



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA  
SEDE QUITO**

**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA PICADORA DE DESECHOS  
FLORÍCOLAS CON CAPACIDAD DE 100 KG/H PARA LA FINCA SAN FERNANDO  
COMUNIDAD SANTO DOMINGO N°1-CANTÓN CAYAMBE**

Trabajo de titulación previo a la obtención del  
Título de Ingenieros Mecánicos

**AUTORES: DARIO JAVIER PASQUEL TOAPANTA  
ROBERTH PATRICIO ULCUANGO CONLAGO**

**TUTOR: MILTON SALOMÓN JAMI LEMA**

Quito-Ecuador

2022

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

Nosotros, Dario Javier Pasquel Toapanta con documento de identificación N° 1726306499 y Roberth Patricio Ulcuango Conlago con documento de identificación N° 1750670992; 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, 13 de septiembre del 2022

Atentamente,



Dario Javier Pasquel Toapanta  
1726306499



Roberth Patricio Ulcuango Conlago  
1750670992

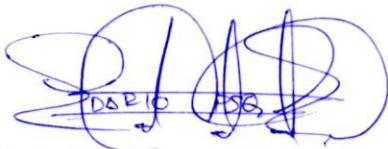
**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE  
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Nosotros, Dario Javier Pasquel Toapanta con documento de identificación N° 1726306499 y Roberth Patricio Ulcuango Conlago, y N° 1750670992, 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 los autores del Proyecto Técnico: “Diseño y construcción de una máquina picadora de desechos florícolas con capacidad de 100 kg/h para la finca San Fernando comunidad Santo Domingo N° 1-Cantón Cayambe”, 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, 13 de septiembre del 2022

Atentamente,



Dario Javier Pasquel Toapanta

1726306499



Roberth Patricio Ulcuango Conlago

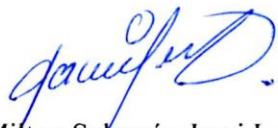
1750670992

## **CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Yo, Milton Salomón Jami Lema con documento de identidad N° 1707254171, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA PICADORA DE DESECHOS FLORÍCOLAS CON CAPACIDAD DE 100 KG/H PARA LA FINCA SAN FERNANDO COMUNIDAD SANTO DOMINGO N° 1-CANTÓN CAYAMBE, realizado por Dario Javier Pasquel Toapanta con documento de identificación N° 1726306499 y Roberth Patricio Ulcuango Conlago, y N° 1750670992, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto Técnico que cumple con todos los requisitos determinado por la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 13 de septiembre del 2022

Atentamente,



Ing. Milton Salomón Jami Lema, MSc

1707254171

## **DEDICATORIA**

A Dios por brindarme salud, vida y fuerza para alcanzar mis metas, a mis padres Rosa Elena y Cesar Augusto, gracias por transmitirme amor, respeto, humildad, además de guiarme para ser una mejor persona día a día, y a mis hermanos Tamara y Jhostin por darme tantos momentos de alegrías al compartir lindos instantes, siempre tratando de ser un ejemplo para ellos.

*Dario Javier Pasquel Toapanta*

## **DEDICATORIA**

Al llegar al final de una etapa en mi vida como no dedicar este proyecto a las personas que me dieron la vida, Patricio Ulcuango y Yolanda Conlago, gracias por darme la oportunidad de formarme académicamente a pesar de los problemas y dificultades supieron estar ahí en todo momento y gracias a ello logre estar donde estoy.

A mi hermano Armin Ulcuango, por darme apoyo y ánimos en todo momento de igual manera a mis tíos Hermes Conlago Y Ángel Conlago por toda la ayuda que me brindaron en todo mi transcurso de estudiante y por la oportunidad de hacer el proyecto en la empresa Britney Roses.

A la persona que me dio sus ánimos hasta sus últimos días, Luis Fernando Ulcuango agradecerle por sus consejos y el apoyo que me dio al momento de empezar mi vida universitaria y que siempre los llevo presente, y sé que él desde el cielo me cubre con su manto.

A todas las personas que creyeron en mí y me dieron su confianza y me vieron formarme tanto académicamente como personalmente y que sepan que siempre los llevare en el corazón.

Y finalmente dedicar a Dios, por la salud por la familia y las fuerzas de seguir adelante para poder culminar con la carrera universitaria.

*Roberth Patricio Ulcuango Conlago*

## **AGRADECIMIENTO**

Agradecemos a Dios por guiarnos en cada paso dado durante nuestras vidas.

Agradecemos a nuestras familias por el apoyo incondicional que nos han brindado en esta carrera y por el cariño que nos han brindado a lo largo de nuestras vidas.

Un especial agradecimiento a la Universidad Politécnica Salesiana, a la Carrera de Ingeniería Mecánica y a los grandes maestros que la conforman por la oportunidad de desarrollarnos profesionalmente y por el valioso conocimiento que han compartido con nosotros.

Al Ingeniero Milton Salomón Jami tutor del proyecto que con su experiencia y conocimientos se hizo posible, la realización del proyecto. A la Finca San Fernando que hizo posible, la construcción de la máquina picadora de desechos florícolas.

Agradecemos a nuestros amigos por el apoyo y fuerza que nos brindaron día a día.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

.....	3
DEDICATORIA.....	4
AGRADECIMIENTO.....	5
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	6
ÍNDICE DE TABLAS .....	11
ÍNDICE DE FIGURAS.....	12
RESUMEN.....	14
ABSTRACT .....	15
INTRODUCCIÓN .....	16
ANTECEDENTES.....	17
PROBLEMA .....	18
JUSTIFICACIÓN.....	19
OBJETIVOS.....	20
CAPÍTULO I.....	21
MARCO TEÓRICO .....	21
1.1 Floricultura en el ecuador.....	21
1.2 Características de las rosas en el ecuador.....	21
1.3 Proceso productor.....	21
1.4 Manejo de postcosecha.....	22
1.4.1 Desechos florícolas generados el proceso de producción .....	22
1.5 Máquinas picadoras.....	23
1.6 Aceros al carbono.....	24

1.6.1	Tipos de aceros al carbono .....	24
1.6.2	Propiedades y atributos del acero al carbono .....	25
1.7	Segmentos de acero en caliente y en frío .....	25
1.7.1	aceros conformados en frío.....	25
1.7.2	Segmentos de acero en caliente .....	26
1.8	ASTM A-36 (NTC 1920).....	27
1.9	Aceros aleados.....	27
1.9.1	Propósito de la aleación de acero .....	28
1.9.2	Herramientas que realizan su trabajo y no pierden dureza tras el calentamiento.....	28
1.9.3	Acero AISI 4340.....	28
1.9.4	Láminas de acero A36 .....	29
1.10	Cuchillas de corte .....	29
1.10.1	Multi-cut 150 .....	30
1.10.2	Cuchillas Viking.....	30
1.11	Motor estacionario.....	31
1.11.1	Motor estacionario a gasolina:.....	31
1.12	Bandas .....	32
1.12.1	Tipos de bandas .....	32
1.12.2	Bandas planas .....	32
1.13	Poleas .....	33
1.13.1	Polea simple.....	33
1.13.2	Polea simple fija .....	34
1.13.3	Polea simple móvil .....	34
1.13.4	Polea para bandas planas .....	35



CAPÍTULO II .....	36
2.1 Selección de alternativas. ....	37
2.1.1 Alternativa a analizar 1 .....	37
2.1.2 Alternativa a analizar 3.....	38
CAPITULO III .....	41
CÁLCULOS.....	41
3.1 El diseño de las cuchillas móviles.....	41
3.1.1 Momento.....	41
3.1.2 Zona de giro de la cuchilla móvil. ....	44
3.1.3 Fuerza centrífuga .....	48
3.1.4 Fuerza cortante .....	48
3.1.5 Factor de seguridad.....	49
3.1.6 Simulación de componentes finitos del borde afilado.....	50
3.1.7 Simulación Von Mises.....	51
3.1.8 Simulación de diagrama de desplazamiento.....	52
3.1.9 Simulación de diagrama de deformaciones .....	53
3.2 Diseño de tolva de entrada .....	54
3.2.1 Cálculos de diseño de la tolva principal de entrada.....	54
3.3 Selección de banda .....	55
3.3.1 El ángulo de contacto .....	56
3.4 Selección de motor .....	57
3.4.1 Torque de corte requerido.....	57
3.4.2 La potencia de corte para el eje .....	57
3.4.3 Velocidad de la banda tangencial .....	58

3.4.4	Tensión de banda .....	59
3.4.5	Potencia .....	59
3.4.6	Torque de la banda .....	60
3.5	Diseño del eje principal.....	60
3.5.1	Análisis de fatiga de ejes .....	65
3.5.2	Cálculo de numero de ciclos.....	69
3.6	Análisis de elemento finitos del eje principal .....	70
3.6.1	Esfuerzo de Von Mises.....	70
3.6.2	Diagrama de desplazamiento.....	71
3.6.3	Diagrama de deformaciones .....	71
CAPÍTULO IV .....		72
COSTOS.....		72
4.1.1	Costos directos.....	72
4.1.2	Coste del trabajo .....	73
4.1.3	Costo de construcción de zona de picado. ....	73
4.1.4	Costo total de la máquina .....	74
CONCLUSIONES .....		76
RECOMENDACIONES .....		77
REFERENCIAS .....		78
MANUAL DE INSTRUCCIONES Y SEGURIDAD .....		81
MANUAL DE MANTENIMIENTO .....		82
ANEXOS.....		83



## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Descripción de los desechos florícolas generados en el proceso de producción .....	22
<b>Tabla 2.</b> Composición Química, Propiedades mecánicas del material ASTM A36.....	27
<b>Tabla 3.</b> Propiedades mecánicas del Acero AISI 4340 .....	28
<b>Tabla 4.</b> Parámetros de selección de alternativas .....	39
<b>Tabla 5.</b> Costos de materiales.....	72
<b>Tabla 6.</b> Costos de mano de obra .....	73
<b>Tabla 7.</b> Costo de construcción de área de picado .....	73
<b>Tabla 8.</b> Costo de construcción por pieza.....	73
<b>Tabla 9.</b> Costos de transporte .....	74
<b>Tabla 10.</b> Costos indirectos .....	74
<b>Tabla 11.</b> Costo total máquina.....	75

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Acero conformado en frío .....	26
<b>Figura 2.</b> Acero conformado en caliente .....	27
<b>Figura 3.</b> Cuchilla tipo Multi-cut 150 . .....	30
<b>Figura 4.</b> Cuchillas Viking. ....	30
<b>Figura 5.</b> Motor a gasolina HONDA GP200H.....	31
<b>Figura 6.</b> Banda plana. ....	33
<b>Figura 7.</b> Polea simple fija. ....	34
<b>Figura 8.</b> Polea simple móvil. ....	35
<b>Figura 9.</b> Tipos de poleas para bandas. ....	35
<b>Figura 10.</b> Gráfica de alternativas con sus valores.....	39
<b>Figura 11.</b> Cuchilla y contra cuchilla. ....	41
<b>Figura 12.</b> Gráfica de cuerpo libre de bordes afilados. ....	51
<b>Figura 13.</b> Esfuerzo Von Mises a lo largo del filo de la cuchilla.....	51
<b>Figura 14.</b> Factor de seguridad de la cuchilla. ....	52
<b>Figura 15.</b> Desplazamiento a lo largo del filo de la cuchilla.....	53
<b>Figura 16.</b> Deformaciones unitarias de la cuchilla .....	53
<b>Figura 17.</b> Medidas de tolva principal.....	54
<b>Figura 18.</b> Gráfica de selección del perfil de correa. ....	56
<b>Figura 19.</b> Gráfico de la carga en el plano XZ.....	60
<b>Figura 20.</b> Gráfico de carga en el plano XZ.....	61
<b>Figura 21.</b> Gráfico de momento en el plano XZ. ....	61
<b>Figura 22.</b> Esquema de las cargas en el plano XY.....	62

<b>Figura 23.</b> Gráficos de potencia y momento en el plano XY.....	63
<b>Figura 24.</b> Distancia de centro de eje a porta cuchillas.....	64
<b>Figura 25.</b> Diagrama de torque causado por la polea.....	64
<b>Figura 26.</b> Factor de la condición a seleccionar de la superficial de Marín.....	66
<b>Figura 27.</b> Factor de tamaño.....	67
<b>Figura 28.</b> Efecto de temperatura la tensión del acero.....	68
<b>Figura 29.</b> Esfuerzo Von Mises ejercida sobre el eje principal.....	70
<b>Figura 30.</b> Simulacion de desplazamiento sobre el eje principal realizado por.....	71
<b>Figura 31.</b> Torcedura sobredimensionada sobre el eje.....	71

## RESUMEN

EL trabajo actual comprende la planificación y el desarrollo de una máquina picadora de desechos florícolas en la finca San Fernando comunidad Santo Domingo N°1- Cantón Cayambe, por lo que tiene como objetivo producir abono orgánico.

En la actualidad la floricultura en el cantón Cayambe crece ante la necesidad de satisfacer el mercado de Rosas a nivel nacional e internacional; el principal problema de las fincas florícolas es la producción de desechos como: tallos, hojas, y flores deshidratadas o maltratadas, que son residuos generados en los procesos de producción, postcosecha y empaquetado de las flores. Para satisfacer la necesidad se investigó las diferentes alternativas de máquinas picadoras de desechos agrícolas que se podrían efectuar, como primer paso se generó una matriz de selección, proveyendo la mejor opción de máquina como la utilización de 3 cuchillas K100, porta cuchillas, motor a gasolina, estructura, y bandas de transmisión, tolvas de entrada y salida.

Se da a conocer los diferentes cálculos realizados a las piezas con mayor desgaste al realizar su trabajo, los principales criterios estudiados son: fuerzas, momento flexor, momento de inercia y centrífugo, radio de giro, relación matemática general definida entre esfuerzo y deformación, selección de coeficiencia de seguridad, flexión y torsión, etc.

Se realiza la construcción de la máquina picadora para cumplir con una capacidad de 100 Kg/h con material seco. Para la fabricación de las cuchillas y el eje se realizó simulaciones en el software Solid Works teniendo en cuenta los análisis de los elementos finitos, los esfuerzos de Von Mises, diagrama de desplazamiento y diagramas de deformaciones para determinar sus valores máximos.

**Palabras claves:** floricultura, motor de combustión interna, agricultura, proceso de picado.

## ABSTRACT

The current work includes the planning and development of a machine to grind floricultural wastes in the San Fernando farm, Santo Domingo N°1 - Cayambe Canton, with the objective of producing organic fertilizer.

Currently, floriculture in the Cayambe canton is growing due to the need to satisfy the market of roses nationally and internationally; the main problem of flower farms is the production of waste such as stems, leaves, and dehydrated or damaged flowers, which are waste generated in the processes of production, post-harvest and packaging of flowers. In order to satisfy the need, the different alternatives of agricultural waste chopping machines that could be used were investigated. As a first step, a selection matrix was generated, providing the best machine option such as the use of 3 K100 blades, blade holder, gasoline engine, structure, and transmission belts, input and output hoppers.

The main criteria studied are: forces, bending moment, moment of inertia and centrifugal moment, turning radius, general mathematical relation defined between effort and deformation, selection of safety coefficient, bending and torsion, etc.

The construction of the grinding machine is carried out to meet a capacity of 100 Kg/h with dry material. For the manufacture of the blades and the shaft, simulations were carried out in Solid Works software, taking into account the finite element analysis, Von Mises stresses, displacement diagram and deformation diagrams to determine their maximum values.

