



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA  
SEDE QUITO  
CARRERA DE MECÁNICA**

**DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA MÁQUINA DESPULPADORA DE FRUTA CON  
CAPACIDAD DE 11L/LOTE PARA LA COMUNIDAD DE FACUNDO VELA  
PROVINCIA DE BOLÍVAR.**

Trabajo de titulación previo a la obtención del  
Título de **Ingeniero Mecánico**

**AUTORES: KEVIN VINICIO MUÑOZ QUITO  
JONATHAN DAVID VALLEJO ENRÍQUEZ**

**TUTOR: CRISTIAN ANDRÉS LEIVA GONZÁLEZ**

Quito-Ecuador  
2022

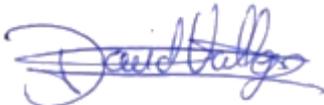
## **CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Nosotros, Jonathan David Vallejo Enríquez con documento de identificación N°1721168514 y Kevin Vinicio Muñoz Quito con documento de identificación N°1726163619; manifestamos que:

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

Quito, 18 de marzo del año 2022

Atentamente,



---

Jonathan David Vallejo Enríquez  
1721168514



---

Kevin Vinicio Muñoz Quito  
1726163619

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

Nosotros, Jonathan David Vallejo Enríquez con documento de identificación N°1721168514 y Kevin Vinicio Muñoz Quito con documento de identificación N°1726163619, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores de la Propuesta Tecnológica: “Diseño y simulación de una máquina despulpadora de fruta con capacidad de 11L/lote para la comunidad de Facundo Vela provincia de Bolívar”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingenieros Mecánicos, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

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

Quito, 18 de marzo del año 2022

Atentamente,



---

Jonathan David Vallejo Enríquez  
1721168514



---

Kevin Vinicio Muñoz Quito  
1726163619

## CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Cristian Andrés Leiva González con documento de identificación N°1716424476, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA MÁQUINA DESPULPADORA DE FRUTA CON CAPACIDAD DE 11L/LOTE PARA LA COMUNIDAD DE FACUNDO VELA PROVINCIA DE BOLÍVAR, realizado por Jonathan David Vallejo Enríquez con documento de identificación N°1721168514 y por Kevin Vinicio Muñoz Quito con documento de identificación N°1726163619, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción propuesta tecnológica que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 18 de marzo del año 2022

Atentamente,



---

Ing. Cristian Andrés Leiva González MSc.

1716424476

## **Dedicatoria**

Este trabajo se lo dedico a mis padres que siempre han estado a mi lado en cada escalón de mi vida y han sabido aconsejarme para poder ir por el buen camino, a mi hermana que ha sido un ejemplo de liderazgo y constancia para culminar lo propuesto además de ser mi mejor amiga y confidente; y por último a mis abuelitas que faltó muy poco tiempo para que vean la culminación de esta etapa

David Vallejo

El siguiente documento va dedicado a mis padres y amigos quienes siempre me han ayudado a seguir en el camino correcto, a no rendirme, esforzarme por lo que quiero conseguir, más aún a mi madre que desde pequeño me enseñó a cumplir mis objetivos, me dio razones para no dejarme derrotar y seguir día a día trabajando duro por mejor porvenir posterior a al fin de esta gran carrera.

Kevin Muñoz

## **Agradecimiento**

Agradezco a mi familia por el apoyo y la constancia que me han brindado, por los grandes o pequeños esfuerzos que han hecho y en especial por inculcarme los valores que me definen hoy en día, a mis amigos que han caminado a mi lado en mi vida estudiantil dándome los ánimos para afrontar cualquier reto.

A los docentes de la Universidad Politécnica Salesiana por compartir sus conocimientos siempre de la mejor manera para estar preparado en mi vida profesional.

David Vallejo

Agradezco a cada persona que se cruzó en mi camino, a los que se quedaron para darme alegrías y a los que se fueron para darme recuerdos, más aún a quienes siguen ahí esperando para celebrar un logro más conmigo, agradezco principalmente a mis padres que ellos son y serán siempre el pilar más grande de mi vida.

Finalmente, sin restar importancia agradezco a todos los educadores que me han enseñado cada pequeña parte de su conocimiento para formar un gran profesional y más que eso una gran persona.

Kevin Muñoz

## ÍNDICE

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.....	i
CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA.....	ii
CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN .....	iii
Dedicatoria.....	iv
Agradecimiento.....	v
ÍNDICE.....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
Índice de tablas.....	xi
RESUMEN .....	xii
Abstract .....	xiii
INTRODUCCIÓN.....	1
<b>CAPÍTULO I.....</b>	<b>4</b>
<b>MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>4</b>
1.1 Despulpe de fruta .....	4
1.1.1 Pulpa.....	4
1.1.2 Proceso para elaboración de pulpas.....	5
1.1.3 Ergonomía.....	6
1.1.4 Flujograma de procesos .....	7
1.1.5 Descripción de máquina despulpadora .....	7
1.1.6 Tipos de máquinas despulpadoras y selección de la mejor para el trabajo .....	8
1.1.6.1 Alternativas .....	8
1.1.6.2 Máquina despulpadora horizontal (Alternativa A).....	8
1.1.6.3 Máquina despulpadora vertical (Alternativa B) .....	9
1.1.6.4 Despulpadora de disco .....	10
1.1.7 Parámetros de comparación.....	11
1.1.8 Aceros inoxidables .....	12
1.1.9 Clases de Aceros inoxidables.....	13
1.1.9.1 Aceros austeníticos.....	13
1.1.9.2 Acero inoxidable Serie 316 .....	13

1.1.10	Soldadura en acero inoxidable .....	14
1.2	Aspectos a considerar en Facundo Vela.....	16
1.3	Software de simulación especializado SOLIDWORKS .....	17
1.3.1	SolidWorks Motion .....	17
<b>Capítulo II</b>	.....	<b>19</b>
<b>2.1 Modelado del sistema</b>	.....	<b>19</b>
2.1.1	Diseño concurrente .....	19
2.1.2	Diseño de elementos.....	19
2.1.2.1	Tolva.....	19
2.1.2.2	Rascadores.....	21
2.1.2.3	Fuerza interna presente en el rascador .....	22
2.1.2.4	Masa de los soportes .....	26
2.1.2.5	Masa del raspador.....	28
2.1.2.6	Potencia de transportación .....	29
2.2	Selección del motor.....	30
2.2.1	Dimensionamiento de la transmisión .....	30
2.2.2	Dimensionamiento del eje principal.....	33
2.2.3	Diseño del eje a fatiga .....	37
2.2.4	Límite de la resistencia a la fatiga .....	38
2.2.4.1	Factor superficial [Ka] .....	39
2.2.4.2	Factor de tamaño [Kb].....	39
2.2.4.3	Factor de carga [Kc] .....	39
2.2.4.4	Factor de temperatura [Kd] .....	40
2.2.4.5	Factor de confiabilidad [Ke] .....	40
2.2.4.6	Factor de efectos varios [Kf].....	41
2.2.5	Selección de chumaceras .....	42
2.2.6	Diseño del sistema de la despulpadora .....	43
2.2.7	Diseño del soporte .....	43
2.3	.....Diseño del rascador	46
2.4	Selección del tamiz.....	48
2.5	Análisis de soldadura para los elementos de trabajo.....	49
<b>Capítulo III</b>	.....	<b>50</b>

3.1 Simulación .....	50
3.2 Resultados .....	52
3.3 Comparación de posición de rascadores .....	53
<b>Capítulo IV</b> .....	<b>54</b>
4.1 Análisis de costos .....	54
4.2 Costos directos.....	54
4.2.1 Costos de material.....	54
4.2.2 Costos de elementos estándares .....	55
4.2.3 Costos de maquinado de partes y mano de obra.....	56
4.3 Costo total directo .....	56
4.4 Costo indirecto.....	57
4.4.1 Costo de materiales indirectos.....	57
4.5 Costo total de la máquina.....	57
4.6 Máquinas despulpadoras en el mercado.....	58
CONCLUSIONES .....	59
RECOMENDACIONES.....	60
LISTA DE REFERENCIAS .....	61

## Índice de Figuras

<b>Figura 1.</b> Despulpado de fruta .....	4
<b>Figura 2.</b> Pulpa procesada .....	4
<b>Figura 3.</b> Flujograma del proceso.....	7
<b>Figura 4.</b> Despulpadora Horizontal .....	9
<b>Figura 5.</b> Despulpadora vertical .....	10
<b>Figura 6.</b> Despulpadora de disco .....	10
<b>Figura 7.</b> Proceso de soldadura TIG.....	16
<b>Figura 8.</b> Tolva.....	20
<b>Figura 9.</b> Rascadores de la máquina despulpadora. ....	22
<b>Figura 10.</b> Fuerza tangencial del rascador.....	22
<b>Figura 11.</b> Área donde se almacena la fruta.....	23
<b>Figura 12.</b> Diseño del soporte. ....	26
<b>Figura 13.</b> Propiedades del acero inoxidable AISI 316 .....	26
<b>Figura 14.</b> Raspador. ....	28
<b>Figura 15.</b> Catalogo poleas .....	31
<b>Figura 16.</b> Capacidad de transmisión por canal de polea.....	32
<b>Figura 17.</b> Diagrama de cuerpo libre del eje.....	33
<b>Figura 18.</b> Reacciones en el eje.....	35
<b>Figura 19.</b> Factor $K_a$ .....	39
<b>Figura 20.</b> Factor $K_b$ .....	39
<b>Figura 21.</b> Factor $K_c$ .....	40
<b>Figura 22.</b> Factor $K_d$ .....	40
<b>Figura 23.</b> Factor $K_e$ .....	40
<b>Figura 24.</b> Chumaceras.....	42
<b>Figura 25.</b> Soporte del rascador .....	43
<b>Figura 26.</b> Reacciones en el rascador.....	44
<b>Figura 27.</b> Fuerza sobre el rascador. ....	46
<b>Figura 28.</b> Diagramas de momento y cortante del rascador.....	47
<b>Figura 29.</b> Diseño de tamiz .....	49
<b>Figura 30.</b> Diseño de máquina despulpadora .....	50

<b>Figura 31.</b> Vista explosionada.....	51
<b>Figura 32.</b> Esquema de la maquina .....	51
<b>Figura 33.</b> Consumo de energía de fuerza calculada.....	52
<b>Figura 34.</b> Consumo de energía con sobrecarga .....	52
<b>Figura 35.</b> Consumo de energía con carga mínima.....	53

## Índice de Tablas

<b>Tabla 1.</b> Cuadro comparativo de alternativas.....	12
<b>Tabla 2.</b> Composición.....	14
<b>Tabla 3.</b> Aceros inoxidables con características para soldadura . .....	14
<b>Tabla 4.</b> Electrodo utilizados para acero Inoxidable .....	15
<b>Tabla 5.</b> Datos técnicos de la fruta a trabajar .....	17
<b>Tabla 6.</b> Ensayo de laboratorio.....	25
<b>Tabla 7.</b> Factores de seguridad dependiendo del factor de carga.....	36
<b>Tabla 8.</b> Costos materiales.....	54
<b>Tabla 9.</b> Costos elementos estándares .....	55
<b>Tabla 10.</b> Costos de maquinado .....	56
<b>Tabla 11.</b> Costo total directo .....	57
<b>Tabla 12.</b> Costos materiales indirectos.....	57
<b>Tabla 13.</b> Costo total de la máquina.....	57
<b>Tabla 14.</b> Costo total .....	58

## RESUMEN

La base de este proyecto es el diseño y simulación de una máquina despulpadora de fruta con capacidad de 11L/lote que requiere la comunidad de Facundo Vela provincia de Bolívar, se encuentra ubicada a hora y media desde Guaranda, para esto mediante una visita se pudo determinar la necesidad primordial de la comunidad, que es el procesamiento de fruta debido a que su sustento se basa especialmente en la producción de mermelada la misma que era exportada a Italia y distribuida en la zona, debido a la producción y mediante un estudio de alternativas acerca de despulpadoras se optó por el diseño de una despulpadora horizontal debido a que presenta un mejor rendimiento y cumple con los aspectos teóricos recogidos de la comunidad con respecto a la despulpadora vertical que era utilizada.

Para el diseño se consideró varios parámetros como el espacio en donde estará ubicada la máquina, que no era lo suficientemente amplio, también al ser una máquina procesadora de alimentos esta debe ser diseñada con materiales inoxidables de grado alimenticio, como lo es el acero AISI 316, la mesa en donde estará soportado será de un acero estructural A36, la fuente de alimentación de la máquina debe ser diseñada a 110 voltios.

El diseño fue realizado en SolidWorks Motion que es un software de dibujo asistido por computador en donde permitió crear y visualizar cada pieza de la máquina como su ensamble y simulación de movimiento que esta debe cumplir.

Palabras clave: diseño, simulación, despulpadora, capacidad, solidworks

## **Abstract**

The basis of this project is the Design and simulation of a fruit pulping machine with a capacity of 11L / lot destined to the community of Facundo Vela wich belongs to Bolívar province, it is located an hour and a half from Guaranda, through a visit it was determined the primary need of the community, which is the processing of fruit, because their livelihood is based especially on the production of jam which is exported to Italy and distributed in the area, due to the production and through a study of alternatives about pulping machines we opted for the design of a horizontal pulper because it presents better performance and complies with the theoretical aspects collected from the community with respect to the vertical pulper that was used.

For the design, several parameters were considered, such as the space where the machine will be located, which was not large enough, also being a food processing machine it must be designed with food grade stainless materials such as AISI 316 steel, the table where it will be supported will be made of A36 structural steel, the power supply of the machine must be designed at 110 volts.

The design was made in SolidWorks Motion, which is a computer-aided drawing software where it allowed to create and visualize each part of the machine as its assembly and simulation of movement that it must comply with.

***Keywords:*** Design, simulation, pulper, capacity, SolidWorks

## INTRODUCCIÓN

En la comunidad de Facundo Vela provincia de Bolívar la producción de mermelada es su sustento primordial, gracias a su clima cálido a diferencia de Guaranda, les permite sembrar y cosechar una gran variedad de frutas como piña, mora, chamburo, babaco, naranja, maracuyá, entre otras. Por lo tanto, poseen una fuerte producción debido a la gran variedad de fruta, los encargados de la comunidad buscan una solución ante esta necesidad, que les permita aprovechar de mejor manera la materia prima evitando que exista desperdicio de fruta y tiempo en la producción, al mismo tiempo reducir los recursos humanos que trabajan artesanalmente considerando que el desarrollo de la tecnología permite al agricultor mejorar sus niveles de productividad innovando en máquinas que realicen el trabajo de manera eficiente y en lapsos de tiempo más cortos.

En este trabajo se tiene por objetivo diseñar una máquina despulpadora de fruta que beneficie a la comunidad siendo esta de fácil uso y montaje, para facilitar su limpieza y mantenibilidad, teniendo en cuenta la ergonomía de una persona promedio, y varios aspectos como tipo de fruta, material de trabajo, dimensiones y capacidad de producción de esta.

El problema de estudio es que en el sector de Facundo Vela se realiza mermeladas con los procesos de cultivo, corte y despulpe de fruta, entre ellos destaca el despulpe porque sin dicho proceso no se logra aprovechar de manera eficiente los recursos, por lo tanto, no se llega a la producción deseada con respecto a la cantidad de fruta disponible para trabajar, debido a que se pierde mucho tiempo en que los trabajadores hagan esto manualmente, además del tiempo en que estos tardan en ser procesados. Por otra parte, la producción se ralentiza porque en cada estación de trabajo, como es el empaclado y distribución dependen de la velocidad en que las frutas sean despulpadas.

Este proyecto se lo realizara con el afán de brindar ayuda a la comunidad de Facundo Vela aportando con una máquina despulpadora de fruta, debido a que su sustento se basa en la producción de mermelada, por dicha razón necesitan actualizar su proceso de despulpe porque actualmente se ha ralentizado por su maquinaria discontinuada, su demanda es bastante alta dado que la comunidad se dedica a la distribución y exportación de este producto, una vez

industrializados se mejorarán los tiempos de producción y aumentarán los beneficios económicos mejorando el comercio de la comunidad, del mismo modo el proyecto será diseñado para una jornada laboral menos exigente. Por otra parte, se realizará mejoramientos adecuados de la producción acoplando un variador de frecuencia para trabajar con diversas frutas ya sean duras o blandas, esto se implementará para reemplazar la anterior máquina que presenta daños como fugas, óxido y desgaste por el uso. Así no se perderá el stock de trabajo diario en la comunidad.

Por lo tanto, se opta por diseñar una despulpadora horizontal con capacidad de 11L/lote en acero inoxidable específicamente AISI 316 debido a su grado alimenticio para la manipulación de alimentos con la intención de satisfacer las necesidades de la comunidad, utilizando esfuerzos de von misses para determinar la resistencia, espesores de pletinas y láminas de trabajo teniendo en cuenta la densidad del mismo.

La construcción de una despulpadora de fruta tiene como finalidad disminuir el tiempo de trabajo de los operarios del sector, aumentando la cantidad de materia prima para empaque y distribución, el proyecto es destinado a la comunidad, moradores y obreros de Facundo Vela, siendo el sustento de la comunidad la producción de pulpa, actividad realizada de manera artesanal, con esto en mente se puede proyectar a un crecimiento económico para el sector, creando una oportunidad de empleo y una mayor distribución local.

El objetivo general consiste en Diseñar y simular una máquina despulpadora de fruta con capacidad de 11L/lote para la comunidad de Facundo Vela provincia de Bolívar con el afán de cubrir las necesidades presentes como producción y tiempos de procesos realizados artesanalmente.

Los Objetivos específicos son:

- Identificar los parámetros de trabajo en el proceso de despulpe de fruta y la necesidad de la máquina despulpadora en la comunidad.
- Seleccionar el tipo de máquina de despulpe más eficiente para la comunidad de Facundo Vela.

- Diseñar la máquina despulpadora de fruta en base a los parámetros solicitados.
- Simular el funcionamiento mecánico de la máquina despulpadora de frutas mediante el software SolidWorks.
- Determinar la factibilidad económica mediante indicadores financieros y la viabilidad de la implementación del equipo.

## **Glosario de términos**

**Hipoclorito de sodio:** compuesto oxidante para desinfección de superficies [1].

**Pardeamiento:** es la coloración marrón que toman las frutas debido a reacciones químicas [2].

**Película pasiva:** es una capa de óxido protector y relativamente inerte, que tiene la función de fortalecer los metales contra la corrosión y la oxidación [3].

