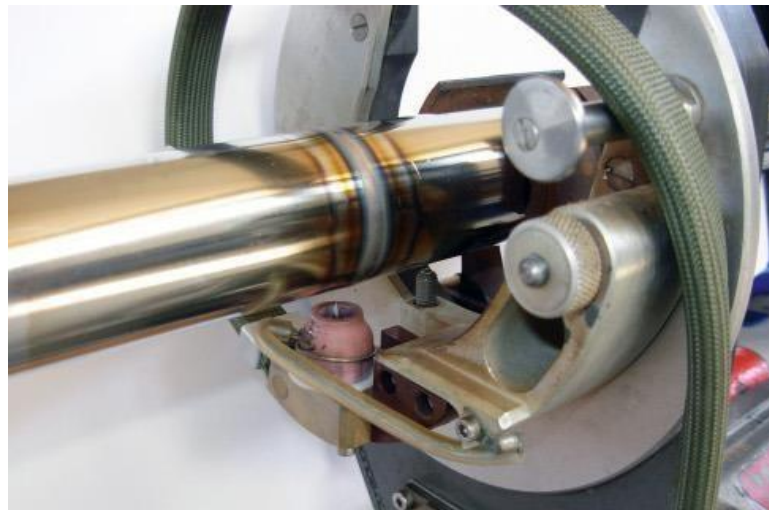
8.6.2 Soldadura orbital

- ✓ Este tipo de soldadura se realiza con una máquina específica cuya única función es realizar soldaduras orbitales.
- ✓ Estas soldaduras son mucho más precisas y confiables que las soldaduras manuales con TIG.

- ✓ El operario requiere menos capacitación que el equivalente al aprendizaje como soldador manual TIG.
- ✓ En caso de que la instalación deba contar con una gran cantidad de soldaduras, este tipo de máquinas o procesos hace que esas soldaduras sean más homogéneas y parejas en toda la instalación.

Figura 22.

Soldadura orbital



Nota. La imagen representa la soldadura orbital. Adaptado de <https://www.famiq.com.ar/informacion-tecnica/soldadura>

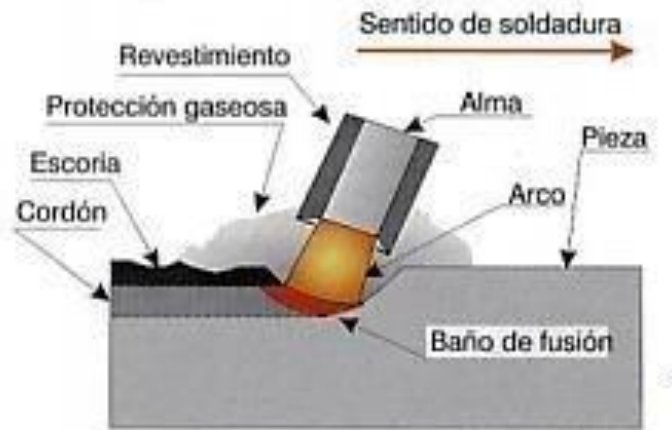
8.6.3 Por arco eléctrico

El procedimiento de soldadura por arco consiste en provocar la fusión de los bordes que se desea soldar mediante el calor intenso desarrollado por un arco eléctrico.

Los bordes en fusión de las piezas y el material fundido que se separa del electrodo se mezclan íntimamente, formando, al enfriarse, una pieza única, resistente y homogénea.

Figura 23.

Arco eléctrico.



Nota. La imagen representa el arco eléctrico. Adaptado de <https://www.famiq.com.ar/informacion-tecnica/soldadura>.

8.6.4 Soldadura por arco en atmósfera inerte TIG (GTAW)

Este procedimiento se basa en aislar el arco y el metal fundido de la atmósfera, mediante un gas inerte (helio, argón, hidrogeno, anhídrido carbónico, etc.).

Figura 24.

Soldadura por arco en atmósfera inerte TIG (GTAW)



Nota. La imagen representa la soldadura por arco en atmósfera inerte TIG (GTAW).

Adaptado de <https://www.famiq.com.ar/informacion-tecnica/soldadura>.

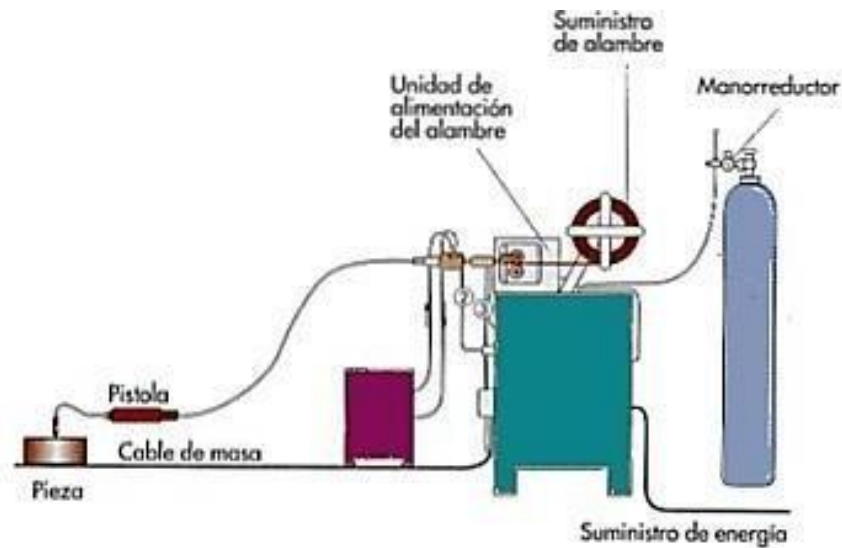
8.6.5 Soldadura por arco en atmósfera inerte MIG-MAG (GMAW)

Aquí se sustituye el electrodo refractario de wolframio por un hilo de alambre continuo y sin revestimiento que se hace llegar a la pistola junto con el gas.

Según sea el gas así recibe el nombre, (MIG= Metal Inert Gas) o MAG si utiliza anhídrido carbónico que es más barato.

Figura 25.

Soldadura por arco en atmósfera inerte MIG-MAG (GMAW)



Nota. La imagen representa la soldadura por arco en atmósfera inerte MIG-MAG (GMAW).

Adaptado de <https://www.famiq.com.ar/informacion-tecnica/soldadura>

8.6.6 Termo-coloración de soldaduras

La termo-coloración es el resultado del engrosamiento de la capa de óxido transparente que se forma espontáneamente en la superficie del acero.

Los colores producidos son similares a los «colores de templado» apreciables en otras superficies de acero después de los tratamientos térmicos y van desde tono rojizo al azul oscuro.

Figura 26.

Termo-coloración de soldaduras



Nota. La imagen representa el diagrama de flujo del proceso de despulpado de fruta. Adaptado de <https://www.famiq.com.ar/informacion-tecnica/soldadura>.

Ensamblado de acero inoxidable antes y después del decapado: la fabricación de piezas de acero inoxidable más grandes comporta inevitablemente una o más zonas de soldadura. Es muy importante tratar la mancha de termo-coloración con la misma intensidad y atención en todas partes, incluso en partes de la construcción de difícil acceso.

Las manchas de termo-coloración por soldadura visibles sobre las superficies de acero inoxidable reducen la resistencia a la corrosión de la superficie. Es una buena medida eliminar todas estas manchas visibles, tanto por cuestión estética como porque le devuelve al acero su resistencia a la corrosión.

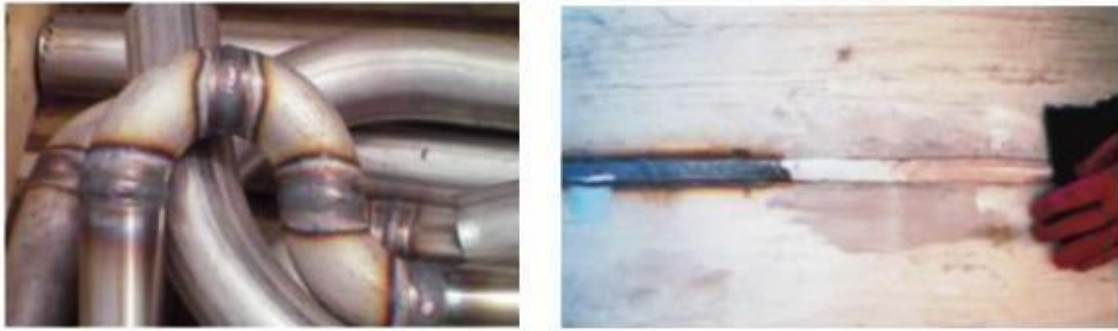
8.6.7 Decapado

El decapado es la eliminación de una fina capa de metal de la superficie del acero inoxidable. Se suelen emplear mezclas de ácido nítrico y fluorhídrico para el decapado de los aceros inoxidables.

Este proceso es utilizado para eliminar las manchas de termo-coloración por soldadura de la superficie de elementos de acero inoxidable, en los que se ha reducido el contenido de cromo de la superficie del acero.

Figura 27.

Decapado



Nota. La imagen representa el decapado. Adaptado de <https://www.famiq.com.ar/informacion-tecnica/soldadura>

Elementos tubulares de acero inoxidable: las zonas soldadas han sido sometidas a altas temperaturas y muestran una leve cascarilla. Estas manchas de soldadura generalmente solo se pueden eliminar mediante decapado.

8.6.7.1 Procedimiento de decapado (GENOX). Aplicar GENOX sobre el cordón de soldadura y la zona adyacente (½”) en cantidad suficiente con pincel de cerda natural o sintética o espátula plástica.

Para la remoción de contaminación por hierro en chapas y equipos (no soldaduras) utilizarlo en dilución 1:3 con agua por breves minutos y luego enjuagar. Los tiempos de exposición para limpiezas y decapado de soldaduras varían entre 5 a 50 minutos, las variables a tener en cuenta para la aplicación son: el metal base, el proceso de soldadura y el aporte.

Figura 28.

Producto Genox



METAL BASE - AISI -	METODO DE SOLDADURA	TIEMPO DE EXPOSICIÓN
301-302-304-308	T.I.G	5 A 10 min.
301-302-304-308	S.M.A.W / M.I.G	10 A 30 min.
309-310-316	T.I.G	10 A 30 min.
309-310-316	S.M.A.W / M.I.G	25 A 50 min.
304L-316L	T.I.G	20 A 30 min.
304L-316L	S.M.A.W / M.I.G	30 a 50 min.
410-420-430*	T.I.G	5 A 10 min.

Nota. La imagen representa producto Genox. Adaptado de <https://www.famiq.com.ar/informacion-tecnica/soldadura>

8.6.8 Pasivado

A diferencia con el decapado, durante el pasivado mediante ácido no se elimina metal alguno de la superficie. En cambio, la calidad y el espesor de la capa pasiva crecen rápidamente en el proceso de pasivado mediante ácido.

Pueden darse circunstancias en que los procesos de decapado y pasivado se produzcan sucesivamente (en lugar de simultáneamente), durante tratamientos que empleen ácido nítrico, si bien el ácido nítrico por sí mismo sólo podrá pasivar las superficies de acero inoxidable.

Figura 29.

Pasivado.



Nota. La imagen representa el Pasivado. Adaptado de <https://www.famiq.com.ar/informacion-tecnica/soldadura>.

Efecto irregular del tratamiento con ácido debido a una limpieza deficiente.

8.6.8.1 Limpieza. Para una óptima resistencia a la corrosión, las superficies de acero inoxidable deben estar limpias y sin contaminación orgánica (grasa, aceite, pintura, etc.) o metálica, especialmente de restos de hierro o acero al carbono.

Entre las fuentes habituales de contaminación por hierro en los elementos de acero inoxidable están:

- El uso de herramientas, y equipos de proceso y manipulación de acero al carbono (guardas, soportes, ganchos y cadenas de elevación, etc.) sin una adecuada limpieza.
- El corte, fabricación o ensamblaje de metal en fábricas de «diversos metales», sin medidas de separación o limpieza apropiadas.

Es un caso típico de contaminación por hierro causada por el uso conjunto de hierro (o acero) y acero inoxidable en el mismo trabajo sin una adecuada separación de los materiales.

Figura 30.

Limpieza



Nota. La imagen representa el diagrama de flujo del proceso de despulpado de fruta. Adaptado de <https://www.famiq.com.ar/informacion-tecnica/soldadura>

En el proceso de descontaminación, es importante eliminar realmente las trazas de hierro y no simplemente esparcidas.

Proceso completo de limpieza

Después de un procedimiento típico de producción, el proceso de limpieza final se ha de desarrollar como se indica a continuación.

- Inspección

- Pretratamientos mecánicos

- Desengrasado

- Aclarado

- Decapado

- Desmut (manchas oscuras)

- Aclarado

- Pasivado

- Neutralizado

- Inspección

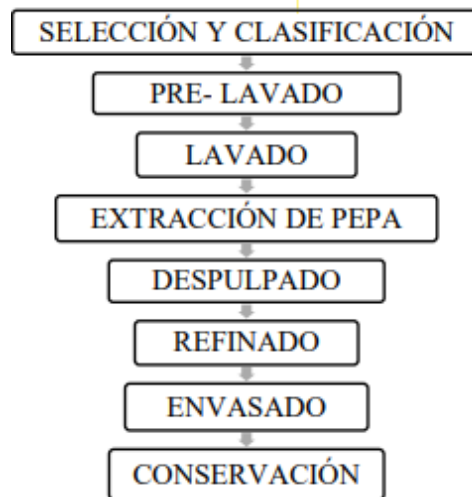
8.6.9 Proceso de despulpado de mango

Para este proceso es necesario sacar la pepa de la fruta antes que ingrese a la máquina esto es una gran ventaja ya que no se necesita tener varios repuestos de tamices ya que si ingresase el

mango con toda su pepa dañaría el tamiz para semillas de menor diámetro en la Figura 28 se muestra el proceso de producción de extracción de pulpa de mango.

Figura 31.

Proceso de despulpado de mango



Nota. Proceso de despulpado para mango de la empresa Productos Suiza Dajed Cia. Ltda

8.6.9.1 Densidades de las frutas. Para el diseño de las partes mecánicas que componen la máquina despulpadora se tomara en cuenta la densidad de las frutas. Las fuerzas que sometan a los elementos mecánicos irán en base a la fruta con mayor densidad.

Se procedió medir la masa de 1000 gramos de cada tipo de fruta y medir el volumen de cada una con estos datos se calculó la densidad mediante la **Ec 1.**

$$\rho = \frac{m}{V} \quad \text{Ec 1.}$$

Donde:

$\rho =$ Densidad de la fruta

$m =$ Masa de la fruta

$V =$ Volumen de la fruta

Procedimiento del experimento:

- Pesar 1000 g de fruta.
- En un recipiente de 2000 cm³ colocar 500 cm³ de agua.
- Colocar la fruta en el recipiente y medir el volumen exacto.
- Con el valor de la cantidad medida anteriormente proceder a restar 500 cm³.
- El resultado final será el volumen de la fruta.

Tabla 6.

Resultado del cálculo de volumen y densidad

Fruta	Masa (g)	Volumen (cm ³)	Densidad (kg/m ³)
Mango	1000	780	1282,1

Nota. La tabla representa el resultado del cálculo de volumen y densidad. Elaborado por los autores.