**Keywords:** floriculture, internal combustion engine, agriculture, chopping process.



## INTRODUCCIÓN

La comunidad de Santo Domingo N°1 perteneciente al Cantón Cayambe es un lugar donde se realizan varias actividades agrícolas, ganaderas y florícolas, siendo una de sus principales actividades la exportación de flores a diferentes países. Contribuyendo así con un gran ingreso económico para el Cantón Cayambe y familias de la localidad, al existir varias fincas florícolas pequeñas se ha verificado que no poseen un correcto manejo de la materia orgánica producida y al realizar el correcto manejo y control de los desechos orgánicos se puede utilizar como abono para la fertilización de los suelos de la misma plantación.

Al presente la tarea de picado de desechos de postcosecha no se lo realiza, y se lo descarta o almacena para su descomposición natural en un sitio alejado de la finca; desperdiciando los beneficios de realizar un buen compostaje para poder producir su propio abono orgánico, y llegar a tener mayor producción de flores, con un suelo más saludable, liberando parcialmente de abonos químicos. Este trabajo lo desarrollarían los empleados por la tarde con la cantidad de desperdicios generados luego de la cosecha diaria. La fabricación de una maquina trituradora de desechos florícolas es exclusivamente para el uso central de la finca San Fernando.

Lo que requiere la florícola es picar los residuos de los tallos de la planta de flor con un promedio diario de  $100 \frac{kg}{h}$ . Con un motor de gas combustible de 2Hp.

Además, la simulación de la maquina diseñada se lo realizara en el software técnico especializado SolidWorks, analizando la teoria de Von Mises, deformación y desprendimiento de componentes principales en los cuales se ejercen mayor esfuerzo al momento del trabajo.

El presente proyecto técnico está orientado a hallar una solución eficiente para la plantación, la ejecución de cálculos estudiados a lo largo de nuestro paso por las aulas, usando los criterios de diseño de ejes y diseño estructural con el fin de respaldar en ensamble correcto de cada pieza de la máquina.

## ANTECEDENTES

En el sector agrícola del país, en específico los productores de flores, la importancia de mantener el suelo fértil durante toda la vida de germinación de la planta. Para lo cual deben contar con procesos o técnicas de producción de su propio abono, y contar con maquinaria especializada.

A lo largo de los años se han creado algunas soluciones no muy amigables con el ambiente y con el suelo; dejando así varias secuelas por el abuso progresivo de varios abonos químicos nocivos para el suelo. En el sector floricultor, uno de los perfeccionamientos es generar su propio abono orgánico de calidad, aprovechando todos los desperdicios generados por la plantación. Muchas empresas aprovechan mínimamente este recurso, la cual llegara a beneficiar a las personas de sus alrededores, vendiendo una parte de abono sobrante; o para sus propios terrenos, los cuales podrían generar pastos de mayor calidad utilizando abonos orgánicos.

Aguirre et al.[1] realiza un estudio que permite tener un profundo conocimiento del trabajo con los animales y sus ramas agropecuarias. A raíz de conocer las cuestiones actuales, a continuación, con el plan y el desarrollo de una máquina equipada para triturar plantas de maíz con un límite de 250 kg/h. El perfeccionamiento de este proyecto que utilizó investigaciones que nos permitieron ampliar la visión respecto al tema, por ejemplo, la organización del maíz, la potencia esperada, instrucciones, para cortar un tallo de maíz, cómo criar y enfocar realmente a los animales domésticos y cómo cuidarlos El aparato tiene la capacidad de triturar 288 kg/h con material fresco y 264 kg/h con material seco.

Nogales et al.[2] propone el plan y desarrollo de una máquina para picar hierba y caña de azúcar para nutrir a los novillos en la zona de El Porvenir, en el barrio de Gualea, con el objetivo de seguir desarrollando el proceso de creación de alimento para las vacas lecheras. La máquina se destinará a un límite de 500 kg/h. el trabajo consta de un motor de tres etapas, un volante de inercia o también llamado soporte de bordes afilados, las cuchillas de corte fijo y móvil fueron tratados térmicamente para ampliar la vida del frente de los bordes, la carcasa principal y los componentes de seguridad. Los cálculos verificaron que el motor eléctrico previsto para cortar la carrizo y hierba es de 3 hp a 1750 rpm.

## **PROBLEMA**

El incremento de desechos orgánicos en nuestro caso (desechos florícolas) en la finca San Fernando al ser una empresa en crecimiento no posee una máquina con la que ayude a tratar los desechos que se genera a diario.

Los desechos de las rosas no provocan impactos ambientales perjudiciales, pero al no ser triturados tarda demasiado tiempo en descomponerse generando así gases como metano, amoníaco que no son gases tóxicos, pero afectan en un pequeño porcentaje al entorno donde está ubicado la materia orgánica siendo así un malestar para la finca y las diferentes zonas al rededor.

Mucho más allá de provocar problemas ambientales, si los desechos orgánicos son tratados como tal son de mucho beneficio para el suelo donde se cultiva y mucho más beneficioso al producir con desechos vegetales compost para colocar como materia orgánica al suelo.

## JUSTIFICACIÓN

El plan y el desarrollo de la máquina serán beneficiarios la finca San Fernando, de igual manera se dedica a la exportación de las rosas busca la manera de utilizar los desechos florícolas como son los tallos, hojas como abono orgánico en los invernaderos de la Finca San Fernando para la producción de rosas.

la trituración de la materia orgánica florícola evitará gran parte de plagas y enfermedades agrícolas, de esa manera al ser fraccionadas la descomposición se realizará con mayor rapidez y podrá ser utilizada como abono orgánico (compostaje) tanto para el suelo donde se desarrollan las rosas y para diferentes usos agrícolas.

Finalmente, se realiza la máquina para el manejo correcto de los desechos orgánicos y se lo reutiliza para la fertilización del suelo sin necesidad de incorporar productos químicos que afectan al suelo a largo plazo.

## **OBJETIVOS**

### **GENERAL**

- Diseñar y construir una máquina picadora de desechos florícolas con capacidad de 100 kg/h para la finca San Fernando comunidad Santo Domingo N°1- Cantón Cayambe.

### **ESPECÍFICOS**

- Identificar las necesidades de la finca San Fernando y resolver el problema principal.
- Diseñar una maquina picadora de desechos florícolas producidas en la finca.
- Evaluar el diseño mediante simulación en los softwares respectivos.
- Validar resultados mediante pruebas de funcionamiento de la máquina.
- Analizar la viabilidad económica del proyecto.

# CAPÍTULO I

## MARCO TEÓRICO

### 1.1 Floricultura en el Ecuador

Las flores en Ecuador son un elemento agrario importante para la economía de la nación; siendo las rosas la prioridad en la exportación y producción de flores, seguidas por otros tipos. Las rosas es una representación de la naturaleza, que aborda el desarrollo de las riquezas, el uso del trabajo, la innovación y la consideración ecológica, centrada en lograr un resultado de agraciadas características para satisfacer las exigencias de los clientes nacionales e internacionales, produciendo posteriormente ingreso de divisas para el país. Las organizaciones florícolas comenzaron a enviar sus productos a sectores comerciales extranjeros, teniendo como reacción un enorme interés, de los financiadores para la realización de nuevas organizaciones florícolas[3].

### 1.2 Características de las rosas en el Ecuador

Las rosas producidas por el Ecuador están apreciadas por ser las más bellas del planeta por su grandiosidad y calidad alta que son poco comunes. La circunstancia geológica de la nación nos ha permitido tener microclimas, Además, un atractivo brillo que da características sorprendentes a las rosas, por ejemplo: tallos gruesos, erguidos y largos, de tamaño y forma fluctuantes, tonos muy claros y con una fuerza más notable. En Ecuador se cultivan diversas flores, por ejemplo, rosas, con al menos 300 variedades de colores, lo que convierte al Ecuador con el mayor número de hectáreas donde se cultiva y producen rosas[3].

### 1.3 Proceso productor

El proceso de generación de la flor se refiere a un grupo de ejercicios realizados en un rancho de florecimiento, sin importar el tipo de planta y su sistema de desarrollo utilizado en cada una de los predios comprometidos con estas actividades[3].

- **El ciclo de creación incluye 4 fases:**

Proliferación de plantas madre: esta fase de la región de desarrollo, en la que las plantas se cubren para la producción específica de patrones.

- Transmisión de los bancos de enrizamiento: Se planifica para lograr su establecimiento, cuando se obtienen los brotes, se debe trasladar a un ambiente limpio para que las raíces puedan enraizar.
- Fabricación: La región de producción está dividida en algunos ciclos, por ejemplo: gestación y sanitización de la tierra, plantación, labores formativas, riego y abonado, prevención de males, trabajo de restauración de la siembra, recolección, entre otros.
- Post-recolección: La post-recolección incorpora las técnicas de escogimiento, categorización, riego de agua, tratamiento de limpieza, empaque, traslado a espacios frescos para la subsistencia y carga de las flores.

Obtención de las flores: El desarrollo de la flor debe ser posible directamente en el exterior o bajo vivero, cuando las matas se siembran bajo invernadero mejoran las condiciones para su floración, a causa de la iluminación, el nivel de CO<sub>2</sub> y la seguridad de estar bajo cubierta[3].

#### **1.4 Manejo de postcosecha**

Se requiere un cuidadoso manejo en postcosecha, tómesese en cuenta los siguiente:

- El lugar debe ser el adecuado, organizado y garantizar el drenaje de los líquidos de toda el área de postcosecha.
- Proporcionar al personal un atuendo único como: mandil, guantes, tapa bocas, gorros, botas de caucho y diferentes materiales que normalicen su utilización.
- Debe haber espacio suficiente para la revisión con buena iluminación, mesa de examen, con una superficie blanca, para una rápida limpieza.
- Cada pieza o caja que contenga el producto (Rosas) preparadas para la exportación debe poseer un código de inscripción de eficacia, con un protocolo con la información de la caja.

Los lugares de acopio, manipulación y cámaras frigoríficas requieren de áreas con mucha claridad, método de agua en las zonas estratégicas, aire, orden y manutención constante de los equipos[3].

##### **1.4.1 Desechos florícolas generados el proceso de producción**

**Tabla 1.** Descripción de los desechos florícolas generados en el proceso de producción[4].

Actividad	Descripción de la actividad	Desechos generados
Etapa vegetativa	Esta actividad consiste en el correcto manejo de la formación y crecimiento de la planta donde se realiza: poda, pinche y manejo del desarrollo del brote.	Material vegetal: hojas, tallos, pétalos.
Etapa productiva	Aquí permite controlar y manipular los procesos de desarrollo de los tallos en la etapa de crecimiento donde se realiza: Desyeme y descabece.	Material vegetal: hojas, tallos, pétalos
Desarrollo del cultivo	En esta actividad permite guiar el crecimiento de la planta, realizando limpieza de la maleza en el cultivo, removiendo el suelo de las camas, eliminando hojas secas de la planta para que no exista enfermedades ni plagas.	Material vegetal: maleza como hiervas, hojas secas.
Cosecha	El objetivo es cortar y recolectar los tallos que están en punto de corte. Cuando se los corta se deben hidratar en tinas limpias y con la solución de hidratación correcta.	Material vegetal: tallos, hojas, flores.
Postcosecha	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Recepción de la flor:</b> recepta los tallos se verifica que no estén maltratadas por cualquier tipo de manipulación.</li> <li>• <b>Hidratación:</b> se colocan las flores en tinas con soluciones químicas para su hidratación y permita una larga vida en un florero.</li> <li>• <b>Deshoje:</b> se quita o se desprende el follaje innecesario o por alguna enfermedad de la flor.</li> <li>• <b>Clasificación y armado de los ramos:</b> seleccionar los tallos de acuerdo con estándares de calidad, porte, tamaño de botón, longitud y diámetro del tallo y punto de corte.</li> </ul>	Material vegetal: Hojas, tallos, flores maltratadas, flores con enfermedades.

Como se describe en la tabla 1 en lo que interesa es la postcosecha por lo que posee diferentes estaciones de proceso, y los tiempos de trabajo deben ser los adecuados, para que no se genere cuello de botella.

### 1.5 Máquinas picadoras

Existen varios tipos de máquinas de picar, que contrastan en algunas de sus partes constituyentes. Para conseguir una máquina que satisfaga nuestras necesidades y objetivos propuestos, debemos pensar en las distintas opciones y elegir las más razonables.

Cada máquina agrícola se compone de los cuatro componentes fundamentales:



- El armazón. - Sobre él se montan todos los mecanismos del aparato.
- Componentes de interconexión. - Se utilizan para interconectar los componentes entre sí y con el armazón.
- Instrumentos de transmisión. - Por medio de estos se transmite la energía y la potencia de un lado a otro de la máquina.
- Instrumentos de trabajo. - Son los elementos que ejecutan el trabajo para que la máquina está diseñada.

El armazón, los componentes asociados y los instrumentos de transmisión se desarrollan con materiales normalizados. Los componentes de trabajo tienen su propio diseño y fabricación. El componente de trabajo es esencial para la actividad de la máquina. Con frecuencia, el nombre de la máquina se obtiene del componente de trabajo y del nombre del cultivo[5].

## 1.6 Aceros al carbono

Los aceros al carbono son conocidos por su utilidad en el ensamblaje de componentes de máquinas, y contienen básicamente hierro con pequeños aumentos de carbono, fósforo, manganeso, azufre y silicio. La cantidad de carbono presente afecta enormemente a las propiedades mecánicas del metal. Los preparados de carbono son aquellos en los que el carbono es el componente de aleación que controla básicamente las propiedades de aleaciones, donde la suma de manganeso no debe superar el 1,65% y los elementos de cobre y silicio deben estar cada uno por debajo del 0,60%. Los aceros al carbono logran dividirse en los que contienen entre el 0,08% y el 0,35% de carbono, los que contienen entre el 0,35% y el 0,50% de carbono y más del 0,50% de carbono [6].

### 1.6.1 Tipos de aceros al carbono

- **Acero de bajo carbono:** en el rango de 0,08 y 0,25 % de carbono. Son delicados pero flexibles (capacidad de ser moldeada en hilos y cuerdas sin romperse), totalmente dúctiles (deformable, cortable, mecanizable, soldable). Se solidifican simplemente por carbonización, los aceros, por ejemplo, acero AISI 1020, acero AISI 1018 y acero ASTM A-36, son grados normales de aceros con baja aleación de carbono. Se utilizan en la

industria automotriz, fabricación de tuberías, componentes primarios de estructuras y puentes, postes de soporte, armaduras de barcos, etc.[7].

- **Acero de medio carbono:** entre el 0,25 y el 0,60 por ciento en peso de carbono. Para trabajar sus propiedades, se someten a un tratamiento térmico. Son más duros que los aceros con inferior contenido de carbono, pero carencia de flexibilidad. Se utilizan también en la producción de piezas que requieren una gran resistencia mecánica y al desgaste. Los aceros, por ejemplo, acero AISI 1045 o el acero AISI 4140 son de grado normales de aceros al carbono medio [7].
- **Acero de alto carbono:** entre el 0,60 y el 1,40 por ciento en peso de carbono. Son más resistentes que los aceros a medio carbono, pero son más flexibles (moldeados en forma de alambre y hilos sin romperse). A los carburos se les añaden diferentes componentes (como el tungsteno) para agrandar la dureza. Se utilizan fundamentalmente para la fabricación de equipos[7].

### **1.6.2 Propiedades y atributos del acero al carbono**

Con el aumento de carbono en los aceros, se logran obtener varias propiedades mecánicas, por ejemplo, una mayor dureza y alta resistencia; asimismo, disminuyen la flexibilidad, la soldabilidad del metal y el alargamiento del material.

