



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

PROPUESTA TECNOLÓGICA

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA MÁQUINA PICADORA
DE MATERIA ORGÁNICA EN EL CAMPUS CEASA UBICADA EN
EL SECTOR DE SALACHE”**

**Proyecto de titulación presentado previo a la obtención del título de Ingenieros en
Electromecánica**

Autores:

Lema Jami Wellington Joel

Ramírez Tituaña Edwin Daniel

Tutor:

Ing. MSc. Luis Miguel Navarrete López

LATACUNGA – ECUADOR

2023

INFORMACIÓN GENERAL.

Título del Proyecto:

“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA MÁQUINA PICADORA DE MATERIA ORGÁNICA EN EL CAMPUS CEASA UBICADA EN EL SECTOR DE SALACHE”

Tipo de proyecto: Propuesta Tecnológica.

Fecha de inicio: octubre del 2022

Fecha de finalización: febrero del 2023

Lugar de Ejecución: Universidad Técnica de Cotopaxi

Facultad que auspicia: Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas CIYA

Carrera que auspicia: Ingeniería Electromecánica

Equipo de trabajo:

Tutor: Ing. MSc. Luis Miguel Navarrete López

C.I. 180374729-4

Correo electrónico: luis.navarrete@utc.edu.ec

Ponente: Lema Jami Willington Joel

C.I. 185044239-1

Correo electrónico: willington.lema2391@utc.edu.ec

Dirección: Pillaro-Tungurahua

Ponente: Ramírez Tituaña Edwin Daniel

C.I. 1850220540

Correo electrónico: edwin.ramirez0540@utc.edu.ec

Dirección: Pillaro-Tungurahua

Área de conocimiento:

Área: (07) Ingeniería, Industrial y Construcción

Subárea: (071) Ingeniería y profesiones afines

Línea de investigación: Procesos Industriales

Sub líneas de investigación de la carrera:

Diseño, construcción y mantenimiento de elementos, prototipos y sistemas electromecánicos.

ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN	8
1.1 RESUMEN	8
1.2 El Problema	9
1.2.1 Planteamiento del problema	9
1.2.2 Formulación del problema.....	10
1.3 Beneficiarios.....	10
1.3.1 Beneficiarios directos	10
1.3.2 Beneficiarios Indirectos	10
1.4 Justificación	10
1.5 Hipótesis	11
1.6 Objetivos.....	11
1.6.1 General.....	11
1.6.2 Específico	11
1.7 Sistemas de tareas en relación a los objetivos planteados	12
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	13
2.1 ANTECEDENTES	13
2.2 MARCO REFERENCIAL	14
2.2.1 Introducción al marco referencial.....	14
2.2.2 Tipos de picadoras	14
2.2.3 Ventajas y desventajas de diferentes tipos de trituradoras	15
2.2.4 Selección del tipo de picador.....	16
2.3 Cuchillas de trituración.....	16
2.4 Acero utilizado	16
2.4.1 Ángulos de acero	16
2.5 Motor de combustión de gasolina.....	17
2.6 Sistemas de transmisión de potencia	17
2.6.1 Chumacera	19
2.7 Diseño de Bastidores	19
2.8 Uniones soldadas	20
2.8.1 Soldadura (MIG/MAG ó GMAW).....	20

2.8.2	Soldadura manual por arco eléctrico SMAW.....	20
2.9	Diseño de la picadora	21
DESARROLLO DE LA PROPUESTA.....		21
3.1	METODOLOGÍA	21
3.1.1	Introducción a la metodología	21
3.1.2	Metodología de diseño	21
3.2	Análisis funcional.....	22
3.2.1	Requerimientos iniciales del sistema.....	22
3.2.2	Estructura Funcional.....	23
3.2.2.1	Características del producto a picar y triturar.....	24
3.2.2.2	Proceso de reducción de tamaño de residuos sólidos orgánicos	24
3.2.2.3	Naturaleza de las fuerzas utilizadas en la Reducción de tamaño	24
3.2.3	Diseño conceptual.....	25
3.2.3.1	Tipos de sistemas.....	25
3.2.3.2	Sistema de corte.....	25
3.2.3.3	Sistema de trituración	26
3.2.3.4	Sistema estructural.....	26
3.2.3.5	Sistema de control	27
3.2.3.6	Sistema de transmisión	27
3.2.3.7	Transmisión por correas	27
3.2.4	Diseño de detalle	28
3.2.4.1	Diseño y dimensionamiento de componentes	28
ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS		42
4.1.1.1	Introducción.....	42
4.1.2	Velocidad de ingreso de los tallos	42
4.1.3	Bandeja de alimentación.....	42
4.1.4	Relación entre el número de revoluciones y el número de cuchillas, en el rotor	43
4.1.5	Torque requerido para el corte.....	43
4.1.6	DIMENSIONAMIENTO DEL MOTOR	44
4.1.7	Potencia de corte.....	45
4.1.8	Cálculo de espesor del rotor	46
4.1.9	Diseño de cuchillas.....	46

4.1.10	Selección del motor	48
4.1.10.1	Fuente de potencia	48
4.1.11	Relación de transmisión	48
4.1.12	Selección de poleas.....	48
4.1.13	Potencia nominal transmisible por la banda	49
4.1.14	Cálculo del árbol principal	50
4.1.15	Selección de rodamientos	51
4.2	Alcance de la máquina.....	51
4.2.1	Diseño conceptual de la maquina picadora de materia orgánica.....	51
4.2.2	Sistema de transmisión	53
4.2.3	Análisis de las pruebas realizadas	53
CONCLUSIONES DEL PROYECTO		62
5.1	COCLUSIONES.....	62
5.2	RECOMENDACIONES	63

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1:	Número de estudiantes en la carrera ingeniería en Agronomía.....	10
Tabla 1.2:	Número de personas dedicadas a la agricultura.....	10
Tabla 1.3:	Sistemas de tareas en relación a los objetivos planteados	12
Tabla 2. 1:	Tipos de picadoras	14
Tabla 2. 2:	Tipos de sistemas de transmisión de potencia	17
Tabla 3. 1:	Requerimientos a cumplir.....	22
Tabla 3. 2:	Las variables	23
Tabla 3. 3:	Naturaleza de las fuerzas de triturado.....	24
Tabla 3. 4:	Sistema de corte de tambor	25
Tabla 3. 5:	Ventajas y desventajas de la transmisión por correas.....	27
Tabla 4.1:	Resultados y símbolos	42
Tabla 4.2:	Relación entre el número de revoluciones.....	43
Tabla 4.3:	Torque requerido	43
Tabla 4.4:	Características del motor	44
Tabla 4.5:	Dimensiones del motor.....	44
Tabla 4.6:	Potencia de corte.....	45

Tabla 4.7:	Cálculo de espesor del rotor	46
Tabla 4.8:	Dimensión de la cuchilla	47
Tabla 4.9:	Relación de transmisión	48
Tabla 4.10:	Selección de poleas	49
Tabla 4.11:	Potencia nominal transmisible por la banda	49
Tabla 4.12:	Árbol principal	50
Tabla 4.13:	Selección de rodamientos	51
Tabla 4.14:	Verificación de resultados obtenidos	51
Tabla 4.15:	Elementos picados	54
Tabla 4.16:	Las variables	54
Tabla 4.17:	Tiempo de picado con respecto a la cantidad obtenida.....	55
Tabla 4.18:	Tiempo de picado en 30segundos a una hora	56
Tabla 4.19:	Cantidad de material obtenido mediante el picado de forma manual	58
Tabla 4.20:	Dimensiones obtenidas de las pruebas de picado manual y con la máquina	59
Tabla 4.21:	Evaluación técnico, social, ambiental y/o económica	60
Tabla 4.22:	Tabla de ingresos, egresos y el tiempo de.....	61
Tabla 4.23:	Cálculo del VAN y TIR	62

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3. 1:	Metodología para el diseño de la máquina.	22
Figura 3. 2:	Sistemas de la máquina.....	25
Figura 3. 3:	Número de Revoluciones vs. Número de Cuchillas.	29
Figura 3. 4:	Diseño del Rotor.	31
Figura 3. 5:	Proceso de cizallado.....	32
Figura 3. 6:	Ángulo de contacto.	35
Figura 3. 1:	Fuerza sobre las poleas.	38
Figura 3. 2:	Esfuerzos en el eje.	39
Figura 3. 3:	Cuñero en trineo.....	40
Figura 3. 4:	Chaflanes de ejes.	40
Figura 4.1:	Dimensión del motor	44
Figura 4.2:	Operación del motor	45

Figura 4.3: Diseño de la Cuchilla.....	46
Figura 4.4: Dimensiones de las cuchillas	47
Figura 4.5: Cuchillas picadora	52
Figura 4.6: Martillos	52
Figura 4.7: Estructura de la mesa.....	53
Figura 4.8: Valores obtenidos mediante las pruebas realizadas.....	56
Figura 4.9: Resultados obtenidos en el tiempo de picado de 30 segundos	57
Figura 4.10: Resultados obtenidos en el tiempo de una hora de picado de los diferentes tipos de material orgánico.....	58
Figura 4.11: Comparación con los intervalos de tiempos medidos.....	59

INTRODUCCIÓN

La picadora de material orgánico es un equipo en proceso de picado y trituración. Su uso abarca diferentes industrias para el procesamiento de diversos materiales con necesidad de un tipo de tamaño de partículas óptimo para realizar las operaciones que lo proceden de manera correcta, garantizando la eficiencia en el proceso. Básicamente el funcionamiento de la picadora de material orgánico es picar y triturar la materia prima mediante las cuchillas y martillos.

En La Universidad Técnica De Cotopaxi Extensión Salache En La Facultad De Ciencias Agropecuarias Y Recursos Naturales, existe una carrera con enfoque a la Agronomía, con este proyecto los estudiantes podrían hacer prácticas de laboratorio con el compost de diferentes materiales orgánicos ya que es fundamental en la aplicación de la parte teórica impartida en las aulas con respecto a las operaciones unitarias más utilizadas en el campo.

Este proyecto diseña e implementa un método económico y eficiente para la producción de compostaje logrado mediante la implementación de una picadora con cuchillas y martillos. Esta máquina requiere un proceso detallado de investigación sobre el diseño, construcción y su uso de acuerdo con el objetivo con el que está diseñada. Todo este proceso es beneficioso para los estudiantes de la universidad.