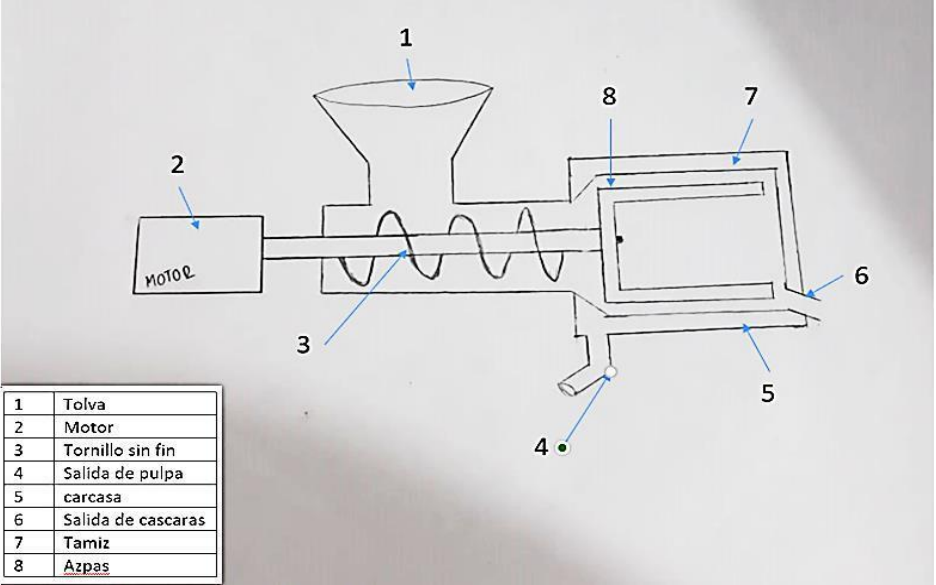
9. Diseño de la máquina despulpadora seleccionada

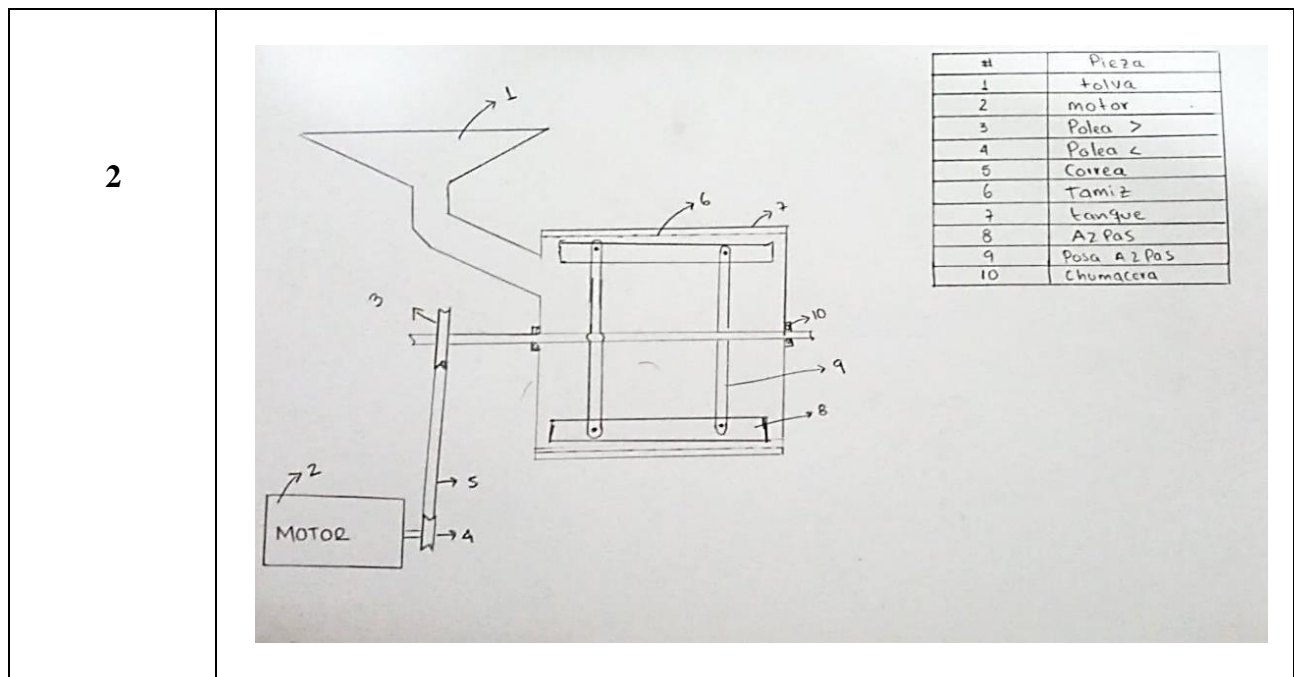
9.1 Evolución del prediseño de la máquina

El prediseño toma en cuenta los requerimientos y necesidades de la persona que necesita la máquina, durante esta etapa se le realizaron algunas mejoras y correcciones al diseño.

Tabla 7.

Prediseño de la máquina despulpadora seleccionada.

Prediseño	Máquina despulpadora																
1	 <table border="1" data-bbox="479 1262 699 1457"> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>Tolva</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>Motor</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>Tornillo sin fin</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>Salida de pulpa</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>carcasa</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>Salida de cascara</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>Tamiz</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>Azpas</td> </tr> </tbody> </table>	1	Tolva	2	Motor	3	Tornillo sin fin	4	Salida de pulpa	5	carcasa	6	Salida de cascara	7	Tamiz	8	Azpas
1	Tolva																
2	Motor																
3	Tornillo sin fin																
4	Salida de pulpa																
5	carcasa																
6	Salida de cascara																
7	Tamiz																
8	Azpas																



Nota. En la tabla 7, se puede observar el cambio y la evolución del diseño tanto en la parte física como en su peso y con esto así también reducir costos. Elaboración propia.

Una vez hecho el análisis de los dos prediseños se opta por el segundo siempre teniendo en cuenta los requerimientos del usuario, los aspectos para considerar fueron los siguientes:

- Bajar costos
- Bajar peso a la máquina
- Estética de la máquina

9.2 Diseño de elementos

9.2.1 Diseño de tolva de alimentación de fruta

El diseño de la tolva se tomará en cuenta los siguientes parámetros:

La capacidad de la tolva debe ser de un máximo de 27 kg bajo el parámetro establecido por los objetivos del proyecto ya que deberá despulpar alrededor de 500-700 kg/h

El material de la tolva debe tener propiedades que eviten la corrosión o reacciones químicas de la fruta con el material y resistencia a la fricción.

La tolva debe tener un mecanismo para aislar la tolva de la máquina facilitando la limpieza de las demás partes de la máquina.

Cálculo de volumen de fruta en la tolva:

Para el diseño de tolvas se utiliza la ecuación de la densidad aparente del producto que ingresara a la tolva.

$$\rho_f = \frac{m_f}{V_f} \quad \text{Ec 2.}$$

Donde:

$\rho_f =$ Densidad de la fruta

$m_f =$ masa de la fruta

$V_f =$ Volumen de la fruta en la tolva

Ya antes se calculó la densidad es el mango, se despeja el volumen obteniendo:

$$V_f = m_f \rho_f$$

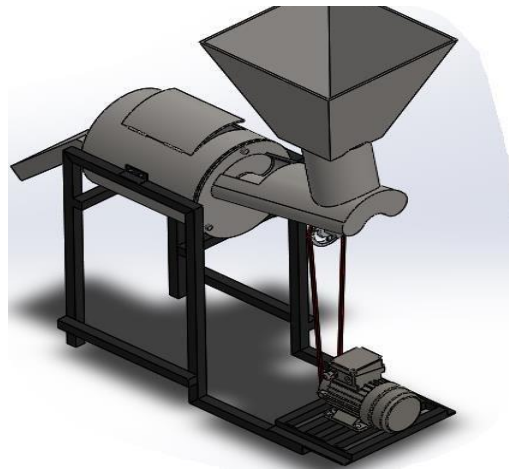
$$V_f = 27 \text{ kg} / 1282,1 \text{ kg m}^3$$

$$V_f = 0,021059 \text{ m}^3$$

Por lo tanto, el volumen de fruta calculado es de $0,021059 \text{ m}^3$ por ende este resultado será el volumen de la tolva con una tolerancia del + 5%. Con el resultado volumen de fruta se procede a dimensionar la tolva tomando en cuenta los ángulos de inclinación ya que es necesario que la fruta se deslice con rapidez y facilidad hacia la cámara de despulpado.

Figura 32.

Diseño de tolva



Nota. La imagen representa el diseño de la tolva. Elaboración propia.

9.2.2 Diseño de paletas

Las paletas generan un movimiento rotativo transmitidas por un sistema formado por un motor, poleas, bandas y eje. Este movimiento rotativo es transmitido al mango previamente cortado el cual con ayuda de las paletas puede entrar en contacto con el tamiz y así permitir la salida de la pulpa del mango. Están estarán hechas del material teflón y tienen una medida de (8*40*180) mm

9.2.2.1 Cálculo de fuerza en la paleta. La fuerza que se generan en las paletas se calculó suponiendo el caso extremo que el tanque principal de la máquina este completamente lleno. Con este valor del volumen del tanque y la densidad anteriormente calculada del mango podremos saber la fuerza que se ejerce en las paletas. Ver Figura 33.

$$\rho_f = 1282.1 \text{ kg/m}^3$$

para el cálculo del volumen del tanque vamos a suponer, $D=220 \text{ mm}$, $L=314 \text{ mm}$

$$V_t = \pi * \frac{0.190^2}{2} * 0.310$$

$$V_t = 0.8789 * 10^{-3} \text{ m}^3$$

Ahora sabemos que para el cálculo de masa debemos utilizar la siguiente formula:

$$\rho_f = \frac{m_t}{V_t} \quad \text{Ec. 3}$$

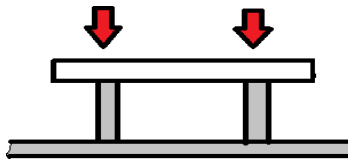
$$m_t = \rho_t * V_t$$

$$m_t = 1282.1 \text{ kg/m}^3 * 0.8789 * 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$m_t = 11.26 \text{ kg}$$

Figura 33.

Fuerzas en el aspa



Nota. La imagen representa las fuerzas en el aspa. Elaboración propia.

La masa en cada soporte de aspa sería la mitad de mt :

$$mt = 11.26kg$$

$$m = 11.26kg/2$$

$$m = 5.63kg$$

Luego la fuerza será igual a:

$$f = 5.63kg * 9.81 \frac{m}{s^2}$$

$$f = 55.23 N$$

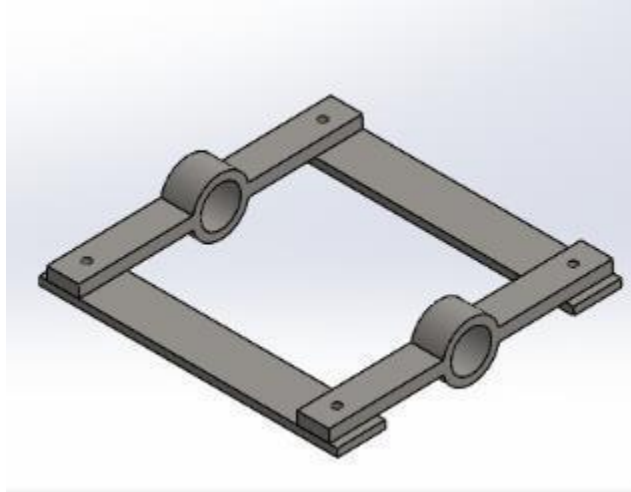
Ya se calculó la fuerza que ejerce la fruta, en este caso el mango, en las aspás de despulpado; Sabiendo que asumimos un motor con revoluciones por minuto y potencia, 1730rpm y 1hp respectivamente. Con las investigaciones ya antes realizadas podemos saber que en la industria los ejes de despulpado giran (600-700) rpm con esta información se hizo un cálculo de las poleas en este caso dando como resultado los siguientes diámetros.

9.2.3 *Diseño de soporte de paletas*

El soporte de aspás es un elemento que se mueve en forma giratoria ya que se encuentra vinculado al eje motriz. También sostiene a las aspás con ayuda de un tornillo a cada lado del soporte como se muestra en la Figura 31.

Figura 34.

Soporte de paletas.



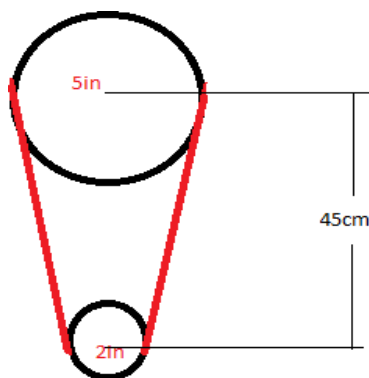
Nota. La imagen representa el soporte de las paletas. Elaboración propia

9.2.4 Cálculo de diámetros, fuerza y momento en las poleas

Para un motor de 1hp a 1730 y una polea de 2in se necesita una polea de 5in para llegar a aproximadamente a las 692rpm. Ver **Figura 35.**

Figura 35.

Disposición de las poleas



Nota. La imagen representa la disposición de las poleas. Elaboración propia.

$$\frac{1730rpm}{X} = \frac{692rpm}{2 in}$$

$$x = \frac{1730 * 2}{692rpm}$$

$$x = 5 in$$

$$r = \frac{1Hp * 716}{1730}$$

$$r = 4.06 \frac{N}{m}$$

Con este valor del torque podemos calcular el valor de la fuerza que se ejerce en la correa de las poleas.

$$r = f_{py} * r$$

Ec 4.

$$4.06 = f_{py} * 0.0254$$

$$f_{py} = 159.84 N$$

Esta fuerza también ejerce un momento respecto del plano x-z

Para calcular la fuerza en z de la polea se utilizó la siguiente ecuación:

$$f_{pz} = 159,84 \cos(11,90)$$

$$f_{pz} = 156.40 N$$

El valor de 11,90 es el ángulo que se forma en la correa en las dos poleas este ángulo se calculó utilizando GeoGebra $\gamma = 11.90$.

Calculando el momento se tiene como resultado:

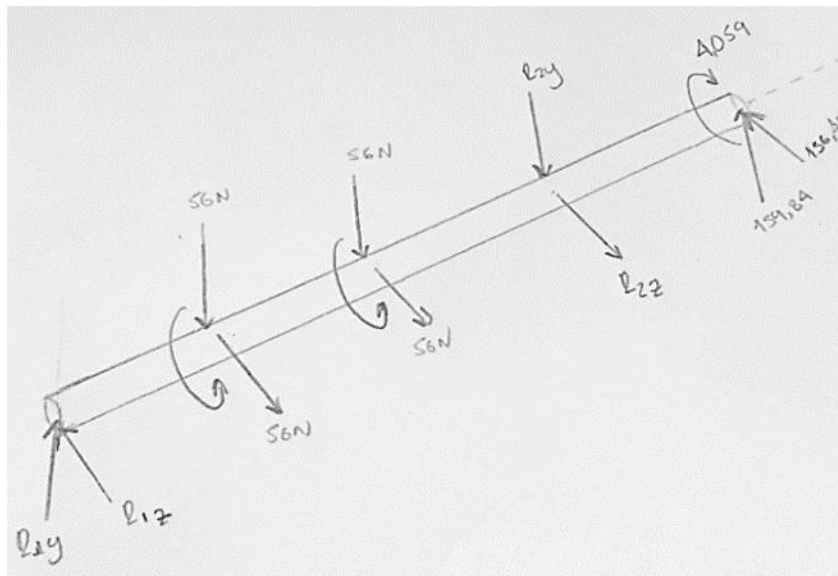
$$M = 156.40 * 0.0254$$

$$M = 4.059 \text{ Nm}$$

9.2.5 Diagrama de cuerpo libre del eje motriz

Figura 36.

Diagrama cuerpo libre.



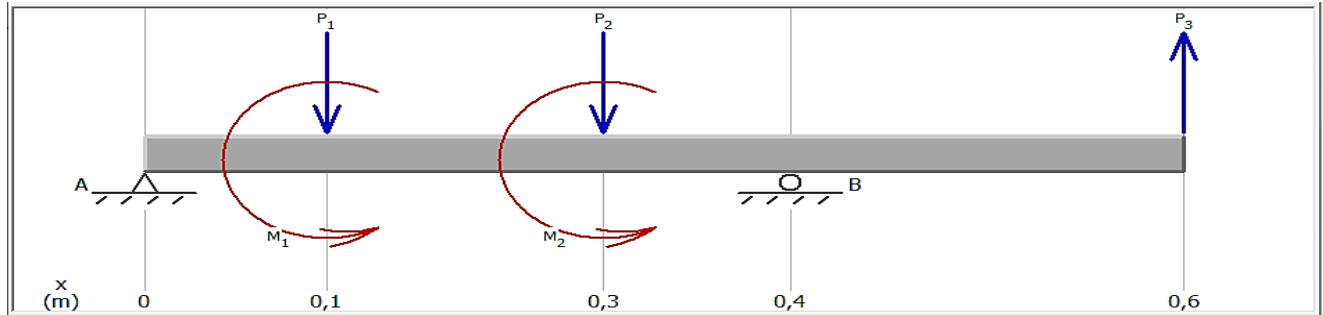
Nota. La imagen representa las fuerzas en el aspa. Elaboración propia.

A continuación, se verán las fuerzas que resiste el eje en los dos planos (x-y; x-z) en los planos.

- Cálculo de las reacciones en el plano x-y. ver Figura 37.

Figura 37.

Diagrama fuerzas y momentos en el plano x-y.



Nota. La imagen representa los diagramas fuerzas y momentos en el plano x-y. Elaboración propia.

Con la sumatoria de fuerza igual a cero en Y se tiene que:

$$R_1 + R_2 + 159.84 \text{ N} - 56 \text{ N} - 56 \text{ N} = 0 \quad \text{Ec 5.}$$

$$R_1 + R_2 = -47.84$$

Ahora con la sumatoria de momento en el punto R_1 podremos saber el valor de R_2

$$-56 \text{ N}(0.103) - 56 \text{ N}(0.260) + R_2(0.366) + 159.84 \text{ N}(0.589) + 9.408 \text{ Nm} = 0$$

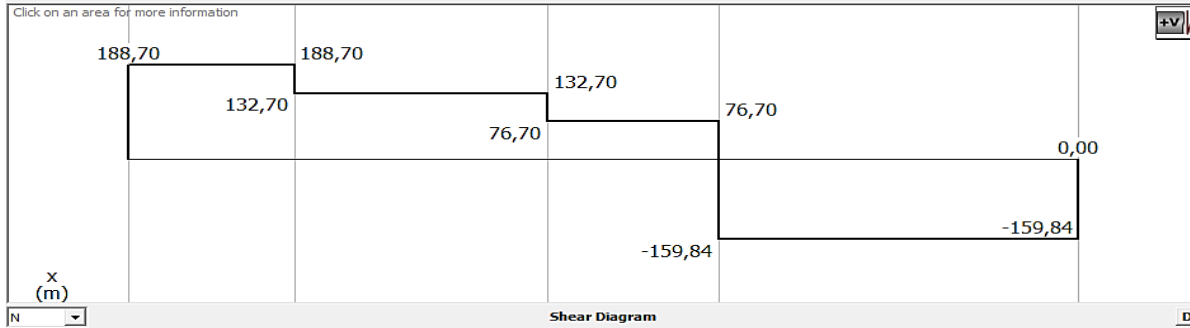
$$R_2 = -236.487 \text{ N}$$

Luego el valor de R_1 será igual a:

$$R_1 = -47.84 + 201.687$$

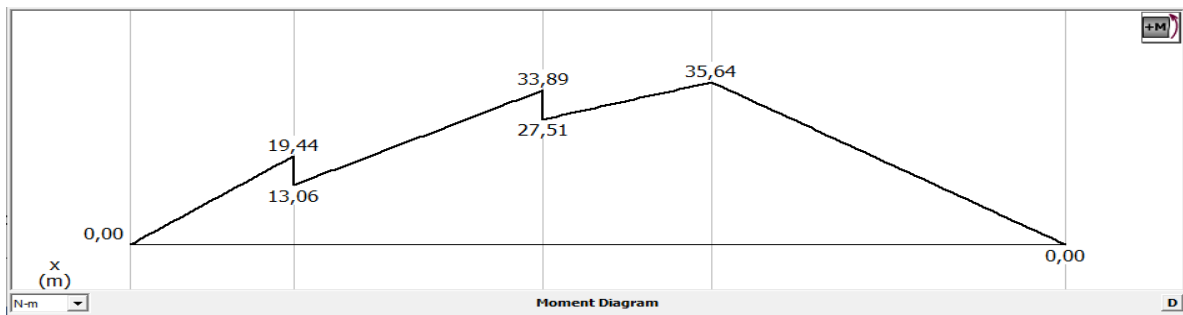
$$R_1 = 188.70 \text{ N}$$

- Cálculo del diagrama de cortante en el plano x-y. ver Figura 38.