## **1.7 Segmentos de acero en caliente y en frío**

### **1.7.1 aceros conformados en frío.**

El acero cuando se lo trata por conformado en frío es liviano y cómodo de manipular; no se corroe, no se quiebra, no se deforma como se muestra en la figura 1. Los aceros galvanizados son muy

ligeros que los bloques y hormigón, por lo que se pueden reducir las cimentaciones y se concede una extraordinaria oportunidad de planificación a los diseños. La resistencia de estos diseños los hace impermeables, y tenaces a los terremotos y tormentas. Este material tiene una dureza tan

ilimitada que hay registros desde 1899 de estructuras de acero. Este acero está protegido frente a el debilitamiento y el fuego. El acero adquiere con un alto módulo de flexibilidad.[9].



**Figura 1.** Acero conformado en frio [10].

Una gran parte de los perfiles moldeados en C y en Z son componentes de carga colocados en el rango de 60 a 62 cm. Los moldeados en U se utilizan en la mayor parte en la fabricación de juntas rígidas y cerramientos, para los soportes utilizan piezas sujetadas para dar firmeza a la construcción.[10].

### **1.7.2 Segmentos de acero en caliente**

El acero laminado en caliente, como se muestra en la figura 2, tiene una pieza superficial, que no es conforme del acero, conocido también como óxido de laminación. Se trata de un óxido común, que protege de la oxidación rápida. Para el montaje de los perfiles, se utiliza lubricantes para piezas que componen los perfiles de acero laminados. Los anticorrosivos más reconocidos son pinturas que previenen el desarrollo del óxido de acero o de hierro, el tiempo de protección de los anticorrosivos fluctúa según la cantidad y calidad de estos. Una cosa que influye en los anticorrosivos son los rayos ultravioletas[10].



**Figura 1.** Acero conformado en caliente [10].

### 1.8 ASTM A-36 (NTC 1920)

Es un acero utilizado en el desarrollo de diseños metálicos, puentes, torres de energía y estructuras ensambladas o soldadas. También se utiliza en cerrajería y señalización.

**Tabla 2.** Composición Química, Propiedades mecánicas del material ASTM A36[11].

ASTM	Composición Química [%]					Propiedades mecánicas $\left[ \frac{kg}{mm^2} \right]$	
	C	Mn	P	S	Si	Limite elástico	Resistencia tracción
A-36	Min.	-	80	-	-	15	41
	Max.	26	120	5	4	40	56

Debido a su alta soldabilidad, este acero se puede conseguir junto con un terminal cubierto de acero al carbono, como se mira en la tabla 2 el alto % de carbono que es del 26% [11].

### 1.9 Aceros aleados

Son aquellos que contienen elementos esenciales del acero: carbono, fósforo, manganeso, silicio y azufre, estructuran aleaciones con diferentes componentes como el cromo, el níquel, el molibdeno, etc. para generar diferentes cualidades y características cruciales, especialmente la tenacidad mecánica y la dureza.[12].

### 1.9.1 Propósito de la aleación de acero

Ampliar la resistencia del acero según las características definidas para su aplicación. Con la utilización de aceros aleados es posible lograr:

- Piezas gruesas con alta resistencia interior.
- Alta dureza
- Mantener una alta resistencia a altas temperaturas
- Aceros inoxidables
- Aceros que resisten la corrosión[12]

### 1.9.2 Herramientas que realizan su trabajo y no pierden dureza tras el calentamiento

Esto demuestra que el impacto aplicado por los aceros aleados es excepcionalmente variado, lo que permite adquirir cualidades específicas que no se puede conseguir con el carbón estándar[12].

### 1.9.3 Acero AISI 4340

Acero que contiene un alto contenido en: cromo, níquel, molibdeno con alta resistencia, ductilidad, torsión y flexión. Soporta el sobrecalentamiento al forjarlo y resistente a la fragilidad del revenido[13].

#### - Aplicaciones:

Piezas de máquinas que se encuentran sometidas a trabajos exigentes, brazos hidráulicos, cigüeñales, árboles de levas, barras de suspensión, piñones, ruedas dentadas, ejes de cardán, ejes de avión, muñones, pernos de alta tensión, rodillos de transporte, etc.[13].

**Tabla 3.** Propiedades mecánicas del Acero AISI 4340[13].

<b>Diámetro (mm)</b>	<b>La resistencia Mecánica [Mpa]</b>	<b>El punto de Fluencia [Mpa]</b>	<b>La elongación % Min.</b>	<b>Dureza Rockwell B</b>
16 – 40	1100 - 1300	900	10	240 - 380

Al momento de seleccionar materiales que soporten las diferentes fuerzas que pueden llegar a tener al trabajar, observamos que en la tabla 3, sugiere para los diámetros y para sus diferentes usos, así se obtuvo sus propiedades mecánicas y su dureza[4]

#### **1.9.4 Láminas de acero A36**

El material A-36 es el resultado del avance técnico, se fabrica con un límite elástico base de 36.000PSI. Este acero A-36 se sugiere generalmente para la planificación y construcción de diseños estructurales más ligeros.

El acero A-36 se crea según su determinación ASTM A36. Obteniendo perfiles de acero al carbono, planchas y barras excelente para clavado, tornillería, desarrollo de soldadura, estructuras y diseños de diversos fines.

Acero subyacente A36, o acero al carbono fundamental, se aplica no hace mucho tiempo, se aplica en el desarrollo de edificios y extensiones metálicas[14].

##### **- Aplicaciones:**

Las utilidades normales del acero A-36 están en desarrollar construcciones, y se proyecta en perfiles y chapas, utilizados en proyectos de oficinas modernas; cables para pasos elevados de ingeniería, acoplado a hormigón y materiales varios; postes y redes electrosoldada; chapas utilizadas para techos y cimentaciones[14].

#### **1.10 Cuchillas de corte**

Tipos de filos utilizados en las máquinas picadoras.

### 1.10.1 Multi-cut 150

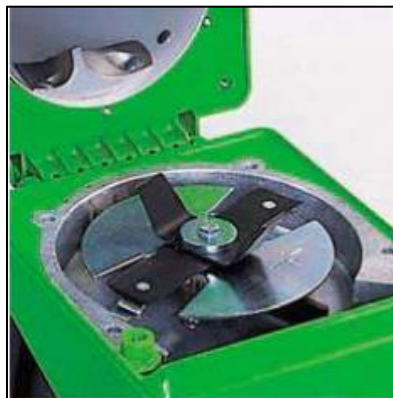
Innovación en el corte protegido: arandelas de borde afilado insonorizadas y desarrolladas para hojas con borde reversible. multi-corte de 150 consta de material de hasta 35 mm de ancho como se mira en la figura 3 [15].



**Figura 2.** Cuchilla tipo Multi-cut 150 [15].

### 1.10.2 Cuchillas Viking

Este modelo de cuchilla como se visualiza en la figura 4, es prodigioso para uso en jardinería, en el que se crea materiales con más dureza para triturar: plantas, leños, arbustos de flores, matas espinosas o malezas de grosor medio[15].



**Figura 3.** Cuchillas Viking [15].

## 1.11 Motor estacionario

Es un motor cuya utilidad excluye el tener que trasladarse, por lo que se utiliza regularmente para generar movimiento a maquinas fijas, por ejemplo, motobombas o una planta de energía. Su tamaño es más pequeño, con el objetivo de ser versátil en cuanto a su cuidado y su capacidad de trabajo con diversas máquinas; según el tamaño y la potencia, que cambian, según las exigencias del proceso a realizar dando transmisión de movimiento a otros segmentos de la máquina.[16].

### 1.11.1 Motor estacionario a gasolina:

La figura 5 presenta un tipo de motor a combustión interna que obtiene la energía mecánica a través del proceso de la energía química de la combustión del combustible (gasolina). Un fogonazo hace detonar el combustible, que extiende el gas en la cámara y hace que el cilindro se mueva. Posteriormente, el otro nombre que reciben estos motores es el de motores de explosión. Los motores de gas pueden ser de dos o cuatro tiempos. En los motores de dos tiempos, el cilindro coordina el cambio de los gases y el ciclo genera, 1 vuelta de su cigüeñal; nada que ver con los motores de cuatro tiempos, en los que el proceso de cambio de gases se coordina mediante válvulas y el ciclo se relaciona con 2 vueltas del cigüeñal, donde cada ciclo se compone de 4 etapas: Admisión, compresión, explosión y salida de gases[16].



Figura 4. Motor a gasolina HONDA GP200H [16].



## **1.12 Bandas**

Los componentes adaptables de las máquinas, como las correas, los eslabones y cadenas son utilizadas para transmitir energía a longitudes considerables.

Cuando se utilizan los componentes, sustituyen en gran medida a los engranajes, ejes y sus chumaceras de transmisión. Lo que perfecciona una máquina mecánica, y de esta manera disminuyen gastos. Asimismo, son flexibles con longitudes considerables, por lo que asumen un papel considerable en la permeabilidad y disminución de cargas de choque y la amortiguación de los impactos de las potencias vibratorias.

Aunque este beneficio es significativo, en su vida motriz, se tiene en cuenta para la fabricación del aparato, se discute la elección de estos métodos para la transmisión de energía.[17].

### **1.12.1 Tipos de bandas**

Los tipos de correas se reconocen por su forma de sección transversal que las caracteriza como la, forma, material y por el acople de montaje, sin embargo, el elemento principal que decide la fabricación de las poleas y de toda la transmisión es el estado del segmento transversal de las correas. Dependiendo de la representación de su sección los tipos de correas de traspaso conocidas son:

- Bandas Planas.
- Correa extraordinaria o en V.
- Correa redonda.
- Correa conectada.
- Correa dentada.
- Correa acanaladas o en poli V.

### **1.12.2 Bandas planas**

Las transmisiones por correa ofrecen adaptabilidad, asimilación de las vibraciones, transmisión eficaz de la potencia a altas velocidades, protección en ambientes abrasivos del mismo modo ahorro. Pueden trabajar en poleas algo pequeñas y pueden unirse o asociarse para la actividad interminable que se muestra en la figura 6.

Las correas de transmisión se clasifican en 3 clases:

1. **Convencionales:** las bandas planas son comunes sin dientes sin ranura o cincelado.
2. **Ranuradas:** sus bandas planas esencialmente son modificadas para una facilidad de transferencia de movimiento como puede ser la banda tipo V.
3. **Accionamiento positivo:** Correas de nivel modificadas para acabar con la fuerza de fricción al transmitir potencia.

Las correas son en su mayoría de dos tipos: correas reforzadas, que utilizan una parte de presión para la fuerza, y correas no reforzadas, que dependen de la rigidez de su material fundamental[17].



**Figura 5.** Banda plana [17].

### 1.13 Poleas

También llamada garrucha, carrillo, trocla, trotadora o polea, es una pieza sencilla utilizada para transferir una potencia. Es una rueda, normalmente fuerte y con muescas en su borde, que se conecta con las bandas o correas que pasa por el canal, se utiliza como componente de transmisión para dirigir el desarrollo en máquinas y sistemas. Que, al cuadrar con los engranajes o los conjuntos de grúas, disminuye eficazmente el tamaño de la potencia esperada para mover un peso.[17].

#### 1.13.1 Polea simple

Se utiliza para levantar cargas no muy considerables y está compuesta por una rueda o polea por la que pasa una banda. Se utiliza para calibrar el curso de la potencia haciendo más ligero el

levantamiento del peso de la carga, ya que se ayuda de un peso de un cuerpo para realizar la fuerza de levantamiento, la potencia obtenida debe ser la misma al peso a la que se va a levantar[18].

Hay dos tipos de poleas directas que son:

### 1.13.2 Polea simple fija

El método menos difícil para utilizar una polea es equilibrar una carga hacia un lado de la soga y jalar de un lado opuesto para levantar la carga opuesta.

La polea fija básica como la que se encuentra en la figura 7 no crea un beneficio mecánico: la potencia que se aplica es equivalente a la que se debe esperar para alzar el cuerpo sin la polea. En cambio, la polea, permite que la potencia se aplique en una dirección que sea más útil.[17].

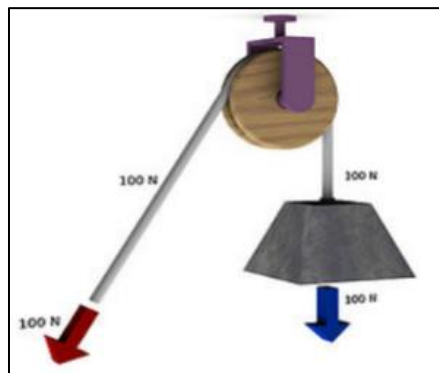
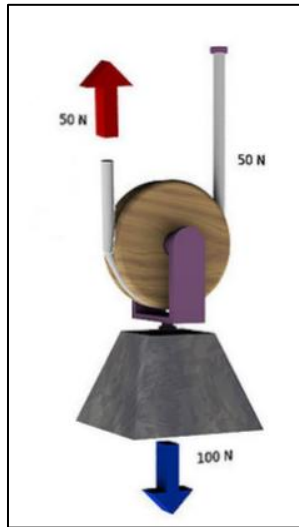


Figura 6. Polea simple fija [17].

### 1.13.3 Polea simple móvil

Un método efectivo para utilizar la polea es adjuntarla al peso, Apoye un lado de la soga o cuerda en la ayuda y jale del otro lado para alzar el montón o cuerpos cómo se mira en la Figura 8.

La polea crea un beneficio mecánico: la potencia esperada para alzar una carga es simplemente una parte de la fuerza de potencia que se debería a ver esperado para alzar el peso de la carga sin la ayuda de la polea. Además, el largo de la cuerda que hay que tirar debe ser el doble de la distancia que hay que levantar la carga deseada[17].




**Figura 7.** Polea simple móvil [17].

#### 1.13.4 Polea para bandas planas

Utilizan varias formas de poleas que conectan las correas de transmisión planas, acanaladas y positivas. Suelen ser de metal macizo, pero al mismo tiempo son viables en acero y en diversas aleaciones. Sus masas pueden ser fuertes, estriados o divididos y además con diferentes cambios de la polea principal.

Las poleas de transmisión positiva o poleas dentadas son accesibles en un amplio surtido de tamaños y anchuras como se mira en la figura 9 [17].

<i>Para cuerdas</i>	<i>Para correas</i>		
			
<i>Semicircular</i>	<i>Trapezoidal</i>	<i>Plana</i>	<i>Estriada</i>

**Figura 8.** Tipos de poleas para bandas [17].

## CAPÍTULO II

### LÍMITES PARA LA ELECCIÓN DE OPCIONES

#### **Precio**

El gasto del diseño y ensamble de un aparato es un límite significativo que debe ser considerado dentro de un plan de gastos moderado, sin descartar la naturaleza de los materia prima y componentes que la conforman [2].

#### **Manutención**

el aparato debe trabajar acorde con sus cambios de fluidos y partes, sin que los costos sean elevados [2].

#### **Ensambladura**

El ensamble debe ser lo más rápido posible, sin dificultades al momento de conectar las partes de la maquinaria [2].

#### **Materiales directos**

Los materiales a utilizar deben estar de acuerdo con las cualidades del clima donde se trabajará y a la vez no deben ser difíciles de conseguir en el mercado local[2].

#### **Manejo de la máquina**

Máquina con fácil manejo y comprensible para el uso del operario [2].

#### **Construcción**

Las diferentes normas de desarrollo nos dan la opción a la hora de elegir opciones para continuar con la construcción[2].