1.1 RESUMEN

El presente proyecto de titulación pretende resolver el problema que existe en el campus CEASA de la Universidad Técnica de Cotopaxi, debido a que se pica de forma manual materia orgánica resultado de la poda de los diferentes tipos de plantas, este proceso tarda demasiado tiempo debido a que son cerca de 400 kg de materia orgánica podada para obtener un material picado muy pequeño para el proceso de compost por el cual, el objetivo de nuestro proyecto es diseñar e implementar una máquina picadora de materia orgánica que permita picar el material en poco tiempo y dando como resultado tamaños adecuados para el compost, de igual manera ayudando a que la carga orgánica diaria picada sea mayor, esta máquina contiene cuchillas que están sujetas a un disco que ayuda a picar el material orgánico, la cual pasa a una cámara donde están alojado una

serie de martillos los cuales golpean al material y las tritura para luego caer en una malla perforada la cual selecciona el material con una dimensión pequeña, el material que no tiene el tamaño adecuado seguirá siendo golpeando por los martillos hasta obtener el tamaño para poder salir por la malla y posteriormente por la bandeja de salida. Este prototipo este acoplado a un motor de combustión interna el cual mediante unas poleas y correas transmite el movimiento necesario de 3579 rpm en el eje, esta máquina es muy fácil de transportar no es pesado y cuenta con unos mangos el cual reduce el esfuerzo al ser trasladada y lo más importante se puede llevar a cualquier punto donde se encuentre el material podado para realizar el proceso de picado debido a que su energía primaria es la gasolina. De esta manera mediante las pruebas realizadas se pudo obtener un total de 360 kg de material orgánico picado en una hora esto se realizó con las diferentes plantas como son: aliso, chilca, pasto elefante, sauce y guabo, dándonos como dimensiones en rango de picado de 20-30 mm solventando los problemas del tiempo, tamaño de corte y la carga orgánica diaria procesada.

1.2 El Problema

1.2.1 Planteamiento del problema

En la Universidad Técnica de Cotopaxi campus CEASA ubicada en el sector de Salache, la facultad de Ciencias Agropecuarias Y Recursos Naturales, los estudiantes realizan el proceso de poda de los árboles de guabo y diferentes tipos de plantas, estos son triturados de forma manual para generar compost, de esta manera resulta complicado obtener compost en tiempos más cortos debido al tamaño del material.

La principal causa porque el proceso de picado de la materia orgánica se realiza de forma manual es debido al frente económico, como se tiene en cuenta el diseño e implementación de la maquinaria u otros componentes que conllevan gastos y a través del picado manual toma mucho más tiempo ir las procesando y no se obtiene las medidas adecuadas del material.

Mediante la implementación de esta máquina picadora de materia orgánica se pretende optimizar el tiempo de picado, la carga orgánica diaria y la obtención de cortes más adecuados para el proceso de compost.

1.2.2 Formulación del problema

Extenso tiempo de picado de forma manual y no se obtienen la dimensión adecuada de la materia orgánica para el proceso de compost para la obtención de abono orgánico.

1.3 Beneficiarios

1.3.1 Beneficiarios directos

Los beneficiarios directos del proyecto son los estudiantes de la universidad realizando prácticas en la especialidad de ingeniería en Agronomía.

Tabla 1.1: Número de estudiantes en la carrera ingeniería en Agronomía.

Hombres	Mujeres	Total
250	120	370

Fuente: Universidad Técnica De Cotopaxi- Salache

Elaborado por: los autores del proyecto

1.3.2 Beneficiarios Indirectos

Los beneficiarios indirectos del proyecto son los pequeños agricultores del sector.

Tabla 1.2: Número de personas dedicadas a la agricultura

Hombres	Mujeres	Total
621	345	966

Fuente: Tomado de Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC)

Elaborado por: Los autores del proyecto

1.4 Justificación

Existen principales líneas y las sub líneas en el diseño construcción, y mantenimiento de elementos, prototipos y sistemas electromecánicos de interés de la Facultad de Ingeniería Electromecánica está encaminada en ayudar a la carrera de Ingeniería en Agronomía, y con el objetivo de apoyar con la responsabilidad académica y social de la Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión Salache, se ve la necesidad construir una máquina que permita fortalecer los conocimientos tecnológicos a los estudiantes. De este modo, se genera la necesidad de diseñar e

implementar una picadora de material orgánico para el proceso de picado de diferentes tipos de plantas existentes en el campus. La implementación de este proyecto de titulación se demuestra ante todo desde el punto de vista de la ingeniería, debido a que el diseño y construcción de una máquina requiere importantes criterios de diseño y parámetros óptimos para su debido funcionamiento.

Mediante la implementación de este proyecto se pretende contribuir al desarrollo del sector agronómico de la carrera de ingeniería en Agronomía. Además, se intenta que la picadora no solo se adapte a las necesidades de los estudiantes si no a su vez permita llevarlas al sector campesino y asociaciones de productores, debido a que esta picadora tiene características de módulo de etapas y fácil operación.

La importancia que tendrá la implementación de esta máquina se basa en picar el material en tiempos más cortos, aumentar la carga orgánica diaria y obtener material picado de dimensiones apropiadas para el compost, por lo cual se pretende aplicar tecnologías como de corte, trituración, estructural, transmisión y control permitiendo obtener resultados óptimos de operación.

Finalmente, el proyecto permitirá seguir realizando pruebas con otros tipos de plantas que necesitan para el estudio de la línea de investigación de la carrera de Ingeniería en Agronomía.

1.5 Hipótesis

La implementación de la máquina picadora de materia orgánica permitirá obtener cortes más pequeños en menor tiempo.

1.6 Objetivos

1.6.1 General

Implementar un prototipo de una máquina picadora trituradora de materia orgánica reduciendo el tiempo de corte de la materia orgánica y aumentando la carga orgánica diaria.

1.6.2 Específico

- Investigar acerca de las máquinas picadoras de materia orgánica y sus características de funcionamiento.
- Diseñar los planos de la máquina mediante la utilización de un software.
- Construir el prototipo de la máquina picadora de materia orgánica.
- Analizar los resultados obtenidos con la implementación de la máquina.

1.7 Sistemas de tareas en relación a los objetivos planteados

Tabla 1.3: Sistemas de tareas en relación a los objetivos planteados

	ACTIVIDAD	RESULTADO	MEDIO DE VERIFICACIÓN
Objetivo específico 1	Reconocimiento del proceso de triturado y picado	Conocer los diferentes tipos de máquinas picadoras de materia orgánica.	Inspección visual, fotografías y reportes.
	Identificación de los componentes de la máquina.	Establecer todas las piezas de cuales constara nuestra máquina.	Técnica de recolección de datos mediante software.
	Revisión de la bibliografía	Reconocer el tipo de máquina que se va a diseñar	Inspección visual en páginas web, artículos, libros, etc.
Objetivo específico 2	Mediante un software se diseñará los planos de cada componente de la máquina	La elaboración de los planos para después construir la máquina.	Planos de la máquina.
Objetivo específico 3	De acuerdo al diseño de los planos construir la máquina picadora de materia orgánica.	Construcción y funcionamiento de la máquina picadora de materia orgánica.	Inspección visual con los planos y la máquina construida.
Objetivo específico 4	Encender y posteriormente introducir material ya sea forraje, ramas u otro tipo de material orgánico en la máquina.	La máquina cumple su función para cual fue diseñada.	Método de comprobación de los cortes obtenidos con relación a los que se pretende obtener.

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1 ANTECEDENTES

José Elías Bonells el 6 de octubre del 2019 nos da a conocer que, si se tiene grandes cantidades de materia, es mejor triturarlas para reducir rápidamente el volumen de desechos, por ello algunas trituradoras domesticas pueden picar tallos leños de menos de 3 a 4 cm de diámetro, también para ramas más gruesas, se puede utilizar trituradoras de alta resistencia esta materia triturada también se le puede utilizar como mulching en las jardinerías que son muy útiles.

Se pudo obtener que, en Julio del 2017 fue presentado en la Faculta de Ingeniería de la Universidad Politécnica Salesiana, un trabajo de grado el Diseño y construcción de una maquina picadora de hierba y caña para alimentar el ganado vacuno en el sector el porvenir perteneciente a la parroquia Gualea por Jefferson Nogales, Jonathan Andrade, como requisito para obtener el título de Ingeniero Mecánico [1].

También, en junio del 2019 se realizó la creación de una maquina picadora y trituradora de especies forrajeras para alimentación de ganado en la provincia de Chimborazo, parroquia Calpi elaborado por Eugenia Naranjo, Carlos Santillán, Daniela García y Rodolfo Pilco. El objetivo de este proyecto fue el mejorar algunos procedimientos que se requiere para elaborar y optimizar el alimento para el ganado ya que el alimento debe tener un alto contenido nutricional, minerales, vitaminas y debe ser constante, ellos describen que una picadora de forrajes no es más que una máquina que se puede utilizar para convertir en pequeñas partículas de diferentes tipos de plantas que los animales ingieren como alimento [2].

2.2 MARCO REFERENCIAL

2.2.1 Introducción al marco referencial

El proceso de picado ha logrado mucha popularidad en la cosecha de forrajes, las picadoras se utilizan para disminuir el tamaño de materiales verdes o secos. Esta máquina permite el picado de materiales resultado de la poda o cosecha de forrajes, de este modo las maquinas picadores también se pueden dividir en estacionarias o de campo. Las maquinas estacionarias son utilizadas para picar los materiales como maíz, remolacha, vegetales y heno a diferencia de las máquinas de campo están son utilizadas para corte de material verde y seco. También existen diferentes tipos de picadoras de acuerdo a sus características de fabricación [3].

2.2.2 Tipos de picadoras

Tabla 2. 1: Tipos de picadoras

Tipo de Equipo	Proceso	Material	Ejemplos
Trituradora de mandíbula	Tiene un proceso compacto, trituración gruesa y preliminar.	Pueden ser duros, semiduros y material frágil.	Se puede introducir cerámica o materiales de construcción
Molino de rotor	Trabaja por impacto y tritura con demasiada rapidez.	Se utilizan blandos y fibrosos.	Se colocan minerales y cereales, granos.
Molinos de corte	Por corte	Se utilizan materiales elásticos, blandos, semiduros y fibrosos	Se introducen desechos orgánicos e inorgánicos, forrajes, cuero.
Molinos de discos	Por corte y fricción	Se utilizan materiales duros y abrasivos	Se introducen cemento húmedo, carbón, suelo
Molinos de mortero	Por fricción y trituración fina.	Se utilizan materiales húmedos y secos	Se colocan materias primas y productos finales farmacéuticos
Molinos de bolas	Por fricción y trituración fina.	Materiales no abrasivos	Elaboración de cemento seco.
Molinos de martillos	Por corte y trituración fina.	Se utilizan materiales blandos, semiduros, húmedo y seco.	Se introducen forraje, ramas, basura orgánica e inorgánica.

2.2.3 Ventajas y desventajas de diferentes tipos de trituradoras

Trituradora de mandíbulas

Ventajas

- Se utiliza para materiales duros
- Velocidades medias
- Altas capacidades

Desventaja

- Necesita alta potencia
- Un costo alto
- Se necesita una trituración secundaria

Picadora de molinos de rotor

Ventaja

- Realiza el trabajo con demasiada rapidez

Desventaja

- Sirve solo para materiales blandos y fibrosos
- Un costo alto

Picadora de molino de martillos

Ventaja

- Realiza el trabajo con demasiada rapidez
- Fácil de dar mantenimiento
- Permite cortar diferentes tipos de materia orgánica
- Permite picar y triturar los materiales para obtener mejores resultados.

Desventaja

- El motor es alimentado por combustible
- La tolva de entrada es fija
- Emisiones de CO₂

2.2.4 Selección del tipo de picador

La máquina a construir es una maquina picadora de materia orgánica se seleccionó debido a que tiene varios aspectos importantes tanto como su diseño y proceso de picado ya que consta de cuchillas que van pican el material suave y los martillos a las cuales están acoplados a un eje secundario para ir las golpeando los materiales secos y proporcionando un material de la medida deseada, por otro lado la construcción y el montaje de las piezas son muy fáciles de ir las acoplando y su encendido es sencillo ya que tiene un motor de combustión interna, este tipo de máquinas tiene un proceso de picado demasiado rápido y su mantenimiento es muy sencillo permitiendo cortar diferente tipos de materia orgánica.