**AISI:** de acuerdo a las siglas en inglés (*American Iron and Steel Institute*) se refiere al Instituto Americano del Hierro y Acero [4].

# CAPÍTULO I

## MARCO TEÓRICO

### 1.1 Despulpe de fruta

El proceso de despulpe de frutas consiste en separar la pulpa con respecto a semillas y otros residuos, este se lleva a cabo mediante la presión ejercida por rascadores unidos al eje que generan movimientos rotativos, gracias a un sistema de transmisión de poleas y banda provenientes del motor [5], en la figura 1 se puede observar la maquina despulpadora.



Figura 1.Despulpado de fruta [6].

#### 1.1.1 Pulpa

La pulpa es el resultado de la desintegración de la fruta separando la sección comestible de las frutas que se encuentran en buen estado, sanas y frescas mediante procesos adecuados, la pulpa en estas condiciones tiene características pastosas, no diluidas ni fermentadas [7] como se puede apreciar en la figura 2.



Figura 2. Pulpa procesada [8].

### **1.1.2 Proceso para elaboración de pulpas**

Para obtener la pulpa se debe seguir esta secuencia:

Recepción de la cantidad de fruta para la pulpa: Dependiendo de la fruta que es receptada antes de ser procesada se puede conocer la cantidad de lotes que se producirán de una misma fruta y si es necesario el cambio del tamiz en la despulpadora para procesar distintas frutas de diferente tamaño [7].

Selección y clasificación: En este paso se descartará frutas que se encuentren deterioradas y separarlas de acuerdo a su estado de madurez para obtener una pulpa homogénea y en buen estado [9].

Lavado y desinfectado: una vez seleccionada y clasificada previamente, se procede a lavar y desinfectar la fruta lo que conlleva que a esta se le eliminen partículas ajenas a la misma mediante rocío, inmersión o acciones de lavado para después poderla desinfectar con soluciones de hipoclorito de sodio o desinfectantes comerciales, en ciertos casos se puede precocer la fruta para que esta se ablande e inactivar enzimas causantes de pardeamiento [10].

Despulsar: la fruta limpia y desinfectada esta lista para ser despulpada, esto se lo puede hacer mediante una despulpadora horizontal o vertical para obtener el producto final, que es la pulpa separada de cáscaras y semillas, en la que la fruta es movida por un juego de rascadores unidos a un eje que gira a una velocidad fija o variable en caso que sea necesario y esta fuerza centrífuga hace que la fruta sea presionada contra el tamiz, de esta manera la pulpa sale por los orificios de la malla [11].

Refinado: Proceso donde se amenora el tamaño de la pulpa dándole un aspecto más vistosa y mejorando el resultado con una textura más fina para ser utilizada en la elaboración de productos finales [12].

Tratamiento térmico: Una vez obtenida la pulpa esta pasa a una marmita donde es calentada a cierta temperatura para que se eliminen los microorganismos patógenos, se debe tener en cuenta los tiempos para que esta no sufra ninguna sobrecocción [7].

### **1.1.3 Ergonomía**

La ergonomía es una ciencia basada en prueba y error debido a que basa sus estudios en factores reales tratándolos de manera racional, es la adaptación de máquinas, herramientas y puestos de trabajo cuya función es hacer un producto más cómodo o manejable.

En el caso de la despulpadora se consideran aspectos externos al proceso de despulpe que interaccionen a la biología de las personas a cargo del trabajo, estos aspectos pueden ser la altura de la base de la despulpadora, el diseño de la tolva, ubicación de botón de encendido, altura de la salida del producto final [13].

### 1.1.4 Flujograma de procesos

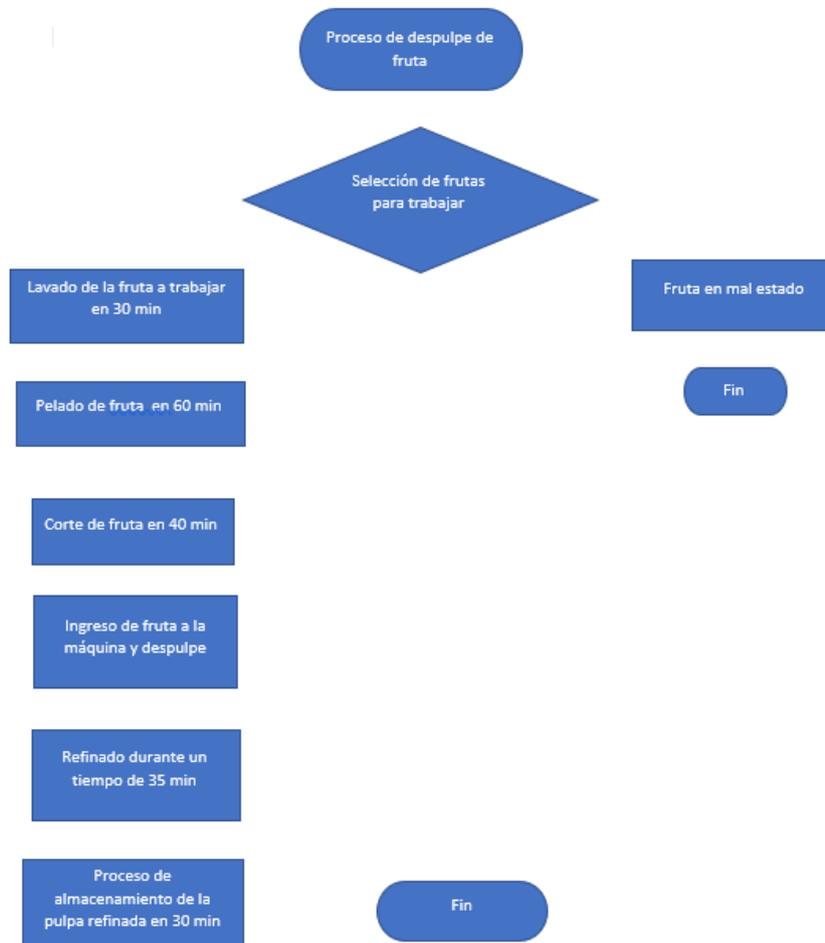


Figura 3. Flujograma del proceso

### 1.1.5 Descripción de máquina despulpadora

La máquina despulpadora consta básicamente en un sistema de presión que está constituido por una tolva por donde ingresará la fruta, esta pasará a un tornillo sin fin la cual empujará a un filtro agujereado por donde saldrá la pulpa, después de que esta es presionada por fuerza centrífuga de un par de paletas a dos salidas, una para el producto final y la otra que está destinada para semillas y cáscaras, el filtro cónico es intercambiable con respecto al tamaño de la fruta de igual manera un regulador de velocidad para agilizar el proceso, siempre tomando en cuenta la dureza de la fruta [14].

## **1.1.6 Tipos de máquinas despulpadoras y selección de la mejor para el trabajo**

### **1.1.6.1 Alternativas**

Para la selección de la mejor alternativa se analiza entre las dos máquinas despulpadoras más comerciales que son: despulpadora vertical y horizontal, se compara ciertos parámetros como ergonomía, costos, seguridad, operatividad, mantenimiento, limpieza, entre otras, contando con una calificación en cada una para seleccionar el mejor modelo de despulpadora.

### **1.1.6.2 Máquina despulpadora horizontal (Alternativa A)**

La despulpadora horizontal posee un eje donde se encuentran rascadores que realizan el proceso de despulpado, en ciertas ocasiones en lugar de rascadores poseen un tornillo sin fin, que transporta la fruta hasta un tamiz que, dependiendo del tamaño de la fruta determina el producto final. Su capacidad de producción depende de requerimientos como tipos de fruta y la producción deseada [15].

#### Ventajas

- Al brindar un menor desperdicio permite que la fruta sea aprovechada en un mayor porcentaje.
- Variación de tamiz para distintas frutas.
- No requiere de personal calificado para su mantenimiento y limpieza.
- Es de uso continuo.
- La disposición de sus salidas hace que no se acumulen los residuos y no ralentice su funcionamiento.

#### Desventajas

- El costo y peso de la máquina aumenta proporcionalmente al tamaño del tamiz.
- El espacio de ubicación de la máquina aumenta dependiendo de la longitud del tamiz.



Figura 4. Despulpadora Horizontal [16].

### **1.1.6.3 Máquina despulpadora vertical (Alternativa B)**

La despulpadora vertical tiene un funcionamiento similar a la de la despulpadora horizontal, en este caso la pulpa sale por la parte inferior del tamiz luego de que esta sea presionada por los rascadores contra el tamiz agujereado [17].

#### Ventajas

- El área que utiliza es menor en comparación a la despulpadora horizontal.
- Al ser más pequeña se reducen los costos de material y su vida útil es similar a la despulpadora horizontal.

#### Desventajas

- Su capacidad está limitada debido a la cantidad de fruta que puede ingresar en el tamiz.
- En ocasiones los residuos permanecen dentro del tamiz y para removerlos se debe detener el funcionamiento de la máquina, lo que implica que se extiende el tiempo del proceso.



Figura 5. Despulpadora vertical [18].

#### 1.1.6.4 Despulpadora de disco



Figura 6. Despulpadora de disco [19].

Estas máquinas utilizan un disco que remueve la pulpa mediante giro, este exprime la fruta contra una barra despulpadora, que se calibra en dependencia al tamaño del fruto, la pulpa es separada de la semilla y cáscara mediante un perchero que direcciona la salida de cada una, estas despulpadoras pueden tener una mayor producción con respecto a las horizontales o verticales pero su inconveniente es que su rendimiento puede verse afectado al pasar del tiempo [20].

### 1.1.7 Parámetros de comparación

1. **Capacidad.** La despulpadora debe contar con un mínimo en su capacidad de 11L/Lote que es requerimiento de la comunidad de Facundo Vela.
2. **Facilidad de uso:** La máquina despulpadora no debe ser compleja para que los trabajadores de turno puedan utilizarla sin inconvenientes.
3. **Rendimiento.** La máquina debe realizar un despulpado adecuado considerando la cantidad de fruta con la que trabaje y el tiempo en ser procesada.
4. **Costos.** Los costos de fabricación deben ser rentables, sin despreciar la calidad del material de construcción y mantenerse en el rango estimado de presupuesto.
5. **Facilidad para montar y desmontar la máquina.** El montaje de la despulpadora no debe ser complejo debido a que varias personas serán los que monten y desmonten la máquina sin necesidad de profesionales para que lo realicen.
6. **Mantenimiento.** Requiere de un mantenimiento preventivo sencillo que puede ser realizado por cualquier operario.
7. **Limpieza.** Debido al uso constante y a la variedad de frutas se deberá limpiar al término de cada producción de lote para que la máquina no se deteriore y extender su vida útil.
8. **Materiales.** Al estar en contacto con alimentos, la máquina debe ser fabricada con materiales de grado alimenticio, de igual manera las herramientas para recolección y almacenamiento de pulpa.

**9. Seguridad.** La máquina no contará de personal especializado, por dicho motivo debe contar con alta seguridad para no poner en riesgo el bienestar de los operadores.

**10. Ergonomía.** La disposición de la alimentación, salida de pulpa y salida de desechos debe ser cómoda al operario para un trabajo continuo.

Tabla 1. Cuadro comparativo de alternativas.

<b>Parámetros</b>	<b>Alternativa A</b>	<b>Alternativa B</b>
Capacidad	9	7
Facilidad de uso	8	8
Rendimiento	9	8
Costos	6	8
Facilidad de montaje	7	7
Mantenimiento	9	8
Limpieza	8	8
Materiales	9	9
Seguridad	8	8
Ergonomía	8	7
<b>Total</b>	<b>81</b>	<b>78</b>

Referente a los valores expuestos en la tabla 1, la alternativa sobresaliente es la despulpadora horizontal porque brinda un mayor procesamiento de pulpa lo que significa que posee mejores tiempos de trabajo, por ende, la vuelve más eficiente en cuestión de producción con respecto a la despulpadora vertical.

### **1.1.8 Aceros inoxidables**

Los aceros inoxidables se eligen gracias a que poseen una gran resistencia a la corrosión, su característica fundamental es que están compuestos en un 11% o más de Cr, donde forma una capa delgada y preventiva de óxido cuando este se expone con el oxígeno, también el cromo es un elemento que estabiliza la ferrita [21]. Si la aleación se compone de cantidades por encima al 20% de Cr, da como resultado una buena resistencia frente

a la oxidación a alta temperatura (acero refractario), siempre que el porcentaje presente de cromo sea más alto en el acero, este tendrá una mayor resistencia a la corrosión [22].

### **1.1.9 Clases de Aceros inoxidables**

Los aceros inoxidables se clasifican en martensíticos que se basan únicamente al cromo, presentan una resistencia a la corrosión regular, endurecibles con tratamiento térmico, magnéticos y contienen alto grado de carbono; ferríticos que pertenecen a la serie 400 AISI, sus características son resistentes a la corrosión moderada, magnéticos, no es recomendable soldarlos por lo que generalmente no soportan las uniones por soldadura, no posee mucha dureza; Austeníticos estos son los que más constituyen la familia de los aceros inoxidables debido a su gran número de aleaciones incluyendo a la serie 200 y 300 de la AISI, posee características de excelente resistencia contra la corrosión, buena soldabilidad, son de fácil transformación y su formado es sencillo, funcionan a altas temperaturas y no son magnéticos [23].

#### **1.1.9.1 Aceros austeníticos**

Cuando los aceros al cromo níquel y al cromo níquel manganeso son recocidos presentan la característica de no ser magnéticos, mientras que no se endurecen en tratamiento térmico. El contenido entre níquel y cromo más pequeño que presentan es de 23%, estos aceros pueden trabajar tanto en caliente o frío debido a que no presentan problemas. Poseen una elevada resistencia al impacto, de igual manera que son los mejores aceros inoxidables en cuanto a resistir altas temperaturas. De todas formas, presentan la mejor resistencia frente a la corrosión. En su soldadura se debe evitar el precalentamiento y realizarla con el menor calor posible [24].

#### **1.1.9.2 Acero inoxidable Serie 316**

El acero AISI 316 es maleable, tiene buena soldabilidad, biocompatibilidad y alta resistencia a la corrosión. Estas propiedades lo establecen como un material idóneo por

su versatilidad, por lo que es utilizado en varias ramas de la industria como: química, farmacéutica, alimentaria, entre otras [25].

En la Tabla 2 se muestran sus propiedades:

Tabla 2. Composición.

<b>Composición (%)</b>							
<b>C (máx.)</b>	<b>Mn (máx.)</b>	<b>Si (máx.)</b>	<b>Cr</b>	<b>Ni</b>	<b>Mo</b>	<b>P (máx.)</b>	<b>S (máx.)</b>
0.08	2	1	16 - 18	10 - 14	2 - 4	0.045	0.03

### 1.1.10 Soldadura en acero inoxidable

Estos aceros responden de manera exclusiva a la temperatura, si se aplica demasiada energía calorífica en el momento de soldar suelen deformarse conforme se enfrían, estos pueden ser soldados con casi todos los procesos de soldadura comerciales pero las más utilizadas son con electrodo revestido (SMAW) y procesos GTAW [26].

En la Tabla 3 se puede observar las condiciones para ser soldados de algunos aceros inoxidables:

Tabla 3. Aceros inoxidables con características para soldadura [26].

<b>Acero al cromo y níquel – no Templable</b>		
<b>Aisi</b>	<b>Clase</b>	<b>Propiedad (soldadura)</b>
304	Austenítica	Buena, Soldadura fuerte
316	Austenítica	Muy buena, Soldadura fuerte
<b>Aceros solo cromo – no Templable</b>		
434	Ferrítica	Regular. Soldadura no dúctil
<b>Aceros solo cromo – Templable</b>		

420	Martensíticas	Regular, Precalentar a 200-260 °C. El recocido se da posterior a 675 °C
-----	---------------	---

#### 1.1.10.1 Soldadura con electrodo manual revestido

En este proceso mediante el calor generado por el arco funde la varilla y el revestimiento al hacer contacto entre las piezas que van a ser unidas, al mismo tiempo que la combustión del revestimiento que está formado por varios compuestos químicos, forma una atmosfera que evita que el material fundido se contamine dando protección a la soldadura [27].

Estos materiales tienen electrodos recomendados para su uso y se puede verificar en la tabla 4.

Tabla 4. Electrodos utilizados para acero Inoxidable [26].

<b>Acero</b>	<b>Electrodo recubierto AWS</b>	<b>Electrodo desnudo y varilla - AWS</b>
<b>AISI (UNS)</b>	<b>AWS A5.4 (UNS)</b>	<b>AWS A 5.9 (UNS)</b>
304 (S30400)	E308 (W30810)	ER308 (S30880)
316 (S31600)	E308 (W31610)	ER308 (S31680)

#### 1.1.10.2 Soldadura por electrodo de tungsteno

El proceso TIG también resulta adecuado para el acero inoxidable, se designa por sus iniciales (Tungsten inert gas), su electrodo es de tungsteno como su nombre indica y el

calor igualmente es generado por un arco eléctrico entre este y la pieza a soldar, piezas que se encuentran protegidas por una atmosfera de gas inerte o activo que pueden ser dióxido de carbono o argón como el más utilizado conducidos por medio de un soplete desde un tanque de almacenamiento [28].

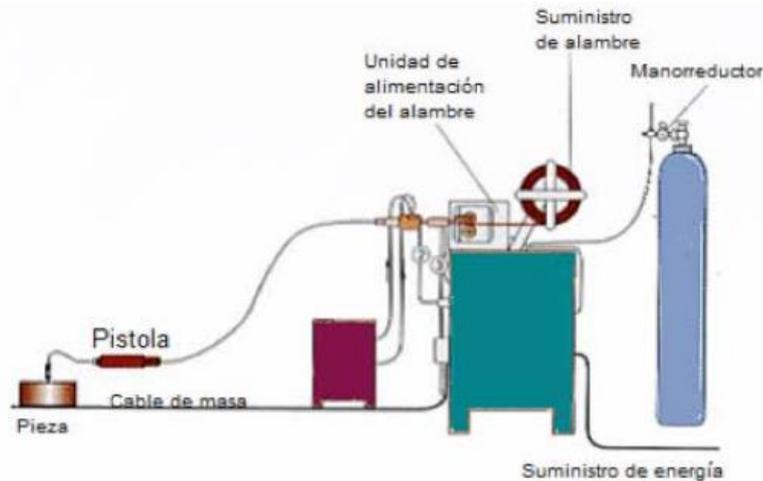


Figura 7. Proceso de soldadura TIG [28].