Figura 38.*Diagrama cortante.*

Nota. La imagen representa el diagrama cortante. Elaboración propia.

- Cálculo del diagrama de momento en el plano x-y. ver Figura 36.

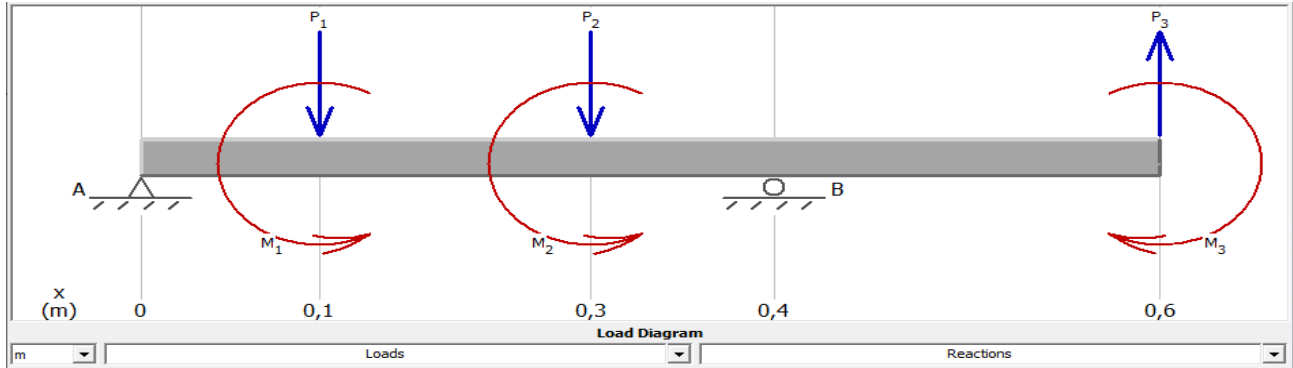
Figura 39.*Diagrama momento.*

Nota. La imagen representa el diagrama momento. Elaboración propia.

- Cálculo de las reacciones en el plano x-z. ver **Figura 40.**

Figura 40.

Diagrama fuerzas y momentos en el plano x-z.



Nota. La imagen representa el Diagrama fuerzas y momentos en el plano x-z.. Elaboración propia

Con la sumatoria de fuerza igual a cero en Y se tiene que:

$$R_1 + R_2 + 156.40 N - 56 N - 56 N = 0$$

$$R_1 + R_2 = -47.84$$

Ahora con la sumatoria de momento en el punto R_1 podremos saber el valor de R_2

$$-56 N(0.103) - 56N(0.260) + R_2(0.366) + 159.84N(0.589) + 5.349Nm = 0$$

$$R_2 = -219.41N$$

Luego el valor de R_1 será igual a:

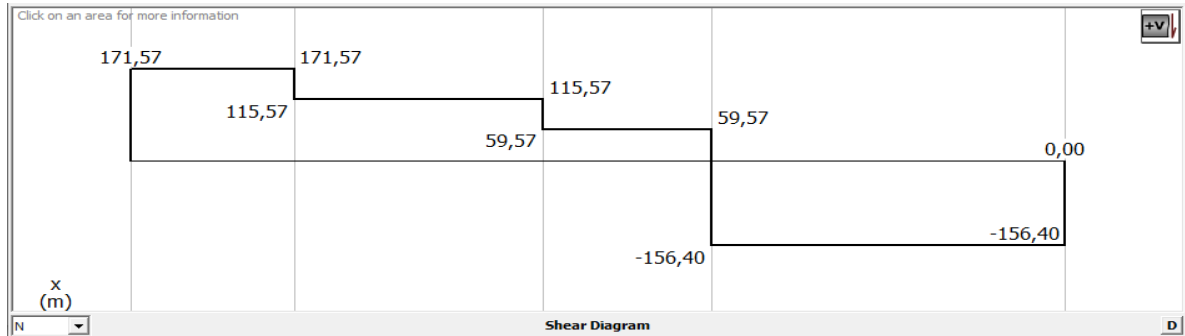
$$R_1 = -47.84 + 201.687$$

$$R_1 = 171.57N$$

- Cálculo del diagrama de cortante en el plano x-z. ver Figura 41.

Figura 41.

Diagrama cortante.

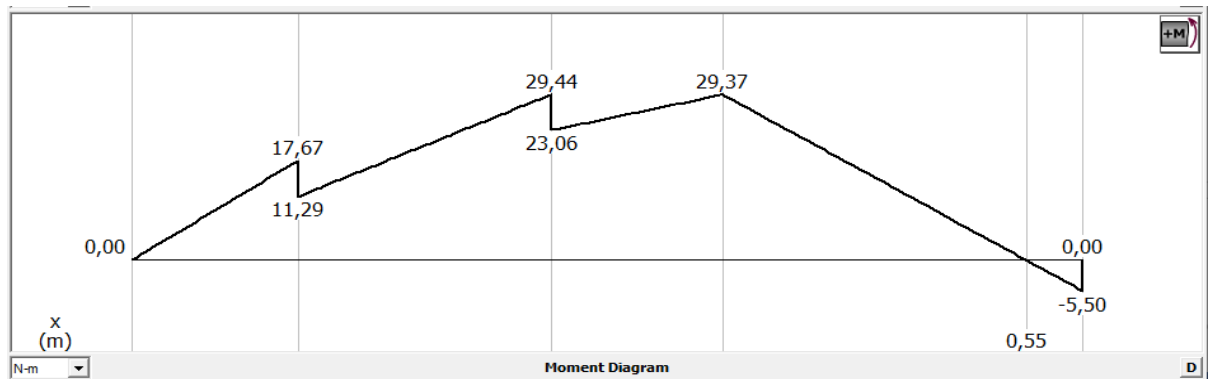


Nota. La imagen representa el diagrama cortante. Elaboración propia

- Cálculo del diagrama de momento en el plano x-z. ver Figura 42.

Figura 42.

Diagrama momento.



Nota. La imagen representa el diagrama momento. Elaboración propia.

Ahora con los diagramas de momentos en los dos planos miramos cual es el momento mayor y en qué punto esta y calculamos el momento resultante en ese punto, en este caso el valor del mayor momento se encuentra en el apoyo R_2

$$M = \sqrt{M_{xy}^2 + M_x^2} \quad \text{Ec. 6}$$

$$M = \sqrt{29.44^2 + 35.64^2}$$

$$M = 46.22 \text{ Nm}$$

9.2.6 *Diseño estático para el diámetro del eje motriz.*

A continuación, se procederá a hacer un cálculo del diámetro del eje principal.

1hp ---- 745.7 watt

$$r = \frac{745.7}{695 * \frac{2\pi}{60}}$$

$$r = 10.245 \text{ Nm}$$

- Por flexión

$$\sigma_y = 0$$

$$\sigma_x = \frac{32M_{max}}{\pi d^3}$$

$$\sigma_x = \frac{32(46.22)}{\pi d^3}$$

$$\sigma_x = \frac{470.79}{d^3}$$

- Por torsión

$$r_{xy} = \frac{16T}{\pi d^3} \quad \text{Ec 7.}$$

$$r_{xy} = \frac{16(10.245)}{\pi d^3}$$

$$r_{xy} = \frac{52.17}{d^3}$$

Ahora con valor de S_y del acero inoxidable AISI 304, se podrá saber el valor del esfuerzo equivalente con un factor de seguridad de $n=4$.

$$\sigma_{equi} = \frac{S_y}{n} \quad \text{Ec 8.}$$

$$\sigma_{equi} = \frac{205 \text{ Mpa}}{4}$$

$$\sigma_{equi} = 51.25 \text{ Mpa}$$

Ahora se remplazan los valores obtenidos en la siguiente ecuación:

$$\sigma_{equi} = \sqrt{\sigma_x^2 + 3r_{xy}^2} \quad \text{Ec 9.}$$

$$51.25 * 10^6 = \sqrt{\left(\frac{470.79^2}{d^3}\right) + 3\left(\frac{52.17^2}{d^3}\right)}$$

$$d = 0.02106m$$

En este caso el diámetro más cercano que se encuentra en el mercado que se consigue en el mercado es un diámetro de una pulgada que vendría siendo 0,0254m, debido a esto el diámetro se aproximara a una pulgada.

9.2.7 Diseño por fatiga del eje motriz.

Para el diseño con fatiga del eje motriz se debe calcular el valor de

$$\frac{\sigma_a^F}{S_e} + \frac{\sigma_m^F}{S_y} = \frac{1}{n} \quad \text{Ec 10.}$$

Primero se calculó el valor del límite de resistencia a la fatiga S_e

$$S_e = k_a * k_b * k_c * k_d * k_f * k_a * k_{fs} * S'_e \quad \text{Ec 11.}$$

- Factor de modificación de la condición superficial (k_a)

Para el acero AISI 304 el valor de $S_{ut} = 515 \text{MPa}$.

$$k_a = aS_{ut}^b \quad \text{Ec 12.}$$

En el Apéndice B. Tabla 18 tomamos los valores de a y b

$$k_a = 4.51(515 \text{MPa})^{-0.265}$$

$$k_a = 0.862$$

- Factor de modificación de tamaño (k_b)

Como el diámetro está en 2,79 mm y 51mm se usa:

$$k_b = 1.24d_e^{-0.107}$$

$$k_b = 1.24(25.4)^{-0.107}$$

$$k_b = 0.877$$

- Factor de modificación de carga (k_c)

En este caso el eje motriz se encuentra en flexión, por lo tanto, el valor del factor de modificación será según el Apéndice B. Figura 60.

$$k_c = 1$$

- Factor de modificación de temperatura (k_d)

El eje trabaja a condiciones normales, debido a esta condición el valor que toma k_d es:

$$k_d = 1$$

- Factor de confiabilidad (k_e)

Para una confiabilidad del 95% el valor de k_e es

$$k_e = 0.868$$

- Factor de modificación de efectos variados

Este se calcula con la siguiente ecuación:

$$k_f = 1 + q(k_t - 1) \quad \text{Ec 13.}$$

La sensibilidad de entalla (q) se buscó en el Apéndice B. Figura 61.

$$q = 0.72$$

Para saber el valor del factor de concentración de esfuerzos k_t se buscó en el Apéndice B.

$$\frac{r}{d} = \frac{1}{19.4} = 0.0515$$

$$\frac{D}{d} = \frac{25.4}{19.4} = 1.309$$

Con estos resultados se obtuvo como resultado un valor de k_t

$$k_t = 1.90$$

Remplazando el valor de q y de k_t se obtuvo el valor de k_f

$$k_f = 1 + 0.72(1.90 - 1)$$

$$k_f = 1.648$$

- Factor de modificación de efectos varios a torsión

El valor de q_s se puede ver en el Apéndice B

$$q_s = 0.87$$

Para saber el valor del factor de concentración de esfuerzos k_t se buscó en el Apéndice B

$$\frac{r}{d} = \frac{1}{19.4} = 0.0515$$

$$\frac{D}{d} = \frac{25.4}{19.4} = 1.309$$

Con estos resultados se obtuvo como resultado un valor de k_{ts}

$$k_{ts} = 1.68$$

Remplazando el valor de q_s y de k_{ts} se obtuvo el valor de k_{fs}

$$k_{fs} = 1 + 0.87(1.68 - 1)$$

$$k_{fs} = 1.591$$

- Límite de resistencia a la fatiga (S'_e)

$$S'_e = 0.5 S_u \quad \text{Ec 14.}$$

$$S'_e = 0.5(515 \text{ Mpa})$$

$$S'_e = 257.5 \text{ Mpa}$$

Por último, se remplazan los valores obtenidos

$$S_e = (0.862) * (0.877) * (1) * (1) * (0.868) * (1.648) * (1.591) * (257.5)$$

$$S_e = 443.028 \text{ Mpa}$$

- Resistencia alterna

$$\sigma'_a = \sqrt{\sigma_a^2 + 3r_a^2} \quad \text{Ec 15.}$$

Para calcular el σ_a y r_a se utilizaron las siguientes ecuaciones

$$\sigma_a = \frac{M}{I} = \frac{M}{\frac{\pi D^3}{32}} \quad \text{Ec 16.}$$

$$r_a = \frac{T_a}{I} = \frac{T_a}{\frac{\pi D^3}{16}} \quad \text{Ec 17.}$$

$$M_a = M_{max} = 46.22 \text{ Nm}$$

$$M_m = 0$$

$$r_a = r_m = 0.5T$$

$$r_m = 0.5(10.245 \text{ Nm})$$

$$r_m = 5.1225$$

Remplazando se obtuvo que

$$\sigma_a = \frac{46.22Nm}{\frac{\pi(0.0254m)^3}{32}}$$

$$\sigma_a = 28.729 Mpa$$

$$r_a = \frac{5.1225Nm}{\frac{\pi(0.0254m)^3}{16}}$$

$$r_a = 1.592 Mpa$$

Ahora se remplaza en la ecuación de σ'_a

$$\sigma'_a = \sqrt{\sigma_a^2 + 3r_a^2}$$

$$\sigma'_a = \sqrt{(28.729Mpa)^2 + 3(1.592Mpa)^2}$$

$$\sigma'_a = 28.861$$

- Resistencia media

$$\sigma'_m = \sqrt{\sigma_m^2 + 3r_m^2}$$

Ec 18.

$$\sigma_m = 0Mpa$$

$$r_m = \frac{T_m}{\frac{\pi D^3}{16}}$$

$$r_m = \frac{5.1225Nm}{\frac{\pi(0.0254m)^3}{16}}$$

$$r_m = 1.592$$

Remplazando se obtiene el valor de σ'_m

$$\sigma'_m = \sqrt{(0\text{Mpa})^2 + 3(1.592)^2}$$

$$\sigma'_m = 2.7574$$

Ahora calculamos el valor del factor de seguridad

$$n = \frac{1}{\frac{\sigma^F_a}{S_e} + \frac{\sigma^F_m}{S_y}}$$

Ec 19.

$$n = \frac{1}{\frac{28.861\text{Mpa}}{443.028\text{Mpa}} + \frac{2.757\text{Mpa}}{205\text{Mpa}}}$$

$$n = 12.72$$

Con el diseño con resistencia a la fatiga se obtuvo el factor de seguridad con un valor de 12.72 y según la norma ASTM dice que el factor de seguridad debe mayor o igual a 4, por lo que el valor dado es recomendable.