Además, esta incorporado una malla que permite la salida del material de dimensión pequeñas debido a que tiene perforaciones por toda el área del elemento. Su movilidad es muy fácil ya que no pesa mucho y se puede trasladar de un punto a otro sin mucho esfuerzo físico.

2.3 Cuchillas de trituración

Son cuchillas que tienen un alto rendimiento debido a su afilado, rendimiento de sus bordes de corte, también fabricado en un acero muy resistente y de alta calidad. Este tipo de cuchillas permitirá realizar cortes de diferentes tipos de material orgánico como puede ser ramas de árboles, maíz entre otros soportando todos los esfuerzos para el corte [4].

2.4 Acero utilizado

2.4.1 Ángulos de acero

Son un tipo de productos laminados que sus dimensiones tienen forma de ángulo recto estos pueden llegar ser de igual o diferente longitud, sus caras suele ser paralelas entre sí. Este material es utilizado en construcciones, vigas, carrocerías para vehículos, puertas, ventanas, herramientas manuales, para refuerzos etc. Estos pueden llegar a ser fáciles de cortar, soldar, dar forma y maquinarse.

2.5 Motor de combustión de gasolina

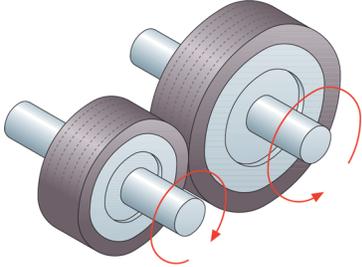
Es una máquina capaz de transformar un fluido inflamable en energía, y esta energía convertirla en calor para luego ejercer un movimiento, este es el propósito de los motores de combustión interna, está conformada por un bloque del motor es una pieza principal que da forma a un propulsor, en el interior de este bloque se encuentra los cilindros en donde se encuentran los pistones que suben y bajan, estos elementos deben estar fabricados manométricamente, los pistones es quienes se encargan de mover los gases también consta de un cárter, culata, cigüeñal existen diferentes tipos de motores de combustión entre ellas encontramos de dos tiempos y de cuatro tiempos. [5].

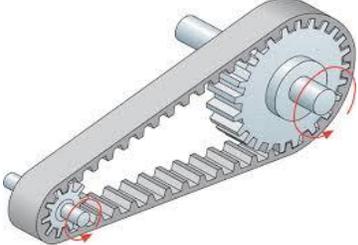
2.6 Sistemas de transmisión de potencia

Son sistemas que tienen como objetivo llevar a los diferentes elementos de una máquina de potencia y el movimiento que se da por un elemento motriz en este caso el motor, con la finalidad de que la máquina pueda cumplir y funcionar el rol para la cual fue diseñada.

Existen diversos métodos de transmisión de potencia, ver tabla 2.2:

Tabla 2. 2: Tipos de sistemas de transmisión de potencia

TIPO DE SISTEMA	DEFINICIÓN
 <p data-bbox="467 1493 711 1524">Ruedas de fricción</p>	<p data-bbox="943 1209 1438 1623">Es un sistema constituido por dos ruedas que mediante el rozamiento de sus bordes transmiten la potencia. La presión que existe entre estos elementos es lo que permite comunicar el movimiento, por tanto, de este parámetro dependerá la eficacia del mecanismo.</p>

 <p data-bbox="542 457 634 489">Correa</p>	<p data-bbox="943 191 1443 611">Sistema de transmisión en el cual la fuerza se transmite mediante el giro de dos poleas son utilizados cuando se necesita evitar el resbalamiento y obtener un buen sincronismo entre los ejes a las cuales están conectados. Este sistema permite obtener ventajas que son silenciosos, absorber choques.</p>
 <p data-bbox="537 911 639 942">Cadena</p>	<p data-bbox="943 632 1443 1104">Cuentan con una cadena con piñones unidos a árboles o ejes de transmisión. El movimiento se ejecuta por el empuje de los rodillos sobre los dientes de la polea y no permite el resbalamiento, su peso es menor en distancias entre ejes y las cadenas poseen resistencia óptima para la transmisión.</p>
 <p data-bbox="521 1409 656 1440">Engranaje</p>	<p data-bbox="943 1127 1443 1545">El sistema transmisión de potencia se realiza mediante ruedas dentadas, debido al movimiento al intercalarse los dientes entre sí, existen varios tipos de ruedas en el mercado. Su función principal es que movimiento no genera deslizamiento, dando como resultado un buen rendimiento en el sistema.</p>

 <p data-bbox="493 590 683 625">Correa y polea</p>	<p data-bbox="943 195 1438 667">Este sistema de transmisión consiste en un conjunto de poleas unidas por medio de una correa con el objetivo de transmitir fuerza y velocidad angular a árboles que están de forma paralelas que se localizan a ciertas distancias de diseño. Este tipo de correa consisten en brindar un mejor sincronismo entre los ejes de entrada y salida. Una de las ventajas de este sistema es que se puede utilizar para dar acción de embrague.</p>
---	---

2.6.1 Chumacera

Son elementos muy utilizados en las industrias puesto que son utilizadas ampliamente para soportar cargas en máquinas rotatorias que giran a alta velocidad, también brindan apoyo a ejes de rotación están diseñadas con el fin de brindar apoyo a la rotación, primordialmente en el trabajo de cargas que pueden ser ligeras hasta pesadas lo que son utilizadas ampliamente en bombas y transportadoras, este tipo de chumaceras cuentan con un sistema de auto lubricante el cual les permite almacenar lubricante, dando como resultado que no requieren de un mantenimiento muy seguido y por lo cual se obtiene un vida útil del cojinete [6].

2.7 Diseño de Bastidores

Un bastidor es un armazón de un material elegido de acuerdo al trabajo que va a realizar el cual soportará a los sistemas de una máquina; existen varios tipos según la actividad a realizarse, tamaño, diseño, componentes estructurales, maquinabilidad, material y costo.

- Para su diseño se debe tomar algunos aspectos:
- El espacio donde se realizará el trabajo
- Debe consistir en una fácil instalación para su adecuado mantenimiento
- El tipo de trabajo que va a realizar
- Una correlación con otros elementos
- Las vibraciones que pueden provocar los equipos
- Su proceso de maquinación para diferentes tipos de construcción [7].

2.8 Uniones soldadas

Consiste en la técnica utilizado por los soldadores para realizar la unión de dos o más elementos o piezas a través del arco eléctrico. Una soldadura es una unión entre zonas metálicas obtenida por la aplicación localizada de calor. Existen los siguientes tipos principales de uniones por soldadura: a tope, de monta, en T, en ángulo, de tapón, con riostra, de botones [8].

Una de las formas de realizar dicha unión, entre los procesos de mayor utilización son aquellos que emplean como fuente de calor el arco voltaico, tales como:

2.8.1 Soldadura (MIG/MAG ó GMAW)

Este procedimiento, conocido también como soldadura MIG/MAG, consiste en conservar un arco entre un electrodo de hilo sólido continuo y la pieza a soldar. Tanto el arco como el baño de soldadura se protegen mediante un gas que puede ser activo o inerte. Este procedimiento es muy utilizado para unir la mayoría de materiales existentes. Este proceso brinda una ayuda mediante un soplete el cual envía un flujo de gas el cual tiene como objetivo proteger de la contaminación atmosférica al hilo electrodo, al material base, el arco y al baño fundido. Este sistema cuenta con elementos como el generador, el soplete con has de cables, alimentador de hilo, Grupo de enfriamiento por agua, bomba de gas con sistema de regulación, borne de cable de masa. Los gases empleados pueden ser argón, helio, anhídrido carbónico y mezclas activas.

2.8.2 Soldadura manual por arco eléctrico SMAW

La soldadura SMAW es una las técnicas más antiguas y eficaces de los diferentes tipos de soldadura de arco. El arco eléctrico es mantenido entre la punta de un electrodo revestido y la pieza a unir. Las partículas de metal derretido son unidas a través del arco y son transformadas en un cordón de soldadura, se produce un gas el cual es el producto de la descomposición del elemento fundente que envuelve el electrodo además, este fundente puede producir algunos elementos que complementan aleaciones, la escoria derretida cubre todo el área del cordón de soldadura que protege y aísla de la atmosfera al material soldado en el proceso de solidificación y permite dar una forma al cordón [9].

2.9 Diseño de la picadora

El software de SOLIDWORKS es una plataforma de CAD, CAM, CAE o software de diseño asistido por computadora para modelar y ensamblar planos en 3D y 2D, cuenta con un sistema paramétrico que permite obtener la relación entre la intención del diseño planteado y la respuesta del diseño resultante, se puede manufacturar productos para la elaboración de planos y modelado de simulaciones mecánicas, térmicas, hidráulicas. Brindándonos acabados muy reales gracias a los elementos y materiales que componen a este software.

DESARROLLO DE LA PROPUESTA

3.1 METOLOGÍA

3.1.1 Introducción a la metodología

En este punto del trabajo de investigación se diseña y dimensiona cada uno de los elementos mecánicos que se ocuparan para la construcción de la máquina picadora de materia orgánica, estas se deben acoger a normativas técnicas y específicas (NTP 235) las cuales cumplan con factores de seguridad de la máquina.

3.1.2 Metodología de diseño

Dado el presente proyecto, se utilizará métodos de carácter cualitativo el cual permitirá identificar los requisitos de diseño para efecto de la máquina, las características de funcionamiento y los atributos de la misma y cuantitativo ya que mediante el uso de ecuaciones y modelos matemáticos se logrará diseñar un sistema sólido, para tal se plantea el uso de tablas que determinan mediante ponderación numérica una característica y se selecciona el modelo más apropiado para el diseño del sistema.

A continuación, se detalla la metodología a seguir en este proyecto, ver figura 3.1:



Figura 3. 1: Metodología para el diseño de la máquina.

3.2 Análisis funcional

3.2.1 Requerimientos iniciales del sistema

Para comenzar a diseñar una máquina, se deben determinar sus parámetros funcionales, tales como:

- Resistencia al corte de los tallos de Guabo por ser el material más duro a picar.
- Velocidad y potencia de corte.
- Capacidad de picado de la máquina.
- Elementos constitutivos de la máquina.

Para la construcción de la máquina, se debe cumplir con las siguientes características del diseño ver la tabla 3:1.

Tabla 3. 1: Requerimientos a cumplir.

FUNCIONES
La máquina debe picar tallos de Guaba de 1.20 m de largo aproximadamente.
Los tamaños cortados serán de 0.02- 0.04 m de largo aproximadamente.
La máquina picara aproximadamente 140 kg de tallos en una hora
ENERGÍA
La energía utilizada será proporcionada por un motor a gasolina.
SEGURIDAD
El montaje uso y mantenimiento se deberán realizar de acuerdo a las instrucciones del fabricante.
Nivel de seguridad suficiente a fin de preservar a las personas y a los bienes, derivados de la instalación, funcionamiento, mantenimiento y reparación de la máquina.
ERGONOMÍA
Los componentes de la máquina deberán ser cómodos el acceso para las operaciones de mantenimiento montaje y desmontaje después de realizar las operaciones de trabajo.
En la máquina debe estar ubicado el banco de trabajo el interruptor de encendido debe permitir una postura adecuada para poder ingresar el material.