#### **Seguridad**

parámetros que deben prevalecer en el procedimiento de uso de la máquina[2].

## **2.1 Selección de alternativas.**

### **2.1.1 Alternativa a analizar 1**

#### **Sus partes**

- Un motor eléctrico 3hp
- Eje impulsor.
- acero A-36.
- navajas K100
- 1 cuchilla fija K100.
- Porta cuchillas acero C40.
- Poleas y bandas de transmisión.

#### **Sus ventajas**

- Los bordes afilados(cuchillas) posee gran aguante al desgaste.
- Cómodo mantenimiento.
- Cómodo desmontaje.
- Inferior coste de mantenimiento y ensamblaje.
- Fácil transporte.
- Inofensivo para el ecosistema.

#### **Sus desventajas**

Requiere un voltaje de 220 V, por lo que en ciertas zonas este límite eléctrico no es accesible.

### **Alternativa a analizar 2**

#### **Sus partes**

- Un motor a diésel 3hp.
- Eje motriz.
- Plancha A-36.
- navajas movedizas K100.
- Piñón – cadena.

### **Sus ventajas**

- No requiere energía eléctrica.
- Los bordes de corte tienen una excelente resistencia al desgaste.
- Crea una gran fuerza en el giro del motor.
- Combustible económico.

### **Sus desventajas**

- Ruido.
- Neumáticos de caucho.
- Mayores costes de mantenimiento y desarrollo.
- Difícil de desmontar.
- El motor Diesel no es amigable para el ecosistema.
- Ausencia de información para el personal de la máquina.

## **2.1.2 Alternativa a analizar 3**

### **Sus partes**

- Un motor a gasolina 2hp.
- Neumáticos de caucho.
- acero A-36.
- 3 cuchilla fija K100.
- Polea – Banda.

### **Sus ventajas**

- Los bordes tienen un gran aguante al desgaste.
- Proporciona una gran fuerza en el giro al eje.
- Neumáticos que absorben las vibraciones.

### **Sus desventajas**

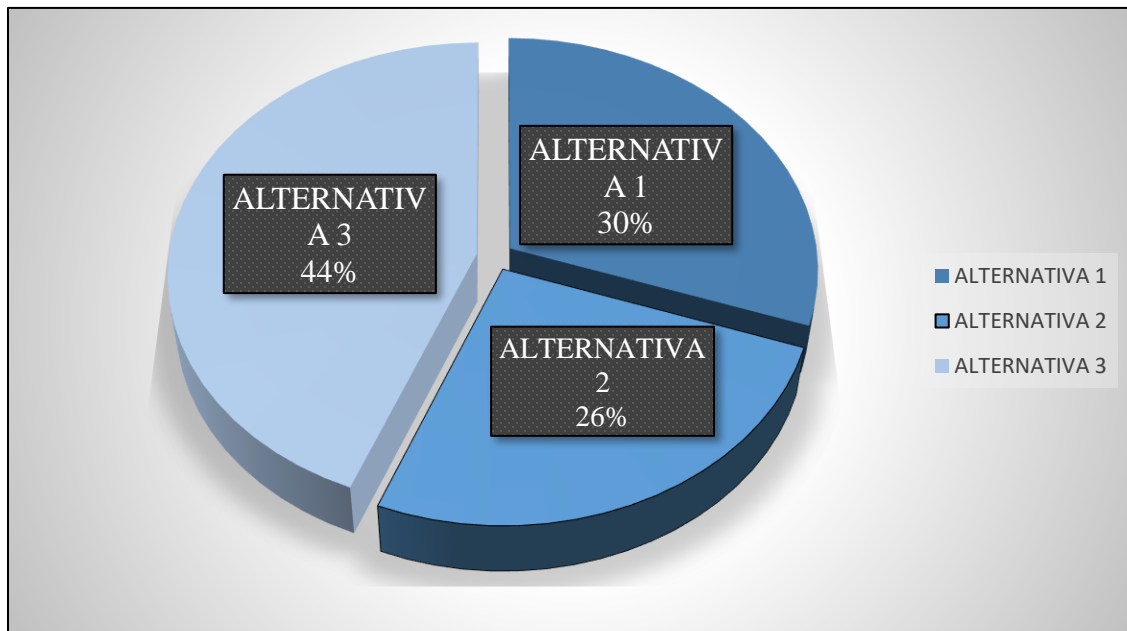
- El motor de gas no contamina considerablemente.
- Difícil de mover la máquina por los materiales.

Los límites se evaluarán del 1 al 5, siendo el 1 una calificación inadmisibles o extremadamente desafortunada y el 5 una calificación ideal.

**Tabla 4.** Parámetros de selección de alternativas[4].

Parámetros para evaluar	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Costo	3	3	4
Mantenimiento	2	2	4
Montaje	3	3	4
Materiales	4	2	5
Manejo	3	3	4
Construcción	2	1	4
Seguridad	3	3	4
<b>TOTAL</b>	<b>20</b>	<b>17</b>	<b>29</b>

A través de la elección de opciones, se resolvió que la opción más idónea para su desarrollo es la optativa 3, ya que adquirió la puntuación más elevada en los cinco límites significativos para su desarrollo particular, como se muestra en la Tabla 4.



**Figura 9.** Gráfica de alternativas con sus valores [4].

En la figura 10 se observa que la alternativa 3 con las partes a considerar son:

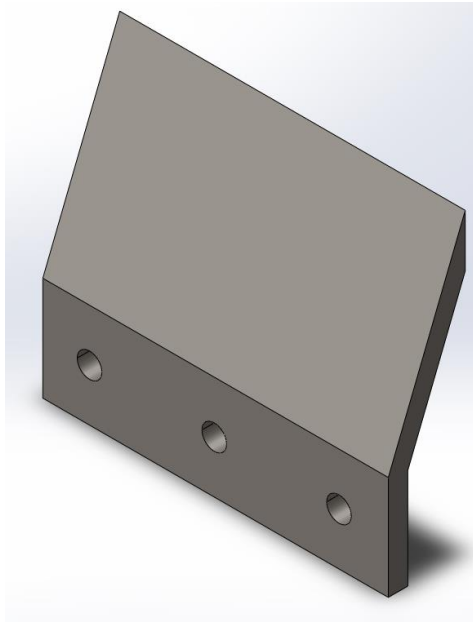


- Un motor a nafta 2hp.
- Neumáticos de caucho.
- acero A-36.
- 3 navaja fija K100.
- Polea – Banda.

## CAPITULO III

### CÁLCULOS

En el capítulo 3 se realizará los respectivos cálculos como son: velocidad angular, energía de ruptura, velocidad tangencial, radio de giro, masa, fuerza centrífuga, fuerza cortante, esfuerzo de fluencia y factor de seguridad que se mostraran al final con una tabla de resultados para el diseño y fabricación de las diferentes parte y componentes de la máquina, después de a ver terminado los cálculos se procederá a la fabricación de los respectivos elementos de máquina para luego realizar el montaje.



**Figura 10.** Cuchilla y contra cuchilla [4].

### 3.1 El diseño de las cuchillas móviles

#### 3.1.1 Momento

La cuchilla móvil genera su velocidad angular [W], centro de giro [O]. Al momento de ingresar los tallos de rosa impacta directamente con las cuchillas móviles, generan un momento [M].

$$M = F_c \cdot L [N \cdot mm] \quad (1)$$

Donde:

$M =$  momento  $[N \cdot mm]$

$F_c =$  la fuerza de cisura  $[MPa]$

$L =$  la longitud de la navaja  $[mm]$ .

**Momento de inercia presenta en[2]:**

$$M = I \cdot \alpha [N \cdot mm] \quad (2)$$

Donde:

$M =$  momento  $[N \cdot mm]$

$I =$  la inercia del mazo  $[kg \cdot mm]$

$\alpha =$  su aceleración angular  $\left[\frac{rad}{s^2}\right]$

**Inercia de un elemento rectangular es[2]:**

$$I = \frac{1}{3} \cdot m \cdot L^2 [kg \cdot mm] \quad (3)$$

Donde:

$m =$  la masa de la navaja  $[kg]$

$L =$  distancia de la navaja  $[mm]$

$I =$  la inercia del martillo  $[kg \cdot mm]$

$\alpha =$  su aceleración angular  $\left[\frac{rad}{s^2}\right]$

igualación de ecuaciones, despeje de la  $m$  (masa de la cuchilla):

$$Ec. (1) = Ec. (2)$$

$$F_c \cdot L = I \cdot \alpha$$

$$I = \frac{F_c \cdot L}{\alpha}$$

$$\frac{F_c \cdot L}{\alpha} = \frac{1}{3} \cdot m \cdot L^2$$

$$m = \frac{F_c \cdot 3}{\alpha \cdot L} [kg] \quad (4)$$

A través de una proporción entre el número de revoluciones frente a la cantidad de cuchillas, en el rotor de corte. Los bordes cortantes se organizarán en la rueda de dirección para cortar cada centímetro así por borde. Como nuestro volante es un rotor de soplado, hemos optado por poner 3 cuchillas cortantes y 3 aspas de soplado, cada arista estará a 120° (2,0944 rad).

Cuanto más modestas sean las piezas del tallo, más se acelerará el tiempo de desintegración para hacer el abono. A continuación, cortaremos los tallos en trozos de 0,5 cm.

El volante debe pasar por el segmento a' b' en el mismo tiempo que el tallo de la rosa pasa el canal de salida de picadillo, para ello consideramos que los tiempos son iguales, tenemos la ecuación adjunta[5].

Velocidad angular obtenida en [5] :

$$\frac{\theta}{\omega} = \frac{e}{v} \quad (5)$$

*Donde:*

$$\theta = 1 \text{ rev} / 3 \text{ cuchillas } 2\pi/3 = 2.0944$$

$$\omega = \text{velocidad angular } \left[ \frac{rad}{s} \right]$$

$$e = 10 [mm]$$

$$v = 425 \left[ \frac{mm}{s} \right]$$

$$\frac{2.0944}{\omega} = \frac{5 [mm]}{425 \left[ \frac{mm}{s} \right]}$$

$$W = 178.024 \left[ \frac{rad}{s} \right]$$

$$\alpha = \frac{W^2}{2(2\pi)} \left[ \frac{rad}{s^2} \right] \quad (6)$$

$$\alpha = \frac{(178.02)^2}{2(2\pi)}$$

$$\alpha = 2521.89 \left[ \frac{rad}{s^2} \right]$$

### 3.1.2 Zona de giro de la cuchilla móvil.

Para romper un tallo de rosa la energía necesaria se consiguió, aplicando la ley de Charpy, la masa de la cuchilla  $m_{objeto} = 0,826[kg]$ , la altura a pensar para el corte de los talluelos de las Rosas  $h = 190[mm]$ .

$$E_{roptura} = m_{objeto} \cdot g \cdot h [J] \quad (7)$$

Donde:

$E_{roptura} = \text{Energía necesaria para romper un tallo de rosa}[J]$

$m_{objeto} = \text{masa de la cuchilla}[kg]$

$g = \text{gravedad} \left[ \frac{mm}{s^2} \right]$

$h = \text{altura de los tallos} [mm]$ .

$$E_{roptura} = 0.842 [kg] \cdot 9.800 \left[ \frac{mm}{s^2} \right] \cdot 120 [mm]$$

$$E_{roptura} = 0.9912 \left[ \frac{kg \cdot mm^2}{s^2} \right]$$

$$E_{roptura} = 0.9912 [J]$$

La cuchilla gira generando impacto con los tallos de las flores (desechos florícolas), provocando energía cinética donde[2]:

$$E_{cinetica} = \frac{1}{2} \cdot m_{tallo} \cdot V^2 [J] \quad (8)$$

Donde:

$E_{cinetica}$  = Energía cinética [J].

$m_{tallo}$  = Masa del tallo de rosa [kg].

$V^2$  = velocidad tangencial  $\left[\frac{m}{s}\right]$ .

Se realizo una toma de peso de cada tallo de flor, dando 0.30 gramos .

$$Ec. (7) = Ec. (8)$$

$$m_{objeto} \cdot g \cdot h = \frac{1}{2} \cdot m_{tallo} \cdot V^2$$

$$V = \sqrt{\frac{2 \cdot m_{objeto} \cdot g \cdot h}{m_{tallo}}}$$

$$V = \sqrt{\frac{2 \cdot 0.848 [kg] \cdot 9.800 \left[\frac{mm}{s^2}\right] \cdot 290 [mm]}{0.0005 [kg]}}$$

$$V = 62.96 \left[\frac{m}{s}\right]$$

Su velocidad tangencial está dada por[2] :

$$V = W \cdot R \left[\frac{m}{s}\right] \quad (9)$$

Donde:

$V$ =velocidad tangencial  $\left[\frac{m}{s}\right]$ .

$W$  = velocidad angular  $\left[\frac{rad}{s}\right]$ .

$R = \text{radio}[mm]$ .

$$R = \frac{V}{W}$$
$$R = \frac{62.96 \left[ \frac{m}{s} \right]}{178.024 \left[ \frac{rad}{s} \right]}$$
$$R = 353[mm]$$

El radio recomendado según los cálculos comprende desde el centro de la porta cuchillas hasta la cuchilla móvil.

Al realizar los cálculos para la longitud de la cuchilla fue propuesto de 12 cm, tomando en cuenta para su diseño final.

La masa de la cuchilla móvil se obtiene considerando los datos obtenidos [2]:

$$m = \frac{F_c \cdot 3}{\alpha \cdot L} [kg] \quad (4)$$
$$m = \frac{84.93 \cdot 3}{2521.89 \cdot 0.12}$$
$$m = 0.8419 [kg]$$

Después de realizar los diferentes cálculos de la masa y la longitud del filo, seguimos obteniendo diferentes elementos del filo con las ecuaciones adjuntas [2]:

$$V^m = \frac{m}{\rho} [mm^3] \quad (10)$$

*Donde:*

$V^m = \text{volumen}[mm^3]$

$M = \text{masa de la cuchilla}[kg]$ .

$$\rho = \text{densidad} \left[ \frac{kg}{mm^3} \right].$$

Al trabajar con el material de K100; al no tener en el software (SolidWorks) el material requerido se procede a utilizar el material AISI 1045, porque comparte similitud en sus características mecánicas del material, utilizando su densidad  $\rho = 7.85 \times 10^{-6} \left[ \frac{kg}{mm^3} \right]$ .

Volumen de un cuerpo rectangular este dado[2]:

$$V = L \cdot a \cdot e \text{ [mm}^3\text{]} \quad (11)$$

Donde:

$V = \text{volumen de un cuerpo [mm}^3\text{]}$ .

$L = \text{longitud del cuerpo [mm]}$

$a = \text{área [mm]}$ .

$e = \text{espesor [mm]}$ .

Las cuchillas móviles se escogió un espesor [e], por lo que en el mercado local solo se pudo obtener,  $e = 8 \text{ mm}$ .

al momento de igualar las fórmulas de volúmenes genera un resultado:

$$Ec. (10) = Ec. (11)$$

$$\frac{m}{\rho} = L \cdot a \cdot e$$

$$a = \frac{m}{\rho \cdot L \cdot e}$$

$$a = \frac{0.8419 \text{ [kg]}}{7.85 \times 10^{-6} \left[ \frac{kg}{mm^3} \right] \cdot 120 \text{ [mm]} \cdot 8 \text{ [mm]}}$$

$$a = 111.7 \text{ [mm]}$$

En la cuchilla existen otras fuerzas que actúan, que se obtendrá continuación:



### 3.1.3 Fuerza centrífuga

Según la condición de potencia radiante se obtiene de [2]:

$$F_c = m \cdot W^2 \cdot R [N] \quad (12)$$

Donde:

$R = \text{radio de porta cuchillas} [mm]$ .