## 1.2 Aspectos a considerar en Facundo Vela.

La comunidad de Facundo Vela se encuentra situada a 79km de Guaranda, esto es una hora con treinta minutos más de viaje aproximadamente partiendo desde la entrada de la ciudad, además de que dicha comunidad se beneficia de su ubicación que tiene menor altura con respecto al nivel del mar, dando como resultado un clima cálido y óptimo para trabajar con diversas frutas de dichas condiciones.

Cabe destacar que muchos de los habitantes se dedican a la producción de fruta que es destinada a diversas actividades como es la producción de frutos secos, agua ardiente, galletas, y mermelada como principal actividad económica.

También se encontró que las frutas se procesaban por lotes, además, que dependiendo de la temporada se consumen más unas que otras, como es el caso del maracuyá y la piña que generan más ingreso en tiempo de cosecha. En la siguiente tabla se encuentran los datos de las frutas usadas para trabajar:

Tabla 5. Datos técnicos de la fruta a trabajar [11].

<b>Frutas</b>	<b>Frecuencia de uso en la comunidad</b>	<b>°BRIX</b>	<b>Velocidad de trabajo</b>	<b>Vida útil de la fruta refrigerada</b>	<b>% ACIDEZ</b>
Naranja	Frecuente	7-14	Media	15-20 días	0,4-1,0
Piña	Frecuente	10-12	Baja	5-7 días	0,6-1,0
Babaco	Poco frecuente	9-11	Alta	24-28 días	0,84-9,0
Chamburo	Muy frecuente	4,7-5	Alta	29 días	0,2-0,3
Fresa	Poco frecuente	7-9	Media	7 días	0,5-1,3
Mora	Frecuente	6,5-8	Alta	3-5 días	2,3-2,9

### 1.3 Software de simulación especializado SOLIDWORKS

SolidWorks es un software de automatización y diseño mecánico con una interfaz amigable al usuario donde se puede croquizar, acotar, realizar diversas operaciones y además obtener buenos resultados gracias a sus complementos en los cuales se puede simular de acorde a la necesidad como por ejemplo el Flow simulation o el SolidWorks Motion [29].

El software se dispone a trabajar desde el diseño de cada pieza, elemento y estándar de mediadas; así también, con el acople y restricción de cada movimiento para posteriormente pasar a la parte de simulación destacada en el movimiento mecánico.

#### 1.3.1 SolidWorks Motion

Los objetos forzados por ciertas cargas de acuerdo al tiempo son analizados por estudios dinámicos como, por ejemplo: turbinas alimentadas por fuerzas que oscilan, cargas de choque sobre elementos móviles, movimiento ondulatorio, entre otros.

La herramienta Motion de SolidWorks permite al usuario bosquejar y analizar mecanismos. Este complemento de trabajo fue desarrollado por Dassault Systems Corporation. El software se orienta a simular mecanismos que den

respuesta de lo que sucederá si se realiza alguna acción esperada por el usuario, como sería el movimiento de pistones dentro de un vehículo.

SolidWorks Motion funciona de mejor manera dando resultados más precisos y realistas; siempre y cuando el ensamble de la máquina se encuentre completamente definido.

Una ventaja al usar Motion es que ayuda al usuario a buscar nuevas alternativas para la mejora del modelo, siempre y cuando el objetivo del diseño este bien definido y el impacto del problema que esté presente, comúnmente una alternativa es variar las piezas del diseño las mismas que deben acotarse correctamente para entender la intención del diseño.

Un ensamble debe estar bien parametrizado, puesto que en este se juntan diversas piezas y se configuran las relaciones de posición en las cuales una variación de un valor afecta directamente a todas las partes ensambladas, en el caso de una reconstrucción se debe mantener tanto la posición como la orientación entre sí sin que exista interferencias cuando este esté completo [30].

## Capítulo II

### 2.1 Modelado del sistema

#### 2.1.1 Diseño concurrente

El diseño concurrente parte de una estructura mental donde se pueden plantear los problemas de manera jerárquica, con una buena comprensión de parámetros, condiciones, necesidades entre otros; de manera tal, que dirigen y dan sentido a lo que vendría a ser una posible solución determinada con respecto al ciclo de vida del objeto a diseñar.

La ingeniería concurrente se la considerada como un acercamiento al diseño concurrente que pretende que, al momento de desarrollar un producto se tome en cuenta cada periodo de su ciclo de vida desde su planteamiento hasta el término de su vida útil considerando varios parámetros como tiempo, rendimiento, costos, calidad y las necesidades del usuario.

El diseño concurrente es considerado como una metodología donde se denota como un proceso que va a la par de todas las etapas simultáneamente, que se encuentran implicadas en la creación o fabricación de un producto considerando tiempos y costos de producción, con un mayor énfasis en la repetición de procesos, siendo una definición muy opuesta a la de un diseño lineal, en cual existe una pérdida de tiempo si un producto demora en una fase de su producción.

#### 2.1.2 Diseño de elementos

##### 2.1.2.1 Tolva

La tolva se diseña con los datos recogidos en la comunidad de Facundo Vela como es la capacidad de entrada de 11L, la necesidad de un material especial para resistir la corrosión y considerar su dimensionamiento en la siguiente figura.

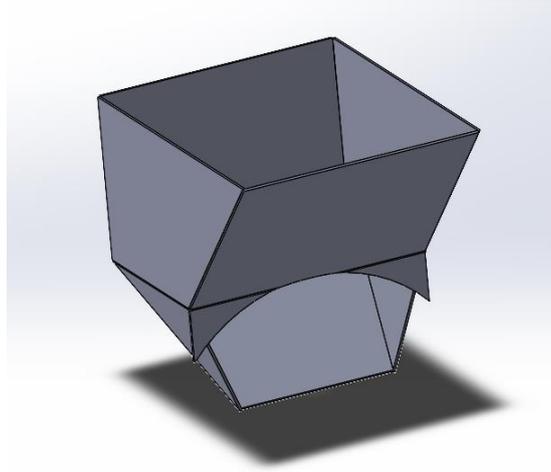


Figura 8. Tolva.

Para diseñar la tolva se seleccionó un acero AISI 316 (acero inoxidable), esto por estar orientado al trabajo con alimentos, además, de no estar sometido a grandes esfuerzos por que se vuelve un material ideal, el volumen de la tolva se considera de 11L debido a que esta es la capacidad establecida para la máquina.

Tomamos la piña como la fruta más resistente, la cual será despulpada y para determinar la masa que es almacenada en la tolva se utiliza la siguiente ecuación (1), como manifiesta León [31], la densidad de la piña es de  $1054 \frac{kg}{m^3}$ .

$$m = \delta * V \quad (1)$$

Donde

$\delta$ : densidad de la piña ( $1054 \frac{kg}{m^3}$ )

V: volumen de almacenamiento de la tolva ( $11.04 \times 10^{-3} m^3$ )

$$m = 1054 \frac{kg}{m^3} * 11.04 * 10^{(-3)} m^3$$

$$m = 11.6362kg$$

Determinada la masa que abastece la tolva, se debe conocer la cantidad de piña que abastecen los 11L, para ello se calcula la masa con respecto a la densidad de la piña en proporción al volumen de 1 litro.

$$m = 1054 \frac{kg}{m^3} * 0.001m^3$$

$$m = 1.054kg$$

Para determinar la cantidad de masa en los 11L sería:

$$1litro \rightarrow 1.054kg$$

$$11litros \rightarrow x$$

$$x = \frac{11l * 1.054kg}{1l} = 11.594kg$$

Como especifica Mott [32]. Para los elementos sometidos a cargas dinámicas hay que emplear un factor en caso de sobrecarga de  $n=2$  por lo que la masa total es:

$$m_{total} = m_{\frac{piña}{total}} * n \quad (2)$$

$$m_{total} = 11.594 * 2$$

$$m_{total} = 23.188kg$$

Una vez calculada la masa de las piñas se debe obtener el peso aplicando la gravedad, lo que da como resultado

$$P_{piñas} = m_{total} * g$$

$$P_{piñas} = 23.188kg * 9.81m/s^2$$

$$P_{piñas} = 227.474 N$$

De acuerdo a las fuerzas que se obtienen se puede definir con precisión las medidas de los elementos actuantes en el proceso de despulpe.

### 2.1.2.2 Rascadores

El rascador es el elemento que realiza el proceso de despulpe de fruta, esta gira alrededor de un eje y crea fricción, entre la fruta y el tamiz separando la pulpa de los residuos

(cáscara y semillas), los rascadores son diseñados con inclinación para crear un efecto tornillo.

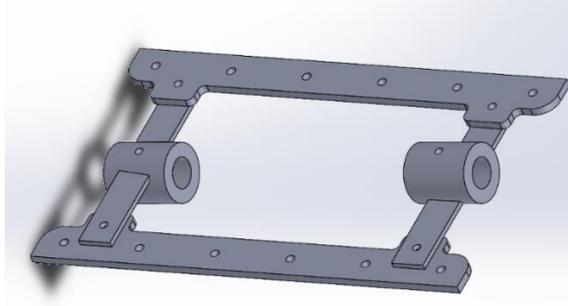


Figura 9. Rascadores de la máquina despulpadora.

### 2.1.2.3 Fuerza interna presente en el rascador

Para que el rascador pueda ejecutar un movimiento giratorio debe cumplir con una fuerza mínima que debe ser mayor al peso producido por la fruta que se encuentra dentro de la máquina despulpadora.

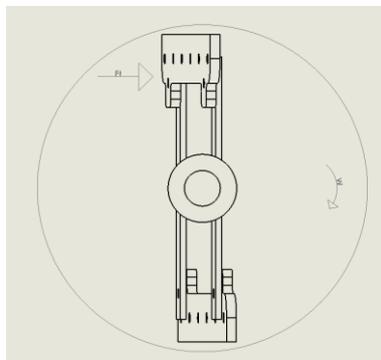


Figura 10. Fuerza tangencial del rascador.

En la Fig. 10 se puede observar que la fuerza producida en una paleta es tangencial a la misma que es producida por la masa de la fruta; la cual se encuentra almacenada, por lo tanto, debe ser mayor a la fuerza delimitada por la fruta para que esta rompa su inercia y exista rotación.

Se debe determinar el volumen que se acumula en la parte inferior del tamiz evidencia en la Fig. 11.

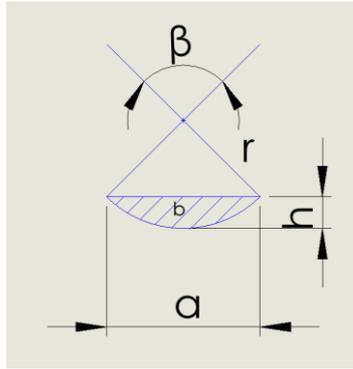


Figura 11. Área donde se almacena la fruta.

Se determina el segmento circular utilizando la ecuación (3):

$$A = \frac{\pi * r^2 * \alpha}{360^\circ} - \frac{a(r-h)}{2} \quad (3)$$

Donde

A: área del segmento circular

R: radio del rascador (0.1 m)

$\alpha$ : ángulo

a: longitud de la cuerda

h: altura dada por los rascadores

Se toma un ángulo de  $120^\circ$  y un diámetro de 200mm tomando en cuenta el espacio donde se encontrará la máquina y teniendo en cuenta la longitud de las platinas, soportes y una suposición del diámetro del eje que se encuentra próximo a calcular.

Para establecer el valor de la cuerda se utiliza la siguiente ecuación (4).

$$a = 2r \sin \frac{\alpha}{2} \quad (4)$$

$$a = 2 * 0.1m \sin \frac{120}{2}$$

$$a = 0.17m$$

$$A = \frac{\pi * 0.1m^2 * 120^\circ}{360^\circ} - \frac{0.17m(0.1m - 0.05m)}{2}$$

$$A = 0.006222m^2$$

Una vez determinada el área del segmento circular es necesario conocer el volumen del mismo, debido a que el tamiz es un cilindro, se considera la siguiente ecuación (5).

$$V = A * L \quad (5)$$

Donde

A: Área del segmento circular

L: longitud del tamiz

$$V = 0.006222m^2 * 0.35m$$

$$V = 0.002178m^3$$

Una vez calculado el volumen se determina la cantidad de masa de fruta que es la fuerza mínima tangencial que se requiere, para esto se utiliza la ecuación (1).

$$m = \delta x V$$

$$m = 1054 \frac{kg}{m^3} * 0.002178m^3$$

$$m = 2.2952kg$$

Se obtiene el valor de la fuerza aplicando la siguiente ecuación (6)

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

Donde

m: masa de la fruta en el tamiz

g: gravedad

$$F = 2.2952 \text{ kg} * 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$F = 22.5168 \text{ N}$$

La fuerza ejercida por la fruta corresponde a 22,5168 N, se considera una fuerza de aplastamiento promedio misma que se obtuvo a través de un ensayo de laboratorio arrojando como resultado 118,61 N como lo indica la Tabla 6.

Tabla 6. Ensayo de laboratorio.

Número de pruebas	Fuerza obtenida (N)
1	133.2
2	111
3	111
4	146.52
5	102.12
6	115.48
7	111
Promedio	118.61

La carga calculada de 118.61N corresponde a un octavo de piña, por lo tanto, es necesario conocer cuál es la carga que está presente en todo el rascador, considerando el área del pedazo de piña y la presión que esta ejercería mediante la ecuación (7).

$$P = \frac{118.61 \text{ N}}{(65 * 75) \text{ mm}^2} = 0.02433 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad (7)$$

Con la carga actual obtenida es posible calcular la fuerza actuante en todo el rascador, para esto es necesario calcular el área de contacto de la fruta con el rascador.

Datos de la base:

b: 350mm

a: 5mm

$$A = 350 \text{ mm} * 5 \text{ mm}$$

$$F = P.A$$

$$F = 0.02433 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} * 1750 \text{ mm}^2$$

$$F = 42.5775N$$

Una vez determinada la fuerza podemos calcular la potencia del motor, así como su velocidad angular, para proceder a esto es necesario conocer las masas del rascador y los soportes.

#### 2.1.2.4 Masa de los soportes

Los soportes son platinas que están soldadas a un bocín y unidas a los rascadores mediante un perno para su fácil desmontaje y limpieza, se encuentran representadas en la Fig.12.

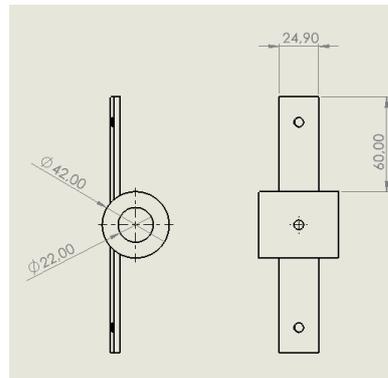


Figura 12. Diseño del soporte.

Es necesario conocer la densidad del acero inox AISI 316, se exponen sus propiedades en la Fig. 13.

Acero Inox 316 Propiedades Físicas	
Densidad	8.03 g/cm <sup>3</sup>
Punto de fusión	1370-1398 °C
Calor específico (Capacidad calorífica específica)	500 J/(Kg·K) a 20 °C
Resistividad eléctrica	0.74 μΩ·m (20°C)
Permeabilidad magnética	1.02 (Aproximado)
Modulo elastico	193 GPa (28×10 <sup>6</sup> psi)
Difusividad térmica	4.05 mm <sup>2</sup> /s

Figura 13. Propiedades del acero inoxidable AISI 316 [33].

De acuerdo con el dato registrado en la ficha técnica de este acero, su densidad es 8.03 g/cm<sup>3</sup>, para calcular la masa de la platina es necesario determinar el volumen, el cual se lo obtiene mediante la ecuación (8).

$$V = a * b * c \quad (8)$$

Donde las variables corresponden a las medidas de la placa de:

a: Ancho

b: Espesor

c: Longitud

$$V = 0.025 m * 0.004 m * 0.060 m$$

$$V = 6 * 10^{-6} m^3$$

Para obtener la masa del soporte se calcula con la ecuación (1) utilizando la densidad del acero evidenciada en la ficha técnica.

$$m_1 = \delta x V$$

$$m_1 = 8030 \frac{kg}{m^3} * 6 * 10^{-6} m^3$$

$$m_1 = 0.04818 kg$$

La masa del bocín se encuentra representada por la ecuación (9).

$$m_2 = \delta * (\pi r e^2 h - \pi r i^2 h) \quad (9)$$

$$m_2 = 8030 \frac{kg}{m^3} (\pi 0.021 m^2 * 0.05 m - \pi * 0.011 m^2 * 0.05 m)$$

$$m_2 = 0.4036 kg$$

### 2.1.2.5 Masa del raspador

El raspador es el encargado de presionar la fruta contra el tamiz; que, mediante fricción, gracias al movimiento rotatorio del motor, separa la pulpa de los residuos, en la Fig.14 se puede observar el dimensionamiento del raspador fabricado en acero inoxidable AISI 316, su espesor es de 4mm, en el Anexo 1 se puede observar las pletinas más comunes existentes en el mercado.

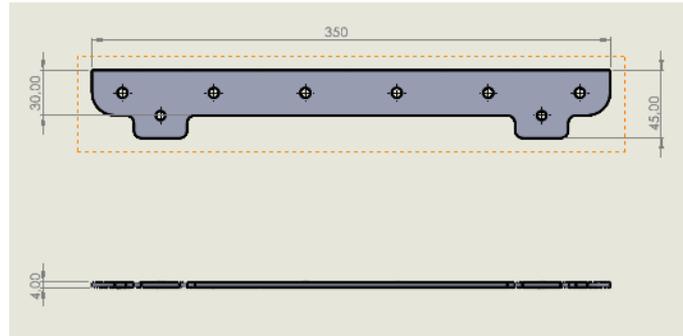


Figura 14. Raspador.