No mantener ruido excesivo sobre el ambiente.
FABRICACIÓN
El montaje de la máquina no debe ser compleja.
Los materiales para los diferentes componentes de la maquina se elegirán de acuerdo a los requerimientos de resistencia y calidad del material.
Este prototipo debe contar con una buena estabilidad y rigidez en su diseño.
Para el sistema de transmisión los elementos móviles deben estar protegidos para prevenir todo tipo de peligros para evitar accidentes con el operador.
El sistema de transmisión se realizará por medio de un sistema de poleas y correas.
Los elementos de la maquina estarán diseñadas de una forma sencilla y una fácil manufactura, los componentes se deben encontrarse disponibles en el mercado.
Los componentes del mecanismo deben aprobar un encaje y funcionamiento en cabida reducido.
SEÑALES
Implementación de etiquetas de advertencia para prevenir accidentes en la operación de la máquina.
FUNCIONAMIENTO
La puesta en marcha de la máquina solo será posible cuando estén garantizadas las condiciones de seguridad para las personas que operen la máquina.
No haga ruidos molestos para el operador.
MANTENIMIENTO
Los elementos que componen la máquina deben ser fáciles de reemplazar y se pueda encontrar en el mercado para su respectivo cambio.
La máquina debe contar con un acceso adecuado para realizar los respectivos mantenimientos de regulación, limpieza, engrasado, cambio de aceite, revisión de filtros de aire, gasolina, bujía del motor y su respectiva verificación.

3.2.2 Estructura Funcional

Para este proceso en la metodología se detalla los requerimientos iniciales a cumplir para la selección correcta de cada parte de la máquina, por tanto, se delimita al material más denso que va estar sometida teniendo en cuenta las variables del tiempo, corte generado y la cantidad de material ver la tabla 3.2:

Tabla 3. 2: Las variables

Variables	Indicador
Tiempo	Cuanto se demora en picar el material.

Corte generado	Tamaño del material picado en mm.
Cantidad de material	Carga orgánica picada diaria.

3.2.2.1 Características del producto a picar y triturar

Para seleccionar el tipo de maquina se debe conocer las características del material a picar, y se consideran los residuos más duros los cuales son más difíciles de cortar. En el proceso de picado la humedad puede jugar un papel muy importante este puede facilitar o dificultad el proceso de corte y trituración, para algunos materiales orgánicos con contenido de humedad de mayor de 2 o 3% puede provocar un embotamiento y puede afectar la capacidad de producción y la eficiencia de corte y trituración [10].

3.2.2.2 Proceso de reducción de tamaño de residuos sólidos orgánicos

La reducción de tamaño es la acción de la magnitud de la fuerza mecánica aplicada tal como compresión, esfuerzo cortante e impacto y otros componentes que afectan al proceso de reducción de tamaño, algunos factores considerables para el proceso de reducción de tamaño son la unidad de energía o la potencia consumida. [11]

3.2.2.3 Naturaleza de las fuerzas utilizadas en la Reducción de tamaño

En este el autor muestra que en general, se pueden distinguir tres tipos de fuerzas de las que, en cualquier proceso de corte y trituración, suelen operar más de una. Las fuerzas que predominan en las trituradoras son las siguientes [10].

Tabla 3. 3: Naturaleza de las fuerzas de triturado.

Fuerza	Principio	Aparatos
Compresión	Compresión (cascanueces)	Rodillos trituradores
Impacto	impacto (martillo)	Molino de martillos
Cizalla	Frotamiento (piedra de molino)	Molino de discos

3.2.3 Diseño conceptual

3.2.3.1 Tipos de sistemas

Para saber el tipo de sistemas que se va a utilizar con la construcción de la máquina picadora de materia orgánica, se debe seleccionar el modelo de la máquina tomando en cuenta las ventajas y desventajas que nos brinda este tipo de maquinaria.

Al tener el modelo de máquina se obtiene los diferentes tipos de sistemas que son:

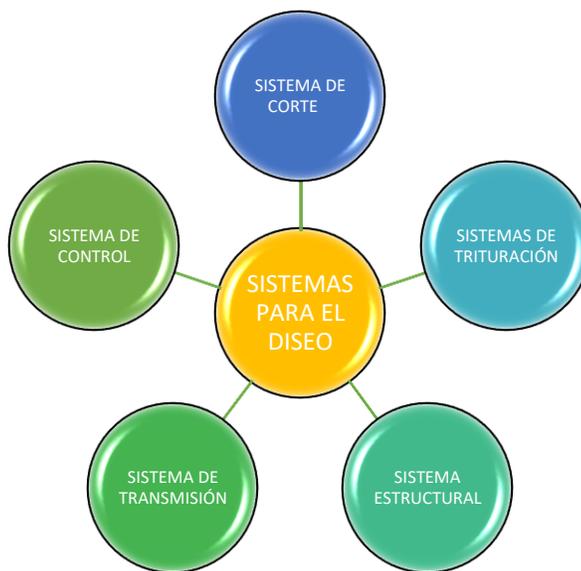


Figura 3. 2: Sistemas de la máquina.

3.2.3.2 Sistema de corte

El sistema de corte de tambor, en los rotores el cilindro es ancho, y es mayor a medida que aumenta la potencia de las máquinas, en la superficie se sitúan las cuchillas formando hélices alrededor del cilindro, en número variable.

El sistema de corte de tambor, en los rotores el cilindro es ancho, y es mayor a medida que aumenta la potencia de las máquinas, en la superficie se sitúan las cuchillas formando hélices alrededor del cilindro, en número variable [12].

Tabla 3. 4: Sistema de corte de tambor

Ventajas	Desventajas
El borde cortante de las cuchillas pasa por el contrafilo en una posición algo tangencial.	Dificultad en la construcción.

Con esto, se logra un trabajo de picado más uniforme y suave.	Dificultad en el afilado de las cuchillas, debido a su forma helicoidal.
El ángulo de corte es mayor.	Mayor costo de fabricación, por su volumen y mayor número de cuchillas.
La longitud de las cuchillas es mayor, con lo cual se puede cortar un mayor número de cañas.	

3.2.3.3 Sistema de trituración

Los martillos se componen de un rotor giratorio en el que se instalan unos bloques de acero que tienen un orificio en uno de sus extremos que se denominan martillos.

El rotor dispone de 3 ejes que se pasan a través de los orificios del martillo. El eje está en lo que se denomina la cámara de corte. En esta cámara hay instaladas unas placas reforzadas donde el material se golpea empujado por los martillos.

Debajo del rotor se instala una malla para controlar la granulometría del producto triturado. El producto no saldrá de la cámara de trituración hasta que sus partículas no tengan un diámetro inferior al del orificio de la malla.

Por lo tanto, se realizará gran cantidad de cortes sobre el mismo elemento hasta que los trozos obtengan el tamaño adecuado para pasar a través de la malla con una amplia gama fácilmente intercambiando la trituración por martillos [11].

3.2.3.4 Sistema estructural

Los sistemas estructurales es el conjunto de elementos resistentes que vinculados entre sí transfieren las cargas de la edificación a los apoyos avalando el equilibrio, la estabilidad y sin sufrir imperfecciones o deformaciones incompatibles.

El sistema estructural de la máquina consta con diferentes tipos de acero ya que cada tipo de elemento está sometido a diferentes tipos de fuerza, por lo tanto, se utilizó el software de SOLIDWORKS y ecuaciones algebraicas, permitiendo seleccionar el mejor material para la construcción de la máquina bajo los costos, especificaciones y característica de los catálogos del material [12].

3.2.3.5 Sistema de control

El controlador de motor más simple es un interruptor de encendido y apagado ordinario que conecta el motor a la fuente de alimentación. Este interruptor puede ser manual o un relé conectado a un sensor automático con el fin de proporcionar elementos de lógica para arrancar o detener el motor [11].

3.2.3.6 Sistema de transmisión

Es uno de los elementos más importantes, su función es la de transmitir el giro al eje de la máquina y reducir o aumentar la velocidad de salida del motor para así obtener la velocidad que se requiere en los elementos de corte y trituración. Para la transmisión de potencia desde la máquina motriz o motor al eje de la máquina conducida se emplea un sistema de transmisión de correas. Los mecanismos de transmisión son los encargados de transmitir el movimiento necesario a los distintos elementos de la máquina [11].

3.2.3.7 Transmisión por correas

La transmisión consta de dos poleas conectadas entre sí por medio de una correa plana o una faja en forma de V. La transmisión de correa tiene un cierto patinaje, que impide su uso en mandos sincronizados. El patinaje puede tener un valor de hasta 5%, lo que depende especialmente del ángulo de contacto entre polea y correa. Este tipo de transmisión es ampliamente utilizado en maquinaria agrícola, donde la distancia entre ejes sea relativamente grande. Esta transmisión no es adecuada para transferir cargas pesadas a baja velocidad [17].

Tabla 3. 5: Ventajas y desventajas de la transmisión por correas.

Ventajas	Desventajas
Funciona como amortiguador, Facilidad de instalación y reemplazo.	No permite el uso de mandos sincronizados.
Trabaja silenciosamente hasta velocidades lineales de 25 m/s. Bajo costo de mantenimiento	Es necesario controlar la tensión en la banda, para evitar su rotura o desalineamiento
Elevada capacidad de empuje.	Menor tiempo de vida
Disminuyen el volumen de la máquina	

Son elásticos y de gran longitud, por lo que absorben cargas de choques y vibraciones	
Buena resistencia a la fatiga.	
Transmite potencia entre ejes paralelos. No requieren lubricación.	

3.2.4 Diseño de detalle

3.2.4.1 Diseño y dimensionamiento de componentes

Con la utilización de ecuaciones matemáticas se establecerá los datos necesarios para el diseño de cada complemento de la máquina para su pertinente cálculo. Para la operación de la velocidad, potencia de corte se tomó como guía la investigación [12].

Velocidad y potencia de corte

La velocidad de ingreso de los tallos de guabo es una postura conveniente insigne que se debe definir porque de ahí se empezó, para el cálculo y diseño de la trituradora.

Volumen a triturarse de tallos

Para calcular la velocidad empezamos de la capacidad de la máquina. El volumen de los tallos de guaba a picarse a diario es.

$$v = \frac{c}{\delta} [m^3/h] \quad (3.1)$$

Donde:

v: Volumen de los tallos [m^3/h].

c: Peso del tallo con función al tiempo (capacidad [kg]).

δ : Densidad de los tallos (guaba) [kg/m^2].

Números de tallos a triturarse por hora

$$tallos = \frac{v}{vt} \left(\frac{tallos}{hora} \right) \quad (3.2)$$

Donde:

v: Volumen de los tallos [m^3/h].

vt: Volumen de un tallo[m³/h].

Velocidad de entrada de los tallos

$$V_1 = \frac{N^{\circ}tallos}{min} * Lc \left[\frac{m}{s} \right] \quad (3.3)$$

Donde:

Lc = Longitud de tallos[m].