$F_c = \text{Fuerza de corte} [N]$

$m = \text{masa del cuerpo} [kg]$

$W = \text{velocidad angular} \left[ \frac{rad}{s} \right]$ .

$$F_c = 0.8419 [kg] \cdot \left( 178.02 \left[ \frac{rad}{s} \right] \right)^2 \cdot 353 [mm]$$

$$F_c = 9419.30 [N]$$

### 3.1.4 Fuerza cortante

$$\tau = \frac{F_c}{A} [Mpa] \quad (13)$$

Donde:

$\tau = \text{Torque} [Mpa]$

$F_c = \text{fuerza cortante} [N]$

$A = \text{área} [mm^2]$

$$A = 8 [mm] \cdot 120 [mm]$$

$$A = 0.00096 [mm^2]$$

$$\tau = \frac{9419.3 [N]}{0.00096 [mm^2]}$$

$$\tau = 72.56 [Mpa]$$

### 3.1.5 Factor de seguridad

$$n = \frac{S_y}{2 \cdot \tau} \quad (14)$$

Donde:

$n$  = el factor de seguridad

$S_y$  = el esfuerzo de fluencia [Mpa].

$S_{ut}$  = esfuerzo ultimo [Mpa]

$\tau$  = Torque [Mpa]

Esfuerzo de fluencia ( $S_y$ ), del material ASI 1045 su  $S_{ut} = 520$ [Mpa].

$$S_y = 0.65 \cdot S_{ut} \quad (15)$$

$$S_y = 0.65 \cdot 520(\text{Mpa})$$

$$S_y = 344.5 \text{ [Mpa]}$$

$$n = \frac{344.5[\text{Mpa}]}{2 \cdot 72.56[\text{Mpa}]}$$

$$n = 2.37$$

$$n \approx 3$$

El cuadro 5 muestra los resultados obtenidos en los cálculos de los bordes.

**Tabla 5.** Resultados del diseño de la cuchilla [4].

CUCHILLA	
DENOMINACIÓN	RESULTADO
Velocidad angular (W)	178.02 [rad/s]

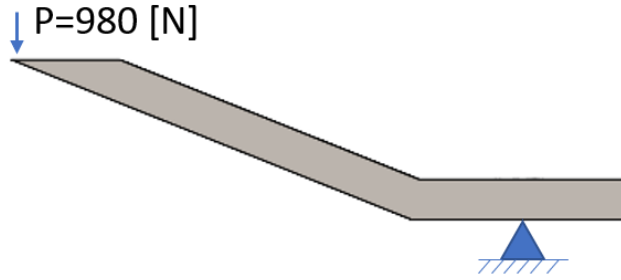
aceleración angular ( $\alpha$ )	2521.89[rad/s <sup>2</sup> ]
Energía de ruptura ( $E_{ruptura}$ )	0.9912 [J]
Velocidad tangencial (V)	62.96 [m/s]
Radio de giro (R)	353 [mm]
Masa (m)	0.8419 [kg]
Área (a)	111.7 [mm]
Fuerza centrífuga ( $F_c$ )	9419.30 [N]
Fuerza cortante ( $\tau$ )	72.52 [MPa]
Esfuerzo de fluencia ( $s_y$ )	344.5 [MPa]
Factor seguridad (n)	3

### 3.1.6 Simulación de componentes finitos del borde afilado.

Para evidenciar que el diseño de la cuchilla soportara al momento de usarla, se lo respalda con el análisis y simulación de elementos finitos en el programa (SolidWorks) para eso se realizó las condiciones de borde visto en la tabla 6, en la cuchilla en el filo se distribuirán las cargas, tomando en cuenta su resistencia de los tallos de la rosa. Mediante este análisis obtendrá la tensión de Von Mises, deformación y el desplazamiento en las cuchillas causada por la fuerza de corte, de una flor es de 117.6 N.

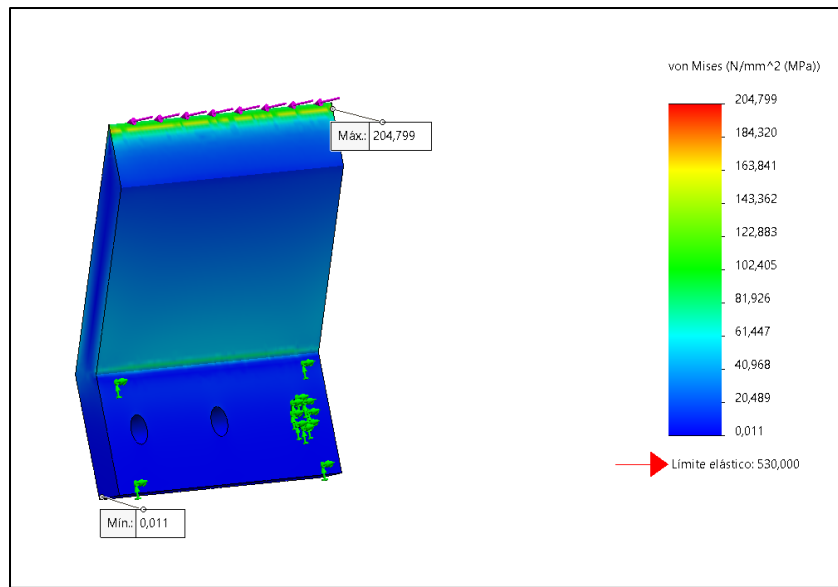
**Tabla 6.** Tabla de condiciones de borde [4].

<b>CONDICIONES DE BORDE</b>			
<b>TIPOS DE APOYO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>CARGA</b>	<b>VALOR</b>
Fixed support	1	Puntual	980[N]



**Figura 11.** Gráfica de cuerpo libre de bordes afilados [4].

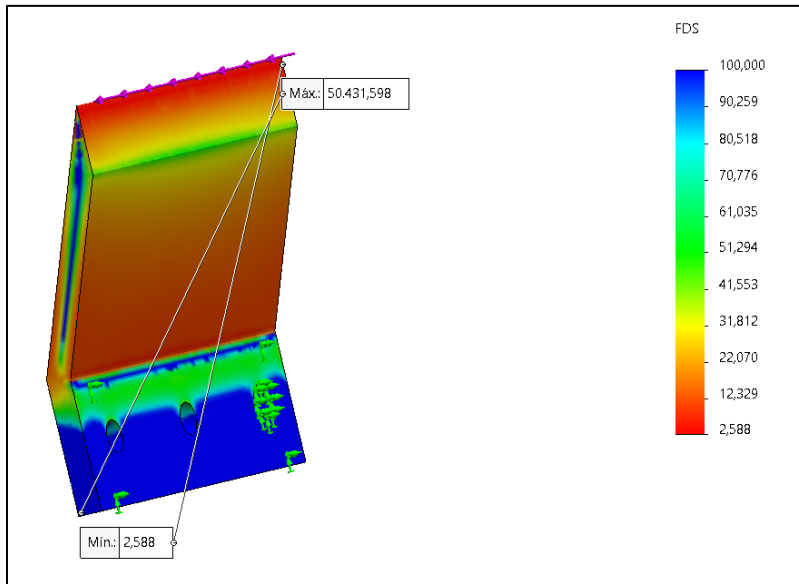
### 3.1.7 Simulación Von Mises



**Figura 12.** Esfuerzo Von Mises a lo largo del filo de la cuchilla [4].

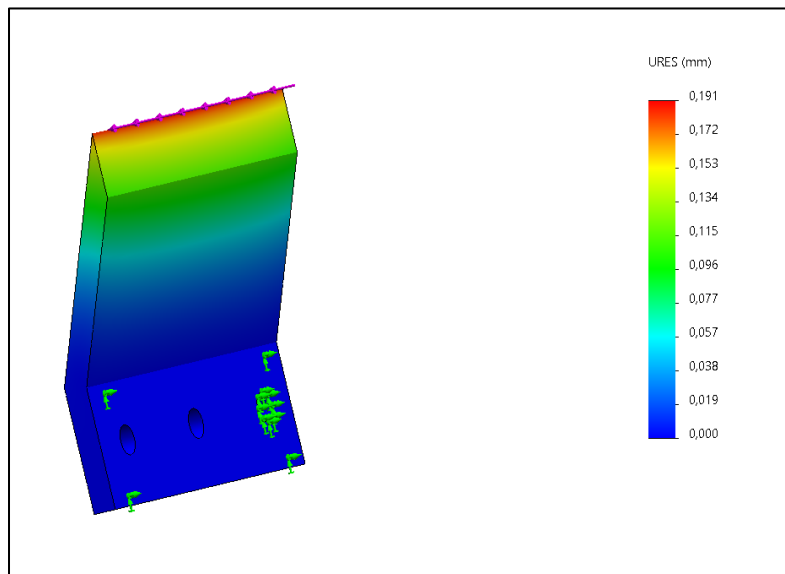
Esfuerzo Von Mises, imaginando que la energía más elevada es concebible, que se visualiza en la figura 13 a lo largo del filo de la cuchilla y que soporta  $204.799 \text{ [MPa]}$ .

El factor de seguridad obtenido es de 2.6



**Figura 13.** Factor de seguridad de la cuchilla [4].

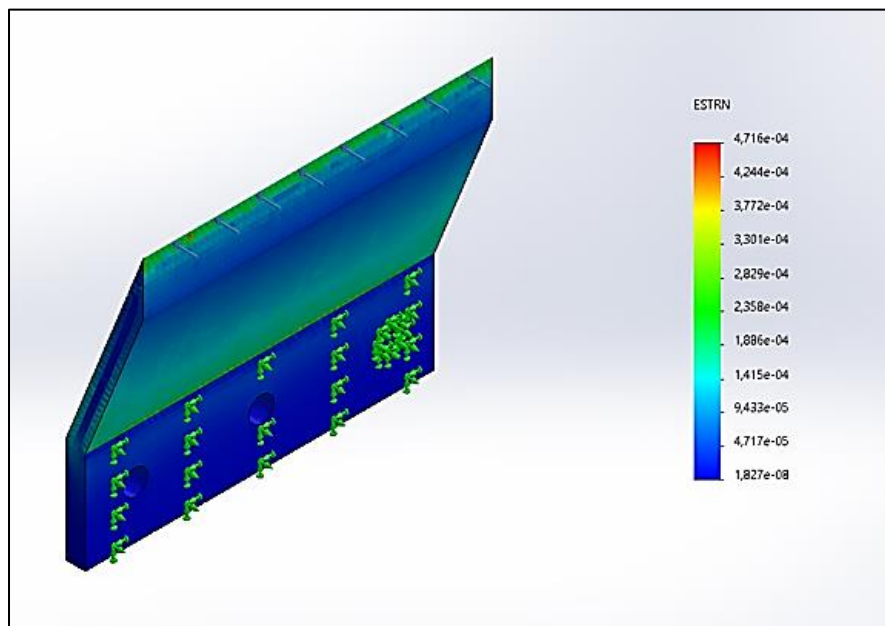
### 3.1.8 Simulación de diagrama de desplazamiento



**Figura 14.** Desplazamiento a lo largo del filo de la cuchilla [4].

Al realizar la simulación en el software nos arroja que el resultado del desplazamiento es de 0.191 [mm]. Al momento de realizar el corte de los desechos florícolas el filo de la cuchilla se ira desgastando por el uso frecuente de la máquina.

### 3.1.9 Simulación de diagrama de deformaciones



**Figura 15.** Deformaciones unitarias de la cuchilla [4].

Al realizar la simulación de deformaciones se observa que la deformación de la cuchilla es de  $4.716 \times 10^{-4}$ .

### 3.2 Diseño de tolva de entrada

#### 3.2.1 Cálculos de diseño de la tolva principal de entrada

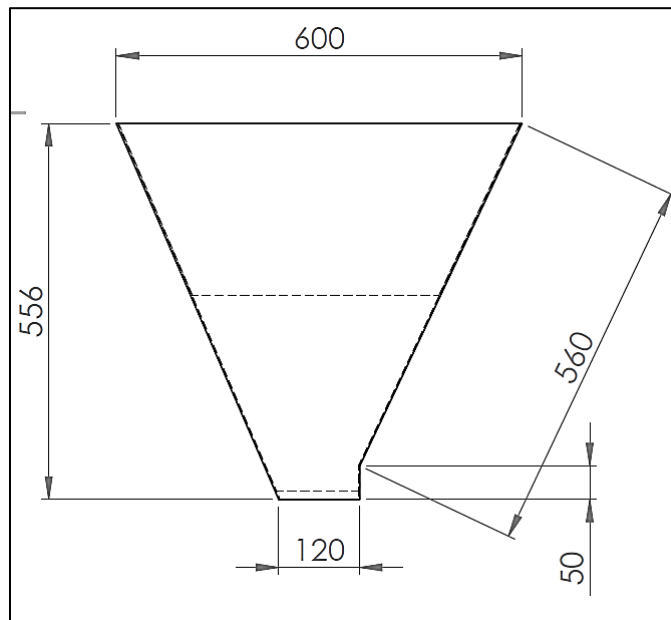


Figura 16. Medidas de tolva principal [4].

El diseño se realiza a partir de la tolva de entrada, que depende de la cantidad de tallos picados por lo que la capacidad de la maquina es de 100Kg/h.

La presente ecuación[2].

$$A_{base} = 120mm^2$$

$$A_{base} = 14400mm^2$$

$$A_1 = \frac{b \cdot h}{2} [mm^2] \quad (16)$$

Donde:

$A$  = área [ $mm^2$ ]

$b$  = base[mm]

$h$  = altura[mm]

$$A_1 = \frac{60 \cdot 24}{2}$$

$$A_1 = 720.000[mm^2]$$

$$A_2 = 720.000[mm^2]$$

$$A_1 + A_2 + A_{base}$$

$$A_{total} = 720.000 + 720.000 + 14400 = 288.000[mm^2]$$

$$Volumen = 288.000[mm^2] \cdot 180[mm]$$

$$Volumen = 51840000[mm^3] \cdot 1 \times 10^{-7} \left[ \frac{kg}{mm^3} \right]$$

$$Volumen = 5.18[Kg]$$

Con los valores obtenidos la tolva tendría una capacidad en volumen de  $V=51840cm^3$  y un peso de 5 Kg.

### 3.3 Selección de banda

Con los resultados de la relación de transmisión se obtuvo que la cantidad de ciclos de cada momento del motor de gas es igual a 1300 RPM por lo tanto para el eje del rotor se requiere 1300 RPM y la potencia es de 2hp seleccionado en la sección de alternativas.