9.2.8 Selección de las chumaceras

La selección de las chumaceras es muy importante; ya que estas serán el apoyo y guía del eje principal. La medida principal de la eficacia de un rodamiento es su duración de vida, es decir, el número de vueltas que puede efectuar antes de mostrar el primer signo de exfoliación. La reacción con mayor valor fue la que se utilizó para el cálculo de C_o

$$R_{2y} = 236.487N.$$

$$R_{2z} = 219.41N.$$

$$Fr_2 = \sqrt{(236.487N)^2 + 3(219.41N)^2}$$

$$Fr_2 = 447.602N$$

La máquina se diseñó con el fin de trabajar un máximo de 8 horas al día, 300 días del año y se diseñó para trabajar por lo menos 9 años, el eje gira a 695rpm

Luego la vida útil básica en horas L^{10} será igual a:

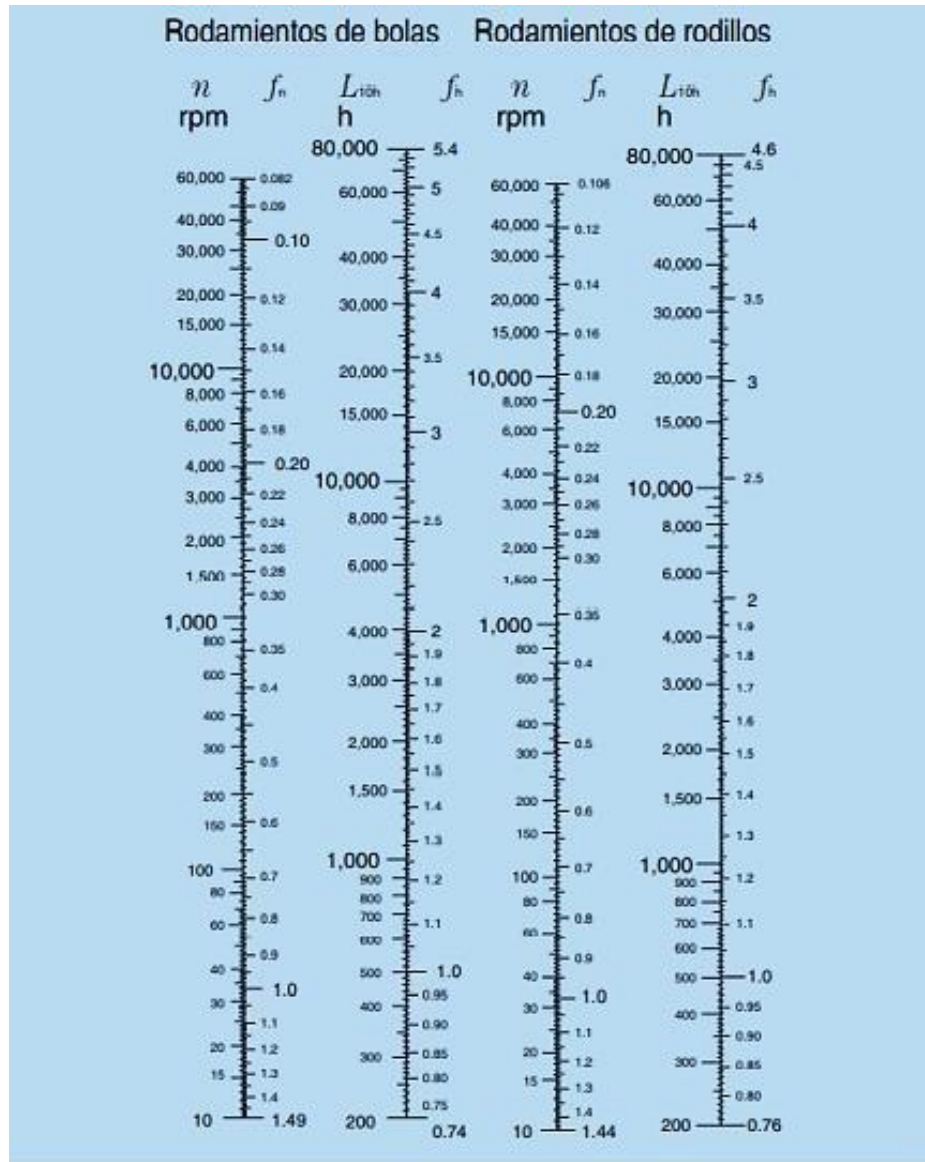
$$L_{10} = (hora)(días)(años) \quad \text{Ec 17.}$$

$$L_{10} = (8) * (300) * (9)$$

$$L_{10} = 21600h$$

Figura 43.

Factor de velocidad f_n y Factor de vida f_h



Nota. La imagen representa el Factor de velocidad f_n y Factor de vida f_h . Adaptado del catálogo General de Industria NTN.

En la Figura 43 encuentra el factor de velocidad f_n y factor de vida f_h con la velocidad de 695 rpm y $L_{10} = 21600h$

$$f_n = 0.35$$

$$f_h = 3.5$$

Para el cálculo de carga dinámica del rodamiento se utiliza la siguiente ecuación

$$P = xF_r + yF_a \quad \text{Ec 18.}$$

El Catálogo General de Industria NTN indica que el valor de $x=1$ para la fuerza radia y en este caso no hay fuerza axial:

$$P = 1(447.602 \text{ N})$$

$$P = 447.602 \text{ N}$$

Ahora con este valor se calculó la capacidad de carga dinámica requerida C_{req}

$$C_{req} = \frac{f_n}{f_h} P \quad \text{Ec 19.}$$

$$C_{req} = \frac{3.5}{0.35} 447.602 \text{ N}$$

$$C_{req} = 4476.02 \text{ N}$$

$$C_{req} = 4.476 \text{ KN}$$

Para el cálculo de carga estática del rodamiento se utiliza la siguiente ecuación

$$P = x_0F_r + y_0F_a \quad \text{Ec 20.}$$

Figura 44.

Carga radial equivalente

Carga radial estática equivalente

$$P_{0r} = 0.6F_r + 0.5F_a$$

Cuando $P_{0r} < F_r$ use $P_{0r} = F_r$

Nota. La imagen representa la Carga radial equivalente. Adaptado del catálogo General de Industria NTN.

Según la información de la Figura 44, se calculó el P_{or}

$$P_{or} = 0.6(447.602 N)$$

$$P_{or} = 268.5612$$

Según el catálogo general de industria cuando el valor de P_{or} es menor F_r , el valor de P_{or} se debe igualar al valor F_r

$$P_{or} = 447.602 N$$

Con este valor se calculó la capacidad de carga estática requerida C_{0req}

$$C_{0req} = f_s(P_{or})$$

Figura 45.

Factor de seguridad.

Condiciones de operación	Rodtos. de bolas	Rotos. de rodillos
Requerimiento de alta precisión rotacional	2	3
Requerimiento de precisión rotacional normal (Aplicación universal)	1	1.5
Permite ligero deterioro de la precisión rotacional (Baja velocidad, altas cagas, etc.)	0.5	1

Nota. La imagen representa el Factor de seguridad. Adaptado del catálogo General de Industria NTN.

En este caso se utilizó la Figura 45, y se escogió como factor de seguridad el valor de 1

$$C_{0req} = 1(447.602 N)$$

$$C_{0req} = 447.602 N$$

$$C_{0req} = 0.4476 kN$$

Con los valores calculados de $C_{0req} = 0.4476 \text{ KN}$ y $C_{req} = 4.476 \text{ KN}$ se busca en el catalogo un rodamiento que tenga valores similares y un diámetro de 25.4 mm

En el Anexo _ se ve el rodamiento seleccionado dependiendo de las cargas anteriormente calculadas, en este caso se seleccionó un rodamiento rígido de bolas con una carga estática $C_{0req} = 4.3 \text{ KN}$ y carga dinámica $C_{req} = 7.02 \text{ KN}$ con designación de **2RS1**.

9.2.9 Diseño de la cuña para la polea.

Primero se diseñó la cuña calculando su falla por corte, con unas medidas de 25mm de longitud, una base de 8 mm y 7 mm de altura, esto para un eje de 25.4 mm que se obtuvieron del Apéndice D

$$\tau = \frac{2(10.245 \text{ Nm})}{(0.025\text{m})(0.008\text{m})(0.007\text{m})}$$

$$\tau = 14.635 \text{ Mpa}$$

$$S_{sy} = 0.4 * S_y$$

$$S_{sy} = 0.4(205 \text{ Mpa})$$

$$S_{sy} = 82 \text{ Mpa}$$

Ahora con la siguiente ecuación se calculó el factor de seguridad (falla por corte)

$$n_s = \frac{82 \text{ Mpa}}{14.635 \text{ Mpa}}$$

$$n_s = 5.60$$

Como el factor de seguridad es mayor a 1 se puede garantizar que la cuña no fallara por corte.

Diseño de la cuña calculando su falla al esfuerzo de compresión

$$\tau = \frac{4(10.245 \text{ Nm})}{(0.0254\text{m})(0.025\text{m})(0.007\text{m})}$$

$$\tau = 9.219 \text{ Mpa}$$

$$S_{sy} = 0.9 * S_y$$

$$S_{sy} = 0.9 * 205 \text{ Mpa}$$

$$S_{sy} = 184.5 \text{ Mpa}$$

Ahora con la siguiente ecuación se calculó el factor de seguridad (falla por compresión)

$$n_s = \frac{184.5 \text{ Mpa}}{9.219 \text{ Mpa}}$$

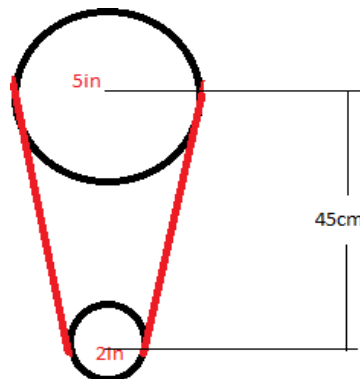
$$n_s = 20$$

Como el factor de seguridad es mayor a 1 se puede garantizar que la cuña no fallara por compresión.

9.2.10 Diseño de la correa para las poleas

Figura 46.

Disposición de las poleas.



Nota. La imagen representa la Disposición de las poleas. Elaboración propia

Lo primero es mirar la disposición de las poleas como se observa en la Figura 46. Lo que se hizo fue calcular la potencia corregida, para esto se utilizó el catálogo de la marca Dunlop, en el Anexo se puede ver el factor de corrección de la potencia.

$$P_c = P * F_{cp}$$

$$P_c = 1 \text{ hp} * 0.67$$

$$P_c = 0.67 \text{ hp}$$

Con esta potencia corregida y el radio de la polea menor se puede indicar que la correa será, una correa en V tipo Z.

La longitud de la polea viene dada por la siguiente formula

$$L = 2I + 1.57(D + d) + \frac{(D - d)^2}{4I}$$

$$L = 2(0.45) + 1.57(0.127 + 0.0508) + \frac{(0.127 - 0.0508)^2}{4(0.45)}$$

$$L = 1.18 \text{ m}$$

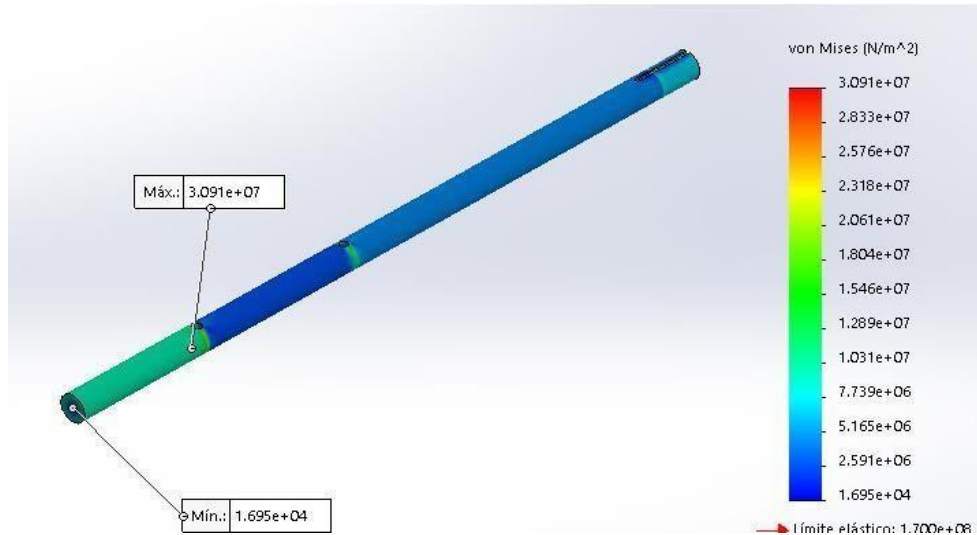
Se hizo el cálculo y la selección de la corre será, una correa en v tipo z con una longitud de 1.18 m

9.2.11 Análisis MEF del eje.

También se le hizo un análisis MEF al eje dando como resultado en las Figuras 47, Figura 48 y Figura 49. El cual confirma y certifica que los valores calculados no deformaran el eje.

Figura 47.

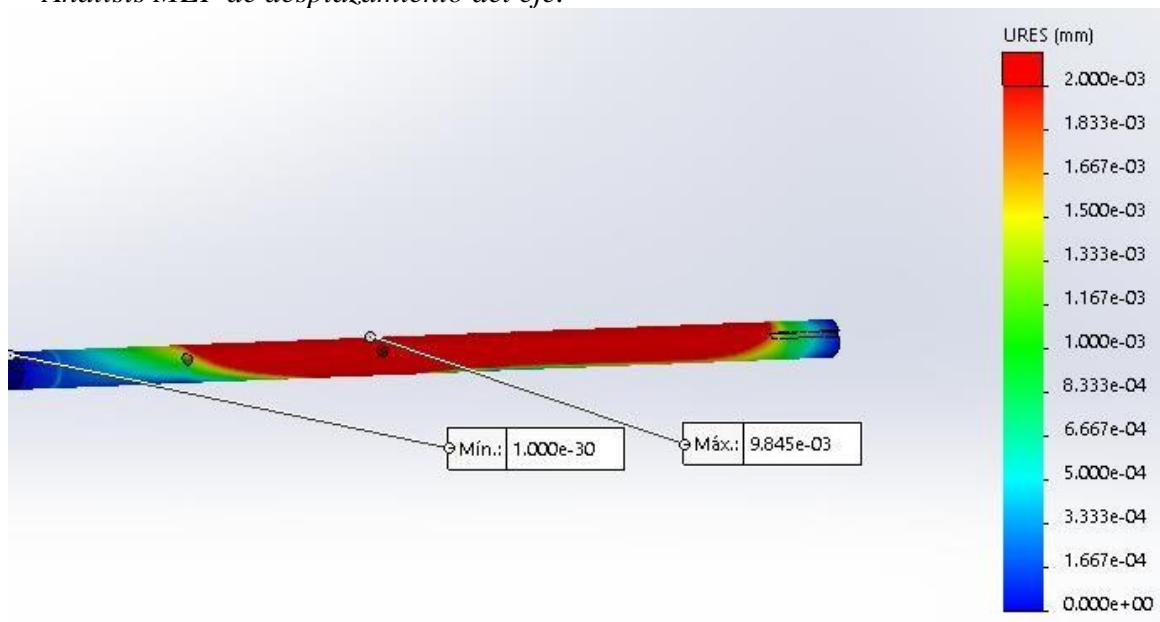
Análisis MEF de tensión del eje.



Nota. La imagen representa el Análisis MEF de tensión del eje. Elaboración propia.

Figura 48.

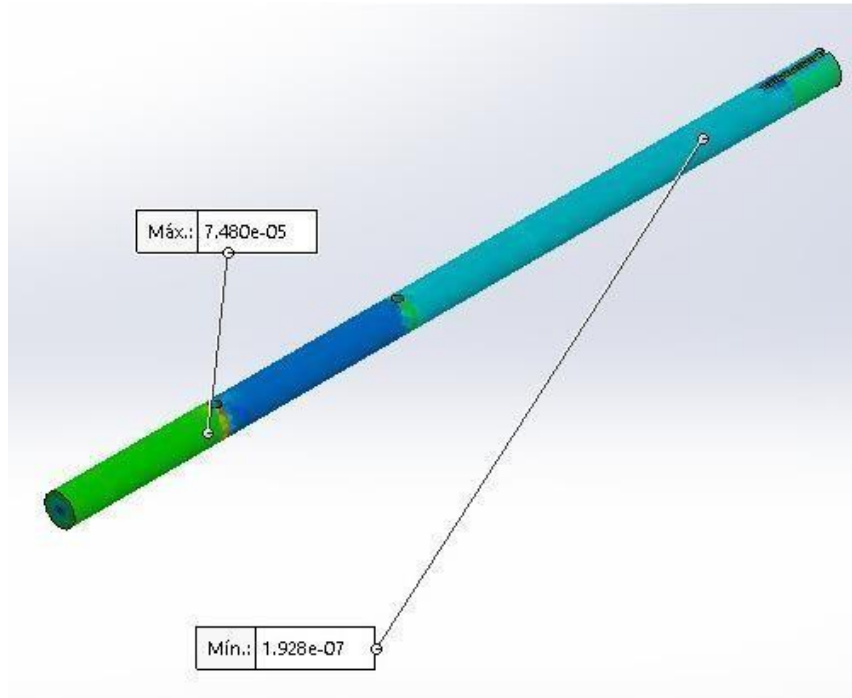
Análisis MEF de desplazamiento del eje.



Nota. La imagen representa el Análisis MEF de desplazamiento del eje. Elaboración propia.

Figura 49.

Análisis MEF de deformación unitaria del eje.



Nota. La imagen representa el Análisis MEF de deformación unitaria del eje. Elaboración propia.

9.2.12 Selección del tamiz adecuado.

El tamiz será construido con lamina de acero inoxidable de 1.3 mm y tendrá agujeros según la semilla en este caso la semilla del mango tienes unas medidas de 50mm de alto, 30 mm de ancho t 12mm de profundidad, en este caso lo más recomendable es utilizar el tamiz con orificios de 5mm los cuales tendrán una distancia entre centros de 10m, como se puede ver en la **Figura 50**.

Figura 50.

Tamiz.



Nota. La imagen representa el tamiz. Elaboración propia.

El tamiz ira bien sujeto mediante unos anillos que están soldados en las tapas del cilindro principal estos serán los responsables de mantener al tamiz en su puesto; esto para evitar las posibles vibraciones y ruidos a la hora de proceso de despulpado.

10. Pruebas y resultados de la máquina despulpadora

Para evaluar el desempeño de la máquina despulpadora de mango se hicieron unas pruebas para evidenciar la funcionalidad de las piezas y sistemas que hacen parte de la máquina despulpadora, posterior a ello se toman datos y se hace análisis de los resultados obtenidos.

En la primera prueba se observa un ruido que no debería estar, se revisa y se ve que las aspás están rozando con los tornillos de las chumaceras se debió corregir este percance y se procedió a realizar la segunda prueba.

Figura 51.

Primera prueba



Nota. La imagen representa la primera prueba. Elaboración propia

Figura 52.

Ajuste final



Nota. La imagen representa el ajuste final. Elaboración propia.

Después de corregir la falla que se estaba presentando se inició la segunda prueba, en esta se introdujeron 10kg de mango en la tolva y se midió el tiempo que gasto la máquina en despulpar dicha cantidad.

Figura 53.

Segunda prueba



Nota. La imagen representa la segunda prueba. Elaboración propia.

Figura 54.

Segunda prueba tiempo después.



Nota. La imagen representa la segunda prueba tiempo después. Elaboración propia.

Después de a ver pasado por 1,15 minutos exactamente se completa el despulpado de los 10 kg de mango que se introdujeron en la tolva inicialmente.