V₁ = Velocidad de ingreso[m/s].

Bandeja de alimentación

El diseño de la bandeja de alimentación avala el ingreso conveniente de los tallos hacia el rotor picador, para lo cual se debe tomar una fuerza ligera de inclinación en la bandeja para aprovechar el peso de los tallos en la alimentación.

Relación entre el número de revoluciones y el número de cuchillas, en el rotor

Las cuchillas estarán preparadas en el volante de tal manera que piquen medio centímetro a la vez por cada cuchilla. El rotor dispone con tres cuchillas diametralmente contrapuestas en el disco del rotor, 12 martinetes y tres ejes porta martinetes. Es decir, que cada cuchilla estará a 120°.

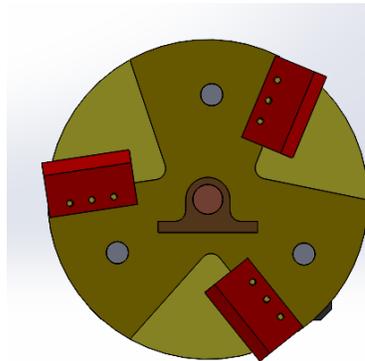


Figura 3. 3: Número de Revoluciones vs. Número de Cuchillas.

Fuente: Autores del proyecto

El volante debe atravesar π radianes en igual tiempo que el tallo recorre 1 cm, para esto es muy importante que los tiempos sean iguales. Se tiene las siguientes ecuaciones.

$$\begin{aligned}
 w &= \frac{\theta}{t} \\
 v &= \frac{d}{t} \\
 \frac{\theta}{w} &= \frac{d}{vi} \\
 w &= \frac{\theta * vi}{d} \text{ [rpm]}
 \end{aligned}
 \tag{3.4}$$

Donde:

w: Velocidad angular[rpm].

d: Desplazamiento de los tallos[m/s].

vi: Velocidad de entrada de los tallos[m/s].

Torque requerido para el corte

El total de área de la boca por donde ingresan los tallos al volante picador es de:

$$\begin{aligned}
 R &= \frac{F}{A} \\
 F &= R * A \\
 T &= F * r \text{ (N)}
 \end{aligned}
 \tag{3.5}$$

$$\tag{3.6}$$

Donde:

R: Resistencia de corte[kg/cm²].

A: Área transversal[cm²].

Potencia de corte

Se opera la potencia de corte con función al torque exigido y la velocidad angular del volante.

$$P_c = T * W \text{ [HP]}
 \tag{3.7}$$

Donde:

T: Torque requerido[N].

W: Velocidad angular[rpm].

Diseño del rotor

El rotor está formado por: Volante, cuchillas (3 unidades), martinets (12 unidades), eje hueco, eje de martinets (3 unidades), separadores de martinets (12 unidades).

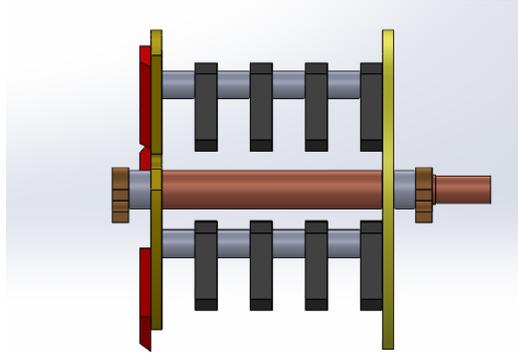


Figura 3. 4: Diseño del Rotor.

Fuente: Autores del proyecto

En el momento que se estableció el número de cuchillas, martinets y separadores, debemos encontrar las dimensiones requeridas del volante, las cuales diseñamos en función de la Energía Cinética y la Inercia del mismo.

Diseño de cuchillas

Para el diseño de cuchillas se tomará como referencia la busca realizada en la tesis.

Las cuchillas tendrán una forma que permita fijarlas al volante por medio de tornillos y una inclinación que asegure el corte del tallo en las dimensiones establecidas [11].

Con base en el proceso de la cizalla se realiza el diseño del filo de las cuchillas. Donde los elementos son los siguientes:

- Cuchilla.
- Tallo.
- Contra cuchilla.

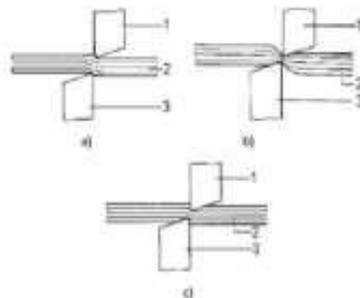


Figura 3. 5: Proceso de cizallado.

Fuente: [13]

Esfuerzo cortante

Una característica de un juego de cuchillas es que sus aristas cortantes son vivas, y el juego entre estas muy reducido para asegurar un corte limpio. Para su diseño se utilizará la ecuación:

$$\tau = \frac{P}{A} = \frac{P}{2A} \quad (3.8)$$

Donde:

τ : *Tao o Esfuerzo máximo*

P = Fuerza[N]

A = Área[mm]

Área de la cuchilla que soporta la carga

$$\tau = \frac{F}{A}$$
$$A = \frac{F}{\tau} [mm^2] \quad (3.9)$$

Donde:

τ : Esfuerzo cortante [Nmm²].

F: Fuerza de corte del alimento[N]

A: Área de la cuchilla que soporta la carga[m].

Determinación del espesor de la cuchilla

$$A = e * L$$
$$e = \frac{A}{L} [mm] \quad (3.10)$$

Donde:

e : Espesor [mm].

A : Área transversal [mm²]

L : Longitud de la cuchilla [mm]

Relación de transmisión

Una de la función de las bandas aparte de la transmisión de potencia es aumentar el par de torsión y disminuir la velocidad o viceversa, al expresar numéricamente se tiene que:

$$K = \frac{W_2}{W_1} \quad (3.11)$$

Donde:

K : Relación de transmisión.

w : Velocidad angular[rpm].

Selección de poleas

Las poleas que *se* usan para transmisiones con correas, se elaboran con distintos materiales, siendo las más comunes fundiciones de hierro, acero y aleaciones ligeras. A veces se encuentran poleas de madera (muy antiguas) y de plástico. Hoy las dimensiones de las poleas están normalizadas.

Para determinar los diámetros de las poleas conductora y conducida se utilizará la ecuación de relación de transmisión, partiendo del diámetro primitivo de la polea conductora (D_1):

$$\frac{W_1}{W_2} = \frac{D_2}{D_1} \quad (3.12)$$

Donde:

W_1 : Velocidad angular de la polea conductora[rpm].

W_2 : Velocidad angular de la polea conducida[rpm].

D_1 : Diámetro de la polea conductora[in].

D_2 : Diámetro de la polea conducida[in].

Sobre esta base se calcula el diámetro primitivo de la polea del eje del rotor, d_2 .

$$\frac{W_1 * d_{p1}}{2} = \frac{W_2 * d_{p2}}{2} [pul] \quad (3.12)$$

Donde:

d_{p2} : Diámetro primitivo de la polea[in].

W_1 : Velocidad angular de la polea conductora[rpm].

W_2 : Velocidad angular de la polea conducida[rpm].

Distancia entre ejes (C)

Para establecer la distancia entre ejes y determinar la geometría de la máquina, se consideran los límites que establecen que la distancia entre centros no debe exceder de 3 veces la suma de los diámetros de las poleas, ni ser menor que el diámetro de la polea más grande; es decir:

$$D2 \leq C \leq 3(D1 + D2) [mm] \quad (3.13)$$

Donde:

$D1$: Diámetro de la polea conductora[in].

$D2$: Diámetro de la polea conducida[in].

Cuando no se tiene pre establecido la distancia entre ejes, la distancia mínima se puede determinar con la siguiente ecuación:

$$C \geq \frac{(K+1)*D1}{2} + D1 [mm] \quad (3.14)$$

Longitud primitiva o de paso de la banda (Lp)

La longitud primitiva de la banda se determina con base a la distancia entre centros de los ejes y los diámetros de las poleas.

$$Lp = \left[2C + 1.57(D2 + D1) + \frac{(D2-D1)^2}{4C} \right] [mm] \quad (3.15)$$

Donde:

$D1$: Diámetro de la polea conductora[in].

$D2$: Diámetro de la polea conducida[in].

C: Distancia entre ejes[mm].

Ángulos de contacto

El ángulo con que abraza la correa a las poleas dependerá de los diámetros de estas últimas y de la distancia a la que se encuentran entre sí sus centros. Si los diámetros de ambas poleas son iguales, según se muestra en la figura 4.4 al ángulo con que abraza la correa a cada polea es 30° .

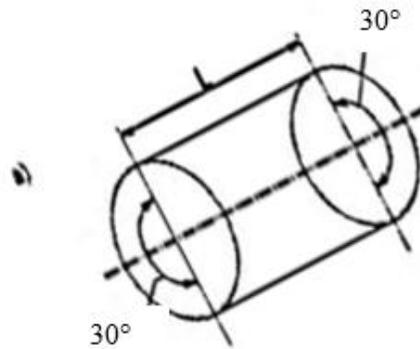


Figura 3. 6: Ángulo de contacto.

Fuente: [4].

Arco de contacto menor θ_s

El ángulo de contacto menor se determina mediante la siguiente ecuación:

$$\theta_s = 2 * \cos^{-1} \left(\frac{D_1 - D_2}{2 * C} \right) D_1 [rad] \quad (3.16)$$

Donde:

D1: Diámetro de la polea conductora[in].

D2: Diámetro de la polea conducida[in].

C: Distancia entre ejes[mm].

Perímetro interior (L)

El perímetro interior se determina restando de la longitud de paso L_p una constante de aumento de longitud paso, que para bandas entre 26 y 128 pulgadas es 1.3 pulgadas (33.02mm)

$$L = L_p - 33.02 D1 \text{ [mm]} \quad (3.17)$$

Donde:

L_p : Longitud de paso[mm].

Potencia nominal

Para el cálculo de potencia nominal que transmite cada banda se emplea la siguiente ecuación:

$$Hr = \left[C_1 1 - \frac{C_2}{d} - C_3 * (rd)^2 - C_4 * \log(rd) \right] (rd) + C_2 r \left(1 - \frac{1}{Ka} \right) (kw) \quad (3.18)$$

Donde:

Hr : Potencia nominal[kw].

d : Diámetro de paso de la polea menor[in].

C : Constantes para cálculo de la potencia de transmisión de la banda.

Potencia nominal corregida

Esta capacidad se basa en un arco de 30° y una longitud media de banda. Por esto se debe realizar la corrección correspondiente aplicando la siguiente ecuación:

$$Hr' = K_1 * K_2 * HrD1[HP] \quad (3.19)$$

Donde:

Hr'' : Potencia nominal corregida[kw].

K_1 : Factor de corrección por ángulo de contacto.

K_2 : Factor de corrección por longitud.

Número de bandas

Puesto que la potencia de diseño es 6.5 hp, el número de bandas necesarias es:

$$n_B = \frac{P_d}{Hr'} D1 \quad (3.20)$$

Donde:

Hr' : Potencia nominal corregida[kw].

P_d : Potencia de diseño[HP].