Para determinar la masa del raspador es necesario conocer el volumen de los mismos utilizando la ecuación (8).

$$V = a * b * c$$

Donde

a: Ancho del raspador

b: Espesor del raspador

c: Longitud del raspador

$$V = 0.050m * 0.004m * 0.35m$$

$$V = 7 * 10^{-5} m^3$$

Para calcular la masa del raspador se utiliza la ecuación (1).

$$m_3 = \delta x V$$

$$m_3 = 8030 \frac{kg}{m^3} x 7 * 10^{-5} m^3$$

$$m_3 = 0.5621kg$$

### 2.1.2.6 Potencia de transportación

La fuerza necesaria para calcular la potencia está en base a la cantidad de kg que entra en la máquina para realizar el despulpe, esta se efectúa con la ecuación (6):

$$F = m * g$$

Donde:

$F$ = Fuerza

$m$ = masa

$g$ = gravedad

$$F = 12 \text{ kg} * 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$F = 117.72 \text{ N}$$

Para la potencia del proceso de despulpado, que es necesaria para trasladar la masa de la piña, esta expresada en la ecuación (13).

$$P_1 = F_T * r * \omega \quad (13)$$

Donde:

$F$  = Fuerza que ejerce la materia prima

$r$  = Radio del rascador

$\omega$  = Velocidad del rotor

Según lo manifestado por Defaz [34] para que una máquina despulpadora tenga un buen rendimiento, su velocidad angular debe tener una variación entre 500 y 600 rpm, de igual manera un estudio realizado por Oshin y Huanca [35], demostró que la velocidad mínima para iniciar el proceso de despulpe es de 490 rpm, por lo tanto, para este estudio se propuso trabajar con una velocidad mínima de 500 rpm.

$$\omega = 500 \frac{\text{rev}}{\text{min}} \cong 52.36 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

Para calcular la potencia del motor se considera la fuerza ejercida por las piñas y la de aplastamiento determinada anteriormente, para obtener la fuerza total a la que trabaja el motor.

$$F_T = 117.72 \text{ N} + 42.5775 \text{ N} = 160.298 \text{ N}$$

$$P = 160.298N * 0.1m * 52.36 \text{ rad/s}$$

$$P = 839.318W = 1.12HP$$

## 2.2 Selección del motor

Al seleccionar el motor se requieren algunos parámetros a considerar como la potencia del motor, que se calcula con la fórmula expresada en la ecuación (14), donde el  $F_s$  se toma de la tabla presente en el Anexo 2 considerando el uso que se le va a dar al mismo.

$$P_m = P_{Total} * F_s \quad (14)$$

Donde:

$P_{Total}$  = Potencia requerida del sistema

$F_s$  = Factor de servicio

$$Pm = 1.12 * 1.25$$

$$Pm = 1.4HP \rightarrow 1.5HP$$

Con los datos obtenidos, se escoge un motor de 1.5Hp a 1750 rpm de posición horizontal y se procede al diseño de los demás elementos.

### 2.2.1 Dimensionamiento de la transmisión

En la máquina despulpadora está presente una transmisión de potencia basada en un sistema de bandas y poleas, donde se establece la relación que deben tener las poleas tanto la conducida como la conductora para obtener las revoluciones deseadas en el eje mediante la siguiente ecuación (15).

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{d_B}{d_A} \quad (15)$$

Donde:

$n_1$  = La velocidad del motor a la salida

$n_2$  = La velocidad angular del eje principal

$d_B$  =  $\phi$  de la polea conducida

$d_A$  =  $\phi$  de la polea conductora

Es necesario tener en cuenta las poleas existentes en el mercado para poder seleccionarlas y verificar si, las poleas escogidas cumplen con las condiciones en las que se va a diseñar la máquina despulpadora, como muestra la Fig. 15,

POLEA TRAPEZIAL										PERFIL <b>SPA-A</b>					
										CORREA (13 x 8)					
Ø primitivo mínimo aconsejable 80 m.m.															
N.º Canales	1	2	3	4	5	6	8	N.º Canales	1	2	3	4	5	6	8
A	20	35	50	65	80	95	125	A	20	35	50	65	80	95	125
Ø prim.	D	D	D	D	D	D	D	Ø prim.	D	D	D	D	D	D	D
	L	L	L	L	L	L	L		L	L	L	L	L	L	L
50	45	40	40	-	-	-	-	250	70	75	80	85	90	95	115
	35	43	58	65	-	-	-		40	45	52	68	70	75	100
56	45	40	40	-	-	-	-	280	70	75	85	90	95	100	120
	35	43	58	65	-	-	-		40	50	60	68	75	80	105
63	45	45	45	-	-	-	-	300	70	75	80	85	90	100	120
	35	43	58	65	80	-	-		45	50	60	68	75	80	105
71	45	50	50	-	-	-	-	315	75	80	90	95	100	105	125
	35	43	58	65	80	95	-		45	50	60	68	84	85	115
75	45	55	55	-	-	-	-	355	80	85	95	100	105	110	130
	35	43	58	65	80	95	-		45	50	60	75	84	90	115
80	45	60	60	-	-	-	-	400	85	95	105	105	110	115	135
	35	43	58	65	80	95	-		45	55	65	75	84	90	115
150	55	55	62	70	-	-	-								
	36	45	62	60	80	95	-								
160	55	57	62	70	-	-	-								
	36	45	62	60	80	95	-								
180	60	62	65	70	75	80	100								
	36	45	52	68	70	75	100								
200	60	67	70	75	80	85	105								
	36	45	52	68	70	75	100								
224	65	70	75	80	85	90	110								
	40	45	52	68	70	75	100								

Figura 15. Catalogo poleas [21].

$$i = \frac{1200RPM}{500RPM} = 2.4$$

$$i = \frac{180mm}{75mm} = 2.4$$

$$\omega_{salida} = \frac{\omega_{motor}}{i}$$

$$\omega_{salida} = \frac{1200RPM}{2.4} = 500RPM$$

Las poleas vienen en dimensiones ya definidas como muestra la Fig. 15. Por lo tanto, se debe buscar las poleas adecuadas que más se acerquen a la relación de transmisión de 2.4:1, en este caso, las poleas seleccionadas permiten trabajar con las revoluciones anteriormente plantadas gracias a la reducción de transmisión, se escogen poleas de un canal debido a que la polea conductora con diámetro de 75 mm soporta una capacidad de transmisión de 1.62 Hp como se puede observar en la Fig. 16, mientras que la polea

conducida cuenta con un diámetro de 180 mm para cumplir con la reducción de transmisión.

CORREAS TIPO		TABLA DE CAPACIDAD DE TRANSMISIÓN POR CANAL (EN HP)									
3V		Diámetro exterior de la Polea Motriz (en milímetros)									
RPM del Eje más Rápido		55	60	65	67	70	75	80	85	90	105
100	0.09	0.11	0.13	0.15	0.17	0.19	0.21	0.23	0.27	0.33	
200	0.16	0.20	0.24	0.27	0.31	0.35	0.39	0.43	0.50	0.61	
300	0.23	0.28	0.33	0.38	0.43	0.50	0.55	0.62	0.72	0.88	
400	0.28	0.35	0.42	0.49	0.55	0.64	0.71	0.80	0.93	1.14	
500	0.34	0.42	0.50	0.59	0.67	0.78	0.86	0.97	1.13	1.38	
575	0.37	0.47	0.56	0.66	0.75	0.88	0.97	1.10	1.28	1.57	
600	0.38	0.48	0.58	0.68	0.78	0.91	1.00	1.14	1.33	1.63	
690	0.43	0.54	0.65	0.76	0.88	1.02	1.13	1.28	1.50	1.84	
700	0.43	0.55	0.66	0.77	0.89	1.04	1.15	1.30	1.52	1.86	
725	0.44	0.56	0.68	0.80	0.91	1.07	1.18	1.34	1.57	1.92	
800	0.47	0.60	0.73	0.86	0.99	1.16	1.30	1.45	1.70	2.10	
870	0.50	0.64	0.78	0.92	1.06	1.24	1.38	1.56	1.83	2.25	
900	0.52	0.66	0.80	0.95	1.10	1.28	1.42	1.60	1.90	2.32	
950	0.54	0.69	0.84	0.99	1.14	1.34	1.50	1.68	1.98	2.43	
1000	0.56	0.72	0.87	1.03	1.20	1.40	1.55	1.76	2.07	2.54	
1100	0.59	0.77	0.94	1.10	1.28	1.50	1.68	1.90	2.24	2.76	
1160	0.62	0.80	0.98	1.16	1.34	1.58	1.76	2.00	2.35	2.90	
1200	0.63	0.82	1.00	1.20	1.38	1.62	1.80	2.05	2.40	2.98	
1300	0.66	0.87	1.07	1.27	1.47	1.73	1.93	2.20	2.58	3.20	
1400	0.70	0.91	1.13	1.35	1.56	1.84	2.05	2.33	2.75	3.40	

Figura 16. Capacidad de transmisión por canal de polea

### Templado de banda

Para realizar el cálculo del templado de la banda primero se debe determinar el espacio libre en metros que existe entre las poleas, utilizando la siguiente ecuación:

$$T_L = \sqrt{c^2 - \left(\frac{D-d}{2}\right)^2} \quad (16)$$

Donde:

$T_L$ : Tramo libre

C: Distancia entre centros en mm

D: Diámetro de la polea mayor en mm

d: Diámetro de la polea menor en mm

$$T_L = \sqrt{(392\text{mm})^2 - \left(\frac{200\text{mm} - 85\text{mm}}{2}\right)^2} = 387.7599\text{mm}$$

Para calcular la deflexión que debe tener la banda, utilizamos el valor de  $T_L$  y la obtenemos mediante la siguiente ecuación (17).

$$DF = T_L(m) * 16 \frac{mm}{m} \quad (17)$$

$$DF = 0.3877599m * 16 \frac{mm}{m} = 6.2042mm$$

### 2.2.2 Dimensionamiento del eje principal

Para medir el diámetro del eje de trabajo es necesario conocer las cargas que están actuando dentro del mismo, también es necesario deducir los datos de fatiga que se dan o se pueden dar por las cargas dinámicas. Para esto es preciso conocer el torque al que está sometido aplicando la siguiente ecuación (18):

$$T = \frac{P}{\omega} \quad (18)$$

Donde:

$P$  = Potencia del motor

$\omega$  = Revoluciones en el eje del motor

$$T = \frac{1118.55Watts}{52.36 \frac{rad}{seg}}$$

$$T = 21.3626Nm$$

Se elaboró un diagrama de cuerpo libre en base al eje para calcular las fuerzas actuantes que constan de una carga  $W$  distribuida en dos puntos como se aprecia en la figura 17.

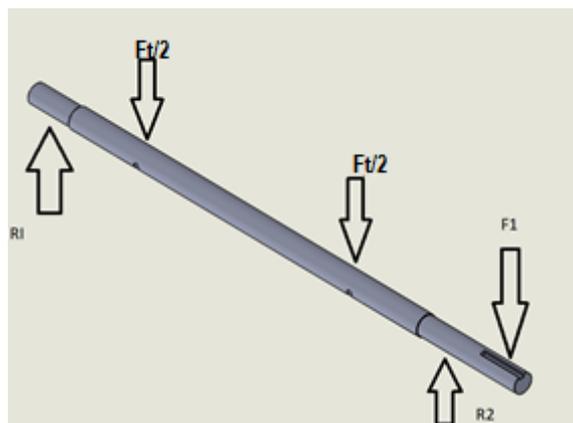


Figura 17. Diagrama de cuerpo libre del eje.

$$F_1 = \frac{T}{r_2} \quad (19)$$

Donde:

$T$  = Torque del sistema

$r_2$  = Radio de la polea conducida

$$F_1 = \frac{21.3626Nm}{0.09m} = 237.36N$$

Para calcular la siguiente variable (20), correspondiente a la masa de los componentes involucrados se obtiene.

$$m_T = m_1 + m_2 + m_3 \quad (20)$$

$$m_T = (4 * 0.04818) + (2 * 0.4036) + (2 * 0.5621)$$

$$m_T = 2.12412Kg$$

Seguido de encontrar la masa, se determina el peso ejercido por la suma de todas las partes con la ecuación (21).

$$w = m * g \quad (21)$$

$$w = 2.12412Kg * 9.81 \frac{m}{s^2} = 20.8376172N$$

Mediante el uso del software especializado MDsolid se obtienen las reacciones de los diagramas, tanto de momento flector como de fuerza de corte mostrados en la Fig. 18, considerando la fuerza producida por los elementos y la fuerza obtenida anteriormente.

Tenemos:

Fuerza obtenida: 160.298N

w: 20.8276N

$$F_t = 160.298N + 20.8276N = 181.1256N \quad (22)$$

$$\frac{F_t}{2} = \frac{181.1256N}{2} = 90.56N$$

Estas fuerzas se ven expresadas en la figura 18 como P<sub>1</sub> y P<sub>2</sub>.

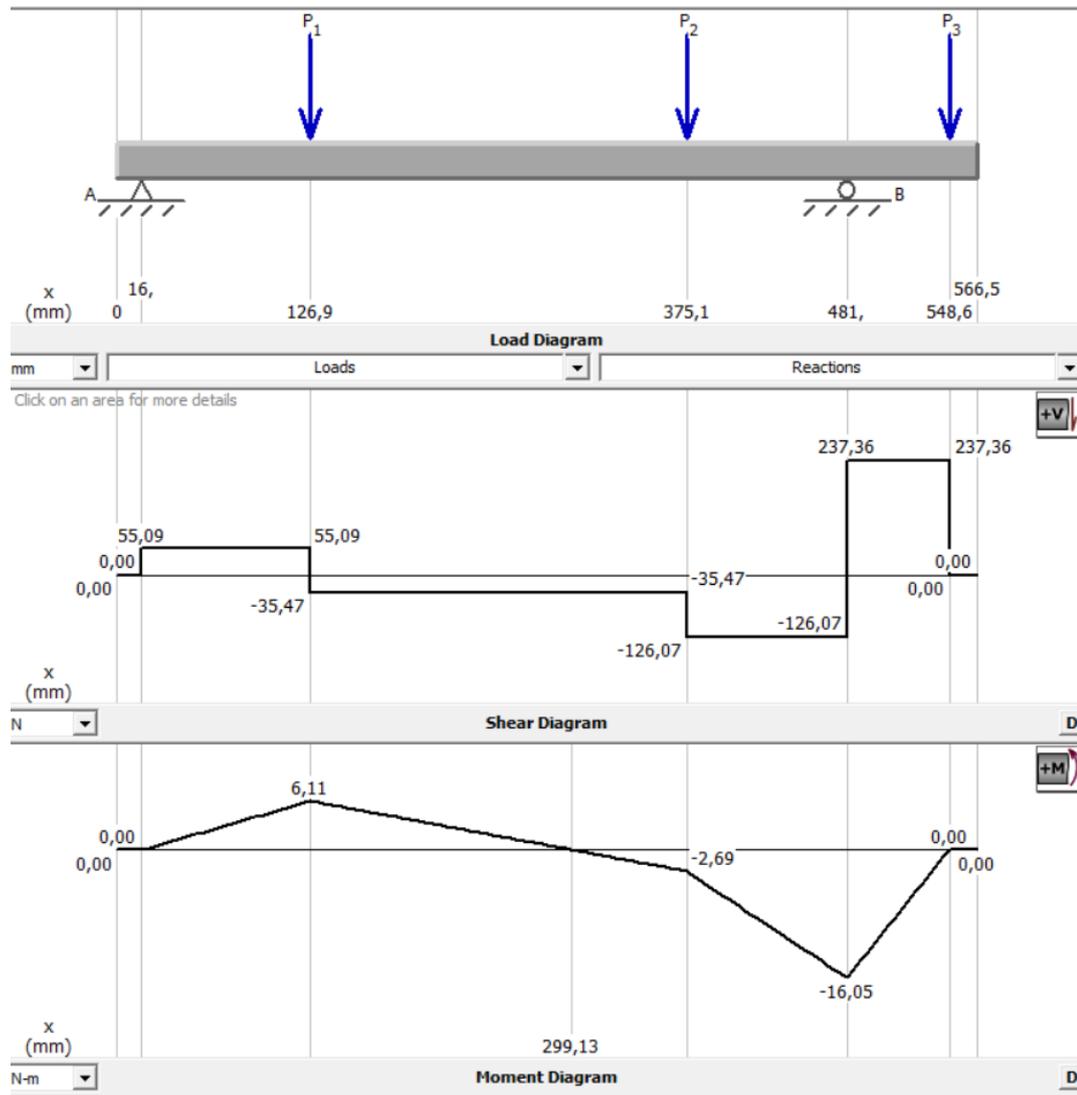


Figura 18. Reacciones en el eje.

Gracias al software MDsolid es posible conocer el valor máximo de momento flector al que está sometido el eje y que se utiliza para encontrar las dimensiones necesarias del eje hecho en acero inoxidable AISI 316.

$$M_{max} = 16.05 Nm$$

Utilizando la ecuación (24) se obtiene el esfuerzo por flexión:

$$\sigma_x = \frac{32 * M_{max}}{\pi d^3} = \frac{32 * 16.05 Nm}{\pi d^3} \quad (23)$$

$$\sigma_x = \frac{163.5858}{d^3}$$

Para demostrar el  $\tau_{xy}$  (esfuerzo por torsión) se aplica:

$$\tau_{xy} = \frac{16T}{\pi d^3} \quad (24)$$

Donde:

$T$  = Torque aplicado en el sistema

$d$  = Diámetro del eje principal

$$\tau_{xy} = \frac{16 * 21.3626 Nm}{\pi d^3} = \frac{108.7988}{d^3}$$

Para trabajar en materiales dúctiles se utiliza el criterio de Von Misses que se muestra a continuación:

$$\sigma' = \left[ \left( \sigma_x^2 + 3 * (\tau_{xy})^2 \right) \right]^{\frac{1}{2}} \quad (25)$$

$$\sigma' = \left[ \left( \frac{163.5858}{d^3} \right)^2 + 3 * \left( \frac{108.7988}{d^3} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$\sigma' = \frac{249.5433}{d^3}$$

La fluencia en el acero trabajado es de 276 MPa, evidenciado en el anexo 3; y el factor de seguridad se debe seleccionar acorde al trabajo que se va a realizar y con los parámetros de trabajo, en la tabla 7 se encuentran los factores de seguridad a escoger.

Tabla 7. Factores de seguridad dependiendo del factor de carga

<b>Factor (seguridad)</b>	<b>Factor (carga)</b>
1.25 a 2	Diseño para cargas estáticas reducidas y con una alta seguridad en los resultados de diseño.
2 a 2.5	Diseño para cargas dinámicas con una seguridad media en los resultados obtenidos.

---

2.5 a 4	Orientado a elementos estáticos o elementos con carga dinámica con poca seguridad cargas, materiales, análisis de esfuerzos.
4 o más	Orientado a elementos estáticos o elementos con carga dinámica con incertidumbre de cargas, materiales, análisis de esfuerzos. Su utilización quiere dar seguridad a elementos críticos

---

Con los resultados de la búsqueda se aplica la ecuación (26) con la que se determinará el diámetro del eje principal.

$$n = \frac{S_y}{\sigma'} \quad (26)$$

Donde:

$S_y$  = Factor de fluencia del acero inoxidable

$\sigma'$  = Esfuerzo Von Misses

Al despejar la ecuación se obtienen lo siguiente:

$$\sigma' = \frac{S_y}{n}$$

$$\frac{249.5433}{d^3} = \frac{276MPa}{3.5}$$

$$d = 0.01468m = 14.68mm$$

Como facilidad de diseño se tomará un diámetro de 20mm necesario para la selección de chumaceras del mismo diámetro, tomando en cuenta el cambio de sección de 1mm se expande el diámetro a 22mm para trabajo del eje.