Entonces:

$$P_d = 2Hp$$

$$N_1 = 1300RPM$$

$$N_2 = 1300RPM$$

Teniendo las ventajas de la potencia y la velocidad de la polea se determina que el perfil de la correa es tipo A, dato que se obtiene en el grafico (figura 16):



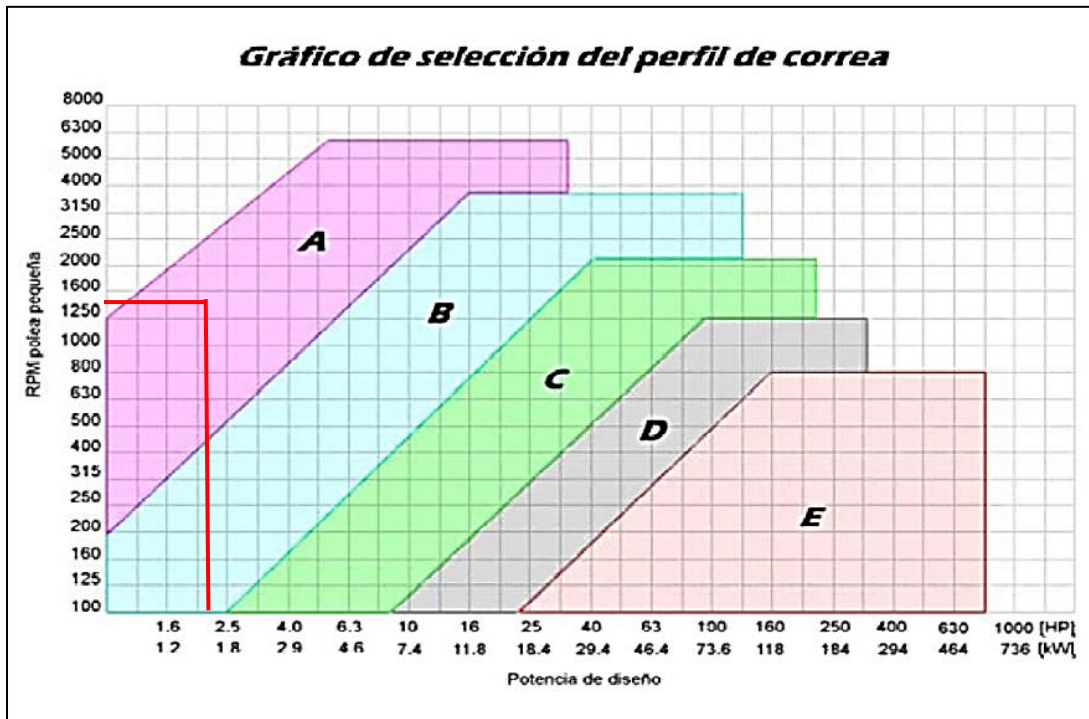


Figura 17. Gráfica de selección del perfil de correa [4].

### 3.3.1 El ángulo de contacto

$$160^\circ \leq \theta - 2 \leq 180$$

$$\theta = \pi - 2 \cdot \text{sen}^{-1} \frac{D-d}{2c}$$

$$\theta_D = \pi - 2 \cdot \text{sen}^{-1} \frac{150\text{mm} - 90\text{mm}}{2(823)\text{mm}}$$

$$\theta_D = 183.60^\circ \approx 180^\circ \approx \pi$$

### 3.4 Selección de motor

#### 3.4.1 Torque de corte requerido

Para el torque teniendo en cuenta que ingresarán 25 tallos de rosas por el área comprimida de cada tallo que es  $2\text{cm}^2$ .

$$F = R \cdot A[N] \quad (17)$$

Donde:

$F_c$  = la fuerza de corte[n]

$R$  = su resistencia al corte del tallo[kgf/cm<sup>2</sup>].

$A$  = el área de corte[cm<sup>2</sup>]

$$F_c = R \cdot A$$

$$F_c = 1 \frac{\text{Kgf}}{\text{cm}^2} (25 \cdot 2\text{cm}^2)$$

$$F_c = 50[\text{Kgf}] \approx 490[\text{N}]$$

Para la estimación de la fuerza, se toma el rango típico del lanzamiento desde el punto focal del eje hasta el centro de la longitud del filo. que en nuestro caso sería 19cm.

$$T = F_c \cdot r$$

$$T = 50 \cdot 0.19\text{Kgf} \cdot m$$

$$T = 9.5[\text{Kgf} \cdot m] \approx 93.16[\text{Nm}]$$

#### 3.4.2 La potencia de corte para el eje

Para la potencia del corte se toma el torque requerido y la velocidad angular del plato porta cuchillas.

$$P_c = T \cdot N[\text{hp}] \quad (18)$$

Donde:

$P_c$  = potencia de corte[hp]

$T$ =torque [Nm]

$N$ =velocidad angular[rpm]

$$P_c = \frac{(9.5Kgf \cdot m) \cdot (166.663 \text{ rpm})}{726.24}$$

$$P_c = 2.180[hp]$$

Por lo tanto, la potencia necesaria en el eje del rotor sería  $P_c = 2.1 \text{ hp}$  para realizar el corte por lo que sería necesario un motor de 2Hp.

### 3.4.3 Velocidad de la banda tangencial

$$V_t = \frac{D \cdot \pi \cdot N}{60000} \left[ \frac{m}{s} \right] \quad (19)$$

Donde:

$V_t$ =la velocidad tangencial de la correa [m/s].

$D$ =anchura de la polea [mm]

$N$ =velocidad [rpm]

$$N_{motor}=1300$$

$$\frac{N_1}{N_m} = \frac{\phi_1}{\phi_2}$$

$$N_1 = \frac{4pulg}{6pulg} \cdot 1300[RPM]$$

$$N_1 = 866.66[rpm]$$

$$V_t = \frac{254mm \cdot \pi \cdot 866.66rpm}{60000}$$

$$V_t = 11.52[m/s]$$

### 3.4.4 Tensión de banda

$$\frac{F1}{F2} = e^{f \cdot \theta} \quad (20)$$

Donde:

$F1$  = fuerza en el lado estrecho.

$F2$  = fuerza en el lado libre.

$f$  = coeficiente de contacto.

$\theta$  = punto de contacto.

$$\frac{F1}{F2} = e^{0.4\pi}$$

$$\frac{F1}{F2} = 3.51$$

### 3.4.5 Potencia

$$P = F \cdot V \quad (21)$$

$$P = \frac{(F1 - F2) \cdot V}{746}$$

Donde:

$F$  = fuerza de banda

$P$  = potencia [Hp]

$V$  = [m/s]

$$F1 - F2 = \frac{3 \cdot 746}{11.52}$$

$$F1 - F2 = 194.27$$

$$3.51 \cdot F2 - F2 = 194.27$$

$$F2 = 77.39[N]$$

$$F1 \cdot 77.39 = 194.27$$

$$F1 = 251.02[N]$$

### 3.4.6 Torque de la banda

$$T = F \cdot R[Nm] \tag{22}$$

$$T = (F1 - F2) \cdot 0.15m$$

$$T = (251.02 - 194.27) \cdot 0.15m$$

$$T = 8.5[Nm]$$

### 3.5 Diseño del eje principal

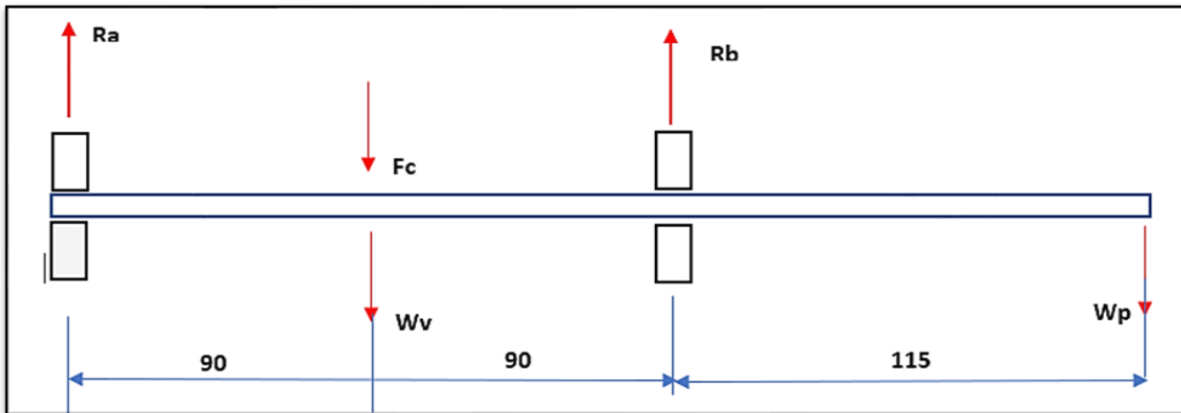


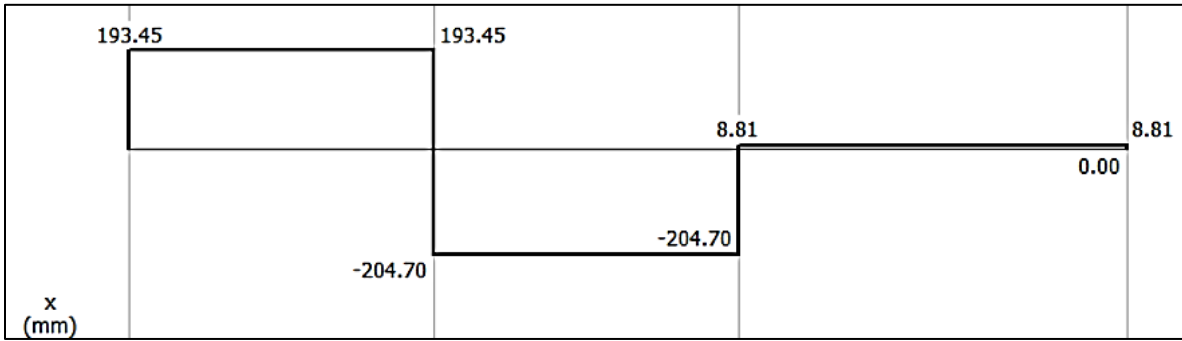
Figura 18. Gráfico de la carga en el plano XZ [4].

$$\sum F_y = 0$$

$$R_a - F_c + W_v + R_b - W_p = 0$$

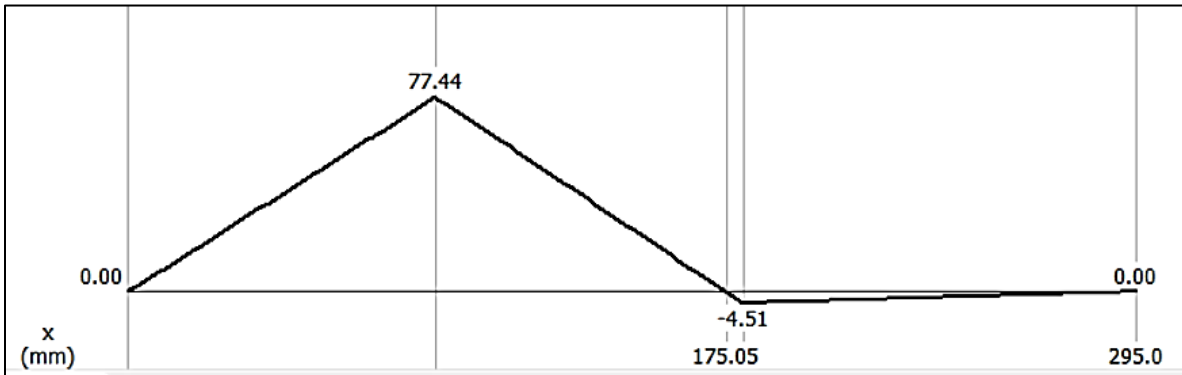
$$R_a - 5.37Kg - 11.03Kg + 14.75Kg - 4Kg = 0$$

$$R_a = 5.65[Kg]$$



**Figura 19.** Gráfico de carga en el plano XZ, realizado por [4].

En la siguiente figura se muestra cómo actúan las fuerzas en los diferentes planos realizados por el software MDSolids el mismo que permite visualizar automáticamente la fuerza cortante.



**Figura 20.** Gráfico de momento en el plano XZ, realizado por [4].

En la siguiente figura 19 se muestra cómo actúan las fuerzas en los diferentes planos realizados por el software MDSolids el mismo que permite visualizar automáticamente el momento flector en él diagrama.

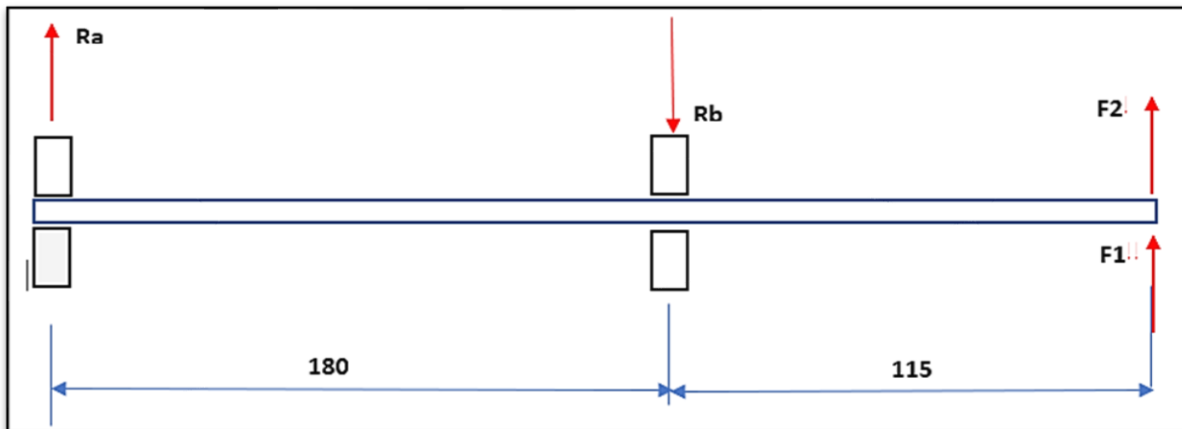


Figura 21. Esquema de las cargas en el plano XY [4].

$$\sum M_a = 0$$

$$(R_b \cdot d) - (F_1 \cdot d) - (F_2 \cdot d) = 0$$

$$R_b = \frac{(251.02N \cdot 295mm) + (77.39N \cdot 295mm) + (4Kg \cdot 295mm)}{180mm}$$

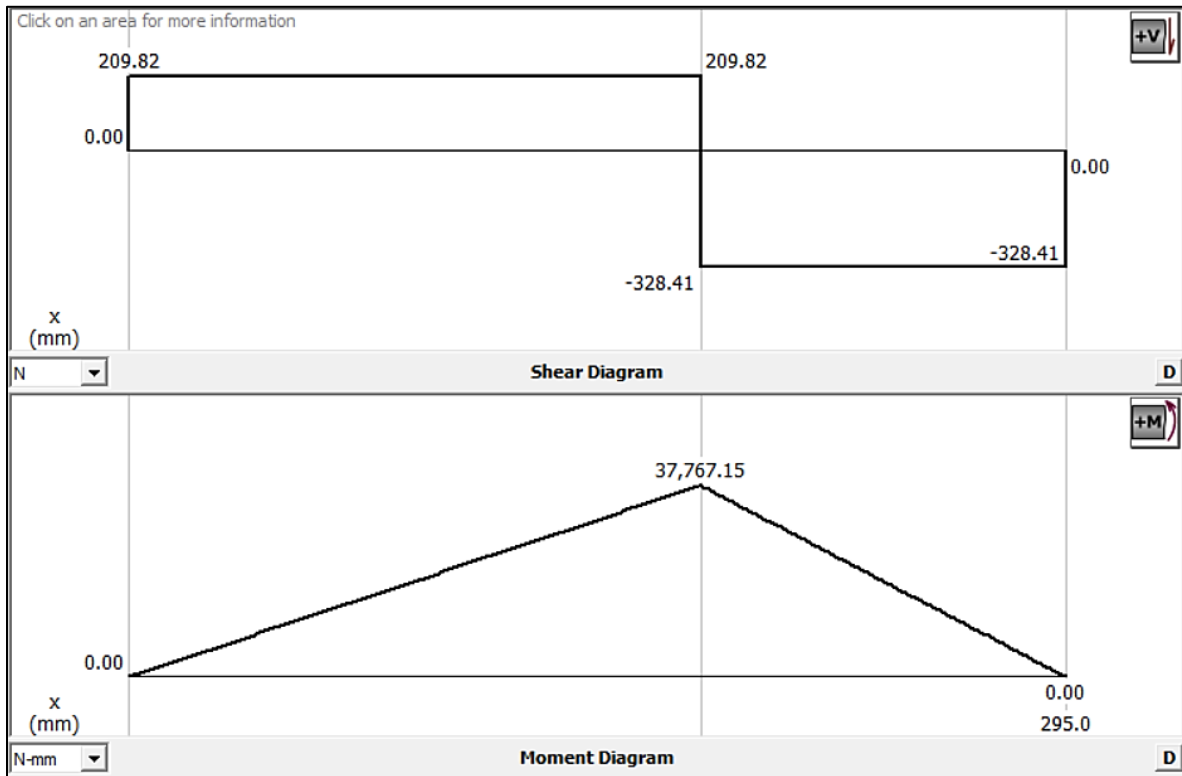
$$R_b = 538.22N \approx 54.92[Kg]$$

$$\sum F_y = 0$$

$$R_a - R_b + F_1 + F_2 = 0$$

$$R_a - 538.22N + 251.02N + 77.39N = 0$$

$$R_a = 209.81[N] \approx 21.4[Kg]$$



**Figura 22.** Gráficos de potencia y momento en el plano XY [4].

En la figura se puede observar el momento máximo obtenido.