Velocidad de lineal de la correa

Para el cálculo de la velocidad lineal de la correa se emplea la siguiente expresión:

$$V_t = \frac{\pi * d * N}{60 * 1000} \quad (3.21)$$

Donde:

V_t : Es la velocidad lineal o tangencial de la correa[m/s].

d : Es el diámetro de la polea menor[mm].

N : Son las revoluciones por minuto (rpm) de la polea menor[rpm].

La velocidad lineal de una correa trapezoidal no debe sobrepasar los 30 m/s, dado que a partir de esta velocidad las fuerzas centrífugas son de una magnitud tal que podría desencajar la correa de la ranura de la polea. Si se necesitan velocidades superiores a los 30 m/s se deberá utilizar poleas especiales que eviten este inconveniente. Para finalizar con lo que respecta al sistema de transmisión por correas nos queda por definir el tipo de correa.

Diseño del árbol

El término árbol se refiere por lo común a un elemento relativamente largo de sección transversal redonda que gira y transmite potencia. Por lo general, uno o más partes como engranes, ruedas dentadas para cadenas, poleas y levas o excéntricos están fijos al eje por medio de pasadores, cuñas, estrías, anillos de cierre rápido y otros dispositivos [14].

Las ecuaciones utilizadas para el cálculo del eje y parte de la fundamentación teórica serán tomadas del libro [14].

Tensión de las bandas

En el sistema para bandas en V los dos lados de la banda están en tensión, como se ve en el gráfico siguiente.

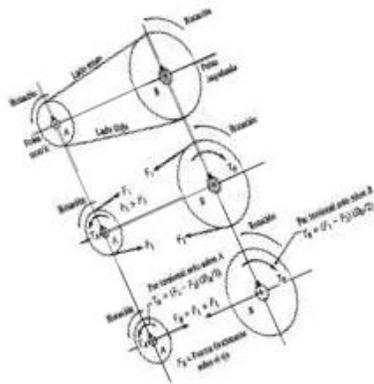


Figura 3. 1: Fuerza sobre las poleas.

Fuente: [14].

La tensión F_1 en el lado tenso es mayor que la tensión F_2 en el lado flojo y por ello hay una fuerza impulsora neta sobre las poleas.

La relación existente entre el lado flojo y el lado tenso está dada por la siguiente fórmula:

$$T_1 = T_2 * e^{f\theta} \quad (3.22)$$

Donde:

T1: Tensión en el lado tenso; [N].

T2: Tensión en el lado flojo; [N].

f: Coeficiente fricción.

θ : Ángulo de contacto.

La potencia transmitida por la banda es:

$$P = \frac{(T_1 - T_2) * v}{102} \quad (3.23)$$

Donde:

T1: Tensión en el lado tenso; [N].

T2: Tensión en el lado flojo; [N].

v: Velocidad; [m/s].

$$T_1 = \frac{102 * P * e^{f\theta}}{v(e^{f\theta} - 1)} \quad (3.23)$$

Concentración de los esfuerzos

Para montar los diversos tipos de elementos de la máquina en los ejes, en forma adecuada, un diseño típico contiene varios diámetros, cuñeros, ranuras de anillo y otras discontinuidades geométricas que producen concentración de esfuerzos.

Factor de concentración de esfuerzos K_t .

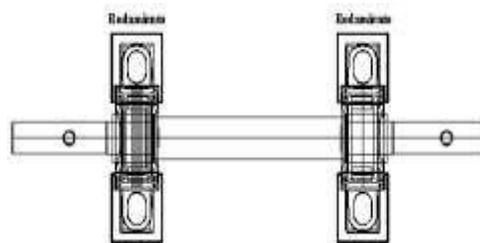


Figura 3. 2: Esfuerzos en el eje.

Fuente: [15].

Los valores de los Factores de concentración de esfuerzos se tomarán de datos utilizados por diseñadores más experimentados y que se encuentran descritos en el libro [14].

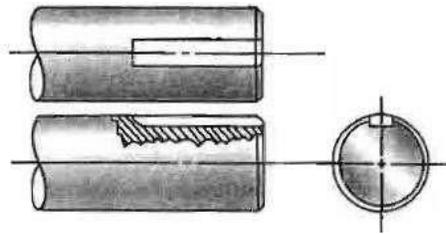


Figura 3. 3: Cuñero en trineo.

Fuente: [14].

$K_t = 1, 5$ y $2, 5$ Por los chaflanes en escalón agudo y redondeado respectivamente como muestra en la figura siguiente.

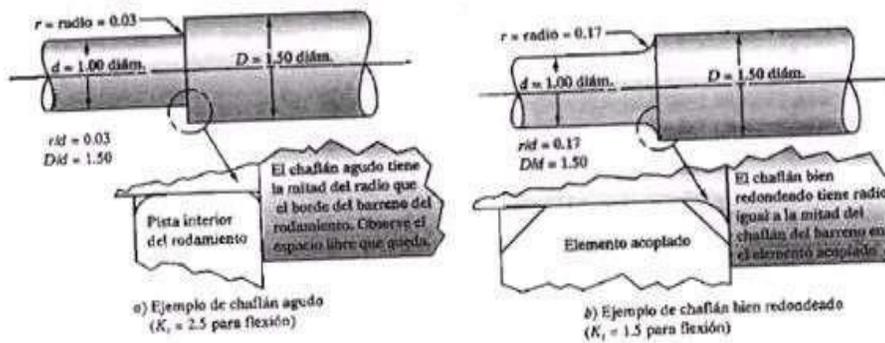


Figura 3. 4: Chaflanes de ejes.

Fuente: [14].

Diseño estático del eje

Con base en la teoría de la Energía de Distorsión, el diámetro del eje se calcula con la siguiente ecuación.

$$D = \left(\frac{32*n}{\pi*S_y} * \left(M^2 + \frac{3*r^2}{4} \right)^{\frac{1}{2}} \right)^{\frac{1}{3}} [mm] \quad (3.24)$$

Donde:

S_y : Esfuerzo de fluencia.

M : Momento flector máximo en el punto considerado[N].

T : Momento torsor en el punto considerado[N].

n : Factor de seguridad.

Resistencia a la fatiga real

Considerando que sobre el eje se produce una flexión alterna y una torsión invariable en el tiempo, que es el caso más común que se presenta en un eje de transmisión, se debe determinar el diámetro por una de las teorías de falla por fatiga. Empleando el método de Soderberg, con enfoque en la teoría de distorsión.

El límite de resistencia a la fatiga, completamente corregido es:

$$Se = Ka * Kb * Kc * Kd * Ke * Kf * Se' \quad (3.25)$$

Donde:

Se: Límite de resistencia a la fatiga del elemento mecánico.

Se': Límite de resistencia a la fatiga de la muestra.

Ka: Factor de superficie.

Kb: Factor de tamaño.

Kc: Factor de confiabilidad.

Kd: Factor de temperatura.

Ke: Factor de modificación por concentración de esfuerzo.

Kf: Factor de reducción en el caso de fatiga.

q: Sensibilidad a las ranuras.

Kt: Factor teórico para concentración de esfuerzo.

$$Se' = 0.5 * Sut$$

Selección de rodamientos

Para determinar la duración de diseño en horas se toma de acuerdo al tiempo al cual se diseña, con una velocidad de giro conocida normalmente en RPM, y el número de revoluciones de diseño para el rodamiento sería:

Para el eje de transmisión se empleará dos soportes de cojinetes, los cuales se determina en base a la resultante de Las reacciones tanto en el eje Z como en el eje Y.

$$R_A = \sqrt{E_{AY}^2 + R_{AZ}^2} [N] \quad (3.26)$$

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1.1.1 Introducción

Una vez comprendido el proceso para la elaboración de la máquina picadora de material orgánico, determinado el diseño y dimensionamiento de cada elemento bajo normativa estandarizada, se procede a su construcción, a su vez se valida los datos obtenidos con la ayuda de los cálculos realizados y el software SOLIDWORKS para la simulación del sistema que cumple la máquina, los cálculos realizados de cada componente se encuentran en el Anexo XI Memoria de cálculo.

4.1.2 Velocidad de ingreso de los tallos

Dada los detalles requeridos para el funcionamiento de la máquina, esto comprende sus parámetros iniciales requeridos, y los respectivos cálculos algebraicos de la velocidad de ingreso de los tallos se obtiene el resultado con los respectivos símbolos, esto se puede visualizar en la tabla 4.1:

Tabla 4.1: Resultados y símbolos

Nombre	Símbolo	Ecuación	Resultado
Volumen de los tallos a triturarse corresponde	m^3/h	3.1	$0.66m^3/h$
Volumen de los tallos de guaba	m^3	3.2	$8.482 * 10^{-4}m^3$
Números de tallos a triturarse por hora	$\frac{tallos}{hora}$	3.2	$259 \frac{tallos}{hora}$
Velocidad de entrada de los tallos	$\frac{m}{s}$	3.3	$0.8 \frac{m}{s}$

4.1.3 Bandeja de alimentación

La bandeja de entrada del material tiene una inclinación de 35° de tal manera que ayude a mejorar el ingreso de los tallos de las diferentes plantas a picarse, hacia el rotor. La bandeja

está elaborada de modo que la entrada sea más amplia y en la salida sea estrecha, esto asegura una alimentación uniforme por lo que se toma de referencia este parámetro como base para la forma de la bandeja de entrada que sea similar a una tolva de alimentación horizontal. El material seleccionado para la construcción de la tolva es de 3 mm de espesor en acero tol laminado en frío AISI A36.

Las especificaciones del material se encuentran en el (Anexo I). El largo de cada cuchilla es de 5 cm por lo que la boca de ingreso es de 5 cm de ancho y 9 cm de largo, esto se realizó con el objetivo de impedir que exista espacios donde la cuchilla no corte los tallos.

4.1.4 Relación entre el número de revoluciones y el número de cuchillas, en el rotor

Para hallar este cálculo se necesita la velocidad de entrada de los tallos y el diámetro de los tallos a picar, estos resultados se pueden observar en la tabla 4.:2:

Tabla 4.2: Relación entre el número de revoluciones

Nombre	Símbolo	Ecuación	Resultado
Relación entre el número de revoluciones y el número de cuchillas, en el rotor	<i>rpm</i>	3.4	3579 <i>rpm</i>

4.1.5 Torque requerido para el corte

De las pruebas realizadas se concluyó que la resistencia al corte de 3 kg/cm² y el área transversal de los tallos que ingresa al volante picador es 7.08 cm². Los cálculos obtenidos se pueden observar en la tabla 4:3 con sus respectivos símbolos.