### 2.2.3 Diseño del eje a fatiga

Al contar con los datos calculados del eje se procede con un análisis a fatiga, debido a que este está trabajando bajo carga dinámicas, para estos cálculos se utilizan las ecuaciones (23) y (24) con lo cual se obtiene:

$$\sigma_x = \frac{32 * 16.05 Nm}{\pi * (0.02m)^3} = 20.4355 MPa$$

$$\tau_{xy} = \frac{16 * 21.3626 Nm}{\pi (0.02m)^3} = 13.5999 MPa$$

Se reemplazan estos valores en la ecuación (27) con ello se obtiene valores de Von Misses, dando como resultado:

$$\sigma' = \left[ \left( \sigma_x^2 + 3 \tau_{xy}^2 \right) \right]^{\frac{1}{2}} \quad (27)$$

$$\sigma' = \left[ (20.4355 MPa)^2 + 3 * (13.5999 MPa)^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$\sigma' = 31.1846 MPa$$

#### 2.2.4 Límite de la resistencia a la fatiga

El esfuerzo último de tensión del material se encuentra en el anexo 3, este es necesario para encontrar el valor de la resistencia a fatiga expresada en la ecuación (28).

$$Se' = 0.5 S_{ut} \quad (28)$$

Donde:

$S_{ut}$  = Esfuerzo último a la tensión (inox 316)

$$Se' = 0.5 * (528 MPa) = 264 MPa$$

Se utiliza la ecuación del límite de resistencia a fatiga modificado, considerando las afectaciones que puede tener el material.

$$Se = K_a * K_b * K_c * K_d * K_e * K_f * Se' \quad (29)$$

Donde los factores corresponden a:

$K_a$  = Superficial

$K_b$  = Tamaño

$K_c$  = Carga

$Kd$  = Temperatura

$Ke$  = Confiabilidad

$Kf$  = Efectos varios

$Se'$  = Límite de resistencia (fatiga) en la viga rotatoria

### 2.2.4.1 Factor superficial [Ka]

El factor superficial se calcula utilizando los datos del acabado superficial del elemento, con estos datos se procede a revisar los valores de la figura 19.

Acabado superficial	Factor a		Exponente b
	$S_{ur}$ kpsi	$S_{ur}$ MPa	
Esmerilado	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 19. Factor Ka [32].

$$Ka = a * S_{ur}^b \quad (30)$$

$$Ka = 4.51MPa * (264)^{-0.265}$$

$$Ka = 1.03$$

### 2.2.4.2 Factor de tamaño [Kb]

Está dado en función del diámetro del elemento y los parámetros se encuentran en la figura 20 a continuación.

$$k_b = \begin{cases} (d/0.3)^{-0.107} = 0.879d^{-0.107} & 0.11 \leq d \leq 2 \text{ pulg} \\ 0.91d^{-0.157} & 2 < d \leq 10 \text{ pulg} \\ (d/7.62)^{-0.107} = 1.24d^{-0.107} & 2.79 \leq d \leq 51 \text{ mm} \\ 1.51d^{-0.157} & 51 < d \leq 254 \text{ mm} \end{cases}$$

Figura 20. Factor Kb [32].

$$Kb = 1.24d^{-0.107} \quad (31)$$

$$Kb = 1.24(22)^{-0.107} = 0.89$$

### 2.2.4.3 Factor de carga [Kc]

Se elige en base al tipo de trabajo que estará sometido el eje, como puede ser flexión, axial o torsión. Los parámetros de selección del factor se encuentran en la figura 21.

$$k_c = \begin{cases} 1 & \text{flexión} \\ 0.85 & \text{axial} \\ 0.59 & \text{torsión}^{17} \end{cases}$$

Figura 21. Factor Kc [32].

Las cargas radiales presentes en el eje producen un esfuerzo de flexión en el mismo por lo que el factor que se toma para trabajar es 1

$$K_c = 1$$

#### 2.2.4.4 Factor de temperatura [Kd]

Está relacionado a la temperatura de trabajo, por tanto, pueden existir variaciones al momento de su selección. En la figura 22 se puede visualizar el valor del factor dependiente de la 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		

Figura 22. Factor Kd [32].

La máquina trabaja con una temperatura ambiente que va en el rango de 20°-30° C, por lo tanto, se selecciona la primera línea de trabajo.

$$K_d = 1$$

#### 2.2.4.5 Factor de confiabilidad [Ke]

Es seleccionado con respecto al 99% para evaluar un sobredimensionamiento con el objetivo de prolongar su vida útil.

Confiabilidad, %	Variación de transformación $z_o$	Factor de confiabilidad $k_e$
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

Figura 23. Factor Ke [32].

$$k_e = 0.814$$

#### 2.2.4.6 Factor de efectos varios [Kf]

Está orientado a los efectos de diseño de elementos, como las muescas o los cambios de sección.

$$K_f = 1 + q(K_t - 1) \quad (32)$$

Donde:

$q$  = Sensibilidad de muesca

$K_t$  = Factor de concentración de esfuerzos

Se selecciona la línea en base a la dureza del material y el diámetro de cambio de sección, en el diseño presente el radio es de 1mm y el material es AISI 316, por lo que se procede a seleccionar el siguiente  $q$ :

$$q = 0.7$$

Para el factor  $K_t$  contamos con el Anexo 5, el cual cruzamos el diámetro de cambio de sección, además del radio de la muesca, por lo que se obtiene el siguiente valor.

$$K_t = 1.8$$

Por otra parte, el orificio que se encuentra en el eje afecta al esfuerzo de fatiga con un valor de  $K_t$ .

$$K_t = 1.91$$

Por lo tanto, tomamos el factor más crítico obteniendo:

$$K_f = 1 + 0.7(1.91 - 1)$$

$$K_f = 1.63$$

Al encontrar cada valor se reemplaza en la ecuación (30), obteniendo así la resistencia a la fatiga modificada:

$$S_e = \frac{0.89 * 1 * 1 * 0.814 * 264 \text{MPa}}{1.03 * 1.63}$$

$$S_e = 113.91 \text{MPa}$$

Comprobación de Von Misses con respecto a fatiga considerando el diámetro de 20mm

$$\sigma' = \frac{S_e}{n}$$

$$n = \frac{S_e}{\sigma'}$$

$$n = \frac{113.91MPa}{31.1846MPa} = 3.65$$

El diámetro de 20mm cumple satisfactoriamente con respecto al factor de seguridad escogido en base al factor de carga considerado, pero teniendo en cuenta el diseño se opta por un diámetro de 22mm para que la muesca no sea tan pequeña en el cambio de sección.

### 2.2.5 Selección de chumaceras

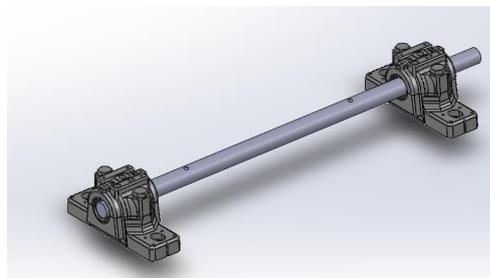


Figura 24. Chumaceras.

Las chumaceras como se muestran en la figura 24 deberán resistir cargas radiales y su selección dependerá de las horas que trabaje y las revoluciones a la que se encuentra sometida, para ello se utiliza la formula reducida de vida de los rodamientos, que esta expresada en la siguiente ecuación (33).

$$fl = \frac{C}{p} * fn \quad (33)$$

Donde

$fl$ = Coeficiente dinámico

$fn$ = Factor de velocidad

$C$ = Carga dinámica

$P$ = Carga dinámica equivalente

Despejando la ecuación en base a la necesidad de conocer la capacidad de carga, queda expresada de la siguiente manera.

$$C = \frac{fl}{fn} * p$$

En la comunidad de Facundo Vela existe un promedio de uso de despulpadora de 4 horas diarias, por lo tanto, la cantidad de horas en el año que trabajará la máquina es de aproximadamente 960 horas, en el anexo 4 se puede observar los coeficientes y factores elegidos para la selección de la chumacera considerando 950 horas y 500 rpm

$$C_{r1} = \frac{1,24}{0,405} * 14.28N = 43,72N$$

$$C_{r2} = \frac{1,24}{0,405} * 237.36N = 726,732N$$

En el Anexo 5 se puede observar que la chumacera que se puede utilizar para la máquina despulpadora es una skf UCP 204, la cual posee un diámetro de 20mm y cargas superiores a las calculadas anteriormente lo que asegurará su vida útil.

## 2.2.6 Diseño del sistema de la despulpadora

Para diseñar cada elemento que conforma el sistema de raspado de fruta es importante realizar un análisis de esfuerzos en los materiales, con el objetivo de verificar si soporta las cargas calculadas, dentro de estos elementos se encuentran las siguientes partes:

- Soporte
- Rascador

## 2.2.7 Diseño del soporte

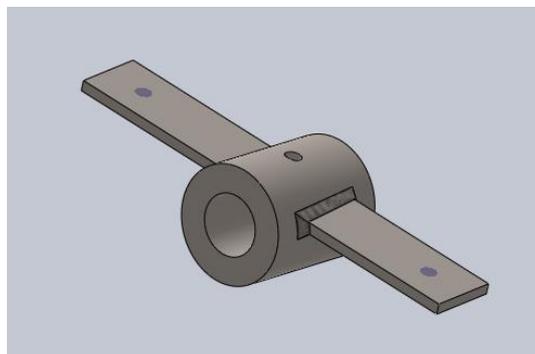


Figura 25. Soporte del rascador

El soporte está soldado al bocín como se aprecia en la figura 25, este proporciona una separación de 180°, debido a que solamente se ha configurado para dos rascadores y este estará sometido a esfuerzos, por lo tanto, se debe determinar si el espesor escogido es el adecuado en acero AISI 316.

$$F_{\text{soporte}} = \frac{T}{r_{\text{soporte}}} = \frac{21.3626Nm}{0.1m} \quad (34)$$

$$F_{\text{soporte}} = 213.626N$$

La fuerza obtenida se divide para 2, esto gracias a que la fuerza recae sobre dos soportes. La fuerza determinada se encuentra de forma perpendicular al soporte, en este caso la fuerza se mantiene porque no cuenta con particiones.

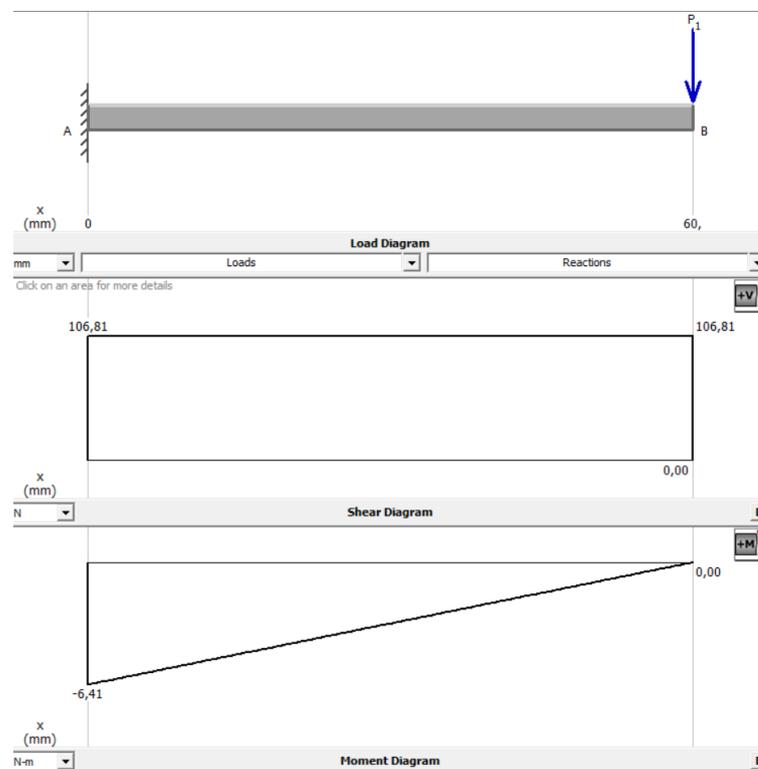


Figura 26. Reacciones en el rascador.

En la figura 26 se encuentra el momento máximo presente en el soporte del rascador.

$$M_{\text{max}} = 6.41Nm$$

Con el dato obtenido del software, se deduce el módulo de sección respecto al esfuerzo permisible, utilizando estos datos se calcula la carga máxima de acorde a la sección con la ecuación (36).

$$\sigma_{perm} = \frac{M_{max}}{s} \quad (35)$$

Donde:

$M_{max}$  = Momento máx

$s$  = Módulo de sección

La ecuación (36) tiene otra formulación para el esfuerzo permisible, donde están relacionados el esfuerzo de fluencia y el factor de seguridad.

$$\sigma_{perm} = \frac{S_y}{n} \quad (36)$$

Los valores están detallados en el Anexo 3, que data del acero utilizado, además del factor de seguridad escogido previamente en la tabla 7, con lo cual se ingresa los valores para obtener:

$$\sigma_{perm} = \frac{276MPa}{3} = 92MPa$$

El valor del esfuerzo permisible se reemplaza en la ecuación (35) para determinar el módulo de sección.

$$\begin{aligned} \sigma_{perm} &= \frac{M_{max}}{S} \\ 92MPa &= \frac{6.41Nm}{S} \\ S &= \frac{6.41Nm}{92MPa} = 6.96 \times 10^{-8} m^3 \end{aligned}$$

Para corroborar si el espesor de la placa utilizado es el correcto se utiliza la ecuación (37) que está en base al módulo de sección.

$$S = \frac{h * b^2}{6} \quad (37)$$

Donde:

$h$  = Ancho de la placa de los soportes

$b$  = Espesor de la placa de los soportes

$$6.96 \times 10^{-8} m^3 = \frac{0.025m * b^2}{6}$$

$$b = \sqrt{\frac{6 * (6.96 \times 10^{-8})}{0.025m}} = 0.00408m$$

$$b = 4mm$$

El espesor recomendado es de 4 mm, por lo que cumplimos satisfactoriamente con el ancho de este, teniendo en cuenta el hecho de que las platinas que encontramos en el mercado comúnmente son de 4mm, es certero el uso de estas, esto se puede corroborar en el Anexo 1.

### 2.3 Diseño del rascador

En base al análisis ya realizado, de igual manera se requiere un análisis de los esfuerzos actuantes en el rascador.

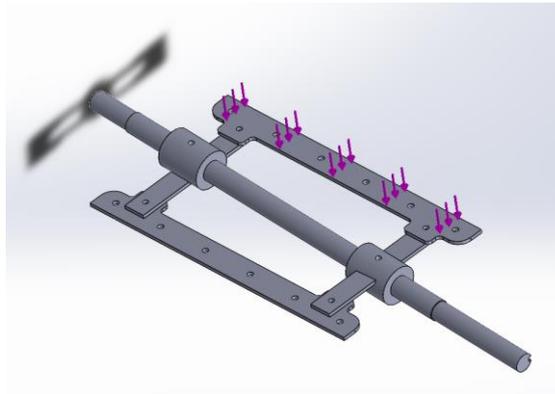


Figura 27. Fuerza sobre el rascador.

Como se puede observar en la figura 27 se obtienen los datos de la fuerza y las reacciones mediante el uso del software MDSolid y de igual manera se aprecia mejor la distribución de cargas.

$$F_{soporte} = 213.626N$$

Dicha carga puntual debe ser distribuida por toda la pieza, por lo que es necesario que esta cambie a una fuerza distribuida.

$$Q = \frac{F}{L} \tag{38}$$

Donde:

$F$ = Fuerza en el agitador

$L$ : Largo de la cuchilla

$$Q = \frac{213.626N}{0.35m} = 610.36 \frac{N}{m}$$

Para analizar la cuchilla se procede a calcular los momentos y fuerzas cortantes que actúan sobre la misma, con el apoyo del programa Mdsolids se puede observar en la Fig.28

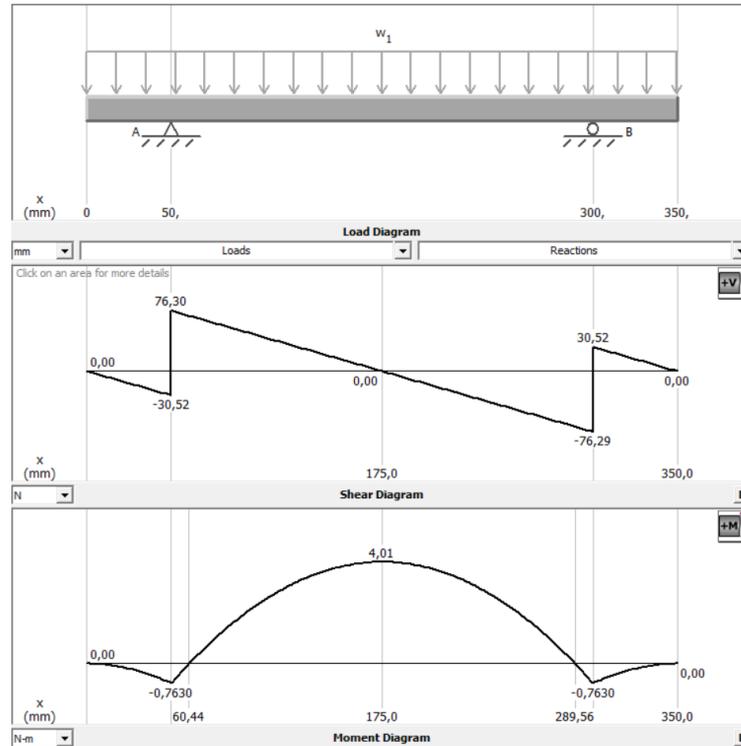


Figura 28. Diagramas de momento y cortante del rascador.