$$M_{max} = 37767.15 [N \cdot mm]$$

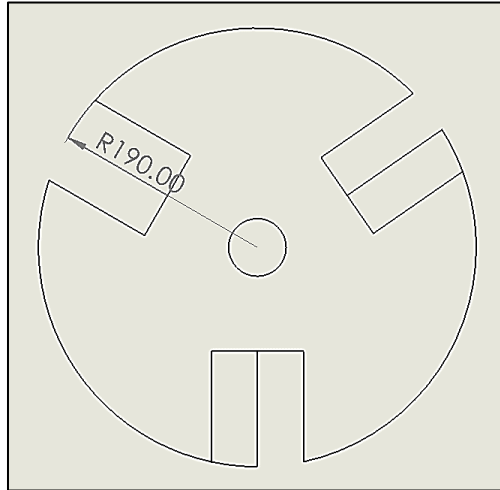
El esfuerzo de flexión es:

$$\sigma = \frac{32 \cdot M}{\pi \cdot d^3}$$

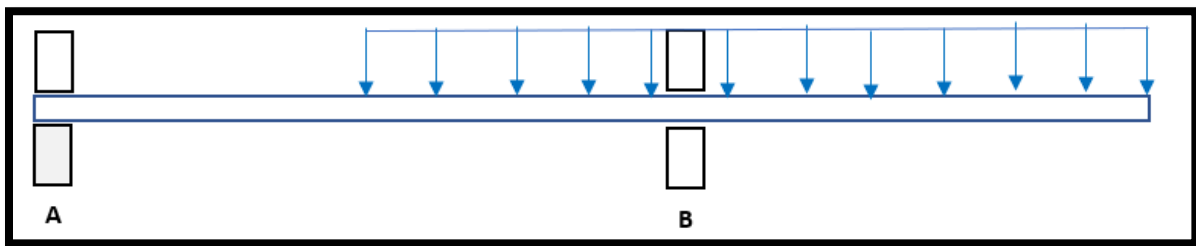
$$\sigma = \frac{32 \cdot 37767.15 N \cdot mm}{\pi \cdot d^3}$$



En el gráfico 24 se observa la longitud del centro hasta el filo de la cuchilla móvil es de 19 cm para proceder a calcular el torque.



**Figura 23.** Distancia de centro de eje a porta cuchillas, realizado por [4].



**Figura 24.** Diagrama de torque causado por la polea, realizado por [4].

$$T = F_c \cdot L$$

$$T = 5.37 \text{ Kg} \cdot 19\text{cm}$$

$$T = 102.03\text{Kg} \cdot \text{cm}$$

$$T = 9998.94\text{N} \cdot \text{mm}$$

$$\tau = \frac{16 \cdot T}{\pi \cdot d^3}$$

$$\tau = \frac{16 \cdot 9998.94 \text{ Nmm}}{\pi \cdot d^3}$$

$$\sigma = \frac{S_y}{F_s}$$

$F_s$  será 1.66 que necesita.

$S_y = 1590$  del acero 4340 obtenida del libro [18] del acero 4340.

$$\sigma = \frac{1590}{1.66}$$

$$\sigma = 957.83 \left[ \frac{N}{mm^2} \right]$$

Máxima energía de deformación.

$$[\sigma]_{eq} = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} \leq [\sigma]$$

$$\sqrt{\left( \frac{32 \cdot 37767.15 \text{ Nmm}}{\pi \cdot d^3} \right)^2 + 3 \left( \frac{16 \cdot 9998.94 \text{ Nmm}^2}{\pi \cdot d^3} \right)^2} = 1.15$$

$$d = 43.7 [\text{mm}]$$

En el mercado existe la posibilidad de utilizar el eje de diámetro 44 mm.

En el momento en que se requiere una mayor dureza y oposición de efectos la recomendación de la referencia [2], es utilizar el acero AISI 4340 porque su resultado al trabajar con cargas combinadas ha dado buenos resultados.

### 3.5.1 Análisis de fatiga de ejes

$$S_e = S'_e \cdot K_a \cdot K_b \cdot K_c \cdot K_d \cdot K_e \cdot K_f$$

Donde:

$K_a$  = factor de ajuste del estado del área

$k_b$  = factor de ajuste del tamaño

$k_c$  = factor de ajuste de la carga

$k_d$  = factor de cambio de temperatura

$k_e$  = factor de calidad inquebrantable  $k_f$  = factor de ajuste por impactos incidentales

$S'_e$  = el límite de resistencia al agotamiento en el pilar de giro

$S_e$  = el límite de tenacidad a la debilidad en la zona básica de una pieza del aparato en el cálculo y el estado de propósito.

$$S_{ut} = 800 [MPa]$$

$$S'_e = 0.504 \cdot S_{ut}$$

$$S_e = 403.2 [MPa]$$

Por medio de la Figura 24 se indica los parámetros de a y b.

Acabado superficial	Factor a		Exponente b
	$S_{utr}$ kpsi	$S_{utr}$ 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 25.** Factor de la condición a seleccionar de la superficial de Marín [18].

$$K_a = a \cdot S_{ut}^b$$

$$a = 4.52$$

$$b = -0.265$$

$$K_a = 4.52 \cdot 800^{-0.265}$$

$$K_a = 0.767$$

La figura 25 se indica el factor de tamaño que depende del diámetro del eje para el cálculo de fatiga.

$k_b = 1$ , cuando no existe efecto de tamaño para la carga axial será 1.

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

**Figura 26.** Factor de tamaño [18].

El diámetro del eje es de 44[mm] posicionándose entre 2.79  $2.79 \leq d \leq 51$ [mm], utilizando la formula recomendada por los la figura 27.

$$K_b = \left( \frac{d}{7.62} \right)^{-0.1133}$$

$$K_b = 0.83$$

Según la Ec. 3.22 se brinda el valor de  $K_c$  es:

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

$$K_c = 0.85$$

$$\text{Carga axial } S_{ut} \leq 1520[\text{MPa}]$$

Al utilizar la Ec. 3.22 se da el Factor de temperatura

$$K_d = \frac{ST}{SRT}$$

Donde:

$K_d$ = el factor de temperatura

$ST$ : la elasticidad a la temperatura de trabajo.

$SRT$ : la elasticidad a temperatura ambiente.

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 27.** Efecto de temperatura la tensión del acero [18].

$$K_d = 1$$

El Factor de temperatura ambiente.

El valor de  $K_f$  se encuentra según la Ec.

$$K_e = \frac{1}{K_f} = 1$$

$$S_e = 403.2 \cdot 0.767 \cdot 0.83 \cdot 0.85 \cdot 1.1$$

$$S_e = 218.17 [MPa]$$

El eje trabaja sin tanto esfuerzo por compensar lo siguiente:

$$\sigma < S_e$$

$$204.03[MPa] < 218.17[MPa]$$

### 3.5.2 Cálculo de numero de ciclos

$$n = -\frac{1}{3} \log \left( \frac{0.9(S_{ut})}{S_e} \right)$$

$$n = -\frac{1}{3} \log \left( \frac{0.9(800)}{218.17} \right) = -0.1728$$

$$b = \left( \frac{0.9(S_{ut})}{S_e} \right)^2$$

$$b = \left( \frac{0.9(800)}{218.17} \right)^2 = 10.83$$

$$N = \left( \frac{\sigma}{b} \right)^{\frac{1}{n}}$$

$$N = \left( \frac{957.83}{10.83} \right)^{-\frac{1}{0.1728}} = 5.42 \times 10^{12} \text{ ciclos}$$

Al realizar los cálculos del eje se realizó una tabla (tabla 7) que se muestra los resultados obtenidos.

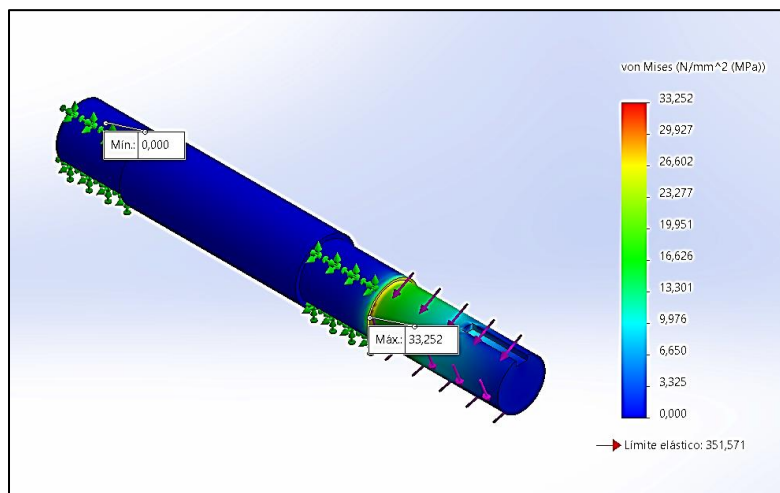
**Tabla 7.** Tabla de resultados del diseño del eje [4].

<b>EJE</b>	
<b>DENOMINACIÓN</b>	<b>RESULTADO</b>
Momento máximo ( $M_{\max}$ )	37760.17 [mm]
Esfuerzo de flexión ( $\sigma$ )	9570.83 [N/mm <sup>2</sup> ]
Deformación (d)	43.7 [mm]
Fatiga ( $S_e$ )	218.17 [MPa]
Número de ciclos (N)	5.42x10 <sup>12</sup> ciclos

### 3.6 Análisis de elemento finitos del eje principal

Al finalizar los cálculos del eje principal, se justifica con el análisis en el software (SolidWorks), se tomará en cuenta las cargas mixtas, cargas distribuidas con el programa se adquirirá el factor de Von Mises., deformación y desplazamiento en el eje principal.

#### 3.6.1 Esfuerzo de Von Mises

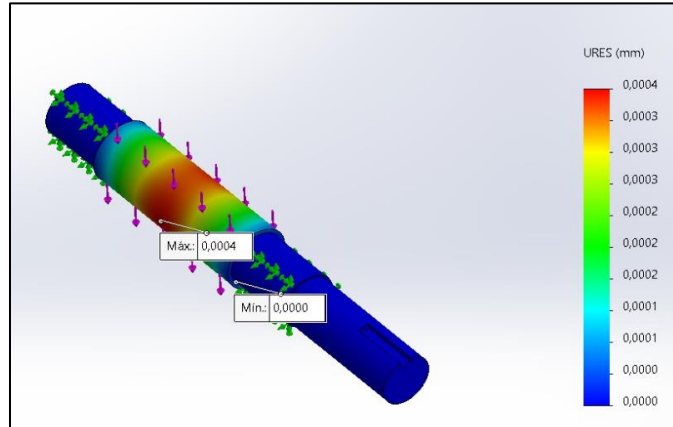


**Figura 28.** Esfuerzo Von Mises ejercida sobre el eje principal [18].

En la simulación por Von Mises, se puede ver muy bien que la presión de Von Mises más elevada sostenida por el pivote primario de  $33.252[MPa]$

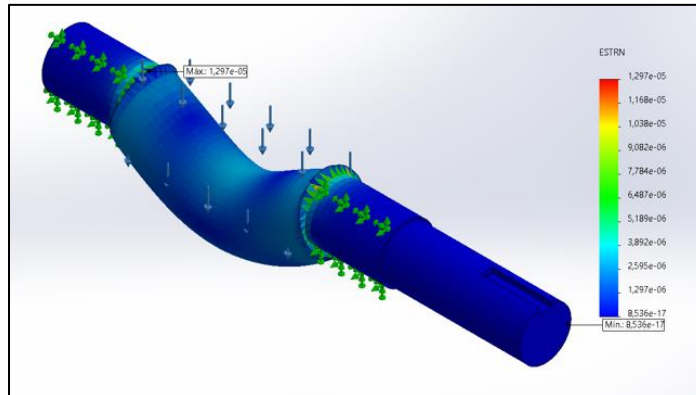
### 3.6.2 Diagrama de desplazamiento.

En la simulación se observa que el desplazamiento máximo es de  $3.820 \times 10^{-4} [mm]$  en el eje donde va estar soldado el plato porta cuchillas donde habra impactos al momento de cortar los desechos florícolas, y por lo que el desplazamiento es minimo el eje cumple correctamente las caracteriristas para su funcionamieno en la máquina.



**Figura 29.** Simulación de desplazamiento sobre el eje principal realizado por [18].

### 3.6.3 Diagrama de deformaciones



**Figura 30.** Torcedura sobredimensionada sobre el eje [18].

En la simulación de deformación en el eje se observa que el eje se deforma  $1.297 \times 10^{-5}$ , a simple vista se observa una deformación unitaria donde cambia las dimensiones por unidad de longitud y se realizó el aumento de la escala de deformación para poder apreciar la deformación del eje.



## CAPÍTULO IV

### COSTOS

En el capítulo cuatro se muestran los costos directos e indirectos del proceso de diseño y construcción del área de picado y la máquina de desechos florícolas. Para los cálculos del costo de deben tomar en cuenta los siguientes aspectos:

- Gastos de material
- El costo total de la máquina
- El costo de construcción de zona de picado.

#### 4.1.1 Costos directos

En la sección de costos directos se incluyen los costos por material, mano de obra y equipos, y transporte.