En ese momento se detuvo la máquina y se puede observar la parte interna del cilindro principal por medio de la puerta que se le hizo. También se procedió a revisar el estado de la pulpa y el vástago Figura 56.

Figura 55.

Parte interna del cilindro.



Nota. La imagen representa la parte interna del cilindro. Elaboración propia.

Figura 56.*Estado pulpa y vástago*

Nota. La imagen representa el estado de la pulpa y vástago. Elaboración propia.

Según los cálculos de diseño la máquina debe tener una capacidad de despulpado de 500kg/h, en las pruebas realizadas se pudo obtener un valor para la capacidad de despulpado de 520Kg/h es decir según las pruebas la máquina cumple el objetivo principal y es aún mayor la capacidad con la que se desarrolló el diseño.

Tabla 8.*Capacidad de despulpado*

Capacidad de despulpado en cálculos	500 kg/h
Capacidad de despulpado en pruebas	520Kg/h

Nota. La tabla representa la capacidad de despulpado. Elaboración propia.

Figura 57.

Máquina despulpadora.



Nota. La imagen representa la Máquina despulpadora. Elaboración propia.

11. Costos del proyecto

A continuación, se presenta una recopilación de los elementos utilizados para la construcción de la máquina despulpadora de mango, los gastos de este proyecto fueron costeados por los autores.

En este caso cabe resaltar que se contaba con un experto metalmecánico el cual fue el encargado de la mano de obra.

Tabla 9.

Costos del proyecto

COSTOS			
ELEMENTOS	CANTIDAD	ESPECIFICACIÓN	PRECIO
Sistema estructural			
Cilindro tanque principal	1	metros	\$250.0000
Eje principal	1	metros	\$60.0000
Discos para tapas de cilindro	2	metros	\$160.0000
Soldadura	1/2	kilos	\$25.0000
Soldadura acero inoxidable	1/2	kilos	\$45.0000
Tornillos	11	unidad	\$90.0000
Discos de corte para pulidora	6	Metros	\$20.0000
Brocas	2	Unidad	\$6.0000
Broche para puerta de lavado	1	Unidad	\$30.0000
Teflón para aspaz	1	Unidad	\$90.0000
Hoja de cegueta	2	Unidad	\$12.0000
Tamiz	1	Metros	\$350.0000
Tolva y bajadas	1	Metros	\$370.0000
Consumibles (pintura, chumacera, hueso duro, etc.)		Varios	\$500.0000
Sistema transmisión de potencia			
Motor	1	Potencia	\$400.0000
Polea 5 pulgas	1	Unidad	\$12.0000
Polea 2 pulgas	1	Unidad	\$10.0000
Correa en v	1	Unidad	\$14.0000

Gastos adicionales			
Equipos alquilados	2	Días	\$150.000
Alquiler de taller	1	Días	\$150.000
Gastos generales			
Papelería, transportes, alimentos, bibliografía, etc.		Varios	\$500.000
Total			\$3.244.000

Fuente: autores

12 Conclusiones y recomendaciones

12.1 Conclusiones

Se diseñó y construyó una máquina despulpadora de mango dulce, obteniendo en las pruebas de funcionamiento una producción máxima de 520 kg/h

La tolva se diseñó para soportar el peso y la presión de la densidad del mango, obteniendo un factor de seguridad de 2.5 para un espesor de la plancha AISI 304 de 2 mm.

El diámetro de las perforaciones del tamiz es diseñado para el espesor de la semilla del mango, en este caso mango dulce.

La máquina cuenta con una puerta en su tanque principal la cual ayuda a realizar el lavado interno del tanque, aun también si se requiere de abrir y desarmar para un mejor lavado y revisado de sus piezas o si en algún momento desea hacer un cambio de tamiz también lo podrá hacer ya que cuenta con una forma fácil de armar y desarmar.

12.2 Recomendaciones

Ocupar el tamiz adecuado según el tipo de fruta que se vaya a despulpar.

Revisar minuciosamente la fruta que ingresara a la despulpadora para evitar el ingreso de objetos metálicos que estos puedan dañar el sistema de corte, tamiz o paletas.

No ingresar en el interior de la máquina despulpadora objetos metálico.

Realizar el mantenimiento adecuado a la máquina para prolongar la vida útil de la misma.

Desconectar el suministro eléctrico para realizar la limpieza de la máquin

Referencias bibliográficas

Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica, 2021. 124 p.

SALAZAR TRUJILLO, Jorge Eduardo. Resistencia de materiales básica para estudiantes de ingeniería. Manizales: Universidad Nacional de Colombia, 2007. 68 p. [En línea]. Recuperado en 20 octubre 2021. Disponible en: https://www.academia.edu/41984211/Resistencia_de_Materiales_Básica_para_Estudiantes_de_Ingenier%C3%ADa_-_Jorge_Eduardo_Salazar_Trujillo

Almanza, M. D., Ruiz Hernández, K., Sosa M., Martínez, G. y Flores, A. (). Diseño y desarrollo tecnológico de un prototipo de molino despulpador de mango. Universidad de Guanajuato, División de Ciencias de la Vida. Departamento de Alimentos. Departamento de Ingeniería Agrícola. Guanajuato, México. <http://www.fcb.uanl.mx/IDCyTA/files/volume1/2/3/48.pdf>

AreaTecnica. (s.f.). Acero Inoxidable. Sitio Web AreaTecnica. <https://www.areatecnologia.com/materiales/acero-inoxidable.html>

Astrid, C. (2008). Proceso de frutas. <https://procesodefutas.blogspot.com/2008/01/proceso-de-frutas.html>

BanaTropic. (s.f.). Pulpa de Fruta. Sitio web BanaTropic. <https://banatropic.com.co/producto/pulpa-de-fruta/>

CI TALSA, Catálogo de despulpadoras industriales. 2012. En línea. (Fecha de consulta: 27 de junio del 2020) Disponible en: <https://citalsa.com/>

CSA. (2020). El uso del acero inoxidable en la industria alimentaria. Sitio Web CSA – Seguridad Alimentaria. <https://csaconsultores.com/uso-del-acero-inoxidable-la-industria-alimentaria/>

DEFAZ PALLASCO, Edison y TUZA CUZCO, Fernando. Diseño y construcción de una despulpadora de frutas

horizontal con una capacidad de producción de 250 kg/h. Trabajo de grado ingeniero mecánico. Quito: Universidad politécnica salesiana. Escuela ingeniería mecánica. 2011. 274p.

FAmiq. (s.f.). Clasificación de los aceros inoxidables. Sitio Web Famiq. <https://www.famiq.com.ar/informacion-tecnica/clasificacion-aceros>

FAmiq. (s.f.). Soldadura. Sitio Web Famiq. <https://www.famiq.com.ar/informacion-tecnica/soldadura>

Guamanquispe, J. y Saquina, A. (2019). Diseño y construcción de una máquina despulpadora de frutas con una capacidad de 500 kg/h para la empresa Productos Suiza Dajed CIA. LTDA. de la ciudad de Ambato. Universidad Técnica de Ambato. Ingeniería Civil y Mecánica. Ingeniería Mecánica. Ambato, Ecuador. <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/30010/1/Tesis%20I.%20M.%20540%20-%20Saquina%20Bautista%20Alex%20Bladimir.pdf>

Indcardin. (2022). Despulpadora horizontal. Sitio web Industrias Cardín. <http://inducardin.com/index.php/product/despulpadora-horizontal/>

Ingelibre. (2014). Introducción al proyecto y diseño de máquinas. Sitio web ingelibre: para ingenieros, apuntes, tutoriales, información. <https://ingelibreblog.wordpress.com/2014/02/03/introduccion-al-proyecto-y-diseno-de-maquinas/>

Ingeniería y mecánica Automotriz. (2020). ¿Qué es la nomenclatura de los aceros y para qué sirve? Sitio Web Ingeniería y mecánica Automotriz. [https://www.ingenieriaymecanicaautomotriz.com/que-es-la-nomenclatura-de-los-aceros-y-para-que-sirve/#:~:text=ACEROS%20INOXIDABLES&text=Serie%202xx%20y%203xx%20corresponden,431%20y%20440%20son%20martens%C3%ADticos\).](https://www.ingenieriaymecanicaautomotriz.com/que-es-la-nomenclatura-de-los-aceros-y-para-que-sirve/#:~:text=ACEROS%20INOXIDABLES&text=Serie%202xx%20y%203xx%20corresponden,431%20y%20440%20son%20martens%C3%ADticos).)

Meléndez Cordero Daniel. (2007, mayo 18). Redes de innovación productiva en Venezuela. Recuperado de <https://www.gestiopolis.com/redes-de-innovacion-productiva-en-venezuela/>

MOTT, Robert. Diseño de elementos de máquinas. México: Pearson Educación, 2006.

QUINTERO SÁNCHEZ, Rubén y GIOANETTO, Fulvio. El cultivo del mango orgánico. México: Ediciones Michoacanas s.a., 2011. 148p.

Tirira, L. y Castro D. (2014). Diseño y construcción de una máquina despulpadora de frutas. Facultad de Mecánica. Ingeniería Mecánica. Universidad Superior Politecnica de Chimbonazo. Riobamba, Ecuador.
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/3715/1/15T00586.pdf>

Vilchez, E. (2017). Diseño De Una Máquina Despulpadora De Frutas Con Capacidad De 240 Kg/H Para La Empresa Procesadora Proserla Sac. Facultad De Ingeniería. Escuela Académico Profesional De Ingeniería Mecánica. Universidad Cesar Vallejo. Pimentel, Perú.
https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/10099/vilchez_ce.pdf?sequence=1&isAllowed=y

WALL MEDRANO, Abraham; OLIVAS AGUIRRE, Francisco; VELDERRAIN RODRÍGUEZ, Gustavo y ÁLVAREZ PARRILLA, Emilio. El mango: aspectos agroindustriales, valor nutricional/funcional y efectos en la salud.2015.9p.

Apéndice

Apéndice A.

Manual de operación y mantenimiento de la máquina

MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

Estimado operario lea detalladamente la información que se le presenta a continuación:

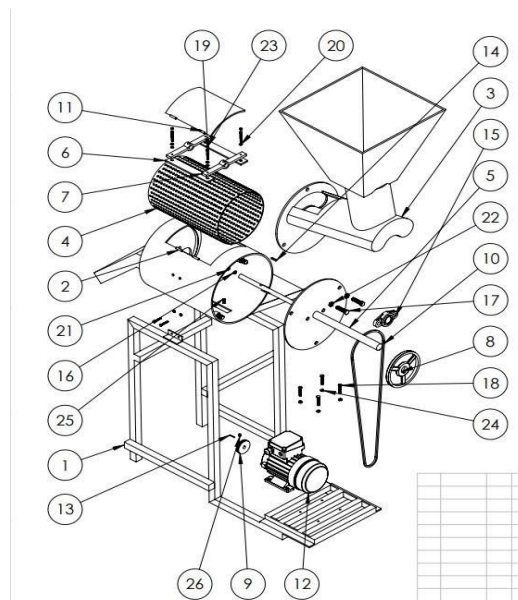
1. Este manual es parte importante del producto ya que describe las precauciones, especificaciones, puesta en parcha, operación, mantenimiento y ajustes.
2. Este manual es una necesidad para operadores y mecánicos.

VISIÓN GENERAL

- Visión general del equipo:

Figura 58.

Diagrama momento



- Características generales:

- Capacidad de producción de hasta 500-700kg/h
- Potencia del motor: 1HP

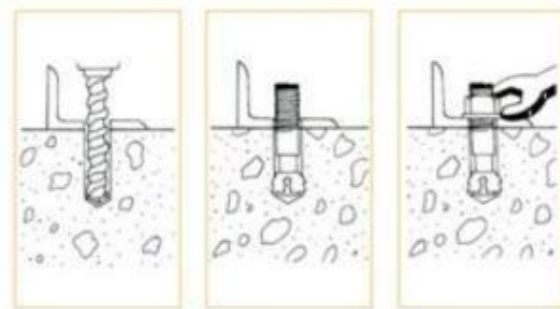
INTRODUCCIÓN

Para utilizar la despulpadora se requiere de:

- Piso de concreto solido que podría tener baldosa cerámica o cemento pulido
- Corriente eléctrica 110/220 v con conexión a tierra
- Instalación del equipo
- Fijar as 4 patas principales del mueble de la máquina por medio de tornillos de anclaje

Figura 59.

Método de anclaje



Nota. Elaborada por el Autor

- Conectar el quipo a la corriente eléctrica

INSTRUCCIONES DE OPERACIÓN

- Puesta en marcha

Tabla 10.*Instrucciones de operación*

Conectar el equipo a la corriente eléctrica	Tener precaución a la hora de conectar la máquina
Colocar un recipiente en la parte inferior del equipo para recibir la pulpa y colocar otro recipiente en la parte posterior para recibir la parte no útil del proceso.	Tener en cuenta que este recipiente de ver ser de una medida adecuada
Pulsar el botón de encendido color blanco	Se debe tener cuidado con este interruptor ya que no puede recibir agua
Agregar el mango a la tolva de ingreso de materia prima	Agregar la cantidad adecuada para que la máquina funcione de la manera más efectiva (max. 27kg)
Para detener equipo vuelva y presione el botón negro	Se debe tener cuidado con este interruptor ya que no puede recibir agua

Nota. Elaborada por el Autor.

- **Instrucciones de limpieza**

Tabla 11.*Instrucciones de limpieza.*

Antes de empezar con la limpieza debe tener en cuenta que no se deben mojar las partes eléctricas de la máquina en lo posible cubrir con una bolsa (aislar del agua)	La máquina debe estar desenchufada
Administrar el agua por la tolva de ingreso, la tolva de salida y por la puerta de limpieza de tamiz	La máquina debe estar desenchufada

Haga una solución de agua-jabón para con esta limpiar muy bien las partes de la máquina	La máquina debe estar desenchufada
Con abundante agua saque la mezcla de agua-jabón, ojo sin mojar las partes eléctricas de la máquina	La máquina debe estar desenchufada

Nota. Elaborada por el Autor

Tabla 12.

Cronograma de limpieza.

Actividad	Diario	semanal	mensual	Trimestral
Limpieza del tamiz	x			
Limpieza de cilindro de despulpado	x			
Limpieza tolvas	x			
Limpieza completa a la máquina		x		
Limpieza a la correa			x	
Limpieza al motor				x

Nota. Elaborada por el Autor

Se recomienda hacer lubricación a las chumaceras cada mes para tener un buen funcionamiento de estas; esta se debe hacer con grasa multiuso.

INSTRUCCIONES DE MANTENIMIENTO

- **Cambio de correa**

Tabla 13.*Cambio de correa.*

Quitar la correa haciendo girar la polea grande y para colocar la nueva correa se debe colocar primero en la polea grande y luego en la pequeña	Tener mucha precaución con as manos usar guantes a la hora de hacer el cambio
---	---

Nota. Elaborada por el Autor

- **Cambio o regulación de paletas**

Tabla 14.*Cambio de paletas.*

Quitar las tuercas de la tapa posterior	Utilizar la llave adecuada para no averiar la tuerca
Sacar la tapa	Tener cuidado hacerlo con guantes
Sacar el tamiz	El tamiz sale solo jalando Asia afuera tener cuidado con averiar su forma
Retirar los tornillos	Utilizar la llave adecuada para no averiar la tuerca
Sacar las paletas	Limpia bien y ajustar de manera adecuada

Nota. Elaborada por el Autor

Cronograma de mantenimiento mecánico**Tabla 15.***Cronograma de mantenimiento mecánico.*

Actividad	Mensual	trimestral	anual	Dos años
Inspección de correas	x			
Inspección de rodamientos	x			

Inspección de paletas		x		
Inspección de pernos	x			
Inspección de poleas				
Inspección de motor	x			
Cambio de rodamientos				x
Cambio de correas			x	

Nota. Elaborada por el Autor

Solución de problemas

Tabla 16.

Ocurrencia de problemas.

Ocurrencia	Solución
Conectado el equipo no enciendo	Revisar que estén encendido los tacos, revisar el tomacorriente.
El motor hace esfuerzo al encender	La correa está muy templada, quitar tensión moviendo el motor
Al girar las paletas raspa demasiado	Hacer el proceso de regulación de paletas antes descrito.