Según la gráfica se determina que el momento máximo está en el punto medio porque los soportes se encuentran a los costados, teniendo esto en cuenta se trabaja con el momento máximo.

$$M_{max} = 4.01Nm$$

Al esfuerzo permisible se aplica un factor de seguridad 3, porque este fue usado con anterioridad dentro del diseño, el material a usarse es acero inoxidable 316 por sus propiedades resistentes a la corrosión por ácido.

$$\sigma_{perm} = \frac{S_y}{n}$$

$$\sigma_{perm} = \frac{276MPa}{3} = 92MPa$$

$$\sigma_{perm} = \frac{M_{max}}{S}$$

Los valores son tomados en base a las características de los materiales como es el AISI 316 y el factor de seguridad, estos se encuentran en la tabla 7 y el Anexo 3.

$$\sigma_{perm} = \frac{M_{max}}{S}$$

$$92MPa = \frac{4.01Nm}{S}$$

$$S = \frac{4.01Nm}{92MPa} = 4.35 \times 10^{-8} m^3$$

La ecuación (37) está orientada a calcular el espesor del material:

$$S = \frac{h \times b^2}{6}$$

$$4.35 \times 10^{-8} m^3 = \frac{0.03m \times b^2}{6}$$

$$b = \sqrt{\frac{6 * (4.35 \times 10^{-8} m^3)}{0.03m}} = 0.00295m$$

$$b = 3mm$$

La selección del espesor previa fue de 4mm, por lo que es viable para alargar su vida útil, además de facilitar el diseño y la búsqueda de materiales en su forma base.

## 2.4 Selección del tamiz

El tamiz se ha tomado como una sección circular en acero AISI 316 por la manipulación de alimentos con agujeros de 3 mm determinado para frutas medianas- grandes, en el caso de trabajar con frutas pequeñas los agujeros deben ser de 1.5 mm, por estos agujeros pasará la pulpa presionada por los rascadores, en la figura 29 se puede apreciar el diseño del tamiz.

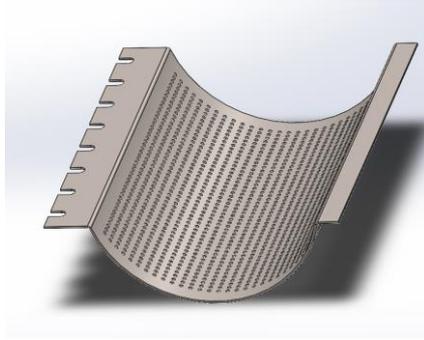


Figura 29. Diseño de tamiz

Se coloca un soporte en la parte inferior del tamiz que sirva como base y evitar que esta sufra deformaciones que esta soldado en la parte interior de la cubierta inferior de la máquina.

## 2.5 Análisis de soldadura para los elementos de trabajo

Se ha escogido el electrodo 6011 para la sección de soldadura y para ello es necesario calcular su comportamiento comparando el límite de fluencia del material de aporte y el esfuerzo producido por la carga sobre los elementos. Se utiliza la fuerza de 181.12N calculada anteriormente que corresponde al peso de los componentes, fuerza de aplastamiento y peso de la fruta.

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (39)$$

$$A = \cos 45^\circ * h * l$$

Donde:

h = altura de garganta

l = longitud del cordón

$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{181.12}{\cos 45^\circ * 4mm * 25mm} = 2.561MPa$$

El límite de fluencia del electrodo 6011 se observa en el Anexo 6, referente a este valor se realiza la comparativa con el anterior ya calculado.

$$S_y \geq \sigma$$

$$424MPa \geq 17.68MPa$$

## Capítulo III

### 3.1 Simulación

En este apartado se realizó la simulación de la máquina despulpadora plasmando primeramente el dimensionamiento de las piezas en consideración de los parámetros calculados en el diseño de cada elemento, el ensamble de la máquina con sus respectivas relaciones de posición y su simulación de funcionamiento mediante la utilización del complemento, SolidWorks Motion, el diseño culminado se encuentra representado en la figura 30.

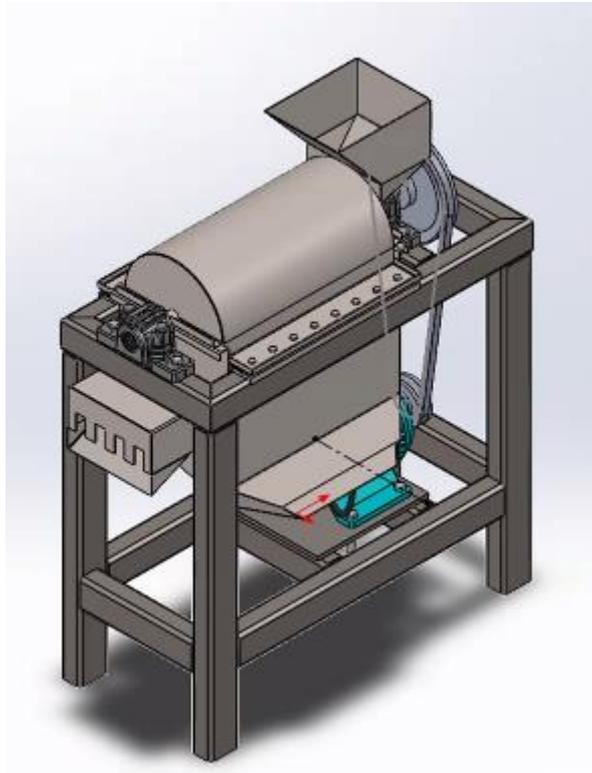


Figura 30. Diseño de máquina despulpadora

Para comprender de mejor manera el ensamble se observa la vista explosionada representada en la figura 31.

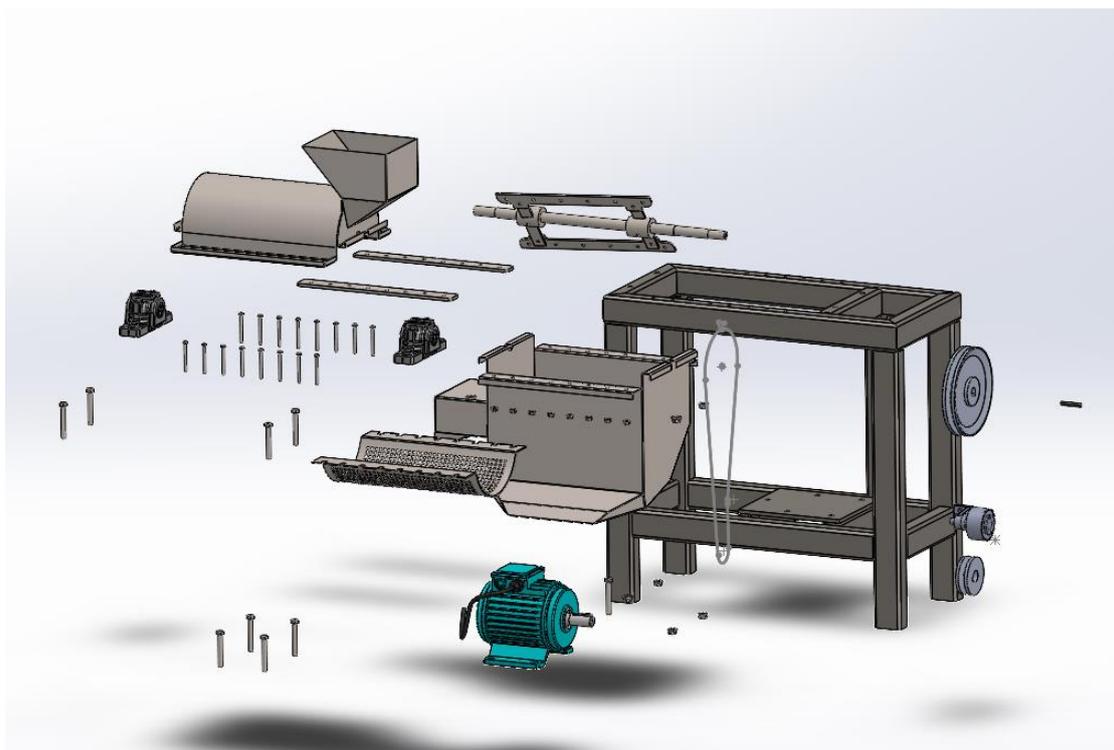


Figura 31. Vista explosionada

Los factores considerados para la simulación son principalmente la velocidad angular y la fuerza generada por la fruta hacia los rascadores. Parámetros como la selección de análisis de movimiento, esta opción es la única que puede dar gráficos de las variables como velocidad angular, fuerzas, consumo de energía, entre otras; también se debe considerar la gravedad y las piezas en contacto

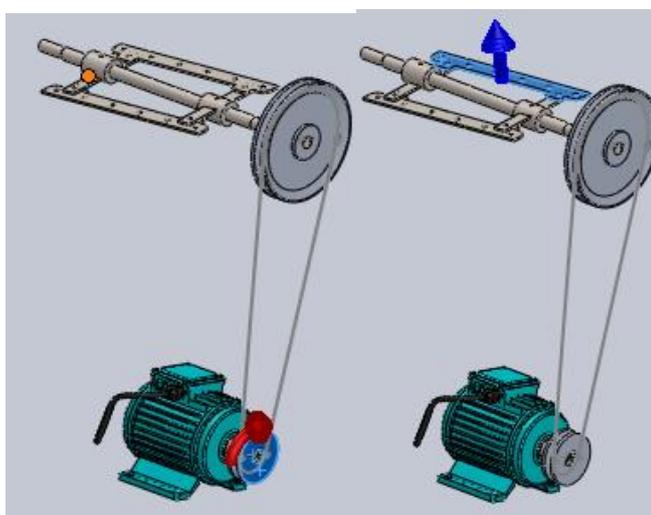


Figura 32. Esquema de la maquina

### 3.2 Resultados

Se realizaron tres simulaciones considerando las fuerzas; calculada, de sobrecarga y una de carga mínima para evaluar el consumo de energía del motor.

A continuación, en la Fig. 33 se observa un consumo de 451W correspondiente a la carga calculada de 161N, que proviene de la masa de la piña y la fuerza de aplastamiento obtenida de los ensayos de laboratorio.

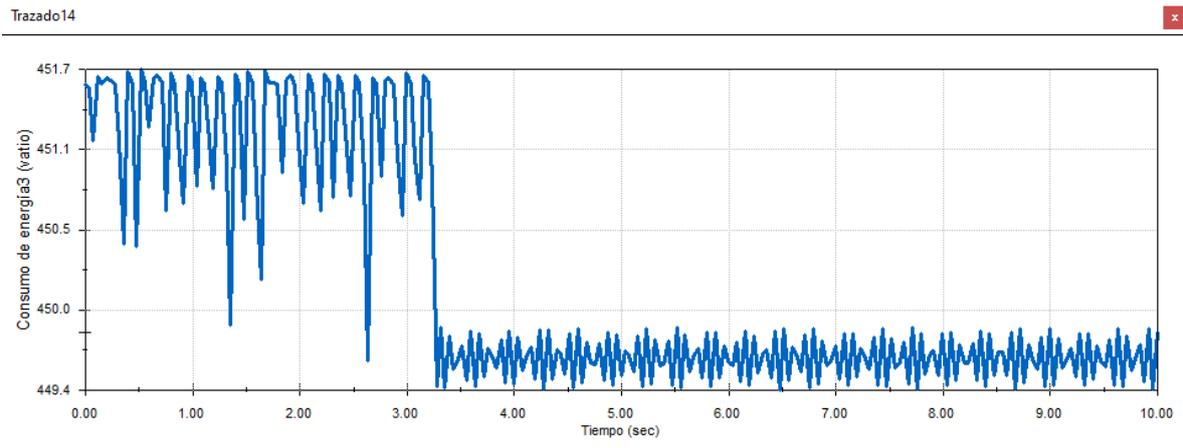


Figura 33. Consumo de energía de fuerza calculada

En la figura 34 se puede apreciar un consumo de 841.6W debido a que se estimó una fuerza superior a la calculada siendo esta de 300N como un máximo que soportaría el motor sin alterar su comportamiento con respecto a la anterior gráfica.

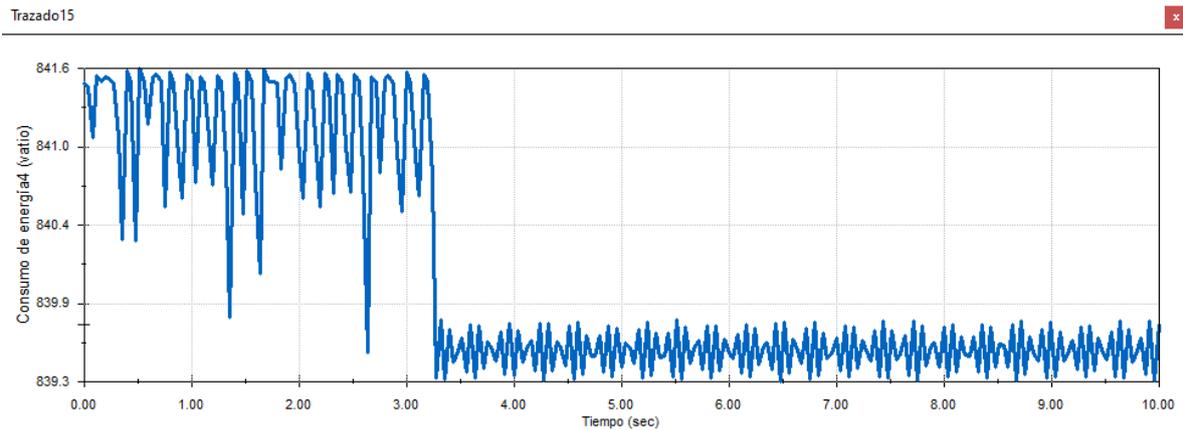


Figura 34. Consumo de energía con sobrecarga

Finalmente, se considera una fuerza inferior, aproximadamente al 50% de la calculada considerando el ingreso de frutas con menor densidad y tamaño como pueden ser moras,

por ende, al tener menores cualidades en la fruta se observa un menor consumo de energía del motor obteniendo 224.5W como se puede observar en la figura 35

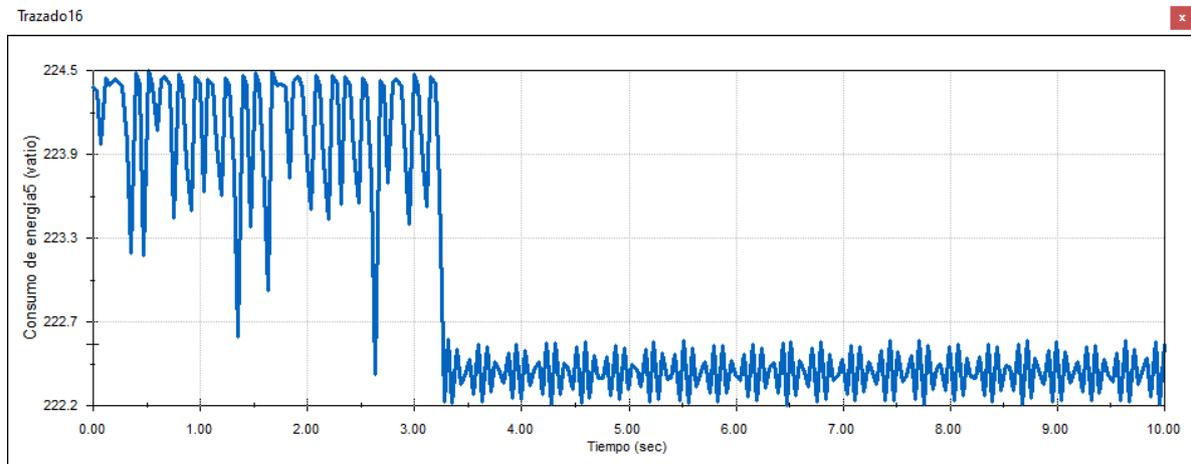


Figura 35. Consumo de energía con carga mínima

Según los datos obtenidos en SolidWorks, incluso con la fuerza de sobrecarga se encuentra dentro del rango calculado, por lo tanto, la máquina es viable, el motor no va a tener inconvenientes para funcionar y el proceso de despulpado se realizará de forma eficiente.

Considerando que la tarifa según el CNEL (Corporación Nacional de Electricidad) [36] para el sector industrial es de \$0.08 por KWh, el motor seleccionado correspondiente de 840w, trabajando 4 horas diarias durante 20 días correspondientes al mes tendrá un consumo económico de \$5.37 para la comunidad de Facundo Vela.

### 3.3 Comparación de posición de rascadores

Según Rivadeneira y Ramírez [37] manifiesta que, en la configuración de los rascadores se debe colocar a una desviación o desfase de centros en los rascadores para que exista un efecto tornillo, que ayude a desplazar los desechos de la fruta a la parte posterior donde se encuentra la salida, por lo tanto, se modificaron los rascadores con 5° de desviación para que la fruta no se acumule en la parte inferior del tamiz, porque los rascadores eran completamente paralelos al eje por lo tanto, el desplazamiento de los desechos era muy bajo.

## Capítulo IV

### 4.1 Análisis de costos

En este apartado se analiza sección por sección para determinar el valor de los recursos económicos requeridos en la elaboración de la máquina despulpadora, la cual requiere materia prima, mano de obra, uso de herramienta, uso de equipos; estos costos se clasifican en directos e indirectos.

Costos directos

- Costo de material
- Costo de elementos estándares
- Costo de maquinado de partes y mano de obra

Costos indirectos

- Materiales indirectos
- Gastos imprevistos

### 4.2 Costos directos

#### 4.2.1 Costos de material

Pueden ser relacionados o asignados directamente a un producto en el cual afecta directamente el precio del producto, en los costos directos hace referencia a materia prima, piezas estándares, maquinado y mano de obra como se muestra en la tabla 8.

Tabla 8. Costos materiales

Material	Cantidad	Precio unitario \$	Precio final \$
Plancha acero inoxidable AISI 316 (2mm espesor)	1	358.16	358.16
Eje AISI 316 (6m*24mm)	1/6	145	24.16

Plancha acero inoxidable AISI 316 (4 mm espesor)	1/8	647.32	80.91
Bocines acero inox AISI 316	1/4	131.56	32.89
Nylon (sanitario)	2	44.99	89.98
Tubo cuadrado 4cm x 4cm x 2mm	1	28	28
	Subtotal		614.1

#### 4.2.2 Costos de elementos estándares

Estos elementos son encontrados comúnmente en el mercado y no requieren de algún tipo de modificaciones o diseño.