**Tabla 8.** Gastos de material[4].

<b>MATERIALES</b>					
<b>ITEM</b>	<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Valor Unitario en dólares</b>	<b>Valor Total en dólares</b>
1	Plancha retazo ASTM A-36 (610X350X2) mm	u	1	40.00	40.00
2	Plancha retazo ASTM A-36 (400X400X12) mm	u	1	50.45	50.45
3	Plancha retazo ASTM A-36 (1220X2440X5) mm	u	1	71.50	71.50
4	Acero k-460 (135X83X8) mm 3 unidades	kg	2.52	7.10	17.90
5	Angulo de acero ASTM A-36 (50X50X5) mm X 8m	u	1	23.00	23.00
6	Acero de trans. AISI 1018 Ø 2'' X 1m	kg	3.152	3.10	9.77
7	Polea doble canal Ø 5''	u	1	8.50	8.50
8	Polea doble canal Ø 2''	u	1	6.25	6.25
9	Chumacera de piso	u	2	19.25	38.00
10	Banda trapezoidal 1''	u	2	13.10	26.20

11	Motor 2 HP marca Honda	u	1	250.00	250.00
12	Pernos 5/16 X 1 pulgada con tuerca	u	2	0.94	1.88
13	Perno 5/16 X ½" hexagonal rosca fina	u	2	0.80	1.60
14	Rodela plana 5/16 fina	u	7	0.13	0.91
15	Pernos galvanizados 5/16X2 con tuerca y rodela	u	4	1.21	4.84
16	Pernos galvanizados 3/8 X 1 con rodela	u	12	1.56	18.72
17	Pernos galvanizados 1/2X2 con rodela	u	2	1.11	2.22
18	Electrodos E6018	u	10	3,50	35.00
				<b>SUBTOTAL</b>	571.74
				<b>IVA 12%</b>	68.00
				<b>TOTAL</b>	640.34

#### 4.1.2 Coste del trabajo

**Tabla 9.** Coste del trabajo[4].

ITEM	Trabajador	Pago/Hora	Valor Hora	Total, en dólares
1	Maestro mecánico	3	50	150.00
2	Ayudante mecánico	1	50	50.00
<b>TOTAL</b>				200.00

#### 4.1.3 Costo de construcción de zona de picado.

**Tabla 10.** Costo de construcción de área de picado[4]

ITEM	Materiales	Costo en dólares
1	Material pétreo	1200.00
2	Construcción cubierta	2500.00
3	Fundición de piso	1200.00
4	Pago mano de obra	800.00
<b>TOTAL</b>		5700.00

**Tabla 11.** Costo de construcción por pieza[4].

<b>ELABORACIÓN PARTE DE LA MAQUINA</b>					
<b>ITEM</b>	<b>Elemento</b>	<b>Proceso</b>	<b>Valor Hora en dólares</b>	<b>Tiempo Mecanizado en Horas</b>	<b>Valor Total en dólares</b>
		Corte	5.50	1	5.50
1	Estructura	Soldado	15.00	0.45	6.75
		Perforado	5.00	0.15	0.75
2	Cubre poleas	Corte	5.50	0.30	1.65
		soldado	15.00	0.30	4.50
3	Carcasa superior	Corte	5.50	1	5.50
		Perforado	5.00	0,30	1.50
		soldado	15.00	1	15.00
4	Carcasa inferior	Corte	5.50	1	5.50
		Perforado	5.00	0.45	2.25
		soldado	15.00	0,50	7.50
5	Porta cuchillas	Corte	20.00	2	40.00
		Perforado	5.00	0.30	1.50
		Mortajadora	15.00	1	15.00
6	Cuchillas	Fresado	18.00	2	36.00
		Perforado	8.00	1	8.00
7	Tolvas	Corte	5.50	2	11.00
		Doblez	10.00	1	10.00
8	Eje principal	Corte	5.50	0.15	0.82
		Torneado	13.50	3	40.50
		Fresado	16.50	1	16.50
9	Poleas	Torneado	13.50	0.30	4.05
		Mortajadora	15.00	0.30	4.50
<b>TOTAL</b>					<b>244.27</b>

**Tabla 12.** Costos de transporte[4]

<b>TRANSPORTE</b>				
<b>ITEM</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad de Fletes</b>	<b>Valor Unitario en dólares</b>	<b>Valor Total en dólares</b>
1	Transporte a la hacienda	5	3.00	15.00
2	Transporte del material al taller	2	5.00	10.00
3	Transporte del motor al taller	1	5.00	5.00
<b>TOTAL</b>				<b>30.00</b>

#### 4.1.4 Costo total de la máquina

**Tabla 13.** Costos indirectos[4]

<b>ITEM</b>	<b>Detalle</b>	<b>Cantidad (10%)</b>	<b>Valor Total en dólares</b>
1	Costo ingenieril	20%	140.00
2	Imprevistos	10%	120.00
3	Utilidad	5%	115.00
<b>TOTAL</b>			<b>260.00</b>

**Tabla 14.** Costo total máquina[4]

	<b>Detalle de Costo</b>	<b>Valor Total en dólares</b>
Directos	Materiales	640.34
	Mano de obra	200.00
	Transporte	30.00
	Construcción área de picado	5,700.00
Indirectos	Ingenieril	140.00
	Imprevistos	120.00
	Utilidad	115.00
<b>TOTAL</b>		<b>6,945.00</b>

## CONCLUSIONES

- La máquina picadora de desechos florícolas para la finca San Fernando se diseñó y se construyó para una capacidad de 100 Kg/h, mediante conceptos de ingeniería para un apto funcionamiento y sobre todo para la seguridad de las personas al momento de utilizar la máquina.
- Se identificó las necesidades de la finca San Fernando y el problema principal es la acumulación de desechos florícolas producidas en la finca y se logró determinar que se generan alrededor de 200 Kg diarios en el proceso de postcosecha y 100 kg en los invernaderos de producción, permitiéndonos así conocer el volumen de materia orgánica que se acumula.
- Se construyó la máquina picadora para la producción de abono orgánico, para nuevamente ser utilizado en la fertilización de los suelos en los tres invernaderos que posee la finca con un total de 100 mil plantas.
- Al realizar los diferentes cálculos se logró determinar que la máquina funcionara eficiente con el motor de combustión interna de gasolina con la potencia de 2hp es capaz de cumplir con el trabajo de picado de los desechos para la capacidad de 100kg/h.
- El análisis de gastos supuso un coste de 1.245,34 dólares., que es accesible para los emprendedores de la industria florícola del Ecuador.

## RECOMENDACIONES

- Por lo que la máquina está diseñada de forma solo mecánica se podría mejorarla automatizándola con la utilización de diferentes tipos de programadores lógicos para una mayor eficiencia y facilidad de manejo para los operadores.
- Se podría diseñar una banda transportadora para que sea capaz de trasladar los desechos a la tolva de ingreso, así alejando a los empleados y reduciendo los accidentes.
- La máquina está diseñada con una capacidad de trabajo de 100Kg/h, esto quiere decir que al diseño realizado se podría mejorar la capacidad de funcionamiento para una mayor producción de desechos picados y obtener mayor cantidad de abono orgánico.
- Se podría realizar un análisis en la pendiente de la tolva, aprovechando la gravedad para que la trituración sea un poco más rápida y perder reducir el tiempo de uso de la máquina.
- Para futuros proyectos se podría implementar diferentes ejes, para diferentes propósitos como triturar granos, o reforzar las cuchillas para trabajos con más esfuerzo, y poner obtener una máquina trituradora multiusos.

## REFERENCIAS

- [1] D. E. Poaló La Provincia De Cotopaxi, “UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE QUITO CARRERA: INGENIERÍA MECÁNICA TRABAJO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE: INGENIEROS MECÁNICOS TEMA: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA PICADORA DE HOJAS DE MAÍZ CAPACIDAD 250 KG/HORA PARA LA PARROQUIA SAN JOSÉ,” 2019.
- [2] J. W. NOGALES VILLAMARÍN and J. I. ANDRADE TEJADA, “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA PICADORA DE HIERBA Y CAÑA PARA ALIMENTAR EL GANADO VACUNO EN EL SECTOR EL PORVENIR PERTENECIENTE A LA PARROQUIA GUALEA,” Quito, Jun. 2017. Accessed: Jun. 25, 2022. [Online]. Available: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/14432>
- [3] M. E. Cabrera López, “PRODUCCIÓN, COMERCIALIZACIÓN, EXPORTACIONES DE LAS FLORES EN EL ECUADOR Y SU ROL EN LAS EXPORTACIONES NO TRADICIONALES (2007-2010),” Universidad de Guayaquil Facultad de Ciencias Económicas, Oct. 2007. Accessed: Jun. 24, 2022. [Online]. Available: <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/1523>
- [4] D. Pasquel and R. Ulcuango, “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA PICADORA DE DESECHOS FLORÍCOLAS CON CAPACIDAD DE 100 KG/H PARA LA FINCA SAN FERNANDO COMUNIDAD SANTO DOMINGO N°1-CANTÓN CAYAMBE,” Universidad Politécnica Salesiana, Quito, 2022.
- [5] G. Guijarro and H. Paguay, “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA PICADORA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR,” Riobamba, 2011. Accessed: Jun. 25, 2022. [Online]. Available: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/1175>
- [6] O. Lopez and A. Corrales, “Redalyc.Soldabilidad en aceros inoxidables y aceros disimiles,” 2007, [Online]. Available: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=84934046>
- [7] MIPSAs, “Clasificación del Acero – MIPSAs | Metales Industriales de Puebla S.A. de C.V.,” 2022. <https://www.mipsa.com.mx/sabias-que/clasificacion-del-acero/> (accessed Jun. 24, 2022).

- [8] Aceromafe, “Acero al carbono: descripción, tipos y propiedades - Aceromafe,” 2020. <https://www.aceromafe.com/acero-al-carbono-descripcion/> (accessed Jun. 24, 2022).
- [9] Tiban Andres, “Acero Estructural,” 2021. <https://es.scribd.com/document/502644198/Tiban-Andres-Acero-estructural> (accessed Jun. 24, 2022).
- [10] Escuela de Ingeniería en Construcción / Instituto Tecnológico de Costa Rica, “ESTRUCTURAS DE ACERO: Perfiles de acero en frío y caliente,” 2007. <http://estructurasacero.blogspot.com/2007/06/perfiles-de-acero-en-fro-y-caliente.html> (accessed Jun. 24, 2022).
- [11] Ferrocortes, “PERFILERÍA ESTRUCTURAL ANGULOS DE ALAS IGUALES,” 2021. Accessed: Jun. 24, 2022. [Online]. Available: <https://www.ferrocortes.com.co/angulos/>
- [12] L. REFUNJOL, A. OCANDO, A. VASQUEZ, and J. PEÑA, “TRATAMIENTO TÉRMICO DE LOS ACEROS, ACEROS ALEADOS Y ACEROS PARA HERRAMIENTAS,” 2010. <https://fdocuments.ec/document/acero-aleado.html?page=1> (accessed Jun. 24, 2022).
- [13] Dipac, “DIPAC,” 2022. <https://dipacmanta.com/producto/ejes/aisi-4340-705/eje-aisi-4340-705/> (accessed Jun. 25, 2022).
- [14] Ferrocortes, “LAMINA CALIDAD ESTRUCTURAL ASTM A36 (A1011-10 SS36-2),” 2021. Accessed: Jun. 25, 2022. [Online]. Available: <https://www.ferrocortes.com.co/lamina-a-36/>
- [15] E. R. ALDÁSCORTEZ, “SISTEMA DE CONTROL PARA MAQUINA TRITURADORA DE PLANTAS Y DESECHOS ORGÁNICOS PARA LA PRODUCCIÓN DE ABONO EN EL SECTOR AGRÍCOLA,” 2015.
- [16] COMFORZA, “Motor estacionario Highlight GP 200H,” 2021, Accessed: Jun. 25, 2022. [Online]. Available: <https://comforza.com.pa/motores-estacionarios/#GP200H>
- [17] C. De, D. R. Arroba, B. Wilinton, and R. Loyola Merchán, “UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE QUITO INGENIERÍA MECÁNICA TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO MECÁNICO TEMA: DISEÑO Y CONTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA PULIDORA DE TUBOS CUADRADOS DE HASTA 2-1/2" AUTORES,” 2014.



- [18] R. Budynas and J. Keith, *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley*, 8th ed., vol. 8. 2008. Accessed: Jun. 25, 2022. [Online]. Available: <https://1library.co/document/dzxmmkwy-diseno-ingenieria-mecanica-shigley-edicion-budynas.html>
- [19] Koyo, *Tablas de dimensiones de Chumaceras*. 2019. Accessed: Jun. 26, 2022. [Online]. Available: <https://koyola.com.pa/catalogo-chumaceras/>

## **MANUAL DE INSTRUCCIONES Y SEGURIDAD**

Al momento de prender la maquina picadora de desechos florícolas tener en cuenta las siguientes precauciones primordiales de uso:

- El triturador de desechos florícolas NUNCA debe usarse para: plásticos, papel, piedra, vidrio, madera, metal...
- Nunca triture más de la capacidad de tallos especificada. Esto puede resultar en daño extensivo a la máquina.
- Utilizar el combustible adecuado para su motor.
- Antes de prender la maquinaria abrir carcaza superior y verificar defectos o daños de sus partes.
- El operador de la máquina debe utilizar equipos de protección personal para evitar accidentes.
- Si se presentan ruidos o vibraciones extrañas, parar inmediatamente su uso.
- Limpiar la maquina al terminar el trabajo.
- Mantener la maquina bajo cubierta o proteger contra la lluvia.
- Mantenga el producto fuera del alcance de los niños y mascotas.
- No utilizar el aparato si no se encuentra ensamblado el cubre bandas.
- Estabilizar la maquina al piso o una superficie plana.

## MANUAL DE MANTENIMIENTO

### *Conserve este manual de mantenimiento.*

- La picadora de desechos florícolas requiere lubricación regular con aceite para mantener un rendimiento óptimo y extender su vida útil. Se recomienda que aceite su trituradora una vez a la semana. Para lubricar su trituradora, solo en sus elementos mecánicos tales como chumaceras.
- Cambiar de aceite en su motor, cada 100 horas de uso, utilizar el aceite recomendado por su fabricante.
- Deposito (y filtro) de combustible, limpiar y reemplazar si es necesario cada año o 200 horas.
- Filtro de combustible cambiar cada año o 200 horas.
- Cuerda del arrancador reemplazar si es necesario o 100 horas.
- Bujía(s) comprobar, limpiar o reemplazar si es necesario cada 100 horas.
- Bandas verificar grietas, malformaciones o reemplazar cada 200 horas.
- Cuchillas si pierden su filo llevar a personal calificado para su correcto afilado, cada 200 horas.
- Realizar un ajuste de los pernos que conforman la estructura, cada 100 horas.

## ANEXOS

### Anexo 1. Propiedades mecánicas y físicas de acero estructural ASTM A-36

ASTM	Composición Química					Propiedades Mecánicas					
		%C	%Mn	%P	%S	%Si	Limite Elástico		Resistencia Tracción		% Alarga/.
		x 100	x 100	x 100	x 100	x 100					
A-36	min.	-	80	-	-	15	23kg/mm <sup>2</sup>	-	41kg/mm <sup>2</sup>	400MPa	20
	máx.	26	120	5	4	40	25kg/mm <sup>2</sup>	250MPa	56kg/mm <sup>2</sup>	550MPa	21
A-572 GR 50	min.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	18
	máx.	23	135	5	4	40	35kg/mm <sup>2</sup>	345MPa	46kg/mm <sup>2</sup>	450MPa	21

### Anexo 2. Especificaciones Generales del material AISI 4340

COMPOSICIÓN QUÍMICA				
%C	%Si	%Mn	%P	%S
0,34	0,1- 0,35	0,60 - 0,80	0,04 - 0,30	0,002 - 0,03

PROPIEDADES MECÁNICAS				
DIÁMETRO (mm)	RESISTENCIA MECÁNICA (N/mm <sup>2</sup> )	PUNTO DE FLUENCIA (N/mm <sup>2</sup> )	Elongación % Min.	DUREZA ROCKWELL B
16 o MENOS	1200 - 1400	1000	9	240 - 380
16 - 40	1100 - 1300	900	10	240 - 380
41 - 100	1000 - 1200	800	11	240 - 380

### Anexo 2. Parámetros en el factor de la condición superficial de Marín

Acabado superficial	Factor a		Exponente b
	$S_{utr}$ kpsi	$S_{utr}$ 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

### Anexo 3. Factor de tamaño para eje principal

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

### Anexo 4. Efecto de la temperatura de operación en la resistencia a la tensión del acero

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		