Tabla 4.3: Torque requerido

Nombre	Símbolo	Ecuación	Resultado
Torque requerido para el corte	<i>Nm</i>	3.5 3.6	31.2 <i>Nm</i>

4.1.6 DIMENSIONAMIENTO DEL MOTOR

Con los cálculos realizados se selecciona el motor (modelo M06S200SG) y sus respectivas características se puede observar en la tabla 4.4:

Tabla 4.4: Características del motor

MODELO	M069200SG
POTENCIA(HP)	6.5
VELOCIDAD (rpm)	3600
FILTRO AIRE	DOBLE
CAPACIDAD TANQUE GASOLINA(L)	3.6
CAPACIDAD TANQUE ACEITE(L)	0.6
TIPO DE EJE	CON CHAVETA(CUÑA)
DIAMETRO DE EJE (in)	$\frac{3}{4}$
ALARMA ACEITE	SI
TIPO DE ARRANQUE	MANUAL
CONSUMO DE COMBUSTIBLE (gal/KWh)	395
SENTIDO DE ROTACIÓN	AGUJAS DEL RELOJ
PESO (kg)	16
CILINDRAJE (cc)	196

Las dimensiones del motor modelo M06S200SG se puede ver en la tabla 4.5:

Tabla 4.5: Dimensiones del motor

MODELO	LARGO	ANCHO	ALTO	PESO (Kg)
	L(mm)	A(mm)	H(mm)	
M06S200SG	376	312	335	16

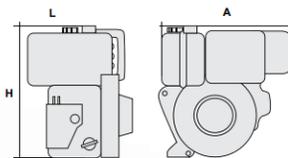


Figura 4.1: Dimensión del motor

Para comprender la operación del motor se grafica por medio de curvas en donde se observa la potencia, el consumo de energía y el torque como se puede ver en la figura 4.2:

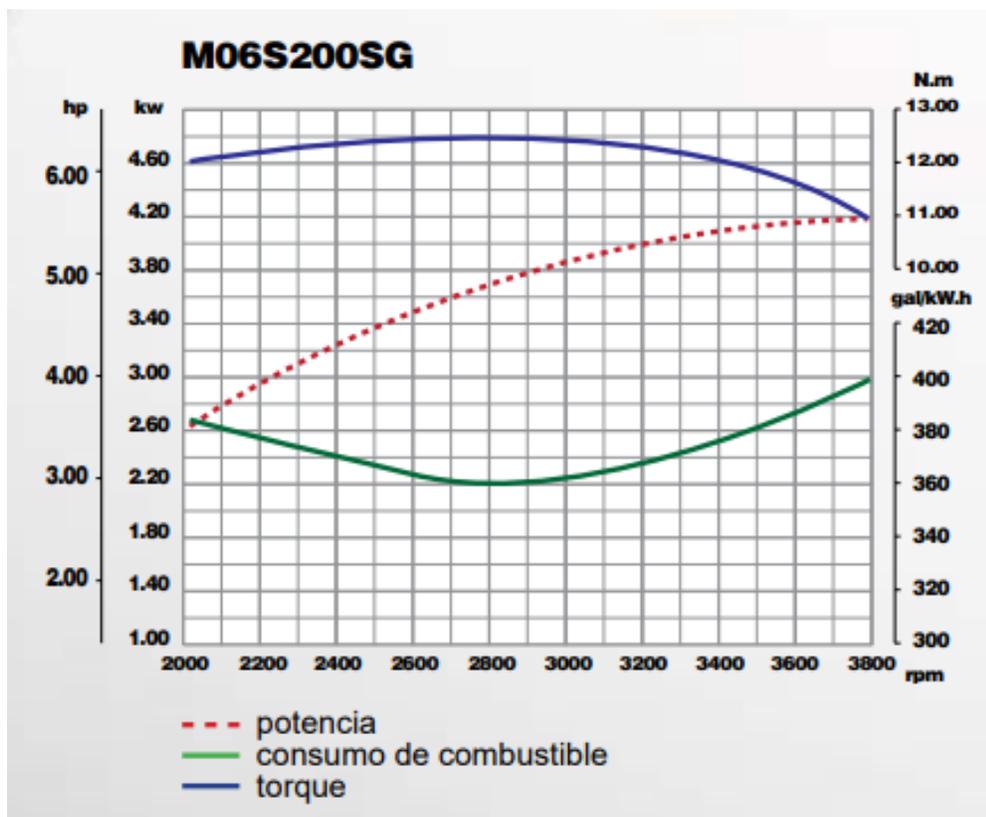


Figura 4.2: Operación del motor

De esta manera se puede dimensionar el motor para obtener las revoluciones y torque requerida, en nuestro caso tenemos un sistema de transmisión reductor el cual da como característica que disminuye las RPM y aumenta el torque.

4.1.7 Potencia de corte

Para ello se utilizó el valor calculado del torque requerido y la relación entre el número de revoluciones. Ver tabla 4.6:

Tabla 4.6: Potencia de corte

Nombre	Símbolo	Ecuación	Resultado
Torque requerido para el corte	H_p	3.7	15Hp

entonces, la potencia requerida es 15 HP, pero al guiarse con el catálogo de motores se denominó que se necesita un motor de 6.5 HP ya que este motor brinda 3600 rpm y en nuestro árbol se necesita los 3579 rpm ya que se asemeja mucho a nuestra velocidad angular entonces se necesita un motor de 6.5HP ya que se asemeja a la potencia mecánica necesaria en el eje del rotor para realizar el corte.

4.1.8 Cálculo de espesor del rotor

El volante es un elemento giratorio que actúa como depósito de energía cinética. El material del que estará hecho en volante es AISI 1018 (Anexo III), los cálculos se pueden ver en la tabla 4.7:

Tabla 4.7: Cálculo de espesor del rotor

Nombre	Símbolo	Ecuación	Resultado
Cálculo de espesor del rotor	Cm		2cm

el diámetro del volante se estableció en 300 cm. Para determinar masa del volante se emplea el método iterativo imponiéndose distintos espesores.

4.1.9 Diseño de cuchillas

El ángulo de corte del elemento de la cuchilla es de 45°. El cual ayuda a que se realice el cizallado entre la cuchilla y la contra cuchilla, el material seleccionado es un Acero K100 el cual tiene un proceso de temple, el cual hace muy resistente a este material ya que este acero es utilizado para las herramientas de corte de maquinarias agrícolas.

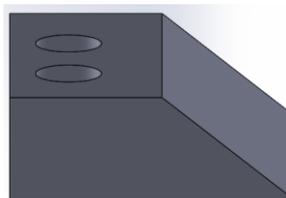


Figura 4.3: Diseño de la Cuchilla

Fuente: Autores del proyecto

La sujeción entre los dos componentes del volante y las cuchillas se lo efectúa por medio de pernos hexagonales de acero negro de 5/8 de diámetro. Estos pernos tienen una alta resistencia a la tracción y efectúan con las descripciones ASME B18.2.1, SAE J429. Realizados de acero grado 8, estos pernos se pueden utilizar en aplicaciones de alta tensión, como motores y sistemas de suspensión automotriz entre otros. Tiene un aproximado de 25% más resistentes s comparación de los pernos de acero de resistencia media.

El material que se empleó para los martinets o martillos es el AISI 4140 ya que este acero tiene un tratamiento térmico que le da mayor resistencia (Anexo III).

El material seleccionado para las cuchillas es Acero K100, es un acero con el proceso de temple este acero es utilizado para herramientas de piezas de corte en máquinas agrícolas, las propiedades y características del procedimiento a temple se detallan en el (Anexo IV).

Para obtener el espesor de las cuchillas se toma en cuenta la fuerza de corte requerida que es igual a 208N.

Las dimensiones de largo y ancho de las cuchillas quedaron establecidos de la siguiente manera:

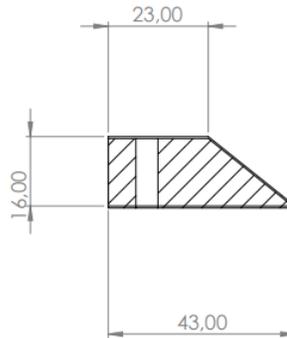


Figura 4.4: Dimensiones de las cuchillas

Para la dimensión de las cuchillas se puede observar la tabla 4.8:

Tabla 4.8: Dimensión de la cuchilla

Nombre	Símbolo	Ecuación	Resultado
Esfuerzo cortante	$\frac{N}{m^2}$	3.8	$530431.47 \frac{N}{m^2}$

Área de la cuchilla que soporta la cargar	mm^2	3.9	$3.92mm^2$
Determinación del espesor de la cuchilla	mm	3.10	$6mm$

4.1.10 Selección del motor

Se requiere un motor con 3579 rpm. Se les aproxima a los valores calculados con respecto a los que se encuentra en el mercado.

Motor a combustión	Potencia(hp)	RPM
	6.5	3600

Los 3579 se lograrán por medio del sistema de transmisión reductora de potencia.

4.1.10.1 Fuente de potencia

La fuente de potencia es de un motor con sus diferentes características:

Tipo: Motor de combustión.

Potencia Nominal: 6.5 hp

Velocidad Nominal: 3600 rpm

4.1.11 Relación de transmisión

La relación de transmisión de bandas o correas no debe exceder de 1 para una relación reductora, ya que se busca reducir los rpm para la dimensión adecuada ya calculada. Ver la tabla 4.9:

Tabla 4.9: Relación de transmisión

Nombre	Símbolo	Ecuación	Resultado
Relación de transmisión		3.11	0.9

4.1.12 Selección de poleas

Para la selección del diámetro primitivo de la polea conductora se toma ayuda de la guía de las tablas del catálogo de correas trapeziales de “Oleostatic”.

El diámetro primitivo de la polea menor se utiliza como guía las tablas a y b, ubicadas en el

(Anexo VI). La tabla “a” indica una medida basándose en la potencia y la velocidad angular, del cual se consigue un diámetro primitivo: $d_1 = 2$ pulgadas.

La tabla “b” se elige con base en el ángulo de garganta y el tipo de perfil de la correa, dando como resultado un rango de posibilidades para d_1 de ≥ 125 mm.

Entonces se calcula sobre esta base, el diámetro primitivo de la polea del eje del rotor, d_2 , ver en la tabla 4.10:

Tabla 4.10: Selección de poleas

Nombre	Símbolo	Ecuación	Resultado
Selección de poleas	<i>pulg</i>	3.12	2.5 <i>pulg</i>
Distancia entre ejes (C)	<i>mm</i>	3.13	$63.5 \text{ mm} \leq C \leq 342.9 \text{ mm}$
Distancia mínima entre ejes	<i>mm</i>	3.14	$C \geq 127 \text{ mm}$
Longitud primitiva o de paso de la banda (Lp)	<i>mm</i>	3.15	979.5 <i>mm</i>
Arco de contacto menor (θ_s)	<i>rad</i>	3.16	3.17 <i>rad</i>
Perímetro interior (L)	<i>mm</i>	3.17	964.48 <i>mm</i>

4.1.13 Potencia nominal transmisible por la banda

C: constantes para cálculo de la potencia de transmisión de la banda

C1: $3.316 \cdot 10^{-2}$

C2: 1.088

C3: $1.161 \cdot 10^{-8}$

C4: $5.238 \cdot 10^{-3}$

Ver en la tabla 4.11:

Tabla 4.11: Potencia nominal transmisible por la banda

Nombre	Símbolo	Ecuación	Resultado
Potencia nominal transmisible por la banda	<i>Kw</i>	3.18	2.6 <i>Kw</i>
Potencia nominal corregida	<i>Hp</i>	3.19	3.33 <i>Hp</i>

Determinación del número de bandas		3.20	2
------------------------------------	--	------	---

Se requiere 2 bandas. Las bandas que se utilizaron son de sección transversal en forma trapecio.