Tabla 9. Costos elementos estándares

Material	Cantidad	Precio unitario \$	Precio final \$
Chumacera piso	2	7.14	14.28
Pernos acero inoxidable AISI 316 M6*25	20	1.08	21.60
Pernos acero inoxidable AISI 316 M10*25	5	1.40	7
Motor monofásico 2 Hp 1200 rpm (Weg)	1	225	225
Variador de frecuencia Kewo 2hp monofásico	1	166.97	166.97

Banda tipo A (13*8)/ OM	1	8.93	8.93
Polea diámetro (75mm)	1	17	17
Polea diámetro (180mm)	1	24.87	24.87
Piñon loco	1	45	45
Patas niveladoras	4	1.81	7.24
	subtotal		537.89

#### 4.2.3 Costos de maquinado de partes y mano de obra

En este apartado se puede observar las máquinas utilizadas en el proceso y la mano de obra directa para la despulpadora tal como se observa en la tabla 10.

Tabla 10. Costos de maquinado

Maquina	Costo uso de máquina + mano de obra	Tiempo de uso	Precio final \$
Máquina herramienta	15	12	180
Taladro	8	9	72
Soldadura	25	4	100
Dobladora	15	2	30
Cizalla	15	1	15
Pintura	15	1	15
	subtotal		412

#### 4.3 Costo total directo

El costo total directo viene representado por la Tabla 11.

Tabla 11. Costo total directo

Costo	Precio \$
Material	614.1
Elementos estándares	537.89
Maquinado y mano de obra	412
Subtotal	1563.99

#### 4.4 Costo indirecto

Son los costos que aparecieron durante el proceso, pero no forman parte del producto final o no son fácilmente identificables en él.

##### 4.4.1 Costo de materiales indirectos

Los materiales indirectos están representados en la Tabla 12.

Tabla 12. Costos materiales indirectos

Material	Cantidad	Precio unitario \$	Precio final \$
Electrodos	1kg	40	40
Lija	6	0.5	3
Discos	3	4.5	13.5
Guantes	2	0.9	1.8
Guaípe	10	0.1	1
	subtotal		59.3

#### 4.5 Costo total de la máquina

Tabla 13. Costo total de la máquina

Costo	Precio \$
Directos	1563.99
Indirectos	59.3
TOTAL	1623.29

### **Gastos imprevistos**

Los gastos imprevistos forman parte del presupuesto del proyecto, se consideran tomando en cuenta eventualidades dentro del desarrollo del mismo, según Rojas y Bohórquez [38], estiman que el costo del imprevisto se encuentra entre el 4 y el 6 % del precio global de la construcción, por lo tanto, el valor será de \$81.1645 tomando en cuenta la media que sería del 5%.

Con los datos del imprevisto procedemos a calcular el costo final de la máquina que se aprecia en la Tabla 14.

Tabla 14. Costo total

Costo	Precio \$
TOTAL	1623.29
IMPREVISTOS	81.16
FINAL	1704.45

### **4.6 Máquinas despulpadoras en el mercado**

En el mercado existen varias marcas de productores de máquinas despulpadora de fruta como: Zingal, Jotagallo, Penagos, entre otras y sus precios rondan entre los \$2890- \$5400, precios que varían en dependencia de la capacidad requerida de la máquina, dimensiones y materiales de construcción al igual que el reconocimiento que tenga la marca productora.

## CONCLUSIONES

En la comunidad de Facundo Vela la producción de mermelada de distintos tipos de fruta es de exportación que es alrededor de 4000 unidades mensuales aproximadamente y se considera su sustento principal, por lo tanto, deben cumplir con una producción continua para mantener la fruta en buenas condiciones, porque en el proceso de selección, las frutas muy maduras o deterioradas por el tiempo se consideran como desperdicio, por lo tanto se implementó una máquina despulpadora para satisfacer la demanda del mercado y evitar estos procesos que se realizaban de manera manual y artesanal para reducir tiempos de operación.

Mediante el estudio de alternativas planteado en el presente documento, se decidió diseñar una máquina despulpadora horizontal, porque tiene un mayor rendimiento determinado por su capacidad en comparación a la despulpadora vertical.

Se diseñó la máquina despulpadora horizontal con una capacidad de 11L/lote con un dimensionamiento de 891.5mm de alto\* 719 mm de largo\* 341.98 mm de ancho el material de construcción es acero inoxidable AISI 316 que es de alto grado alimenticio para el procesamiento de alimentos, cuenta con un motor de 1.5 Hp de 1200rpm y una reducción de transmisión dado por poleas de 75 y 180 mm que reducen la velocidad en el eje en donde se encuentran los rascadores que son los encargados de presionar la fruta contra el tamiz obteniendo de esta manera la pulpa.

Mediante el uso del software SolidWorks se simuló el funcionamiento de la máquina despulpadora horizontal, configurada con los parámetros de revoluciones y fuerzas obtenidos en el presente documento tales como el peso ejercido por la fruta, la fuerza de aplastamiento y el peso de los componentes permitiendo observar y comprender el consumo de energía del motor en casos de sobrecarga o carga mínima sin afectar el funcionamiento de la misma.

Se puede concluir que la máquina despulpadora propuesta es viable, en cuestiones económicas, debido a que existe un ahorro de alrededor de \$1000 en comparación de adquirir una ya construida, contando con un aspecto pequeño, versátil y operativa para cumplir con las necesidades de Facundo Vela.

## **RECOMENDACIONES**

Se debe seguir el proceso de despulpado en la sección de elección, lavado, desinfección con el fin de elaborar un producto homogéneo y de buena calidad.

Estar pendiente con el ingreso de objetos ajenos a la máquina que pueda poner en riesgo la integridad de la máquina.

Se recomienda capacitar a los trabajadores acerca del uso y el mantenimiento para prolongar la vida útil de la despulpadora.

Es recomendable la limpieza al finalizar el trabajo de despulpado debido a que ciertas frutas contienen un porcentaje de ácidos elevado que podría afectar al material con el tiempo.

## LISTA DE REFERENCIAS

- [1] D. K. Torres, “Seguridad biológica,” 2016.  
<https://seguridadbiologica.blogspot.com/2016/07/hipoclorito-de-sodio-como-agente.html>.
- [2] A. C. Silveira, “Uso de aditivos y métodos físicos para mantener la calidad de los productos de IV gama o mínimamente procesados,” *Scielo*, vol. 21, 2017.
- [3] Ferrepro, “Ferrepro,” 2016. <http://ferrepro.mx/pasivacion-recubrimiento-en-metales/>.
- [4] Acuiculturaspya, “acuiculturaspya,” 2017. <https://www.acuiculturaspya.com/ferreteria-naval/la-clasificacion-inoxidable-aisi/>.
- [5] M. Almanza, K. Ruiz, M. Sosa, G. Martinez, and A. Flores, “Diseño Y Desarrollo Tecnológico De Un Prototipo De Molino Despulpador De Mango,” vol. 1, no. 1, pp. 273–278, 2016.
- [6] R. Paez, “Despulpadora de fruta DF600,” 2014.  
<https://www.youtube.com/watch?v=Lshr07KRF-w>.
- [7] S. Merlo, “Desarrollo de un plan de implementación de buenas prácticas de manufactura en una planta procesadora de pulpa de frutas,” *Uce*, vol. 1, no. 0, p. 107, 2009, [Online]. Available: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/1669/1/CD-2633.pdf>.
- [8] A. Ojeda, “Pulpa de fruta,” 2020. <https://agroindustrialojeda.com/pulpa-de-fruta.php>.
- [9] A. Guevara Perez, “Elaboración de pulpas, zumos, néctares, deshidratados, osmodeshidratados y fruta confitada,” *Univ. Nac. LA MOLINA Fac. Ind. Aliment.*, pp. 1–61, 2015.
- [10] W. Herrera and J. Angüisaca, “Formulación del diseño del proyecto de una planta productora de pulpa de fruta derivada de mora y tomate de árbol en la ciudad de Cuenca,” *Univ. Cuenca*, vol. 1, no. 0, p. 300, 2015.
- [11] Y. Cunalata, “Diseño del proceso para la extracción de pulpa a partir de mora para la asociación de producción agrícola cadena provincial de mora Asoprocamor Tungurahua,” p. 135, 2018, [Online]. Available: <https://www.esPOCH.edu.ec/%0Ahttp://dSPACE.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/10432/1/96T00483.PDF>.
- [12] S. Falquez and J. Ubilla, “Proyecto de Factibilidad de Empresa Comercializadora de Pulpa de Mango,” *Univ. Católica Santiago Guayaquil*, pp. 1–125, 2010.
- [13] A. Cruz, A. Garnica, and E. Ediciones, *Ergonomía aplicada*. Ecoe Ediciones.
- [14] D. Diaz, “DISEÑO DE UNA DESPULPADORA DE CAFÉ,” *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, vol. 85, no. 1, pp. 2071–2079, 2016.
- [15] J. Troya, “Diseño de una despulpadora de guanábana de 400 kg/h de capacidad,” no. 1, p. 153, 2014, [Online]. Available: <https://books.google.com.ec/books?id=yIAzAQAAMAAJ&pg=PA130&dq=enzenza+papina&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwjQ->

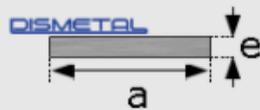
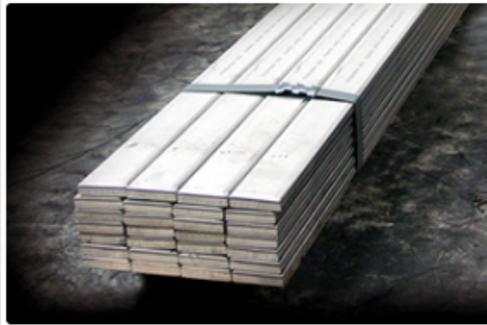
- MbzjvfPAhVC7iYKHYM7A30Q6AEIQTAAH#v=onepage&q=enzima papina&f=false.
- [16] Zingal, “FR1 – DESPULPADORA (300-400Kg/Hora) – ALIMENTACIÓN HORIZONTAL.”  
<https://www.grupozingal.co/producto/despulpadora-de-frutas-300-400-kg-x-hora-alimentacion-horizonta/>.
- [17] A. Olarte, *Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito*. 2019.
- [18] Industrias Cardín, “Despulpadora vertical,” 2019.  
<https://inducardin.com/index.php/product/despulpadora-vertical/>.
- [19] Estrada Hermanos, “DESPULPADORAS ECOLÓGICAS 900 - 1800,” 2017.  
[https://estradahermanos.com/despulpadoras\\_ecologicas\\_900-1800.html](https://estradahermanos.com/despulpadoras_ecologicas_900-1800.html).
- [20] G. Laureno and A. PALACIO, “Diseño y Construcción de una máquina despulpadora de café vertical con pecheros fijos de alto rendimiento,” 1989.
- [21] H. Grisebach and K. O. Vollmer, “Untersuchungen zur Biosynthese des Salicylsäuremethylesters in *Gauiheria procumbens* l,” *Zeitschrift für Naturforschung - Section B Journal of Chemical Sciences*, vol. 18, no. 9. pp. 753–756, 1963, doi: 10.1515/znb-1963-0911.
- [22] P. D. Rack, *Introduction to Materials Science for Engineers, Ch. 5 Diffusion*. California, 2003.
- [23] O. Lopez, A. Corrales, and L. Parra, “Disponible en:  
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=84934046>,” vol. XIII, pp. 273–278, 2007, [Online].  
 Available: <https://www.redalyc.org/pdf/849/84934046.pdf>.
- [24] S. A. INDURA, “Sistema de Materiales y Soldadura,” *Recuper. http://www.indura.com.ec/\_file/file\_2182\_manual%20de%20soldadura%20indura*, vol. 202007, 2007.
- [25] F. L. Alférez, J. J. Olaya, and J. H. Bautista, “Síntesis y evaluación de resistencia a la corrosión de recubrimientos de SiO<sub>2</sub>-TiO<sub>2</sub>-ZrO<sub>2</sub>-BiO<sub>2</sub> sobre acero inoxidable 316L producidos por sol-gel,” *Boletín la Soc. Española Cerámica y Vidr.*, vol. 57, no. 5, pp. 195–206, 2018, doi: <https://doi.org/10.1016/j.bsecv.2018.02.001>.
- [26] M. Actual, “Consideraciones para Trabajar Acero Inoxidable,” pp. 18–25, 2010, [Online].  
 Available: WWW.METALACTUAL.COM.
- [27] Ingemecánica, “Soldadura de los Aceros Inoxidables,” 2022, [Online]. Available: <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn48.html>.
- [28] H. Terán, V. Andaluz, O. Arteaga, and W. Bonilla, *Procesos metalurgicos en la soldadura*. 2018.
- [29] S. Dassault, “INTRODUCCIÓN A SOLIDWORKS.” Estados Unidos, 2015, [Online].  
 Available: [https://my.solidworks.com/solidworks/guide/SOLIDWORKS\\_Introduction\\_ES.pdf](https://my.solidworks.com/solidworks/guide/SOLIDWORKS_Introduction_ES.pdf).
- [30] K.-H. Chang, *Motion Simulation and Mechanism Design with SOLIDWORKS Motion 2021*. SDC publications, 2021.

- [31] R. Leon, ““DETERMINACION DE LAS PROPIEDADES FISICAS EN EL JUGO DE LA NARANJA VALENCIA (Citrus sinensis l.)”” UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO, 2012.
- [32] M. Robert L, *Mecánica de fluidos -Mott-6Ed.* 2006.
- [33] G. Material Mundial, “Acero Inoxidable 316 Ficha Tecnica, Acero AISI 316 Propiedades, Inox 316 S,” 2022. <https://www.materialmundial.com/inox-ss316-aisi-astm-acero-inoxidable-316-ficha-tecnica-propiedades-ss/>.
- [34] E. Defaz and F. Tuza, “UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA Facultad de Ingenierías,” 2007.
- [35] S. Oshin and G. Huanca, “Calculos despulpadora de frutas,” 2016. <https://es.slideshare.net/Auroth18s/calculos-despulpadora-de-frutas>.
- [36] ARCONEL-035/19, “Pliego Tarifario Para Las Empresas Eléctricas de Distribución - Servicio Público de Energía Eléctrica. Periodo: Enero-Diciembre 2020,” *Resolución Nro. ARCONEL – 035/19*, vol. 19, p. 35, 2019.
- [37] H. Rivadeneira and S. Ramírez, *Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito.* 2016.
- [38] M. Rojas and N. Bohórquez, “Methodological approximation for AIU calculation,” *Dyna*, vol. 77, no. 162, pp. 293–302, 2010.

## ANEXOS

### Anexo 1: Platinas de acero inoxidable

#### PLATINAS DE ACERO INOXIDABLE



- CALIDAD: AISI - 304
- OTRAS CALIDADES: PREVIA CONSULTA
- LARGO NORMAL: 6.00m
- OTROS LARGOS: PREVIA CONSULTA
- ACABADOS: NATURAL
- OTROS ACABADOS: PREVIA CONSULTA

DIMENSIONES			LARGO	PESO
	a	e	mm	kg/m
Pulgadas	mm	mm		
1/2"	12	3	6000	1.70
1/2"	12	4	6000	2.26
1/2"	12	6	6000	3.39
3/4"	20	3	6000	2.83
3/4"	20	4	6000	3.77
3/4"	20	6	6000	5.37
1"	25	3	6000	3.53
1"	25	4	6000	4.71
1"	25	6	6000	7.07
1"	25	9	6000	10.60

## Anexo 2: Factores de servicio de un motor eléctrico

Tipo de carga	Tipo de impulsor		
	Impulsor hidráulico	Motor eléctrico o turbina	Motor de combustión interna
Uniforme (agitadores, ventiladores, con carga ligera y uniforme).	1.0	1.0	1.2
Choque moderado (máquinas herramienta, grúas, transportadores pesados, mezcladores de alimento y molinos).	1.2	1.3	1.4
Choque pesado (prensas de troquelado, molinos de martillos, transportadores alternos, accionamientos de molino de rodillos).	1.4	1.5	1.7

## Anexo 3: Esfuerzos en los aceros

**Tabla A-22**

Resultados de ensayos a la tensión de algunos metales\* Fuente: J. Datsko, "Solid Materials", capítulo 32, en Joseph E. Shigley, Charles R. Mischke y Thomas H. Brown, Jr. (editores en jefe). *Standard Handbook of Machine Design*, 3a. ed., McGraw-Hill, Nueva York, 2004, pp. 32.49-32.52.