Nota. Elaborada por el Autor

Apéndice B.*propiedades mecánicas del acero AISI 304***Tabla 17.***Metales y aleaciones.*

<i>Material/Condition</i>	<i>Yield Strength (MPa [ksi])</i>	<i>Tensile Strength (MPa [ksi])</i>	<i>Percent Elongation</i>
METALS AND METAL ALLOYS			
Plain Carbon and Low-Alloy Steels			
Steel alloy A36			
• Hot rolled	220–250 (32–36)	400–500 (58–72.5)	23
Steel alloy 1020			
• Hot rolled	210 (30) (min)	380 (55) (min)	25 (min)
• Cold drawn	350 (51) (min)	420 (61) (min)	15 (min)
• Annealed (@ 870°C)	295 (42.8)	395 (57.3)	36.5
• Normalized (@ 925°C)	345 (50.3)	440 (64)	38.5
Steel alloy 1040			
• Hot rolled	290 (42) (min)	520 (76) (min)	18 (min)
• Cold drawn	490 (71) (min)	590 (85) (min)	12 (min)
• Annealed (@ 785°C)	355 (51.3)	520 (75.3)	30.2
• Normalized (@ 900°C)	375 (54.3)	590 (85)	28.0
Steel alloy 4140			
• Annealed (@ 815°C)	417 (60.5)	655 (95)	25.7
• Normalized (@ 870°C)	655 (95)	1020 (148)	17.7
• Oil-quenched and tempered (@ 315°C)	1570 (228)	1720 (250)	11.5
Steel alloy 4340			
• Annealed (@ 810°C)	472 (68.5)	745 (108)	22
• Normalized (@ 870°C)	862 (125)	1280 (185.5)	12.2
• Oil-quenched and tempered (@ 315°C)	1620 (235)	1760 (255)	12
Stainless Steels			
Stainless alloy 304			
• Hot finished and annealed	205 (30) (min)	515 (75) (min)	40 (min)
• Cold worked ($\frac{1}{4}$ hard)	515 (75) (min)	860 (125) (min)	10 (min)
Stainless alloy 316			
• Hot finished and annealed	205 (30) (min)	515 (75) (min)	40 (min)
• Cold drawn and annealed	310 (45) (min)	620 (90) (min)	30 (min)
Stainless alloy 405			
• Annealed	170 (25)	415 (60)	20

Factor de la condición superficial

Tabla 18.*Factor de la condición superficial*

Acabado superficial	Factor a		Exponente b
	S_{utr} kpsi	S_{utr} MPa	
Esmerillado	1.34	1.58	-0.085
Maquinado o laminado en frío	2.70	4.51	-0.265
Laminado en caliente	14.4	57.7	-0.718
Como sale de la forja	39.9	272.	-0.995

Figura 60.*Factor de carga*

$$k_c = \begin{cases} 1 & \text{flexión} \\ 0.85 & \text{axial} \\ 0.59 & \text{torsión} \end{cases}$$

Tabla 19.*Factor de temperatura*

Temperatura, °C	S_T/S_{RT}	Temperatura, °F	S_T/S_{RT}
20	1.000	70	1.000
50	1.010	100	1.008
100	1.020	200	1.020
150	1.025	300	1.024
200	1.020	400	1.018
250	1.000	500	0.995
300	0.975	600	0.963
350	0.943	700	0.927
400	0.900	800	0.872
450	0.843	900	0.797
500	0.768	1 000	0.698
550	0.672	1 100	0.567
600	0.549		

Tabla 20.*Factor de confiabilidad*

Confiabilidad, %	Variación de transformación z_α	Factor de confiabilidad k_α
50	0	1.000
90	1.288	0.897
95	1.645	0.868
99	2.326	0.814
99.9	3.091	0.753
99.99	3.719	0.702
99.999	4.265	0.659
99.9999	4.753	0.620

Tabla 21.

Factor de carga

Modo de carga	$k_c = \alpha S_{ut}^{\beta} \ln(1, C)$				k_c promedio
	kpsi	MPa	α	β	
Flexión	1	1	0	0	1
Axial	1.23	1.43	-0.0778	0.125	0.85
Torsión	0.328	0.258	0.125	0.125	0.59

Figura 61.

Sensibilidad de entalla en caso de aceros y aleaciones de aluminio forjado

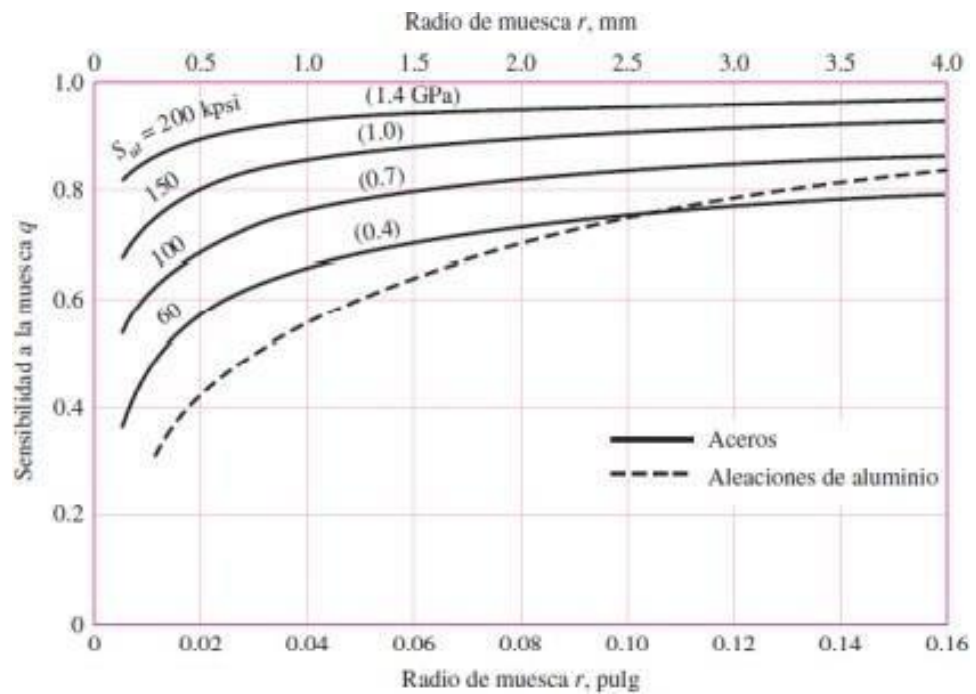
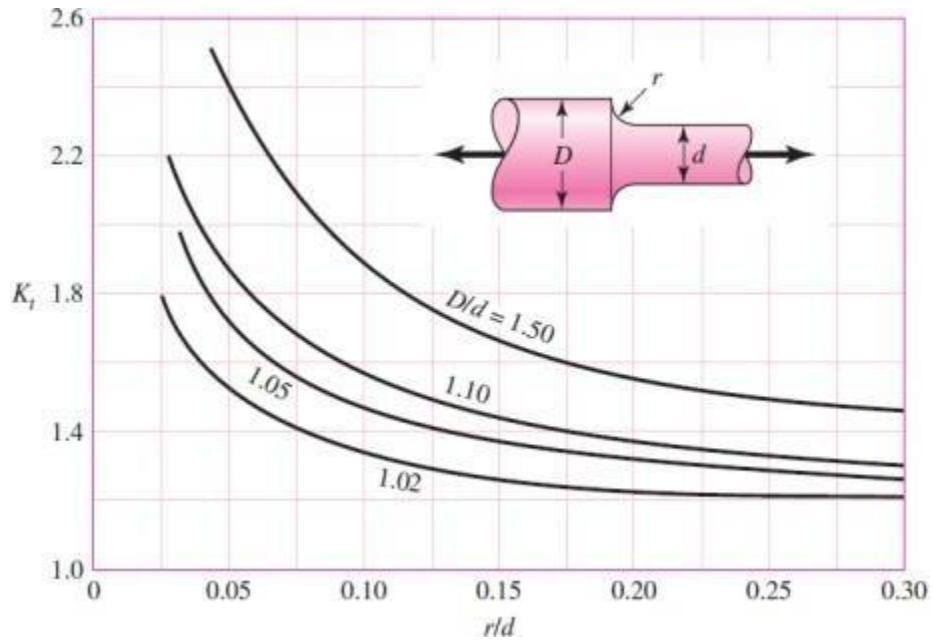


Figura 62.

Eje redondeado con entalla a tensión.

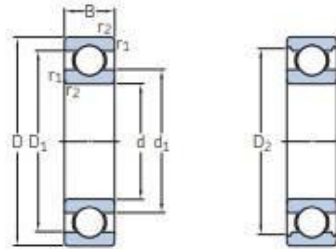


Apéndice C.

Catálogo internacional de chumacera

Figura 63.

Catálogo internacional de chumacera.



Dimensiones principales			Capacidad de carga básica		Carga límite de fatiga	Velocidades nominales		Masa	Designaciones	
d	D	B	dinámica C	estática C ₀	P _u	Velocidad de referencia	Velocidad límite ¹⁾		Rodamiento abierto o tapado en ambos lados	tapado en un lado ¹⁾
mm			kN		kN	r. p. m.		kg	-	
25	37	7	4,36	2,6	0,125	-	11 000	0,022	► 61805-2RS1	-
	37	7	4,36	2,6	0,125	38 000	19 000	0,022	► 61805-2RZ	-
	37	7	4,36	2,6	0,125	38 000	24 000	0,022	► 61805	-
	42	9	7,02	4,3	0,193	-	10 000	0,045	► 61905-2RS1	-
	42	9	7,02	4,3	0,193	36 000	18 000	0,045	► 61905-2RZ	-
	42	9	7,02	4,3	0,193	36 000	22 000	0,045	► 61905	-
	47	8	8,06	4,75	0,212	32 000	20 000	0,055	► 16005	-
	47	12	11,9	6,55	0,275	32 000	20 000	0,078	► 6005	-
	47	12	11,9	6,55	0,275	-	9 500	0,081	► 6005-2RSH	6005-RSH
	47	12	11,9	6,55	0,275	32 000	16 000	0,08	► 6005-2RSL	6005-RSL
	47	12	11,9	6,55	0,275	32 000	16 000	0,083	► 6005-2Z	6005-Z
	47	16	11,2	6,55	0,275	-	9 500	0,11	63005-2RS1	-
	52	15	14,8	7,8	0,335	28 000	18 000	0,13	► 6205	-
	52	15	14,8	7,8	0,335	-	8 500	0,13	► 6205-2RSH	6205-RSH
	52	15	14,8	7,8	0,335	28 000	14 000	0,13	► 6205-2RSL	6205-RSL
52	15	14,8	7,8	0,335	28 000	14 000	0,13	► 6205-2Z	6205-Z	
52	15	17,8	9,3	0,4	28 000	18 000	0,12	6205 ETN9	-	
52	18	14	7,8	0,335	-	8 500	0,13	62205-2RS1	-	
62	17	23,4	11,6	0,49	24 000	16 000	0,23	► 6305	-	
62	17	23,4	11,6	0,49	-	7 500	0,24	► 6305-2RSH	6305-RSH	
62	17	23,4	11,6	0,49	24 000	13 000	0,23	6305-2RZ	6305-RZ	
62	17	23,4	11,6	0,49	24 000	13 000	0,23	► 6305-2Z	6305-Z	
62	17	26	13,4	0,57	24 000	16 000	0,22	6305 ETN9	-	
62	24	22,5	11,6	0,49	-	7 500	0,32	62305-2RS1	-	
80	21	35,8	19,3	0,815	20 000	13 000	0,54	6405	-	
28	58	16	16,8	9,5	0,405	26 000	16 000	0,17	62/28	-
	68	18	25,1	13,7	0,585	22 000	14 000	0,3	63/28	-
30	42	7	4,49	2,9	0,146	-	9 500	0,025	► 61806-2RS1	-
	42	7	4,49	2,9	0,146	32 000	16 000	0,025	► 61806-2RZ	-
	42	7	4,49	2,9	0,146	32 000	20 000	0,025	► 61806	-

Apéndice D.

Dimensiones calcula de cuña

Chavetero para chavetas paralelas

Dimensiones en mm.

Diámetro del eje d		Sección de la chaveta	Ancho b, tolerancia					Profundidad				Chafilán R1	
			Nominal	Clase de ajuste del enchavetado			Eje h1	Cubo h2					
Más de	hasta	b X h		Libre	Normal	Ajustado		Nominal	Toler.	Nominal	Toler.	Mfn.	Máx.
			Eje h9	Cubo D10	Eje n9	Cubo JS9	Eje y Cubo p9/P9						
10	12	4X4	4					2,5		1,8		0,08	0,16
12	17	5X5	5	+0,030	+0,078	0	±0,015	-0,012	+0,1	2,3	+0,1	0,16	0,25
17	22	6X6	6	0	+0,030	-0,030		-0,042	0	2,8	0	0,16	0,25
22	30	8X7	8	+0,036	+0,098	0	±0,018	-0,015		3,3		0,16	0,25
30	38	10X8	10	0	+0,040	-0,036		-0,051		3,3		0,25	0,40
38	44	12X8	12							3,3		0,25	0,40
44	50	14X9	14	+0,043	+0,120	0	+0,0215	-0,018		3,8		0,25	0,40
50	58	16X10	16	0	+0,050	-0,043		-0,061		4,3		0,25	0,40
58	65	18X11	18						+0,2	4,4	+0,2	0,25	0,40
65	75	20X12	20						0	4,9	0	0,40	0,60
75	85	22X14	22	+0,052	+0,149	0	±0,026	-0,022		5,4		0,40	0,60
85	95	25X14	25	0	+0,065	-0,052		-0,074		5,4		0,40	0,60
95	110	28X16	28							6,4		0,40	0,60
110	130	32X18	32							7,4		0,40	0,60
130	150	36X20	36							8,4		0,70	1,00
150	170	40X22	40	+0,062	+0,180	0	±0,031	-0,026		9,4		0,70	1,00
170	200	45X25	45	0	+0,080	-0,062		-0,088		10,4		0,70	1,00
200	230	50X28	50							11,4		0,70	1,00
230	260	56X32	56						+0,3	12,4	+0,3	0,70	1,00
260	290	63X32	63	+0,074	+0,220	0	±0,037	-0,032		12,4	0	1,20	1,60
290	330	70X36	70	0	+0,100	-0,074		-0,106		14,4		1,20	1,60
330	380	80X40	80							15,4		2,00	2,50
380	440	90X45	90	+0,087	+0,260	0	±0,0435	-0,037		17,4		2,00	2,50
440	500	100X50	100	0	+0,120	-0,087		-0,124		19,5		2,00	2,50

Apéndice E.

Catálogo cálculo de correa.

Tabla Nº 2 - Sección Z																							
Nº R.P.M. De la polea menor	Prestación Base (en HP)													Prestación adicional por relación de transmisión (en HP)									
	Diámetro primitivo de la polea menor (mm)													1.02 al 1.04	1.05 al 1.08	1.09 al 1.12	1.13 al 1.18	1.19 al 1.24	1.25 al 1.34	1.35 al 1.51	1.52 al 1.99	2.00 y sobre	
	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	110									
1160	0.15	0.24	0.32	0.40	0.49	0.57	0.65	0.74	0.82	0.89	0.97	1.05	1.13	1.28	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.07	0.07
1750	0.19	0.31	0.43	0.55	0.67	0.79	0.91	1.02	1.14	1.25	1.36	1.47	1.58	1.80	0.01	0.03	0.05	0.07	0.08	0.09	0.10	0.11	0.11
3450	0.22	0.44	0.66	0.88	1.08	1.28	1.48	1.67	1.86	2.04	2.22	2.39	2.55	2.85	0.03	0.07	0.10	0.13	0.16	0.18	0.20	0.22	0.22
200	0.04	0.06	0.08	0.10	0.12	0.13	0.15	0.16	0.18	0.20	0.23	0.25	0.28	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
400	0.07	0.11	0.14	0.17	0.21	0.24	0.27	0.30	0.33	0.36	0.39	0.42	0.45	0.51	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02
600	0.10	0.15	0.19	0.24	0.29	0.33	0.38	0.42	0.47	0.51	0.56	0.60	0.64	0.73	0.00	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.04
800	0.12	0.18	0.24	0.30	0.36	0.42	0.48	0.54	0.60	0.65	0.71	0.77	0.82	0.94	0.00	0.01	0.02	0.03	0.03	0.04	0.04	0.05	0.05
1000	0.14	0.21	0.29	0.36	0.43	0.51	0.58	0.65	0.72	0.79	0.86	0.93	1.00	1.13	0.00	0.02	0.03	0.04	0.04	0.05	0.06	0.06	0.06
1200	0.15	0.24	0.33	0.42	0.50	0.59	0.67	0.76	0.84	0.92	1.00	1.08	1.16	1.32	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.07	0.07
1400	0.17	0.27	0.37	0.47	0.57	0.66	0.76	0.86	0.95	1.05	1.14	1.23	1.32	1.50	0.01	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.09
1600	0.18	0.29	0.41	0.52	0.63	0.74	0.85	0.95	1.06	1.16	1.27	1.37	1.47	1.67	0.01	0.03	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.10	0.10
1800	0.19	0.31	0.44	0.57	0.68	0.81	0.93	1.05	1.16	1.28	1.39	1.51	1.62	1.84	0.01	0.03	0.05	0.07	0.08	0.09	0.10	0.11	0.11
2000	0.20	0.34	0.47	0.61	0.74	0.88	1.01	1.14	1.26	1.39	1.51	1.64	1.76	1.99	0.01	0.04	0.06	0.08	0.09	0.10	0.11	0.12	0.13
2200	0.20	0.36	0.51	0.65	0.80	0.94	1.08	1.22	1.36	1.50	1.63	1.76	1.89	2.14	0.02	0.04	0.06	0.08	0.10	0.11	0.13	0.14	0.14
2400	0.21	0.37	0.54	0.69	0.85	1.00	1.16	1.30	1.45	1.60	1.74	1.88	2.01	2.28	0.02	0.05	0.07	0.09	0.11	0.13	0.14	0.15	0.15
2600	0.22	0.39	0.56	0.73	0.90	1.06	1.22	1.38	1.54	1.69	1.84	1.99	2.13	2.41	0.02	0.05	0.08	0.10	0.12	0.13	0.15	0.16	0.16
2800	0.22	0.41	0.59	0.77	0.95	1.12	1.29	1.46	1.62	1.78	1.94	2.09	2.24	2.53	0.02	0.05	0.08	0.10	0.13	0.15	0.16	0.17	0.18
3000	0.22	0.42	0.61	0.80	0.99	1.17	1.35	1.53	1.70	1.87	2.03	2.19	2.35	2.64	0.02	0.06	0.09	0.11	0.14	0.16	0.18	0.19	0.19
3200	0.22	0.43	0.64	0.84	1.03	1.22	1.41	1.60	1.77	1.95	2.12	2.28	2.44	2.74	0.03	0.06	0.09	0.12	0.15	0.17	0.19	0.20	0.20
3400	0.22	0.44	0.66	0.87	1.07	1.27	1.47	1.66	1.84	2.02	2.20	2.37	2.53	2.83	0.03	0.07	0.10	0.13	0.15	0.18	0.20	0.21	0.22
3600	0.22	0.45	0.68	0.90	1.11	1.32	1.52	1.72	1.91	2.09	1.27	2.44	2.61	2.91	0.03	0.07	0.11	0.14	0.16	0.19	0.21	0.22	0.23
3800	0.22	0.46	0.70	0.92	1.14	1.36	1.57	1.77	1.97	2.15	2.34	2.51	2.67	2.97	0.03	0.07	0.11	0.15	0.17	0.20	0.22	0.24	0.24
4000	0.22	0.47	0.71	0.95	1.18	1.40	1.62	1.82	2.02	2.21	2.40	2.57	2.73	3.03	0.03	0.08	0.12	0.15	0.18	0.21	0.23	0.25	0.25
4200	0.21	0.47	0.73	0.97	1.21	1.43	1.66	1.87	2.07	2.26	2.45	2.62	2.78	3.07	0.03	0.08	0.12	0.16	0.19	0.22	0.24	0.26	0.27
4400	0.21	0.48	0.74	0.99	1.23	1.47	1.69	1.91	2.11	2.31	2.49	2.66	2.82	3.10	0.04	0.09	0.13	0.17	0.20	0.23	0.26	0.28	0.28
4600	0.21	0.48	0.75	1.01	1.26	1.50	1.73	1.94	2.15	2.34	2.53	2.69	2.85	3.11	0.04	0.09	0.14	0.18	0.21	0.24	0.27	0.29	0.29
4800	0.20	0.48	0.76	1.03	1.28	1.53	1.76	1.97	2.18	2.37	2.55	2.72	2.86	3.11	0.04	0.10	0.14	0.19	0.22	0.25	0.28	0.30	0.31
5000	0.19	0.48	0.77	1.04	1.30	1.55	1.78	2.00	2.21	2.40	2.57	2.73	2.87	3.09	0.04	0.10	0.15	0.19	0.23	0.26	0.29	0.31	0.32
5200	0.18	0.48	0.77	1.05	1.31	1.56	1.80	2.02	2.23	2.41	2.58	2.73	2.86	3.06	0.04	0.10	0.16	0.20	0.24	0.28	0.31	0.33	0.33
5400	0.17	0.48	0.78	1.06	1.33	1.58	1.82	2.04	2.24	2.42	2.58	2.72	2.84	-	0.05	0.11	0.16	0.21	0.25	0.29	0.32	0.34	0.34
5600	0.16	0.47	0.78	1.07	1.34	1.59	1.83	2.05	2.24	2.42	2.57	2.70	2.81	-	0.05	0.11	0.17	0.21	0.26	0.30	0.33	0.35	0.36
5800	0.14	0.47	0.78	1.07	1.34	1.60	1.83	2.05	2.24	2.41	2.56	2.67	-	-	0.05	0.12	0.17	0.22	0.27	0.31	0.34	0.36	0.37
6000	0.13	0.46	0.78	1.07	1.35	1.60	1.84	2.05	2.23	2.40	2.53	2.63	-	-	0.05	0.12	0.18	0.23	0.28	0.32	0.35	0.38	0.38