Resistencia (a la tensión)								
Número	Material	Condición	Fluencia $S_y$ MPa (kpsi)	Última $S_u$ MPa (kpsi)	A la fractura, $\sigma_f$ MPa (kpsi)	Coefficiente $\sigma_{0.2}$ MPa (kpsi)	Resistencia a la deformación, exponente $m$	Resistencia a la fractura $\epsilon_f$
1018	Acero	Recocido	220 (32.0)	341 (49.5)	628 (91.1) <sup>†</sup>	620 (90.0)	0.25	1.05
1144	Acero	Recocido	358 (52.0)	646 (93.7)	898 (130) <sup>†</sup>	992 (144)	0.14	0.49
1212	Acero	HR	193 (28.0)	424 (61.5)	729 (106) <sup>†</sup>	758 (110)	0.24	0.85
1045	Acero	TyR 600°F	1 520 (220)	1 580 (230)	2 380 (345)	1 880 (273) <sup>†</sup>	0.041	0.81
4142	Acero	TyR 600°F	1 720 (250)	1 930 (210)	2 340 (340)	1 760 (255) <sup>†</sup>	0.048	0.43
303	Acero inoxidable	Recocido	241 (35.0)	601 (87.3)	1 520 (221) <sup>†</sup>	1 410 (205)	0.51	1.16
304	Acero inoxidable	Recocido	276 (40.0)	568 (82.4)	1 600 (233) <sup>†</sup>	1 270 (185)	0.45	1.67
2011	Aleación de aluminio	T6	169 (24.5)	324 (47.0)	325 (47.2) <sup>†</sup>	620 (90)	0.28	0.10
2024	Aleación de aluminio	T4	296 (43.0)	446 (64.8)	533 (77.3) <sup>†</sup>	689 (100)	0.15	0.18
7075	Aleación de aluminio	T6	542 (78.6)	593 (86.0)	706 (102) <sup>†</sup>	882 (128)	0.13	0.18

Anexo 4: Factores para rodamiento de bolas

▼ Valores  $f_L$  para rodamientos de bolas

$$f_L = \sqrt[3]{\frac{L_n}{500}}$$

$L_n$	$f_L$	$L_n$	$f_L$	$L_n$	$f_L$	$L_n$	$f_L$	$L_n$	$f_L$
h		h		h		h		h	
100	0,585	420	0,944	1700	1,5	6500	2,35	28000	3,83
110	0,604	440	0,958	1800	1,53	7000	2,41	30000	3,91
120	0,621	460	0,973	1900	1,56	7500	2,47	32000	4
130	0,638	480	0,986	2000	1,59	8000	2,52	34000	4,08
140	0,654	500	1	2200	1,64	8500	2,57	36000	4,16
150	0,669	550	1,03	2400	1,69	9000	2,62	38000	4,24
160	0,684	600	1,06	2600	1,73	9500	2,67	40000	4,31
170	0,698	650	1,09	2800	1,78	10000	2,71	42000	4,38
180	0,711	700	1,12	3000	1,82	11000	2,8	44000	4,45
190	0,724	750	1,14	3200	1,86	12000	2,88	46000	4,51
200	0,737	800	1,17	3400	1,89	13000	2,96	48000	4,58
220	0,761	850	1,19	3600	1,93	14000	3,04	50000	4,64
240	0,783	900	1,22	3800	1,97	15000	3,11	55000	4,79
260	0,804	950	1,24	4000	2	16000	3,17	60000	4,93
280	0,824	1000	1,26	4200	2,03	17000	3,24	65000	5,07
300	0,843	1100	1,3	4400	2,06	18000	3,3	70000	5,19
320	0,862	1200	1,34	4600	2,1	19000	3,36	75000	5,31
340	0,879	1300	1,38	4800	2,13	20000	3,42	80000	5,43
360	0,896	1400	1,41	5000	2,15	22000	3,53	85000	5,54
380	0,913	1500	1,44	5500	2,22	24000	3,63	90000	5,65
400	0,928	1600	1,47	6000	2,29	26000	3,73	100000	5,85

▼ Valores  $f_n$  para rodamientos de bolas

$$f_n = \sqrt[3]{\frac{33 \frac{1}{2}}{n}}$$

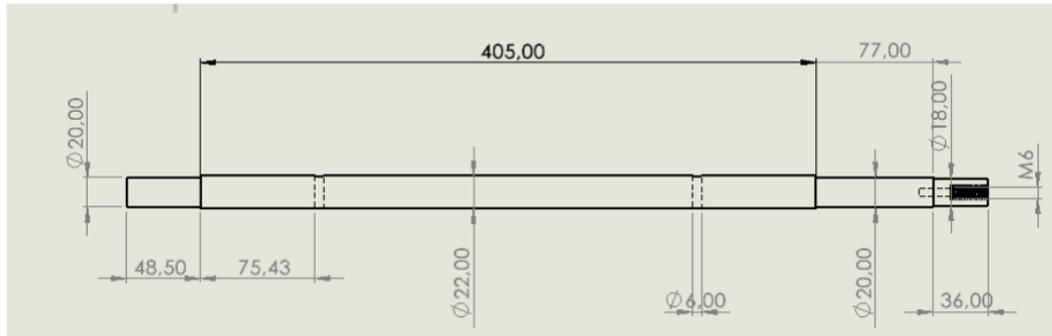
n	$f_n$								
min <sup>-1</sup>									
10	1,49	55	0,846	340	0,461	1800	0,265	9500	0,152
11	1,45	60	0,822	360	0,452	1900	0,26	10000	0,149
12	1,41	65	0,8	380	0,444	2000	0,255	11000	0,145
13	1,37	70	0,781	400	0,437	2200	0,247	12000	0,141
14	1,34	75	0,763	420	0,43	2400	0,24	13000	0,137
15	1,3	80	0,747	440	0,423	2600	0,234	14000	0,134
16	1,28	85	0,732	460	0,417	2800	0,228	15000	0,131
17	1,25	90	0,718	480	0,411	3000	0,223	16000	0,128
18	1,23	95	0,705	500	0,405	3200	0,218	17000	0,125
19	1,21	100	0,693	550	0,393	3400	0,214	18000	0,123
20	1,19	110	0,672	600	0,382	3600	0,21	19000	0,121
22	1,15	120	0,652	650	0,372	3800	0,206	20000	0,119
24	1,12	130	0,635	700	0,362	4000	0,203	22000	0,115
26	1,09	140	0,62	750	0,354	4200	0,199	24000	0,112
28	1,06	150	0,606	800	0,347	4400	0,196	26000	0,109
30	1,04	160	0,593	850	0,34	4600	0,194	28000	0,106
32	1,01	170	0,581	900	0,333	4800	0,191	30000	0,104
34	0,993	180	0,57	950	0,327	5000	0,188	32000	0,101
36	0,975	190	0,56	1000	0,322	5500	0,182	34000	0,0993
38	0,957	200	0,55	1100	0,312	6000	0,177	36000	0,0975
40	0,941	220	0,533	1200	0,303	6500	0,172	38000	0,0957
42	0,926	240	0,518	1300	0,295	7000	0,168	40000	0,0941
44	0,912	260	0,504	1400	0,288	7500	0,164	42000	0,0926
46	0,898	280	0,492	1500	0,281	8000	0,161	44000	0,0912
48	0,886	300	0,481	1600	0,275	8500	0,158	46000	0,0898
50	0,874	320	0,471	1700	0,27	9000	0,155	50000	0,0874

Anexo 5: Selección de chumaceras según el diámetro del eje

Tipo Type	Diámetro eje Shaft diameter		Dimensiones - Dimensions														Bul. fij. Bolt Size	
			D H8	a	b	c	g H12	h js11	L	w	m	U	V	d2 H12	d3 H12	f1	S	
	mm	inch	mm/inch															
SNG 505	20	¾	52	165	46	19	25	40	67	71	130	13	20	31,5	39,5	5	M10	
SNG 506-605	25	15/16	1	62	185	52	22	32	50	77	87	150	13	22	36,5	44,5	5	M10
SNG 507-606	30	11/8	13/16	72	185	52	22	34	50	82	92	150	15	20	46,5	54,5	5	M12
SNG 508-607	35	15/16	13/8	80	205	60	25	39	60	85	106	170	15	20	51,5	59,5	5	M12
SNG 509	40	1½	19/16	85	205	60	25	30	60	85	109	170	15	20	56,5	64,5	5	M12
SNG 510-608	45	111/16	1¼	90	205	60	25	41	60	90	112	170	15	20	62	70,5	5	M12
SNG 511-609	50	115/16	2	100	255	70	28	44	70	95	127	210	18	23	67	75,5	5	M16
SNG 512-610	55	21/8	23/16	110	255	70	30	48	70	105	133	210	18	23	72	80,5	5	M16
SNG 513-611	60	2¼	25/16	120	275	80	30	51	80	110	148	230	18	24	77	85,5	5	M16
SNG 515-612	65	27/16	2½	130	280	80	30	56	80	115	154	230	18	26	87	95,5	5	M16
SNG 516-613	70	211/16	2¾	140	315	90	32	58	95	120	175	260	22	29	92,5	101	5	M20
SNG 517	75	215/16	3	150	320	90	32	61	95	125	181	260	22	30	97,5	106	5	M20
SNG 518-615	80	33/16	3¼	160	345	100	35	65	100	140	192	290	22	27	102,5	111	5	M20
SNG 519-616	85	35/16	33/8	170	345	100	35	68	112	145	209	290	22	27	131	141	6	M20
SNG 520-617	90	37/16	3½	180	380	110	40	70	112	160	215	320	26	32	137,5	147,5	6	M24
SNG 522-619	100	315/16	4	200	410	120	45	80	125	175	239	350	26	32	147,5	157,5	6	M24
SNG 524-620	110	43/16	4¼	215	410	120	45	86	140	185	271	350	26	32	157,5	167,5	6	M24
SNG 526	115	47/16	4½	230	445	130	50	90	150	190	290	380	28	35	167,5	177,5	6	M24
SNG 528	125	415/16	5	250	500	150	50	98	150	205	302	420	35	42	177,5	187,5	6	M30
SNG 530	135	53/16	5¼	270	530	160	60	106	160	220	323	450	35	42	192,5	202,5	6	M30
SNG 532	140	57/16	5½	290	550	160	60	114	170	235	344	470	35	42	202,5	212,5	6	M30

## Anexo 6. Hoja de proceso

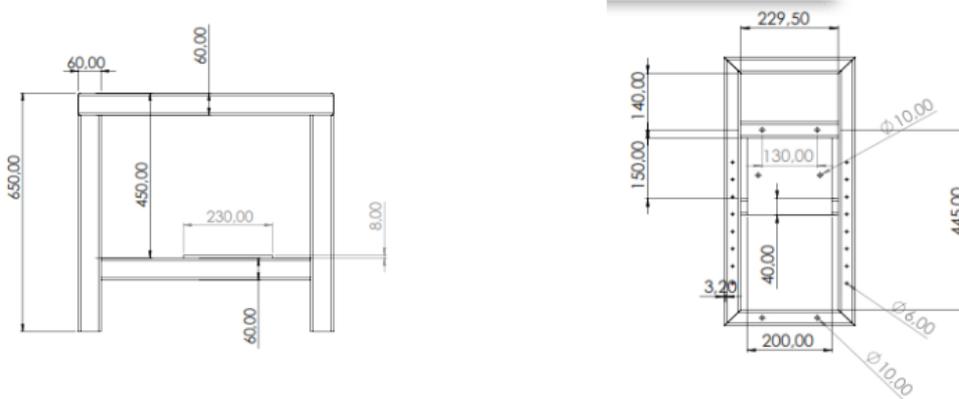
UPS	HOJA DE PROCESO: EJE			ELABORADO POR: Muñoz y Vallejo
ESCALA	MATERIAL	DIMENSIONES DEL MATERIAL		FECHA: 15-01-2022
1:01	AISI 316			



PROCESO	DESCRIPCION	TOLERANCIAS (mm)	HERRAMIENTA	VELOCIDAD	TIEMPO (min)
1	REFRENTAR CARAS	$\pm 0,5$	HSS	75	20
2	CILINDRAR HASTA 22mm	$\pm 0,01$	HSS	90	30
3	CILINDRAR HASTA 20 mm UNA DISTANCIA DE 48.5mm DESDE UN EXTREMO	$\pm 0,01$	HSS		20
4	GIRAR PIEZA				2
5	CILINDRAR HASTA 20 mm UNA DISTANCIA DE 113mm	$\pm 0,01$	HSS	90	30
6	EL EXTREMO MAYOR CILINDRAR HASTA 18mm UNA DISTANCIA DE 36mm	$\pm 0,01$	HSS	90	30
7	EN LA CARA DEL EXTREMO MAYOR REALIZAR UNA PERFORACIÓN DE 5.5 mm PARA PROCEDER A MACHUELAR CON M6	$\pm 0,01$	BROCA DE 5.5mm	90	20
8	SE FRESA EL CANAL A UNA PROFUNDIDAD DE 3.5mm	$\pm 0,01$	FRESA DE 5.5mm	75	10
9	FINALMENTE SE PROCEDE A PERFORAR EL EJE DONDE SE UBICARAN LOS PASADORES	$\pm 0,01$	BROCA DE 6mm	90	15

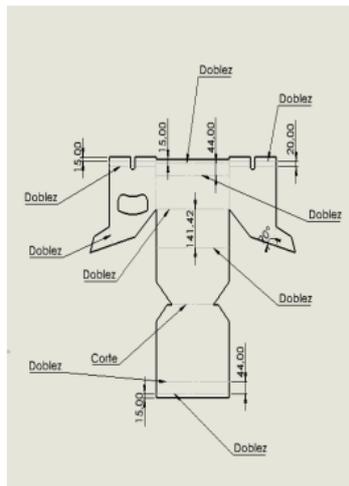
UPS	HOJA DE PROCESO: BOCIN			ELABORADO POR: Muñoz y Vallejo	
ESCALA	MATERIAL		DIMENSIONES DEL MATERIAL		
1:01	AISI 316				
PROCESO	DESCRIPCION	TOLERANCIAS (mm)	HERRAMIENTA	VELOCIDAD	TIEMPO (min)
1	REFRENTAR CARAS	± 0,5	TORNO/HSS	75	20
2	CILINDRAR HASTA 42 mm,	± 0,01	TORNO/HSS	90	30
3	CILINDRADO INTERNO HASTA 22mm	± 0,01	TORNO/HSS	90	40
4	RANURAR A 50mm	± 0,01	TORNO/HSS	90	15
5	REFRENTAR CARAS	± 0,01	TORNO/HSS	75	10
6	RANURAR A 50mm	± 0,01	TORNO/HSS	90	15
3	CILINDRADO INTERNO HASTA 22mm	± 0,01	TORNO/HSS	90	40

UPS	HOJA DE PROCESO: MESA			ELABORADO POR: Muñoz y Vallejo	
ESCALA	MATERIAL		DIMENSIONES DEL MATERIAL		
1:1	A-36				



PROCESO	DESCRIPCION	TOLERANCIAS (mm)	HERRAMIENTA	TIEMPO (min)
1	CORTE DE TUBO	$\pm 0,5$	SIERRA	10
2	TALADRADO	$\pm 0,01$	TALADRO	20
3	SOLDADURA	$\pm 3$	SUELDA/ELECTRODOS	40
4	PINTADO		SOPLETE	60

UPS	HOJA DE PROCESO: CUBIERTA INFERIOR			ELABORADO POR: Muñoz y Vallejo	
ESCALA	MATERIAL		DIMENSIONES DEL MATERIAL		
1:1	AISI 316				



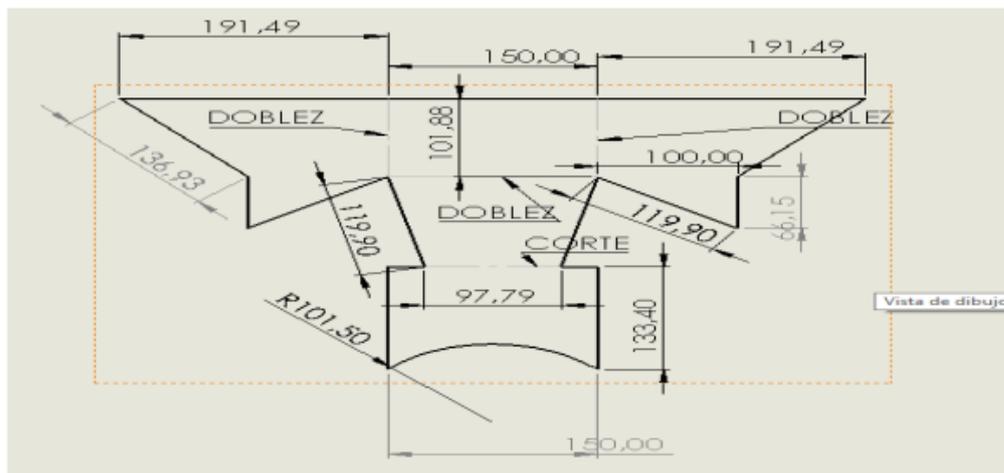
PROCESO	DESCRIPCION	TOLERANCIAS (mm)	HERRAMIENTA	TIEMPO (min)
1	CORTE DE PLANCHAS	$\pm 0,01$	CORTADORA	20
2	DOBLADO DE PLANCHAS	$\pm 0,25$	DOBLADORA	20
3	SOLDADURA DE PLANCHAS	$\pm 1$	SUELDA/ELECTRODOS	60

UPS	HOJA DE PROCESO: TAMIZ		ELABORADO POR: Muñoz y Vallejo	
ESCALA	MATERIAL		FECHA: 15-01-2022	
1:1	AISI 316		DIMENSIONES DEL MATERIAL	



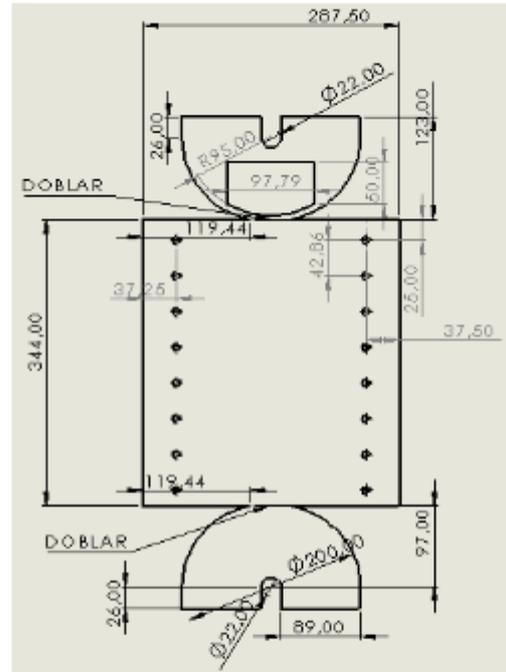
PROCESO	DESCRIPCION	TOLERANCIAS (mm)	HERRAMIENTA	TIEMPO (min)
1	CORTE	± 0,01	CORTADORA	20
2	PERFORADO	± 0,01	DOBLADORA	40
3	BAROLAR	± 0,01	BAROLADORA	30
4	DOBLADO	± 0,01	DOBLADORA	20

UPS	HOJA DE PROCESO: TOLVA		ELABORADO POR: Muñoz y Vallejo	
ESCALA	MATERIAL		FECHA: 15-01-2022	
1:1	AISI 316		DIMENSIONES DEL MATERIAL	



PROCESO	DESCRIPCION	TOLERANCIAS (mm)	HERRAMIENTA	TIEMPO (min)
1	CORTE	± 0,01	CORTADORA	20
2	DOBLEZ	± 0,01	DOBLADORA	40
3	SOLDADURA	± 1	SOLDADORA	60

UPS	HOJA DE PROCESO: CUBIERTA SUPERIOR		ELABORADO POR: Muñoz y Vallejo
			FECHA: 15-01-2022
ESCALA	MATERIAL		DIMENSIONES DEL MATERIAL
1:1	AISI 316		



PROCESO	DESCRIPCION	TOLERANCIAS (mm)	HERRAMIENTA	TIEMPO (min)
1	CORTE	$\pm 0,01$	CORTADORA	20
2	PERFORAD	$\pm 0,01$	TALADRO	40
3	BAROLAR	$\pm 0,01$	BAROLADORA	30
4	DOBLADO	$\pm 0,01$	DOBLADORA	20
5	SOLDADURA	$\pm 1$	SUELDA	60

UPS	HOJA DE PROCESO: SALIDA		ELABORADO POR: Muñoz y Vallejo	
			FECHA: 15-01-2022	
ESCALA	MATERIAL		DIMENSIONES DEL MATERIAL	
1:1	AISI 316			
PROCESO	DESCRIPCION	TOLERANCIAS (mm)	HERRAMIENTA	TIEMPO (min)
1	CORTE	$\pm 0,01$	CORTADORA	20
4	DOBLADO	$\pm 0,01$	DOBLADORA	20
4	SOLDADURA	$\pm 1$	SUELDA	45

Anexo 7. Planos en carpeta adjunta.