Apéndice F.

Fotos de la máquina ya construida y las cada una de sus piezas

Figura 64.

Mueble de la maquina sin pintar



Nota. Elaborada por el Autor

Figura 65.

Tamiz



Nota. Elaborada por el Autor

Figura 66.

Soporte de aspas



Nota. Elaborada por el Autor

Figura 67.

Aspas



Nota. Elaborada por el Autor

Figura 68.

Tanque principal



Nota. Elaborada por el Autor

Figura 69.

Tolva



Nota. Elaborada por el Autor

Figura 70.

Eje, poleas y tornillos



Nota. Elaborada por el Autor

Figura 71.

Primeros ensambles de la máquina



Nota. Elaborada por el Autor

Figura 72.

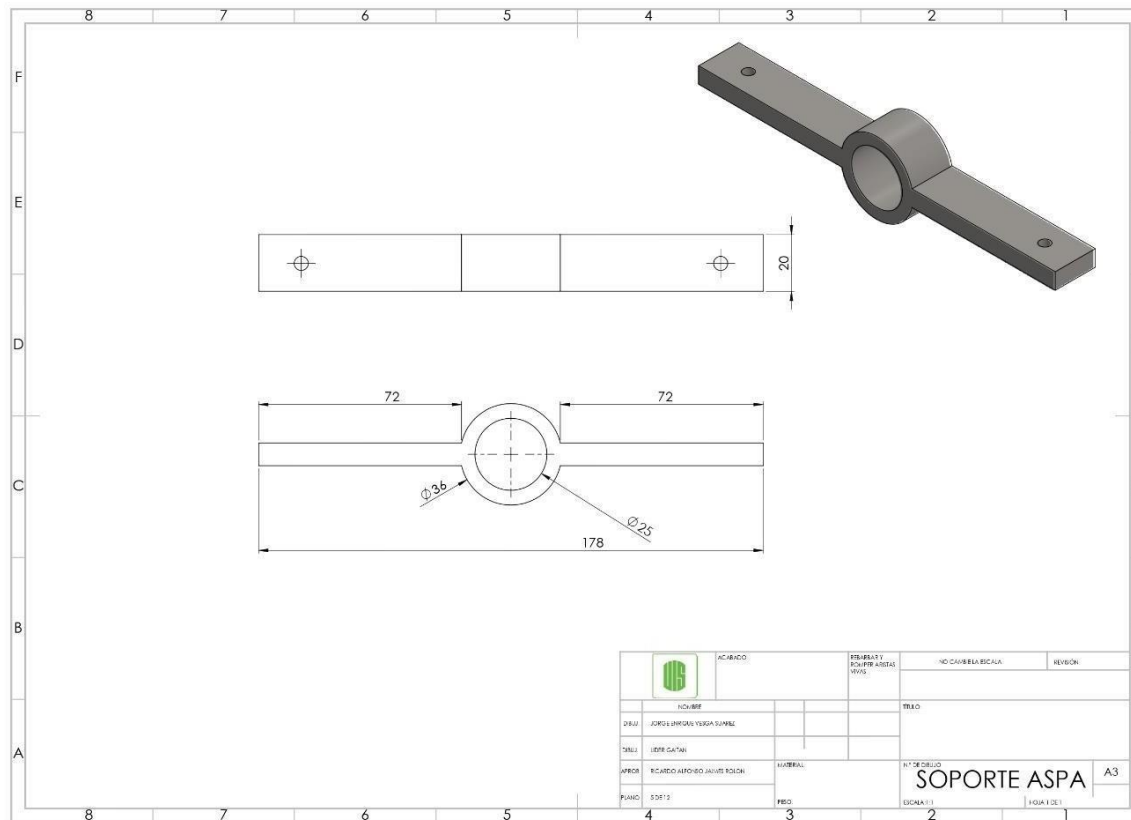
Máquina ensamblaje final



Nota. Elaborada por el Autor

Figura 75.

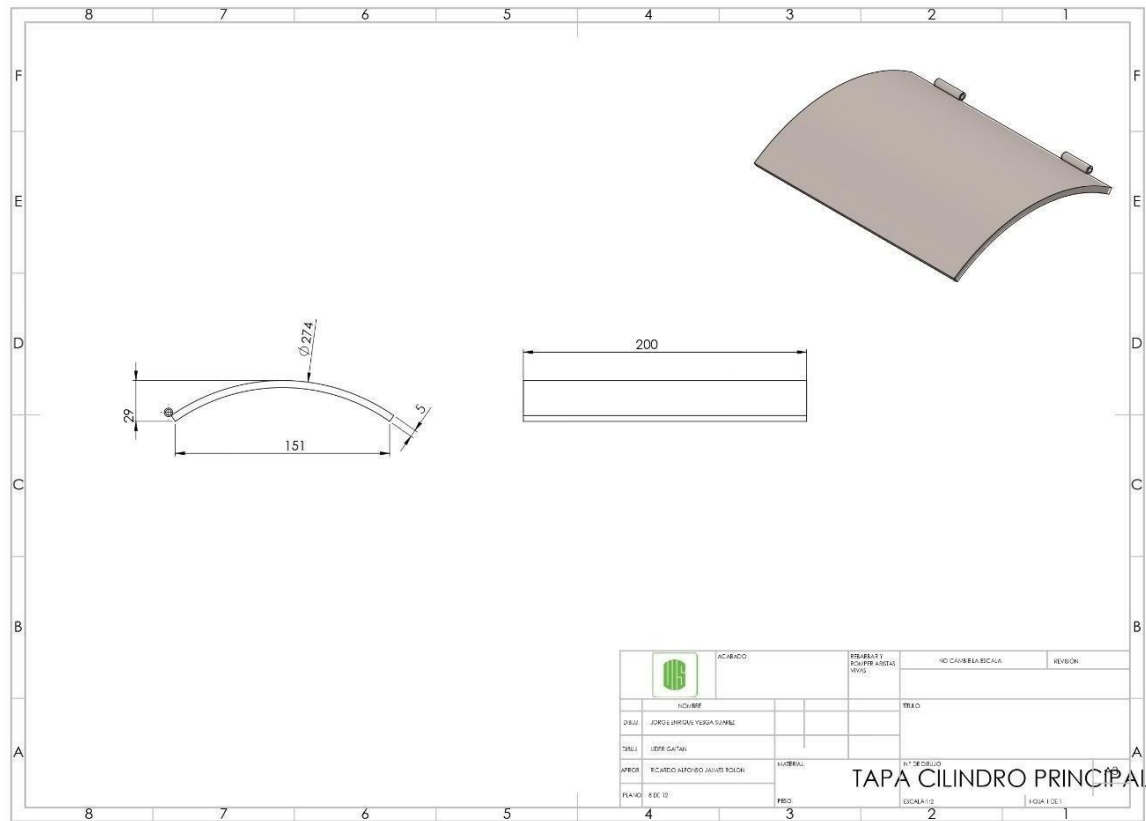
Soporte aspa.



Nota. Elaborada por el Autor

Figura 76.

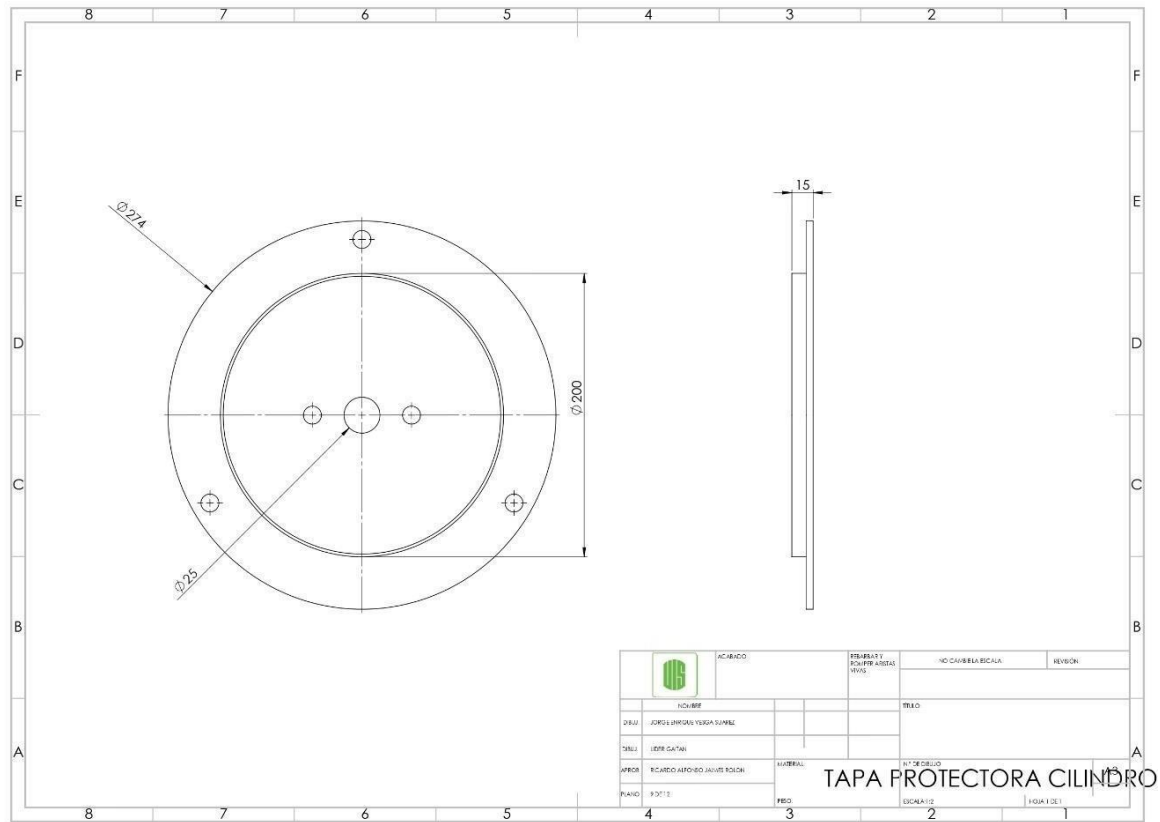
Tapa cilindro principal.



Nota. Elaborada por el Autor

Figura 77.

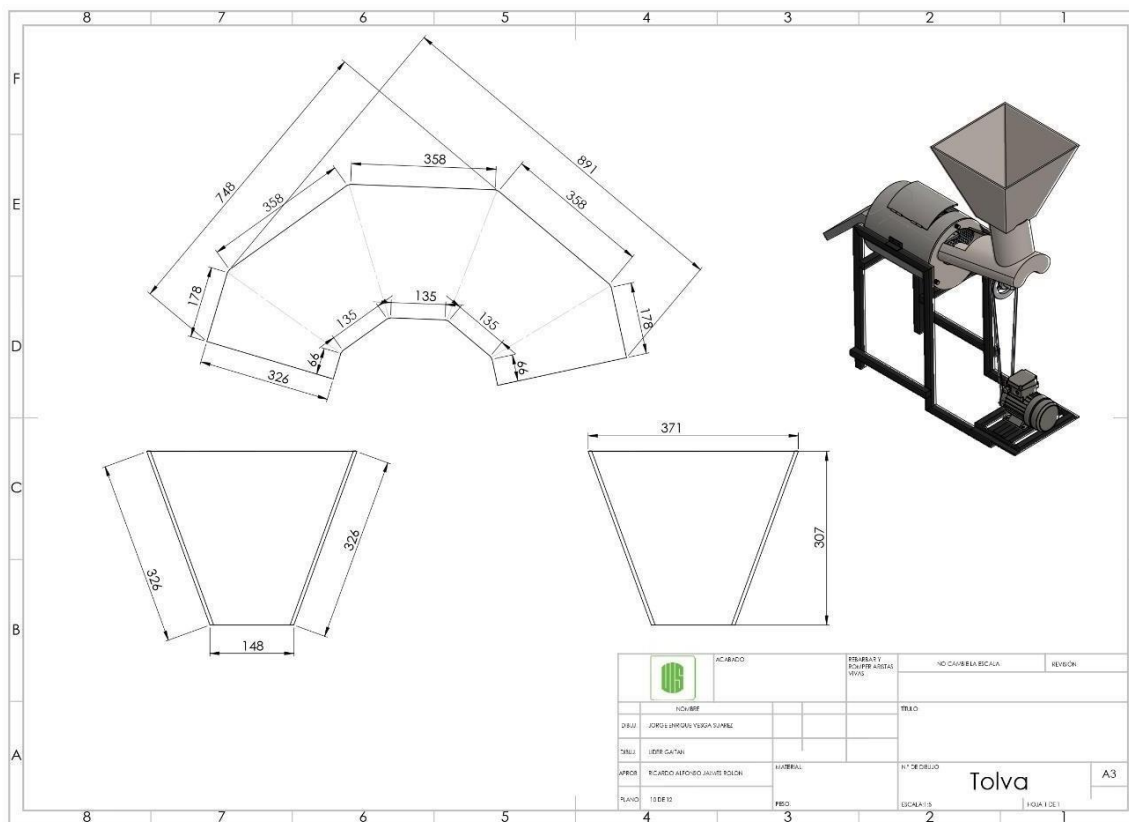
Tapa protectora cilindro.



Nota. Elaborada por el Autor

Figura 78.

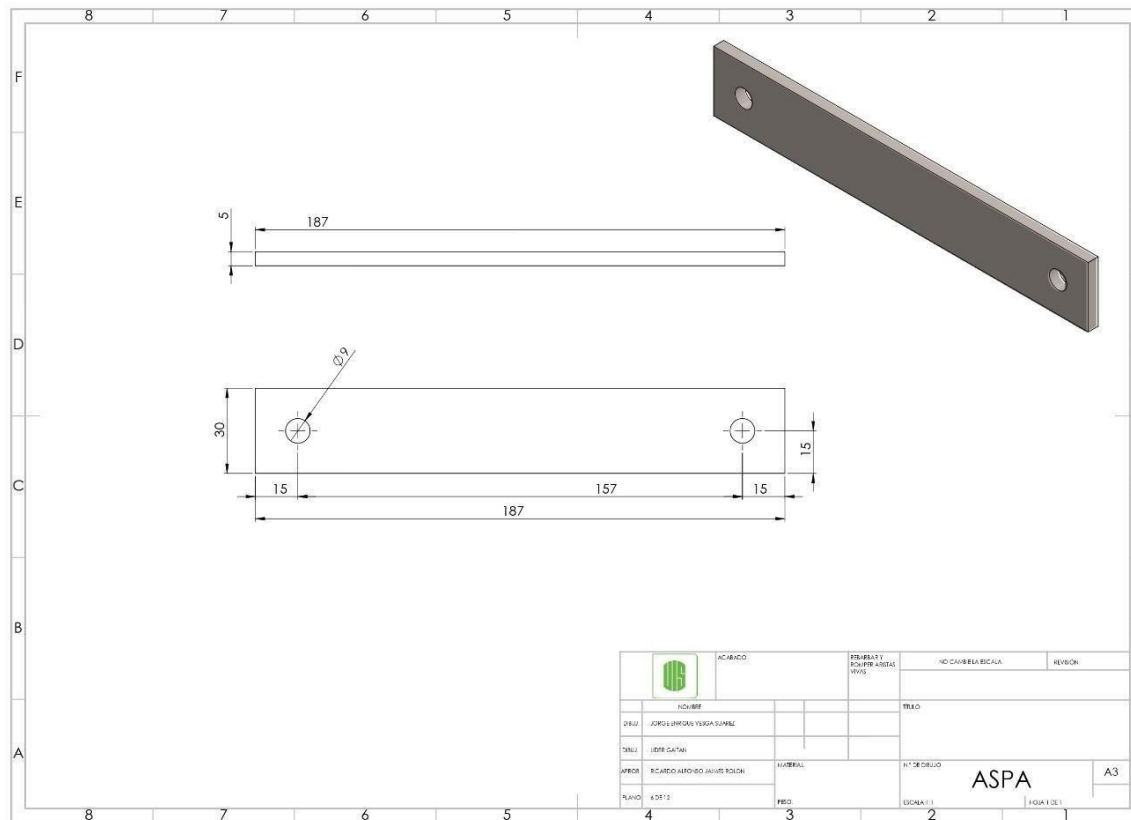
Tolva.



Nota. Elaborada por el Autor

Figura 79.

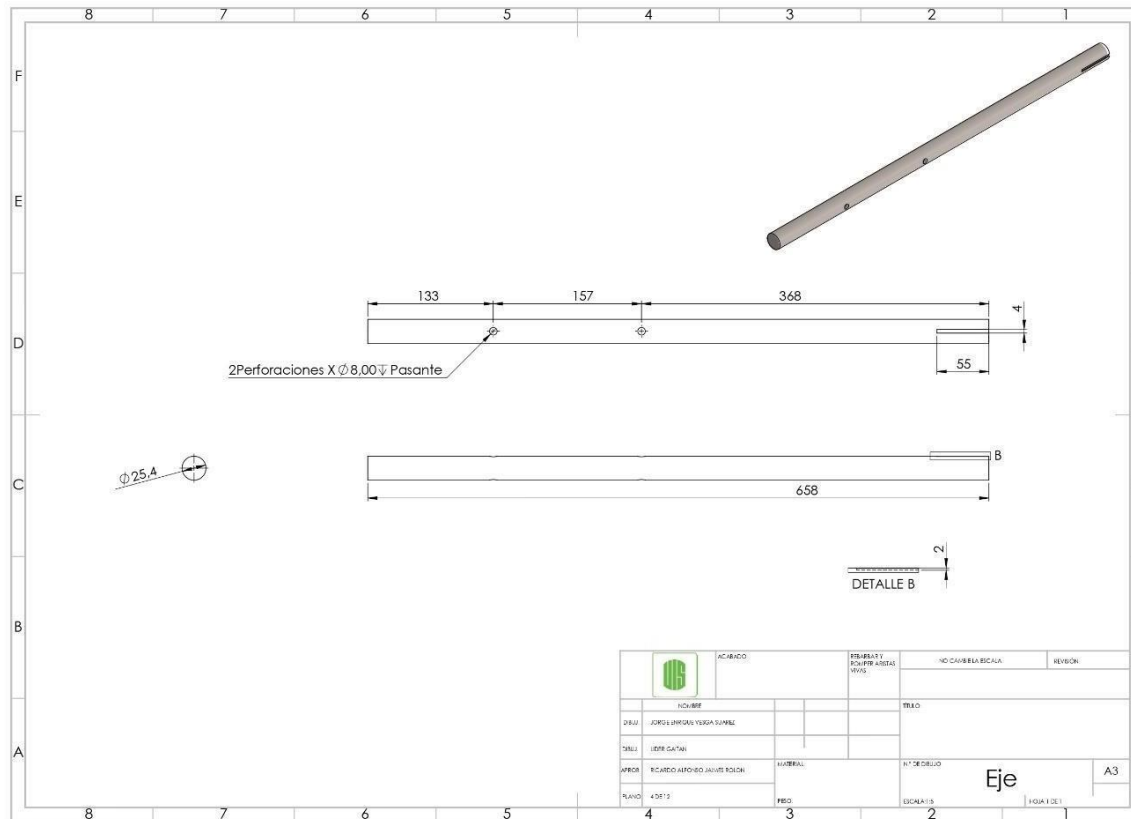
Aspa.



Nota. Elaborada por el Autor

Figura 80.

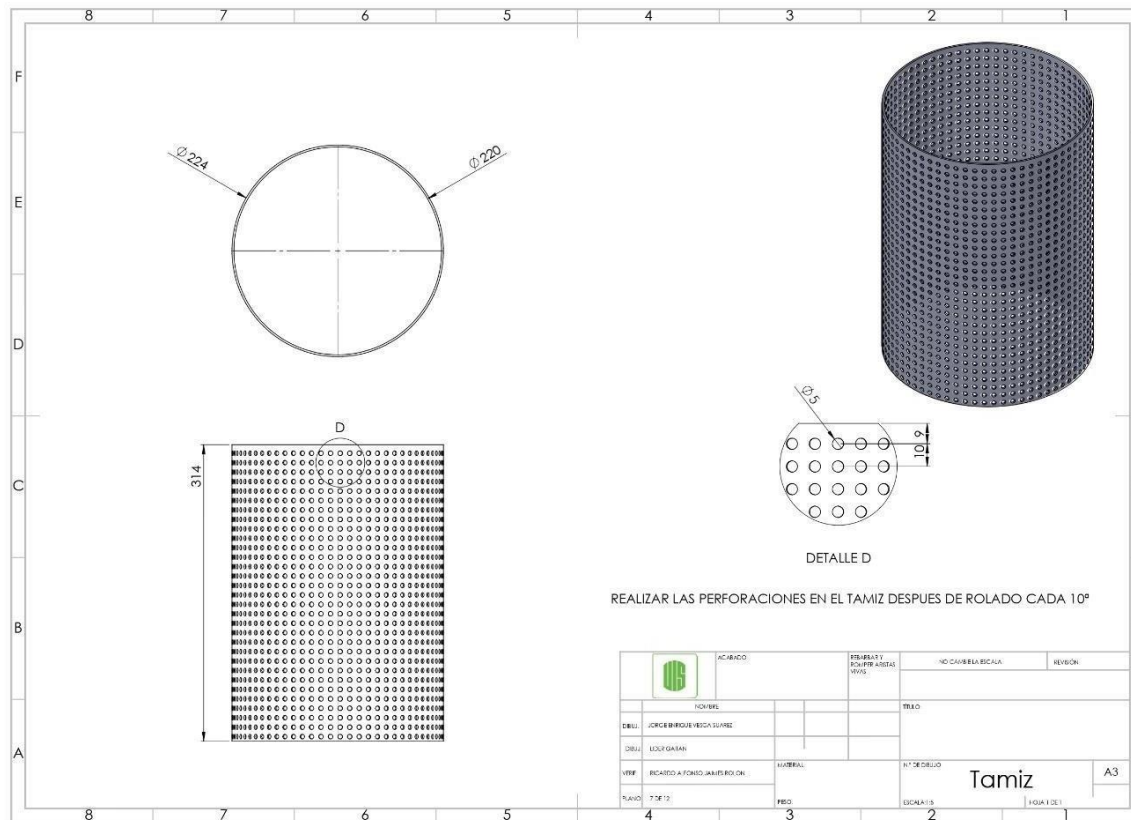
Eje.



Nota. Elaborada por el Autor

Figura 81.

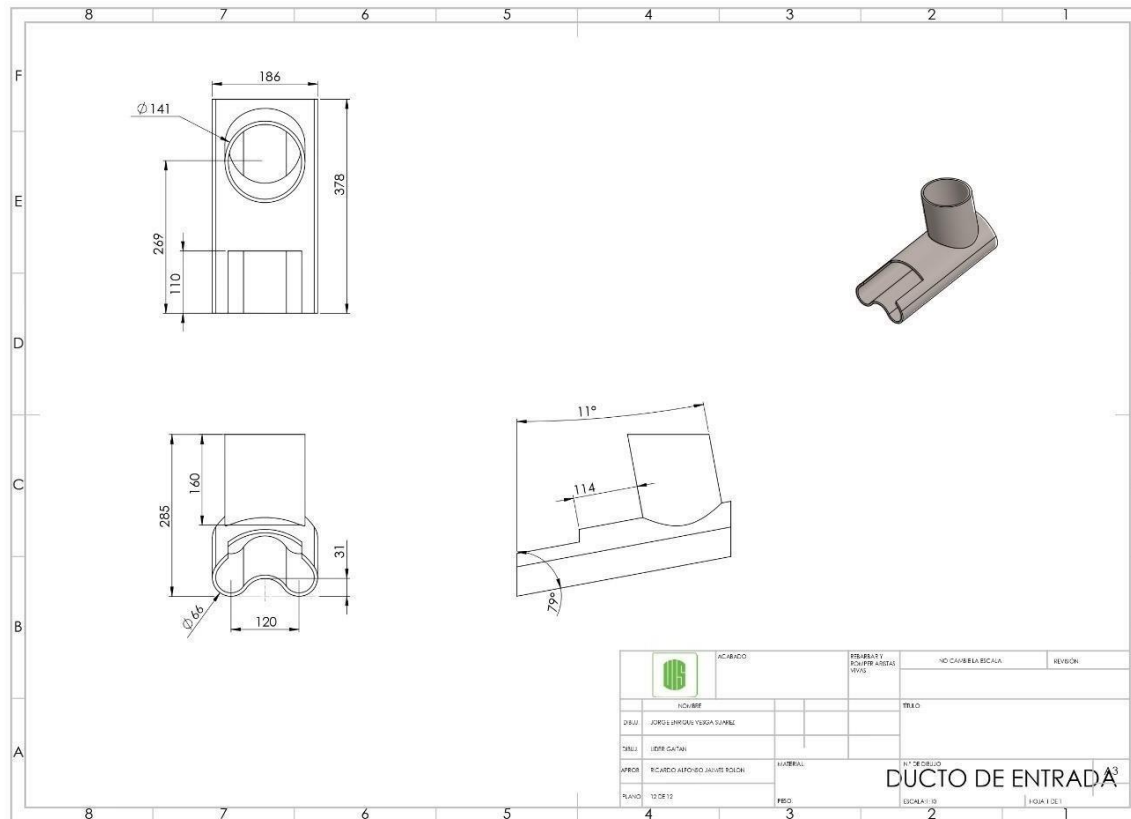
Tamiz



Nota. Elaborada por el Autor

Figura 82.

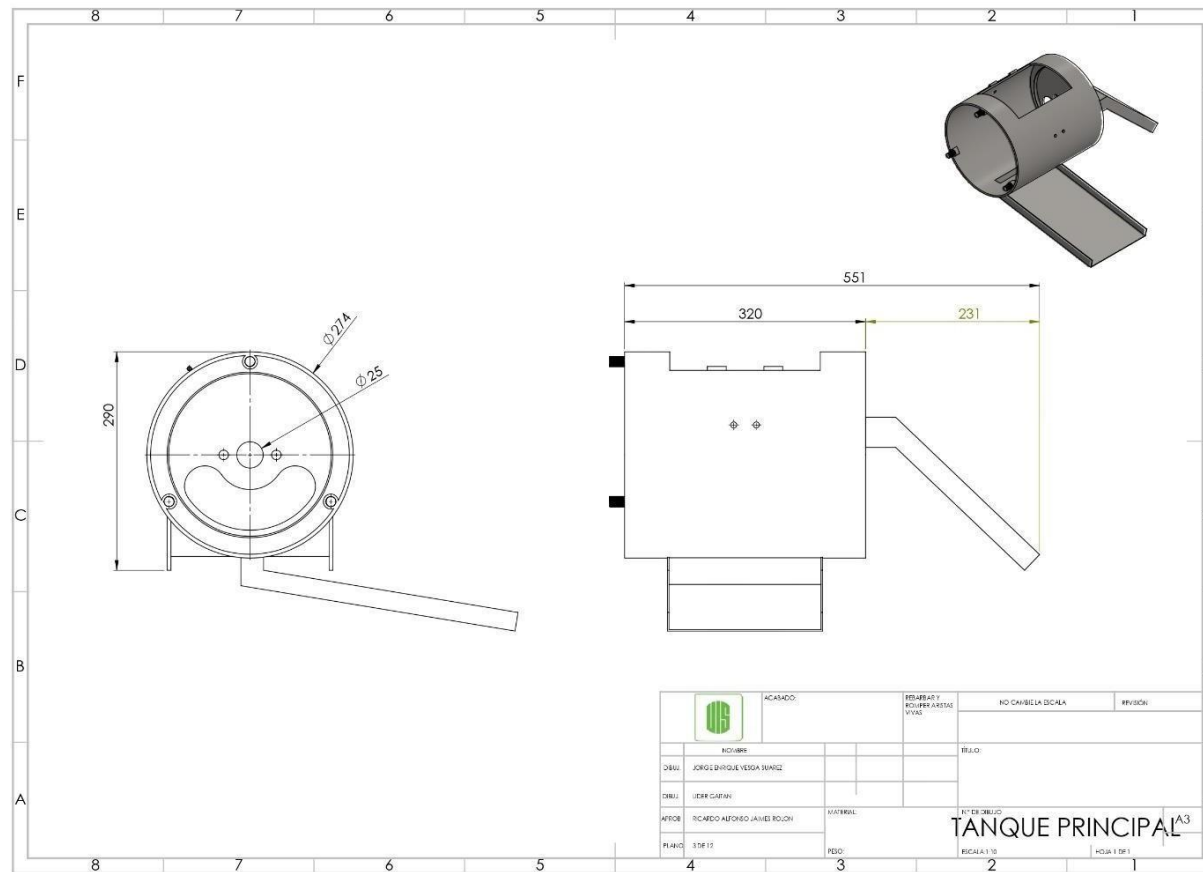
conducto de entrada.



Nota. Elaborada por el Autor

Figura 83.

Tanque principal.

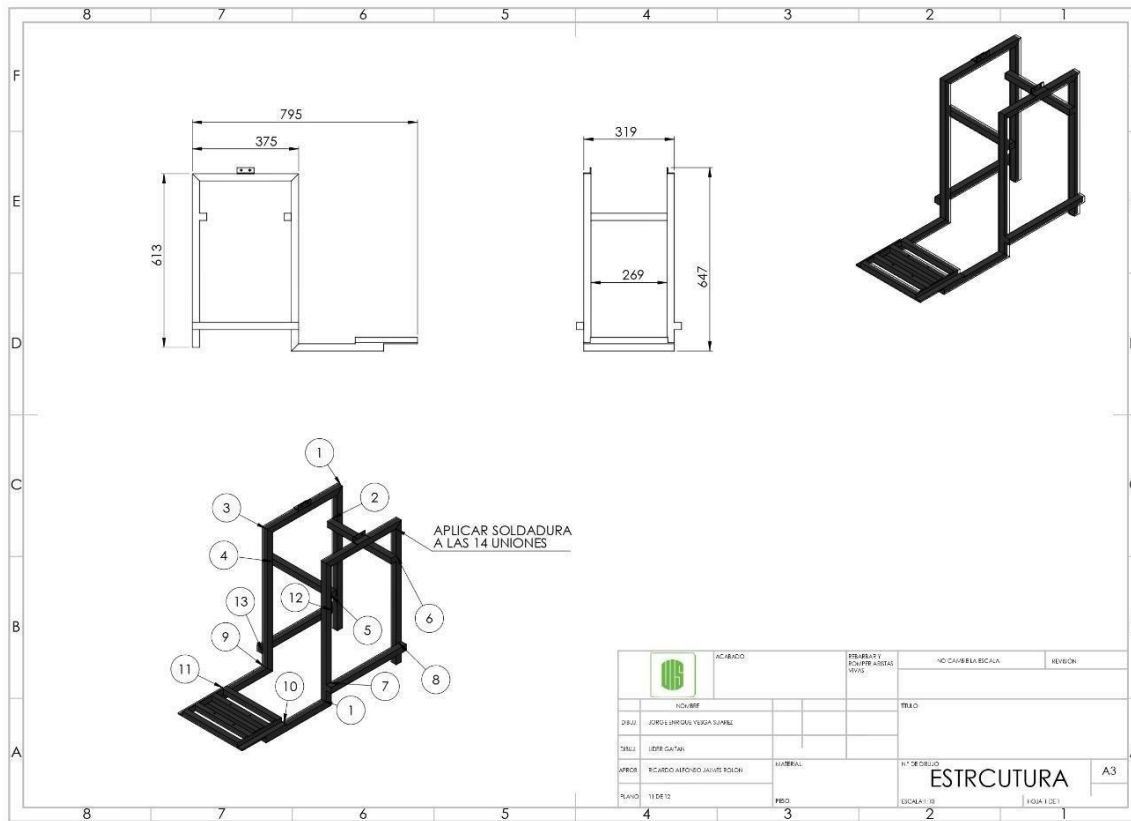


Nota. Elaborada por el Autor

Figura

84.

Estructura.



Nota. Elaborada por el Autor