4.1.14 Cálculo del árbol principal

Para realizar cálculo de reacción es obligatorio el diagrama de cuerpo libre del árbol.

Los datos obtenidos de cálculos de los ejes se pueden ver en la tabla 4.12:

Tabla 4.12: Árbol principal

Nombre	Símbolo	Ecuación	Resultado
Velocidad lineal de la correa	m/s	3.21	12 m/s
Relación en el lado flojo	N	3.22	573.50N
Relación en el lato tenso	N	3.23	16.99N
Cálculo de reacciones. Plano X-Y	N		RBy = -905.038N RAy = 164.038N
Diagramas de cortante y momento flector plano X-Y	Nmm		Mc = 53722.4Nmm
Sección 3-3 (0.22x0.35)	Nmm		Mc = 58800.66Nmm
Cálculo de reacciones. Plano X-Z	N		RBz = 49.78N RAz = 145.42N
Diagramas de cortante y momento flector plano X-Z Sección 1-1 ($0 \leq x \leq 103$)	Nmm		Mc = 14978.26Nmm
Diseño estático del árbol	mm	3.24	32mm 24mm
Diseño a la fatiga	N	3.25	25N

Medidas concluyentes del eje principal al multiplicar por el factor de seguridad las cuales recomendado para el diseño.

$$D1 = 32\text{mm}$$

$$D2 = 24\text{mm}$$

4.1.15 Selección de rodamientos

Se determina las reacciones mediante los cálculos y se pueden ver los resultados en la tabla 4.13:

Tabla 4.13: Selección de rodamientos

Nombre	Símbolo	Ecuación	Resultado
Selección de rodamientos A	N	3.26	219.21N
Selección de rodamientos B	N	3.26	906.4N

4.2 Alcance de la máquina

Como se puede observar la tabla 3.15 se demuestra los cortes generados mediante el proceso de forma manual y con la implementación de la máquina picadora de material orgánico.

Tabla 4.14: Verificación de resultados obtenidos

Tiempos (seg)	Aliso (mm)	Chilca (mm)	Pasto elefante (mm)	Sauce (mm)	Guabo (mm)
1.-Picado de forma manual	40-80	30-70	30-60	40-90	35-70
2.-Picado con la maquina	20-40	30-47	20-45	25-42	20-40

4.2.1 Diseño conceptual de la maquina picadora de materia orgánica.

El proceso de picado está compuesto por tres cuchillas el cual está compuesto de un material ACERO K100 es un acero que posee gran resistencia al desgaste, alta dureza superficial. Tiene gran estabilidad dimensional, es utilizado para la fabricación de herramientas para corte de piezas, estas cuchillas están acopladas a un disco el cual mediante el giro va cortando el material.

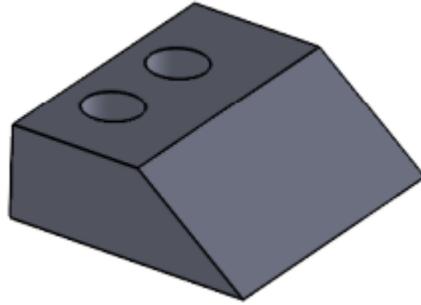


Figura 4.5: Cuchillas picadora

Fuente: Autores del proyecto

El proceso de triturado empieza cuando el material luego de ser picado cae en una malla la cual va seleccionando y permitiendo la salida de un material de dimensiones deseadas, el material que no tiene una dimensión adecuada será golpeadas y trituradas por los martillos los cuales están compuestos por 5 martillos por cada eje secundario el cual están separadas por un tubo galvanizado como se puede observar en la imagen.

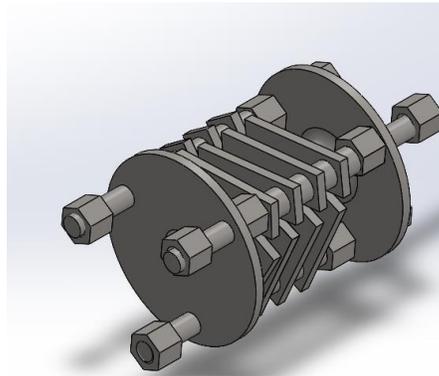


Figura 4.6: Martillos

Fuente: Autores del proyecto

La estructura está construida mediante un Angulo estructural de 38x38mm o 1 1/2"x1 1/2" pulg peso teórico 10.983, espesor 1/8" de lados iguales que forman un Angulo recto debido a sus características de resistencia se pudo seleccionar este tipo de material además esta incorporada por un tubo el cual forma el mando de la estructura el cual permite movilizar a la estructura con mayor facilidad. Consta de una base en el cual va sujeta un motor de combustión interna el cual es quien proporciona el movimiento a las poleas.



Figura 4.7: Estructura de la mesa

El sistema eléctrico y control de esta máquina es muy sencilla ya que solo consta de un selector de encendido o apagado, para arrancar al motor se debe colocar el selector en ON si verificar si el paso de combustible este abierto para dar arranque al motor a este motor se le puede aumentar o disminuir su velocidad y para el apago solo se debe colocar el selector en OFF y el motor deberá detenerse cuando este en trabajo.

4.2.2 Sistema de transmisión

El sistema de transmisión consta de poleas y correas que fueron dimensionadas acorde a nuestra necesidad, para ello se determinó y se instaló una polea de 2.5 pulgadas tipo B y otra polea de 2 pulgadas tipo B y 2 correas las cuales están constituida por la polea motriz y la polea conducida la cual esta acoplada al eje del motor quien trasmite el movimiento de giro.

4.2.3 Análisis de las pruebas realizadas

Mediante las pruebas realizadas se pudo concluir que la colocación de una malla permitirá triturar de mejor manera el material orgánico como se observa en la tabla 4.15:

Tabla 4.15: Elementos picados



Como se puede visualizar, la implementación de una malla nos permite obtener un material de menor tamaño debido a que la malla no permite que salga el material de dimensiones grandes y los sostiene en su cámara hasta que los martillos mediante el golpe sigan triturando hasta dejarlos en dimensiones adecuadas para que puedan salir por la bandeja de salida.

De esta manera las variables tomadas en cuenta para la elaboración de la maquina son las siguientes como se les muestra en la tabla 4.16:

Tabla 4.16: Las variables

Variables	Indicador
Tiempo	Cuanto se demora en picar el material.
Corte generado	Tamaño del material picado en mm.
Cantidad de material	Carga orgánica picada diaria.

Cantidad de material orgánico picado en el intervalo de una hora.

A continuación, se muestra resultado de las pruebas realizadas del tiempo de picado del material con respecto a la cantidad que se obtuvo en esos intervalos de tiempos, como se demuestra en la tabla 4.17:

Tabla 4.17: Tiempo de picado con respecto a la cantidad obtenida

TIEMPOS (seg)	Aliso (kg)	Chilca (kg)	Pasto elefante (kg)	Sauce (kg)	Guabo (kg)
1.-Tiempo 30 seg	3	3	3	2,5	3
2.-Tiempo 300 seg	30	30	30	25	30
3.-Tiempo 900 seg	90	90	90	75	90
4.-Tiempo 1800 seg	180	180	180	150	180
5.-Tiempo 2400 seg	240	240	240	200	240
6.-Tiempo 3600 seg	360	360	360	300	360

Este análisis se lo realizó con la variable del tiempo de picado del material obteniendo los kg requeridos de picado que se necesita para cumplir el problema planteado, se colocó materiales orgánicos como el aliso, pasto elefante, sauce, guabo y también otro de los materiales duros como es la chilca de esta manera dándonos valores muy relevantes tomados en los intervalos de tiempo de 30 segundos a una hora de picado de la materia orgánica.

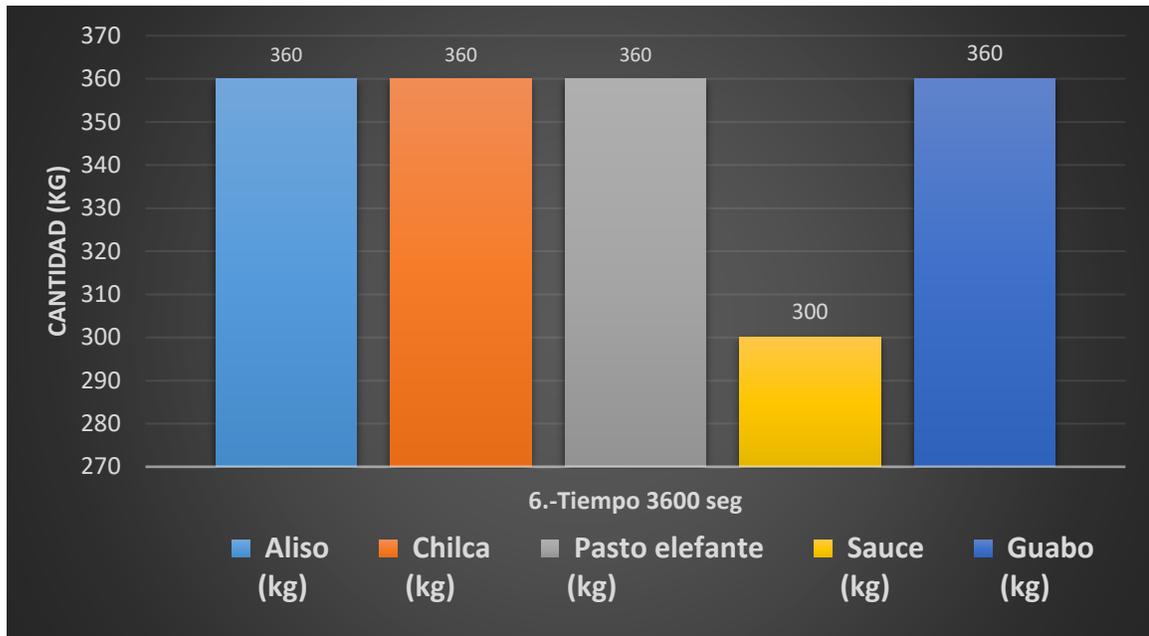


Figura 4.8: Valores obtenidos mediante las pruebas realizadas

Mediante esta grafica se puede visualizar que los materiales son picados con facilidad y se tiene una proporción casi similar en el resultado de 360 kg/h el aliso, chilca, pasto elefante y el guabo. Pero como se observar en la gráfica el sauce nos dio como resultado una cantidad menor de kg picado debido a que son ramas gruesas y no permite picar de forma rápida.

Resultado de los kg obtenidos en el tiempo mínimo y máximo proceso de picado.

La cantidad de kg que se obtendrá dependerá mucho del tiempo de operación de la maquina y el tiempo en el que se demora en introducir el material en la maquina se propuso el resultado en tiempo mínimo y máximo como se muestra en la tabla 4.18:

Tabla 4.18: Tiempo de picado en 30segundos a una hora

TIEMPOS (seg)	Aliso (kg)	Chilca (kg)	Pasto elefante (kg)	Sauce (kg)	Guabo (kg)
1.-Tiempo 30 seg	3	3	3	2,5	3
6.-Tiempo 3600 seg	360	360	360	300	360

Aquí la tabla muestra la cantidad de material picado en un tiempo mínimo de 30 segundos y un tiempo máximo de una hora.

Gráfica de valores obtenidos en los intervalos de tiempo mencionados.

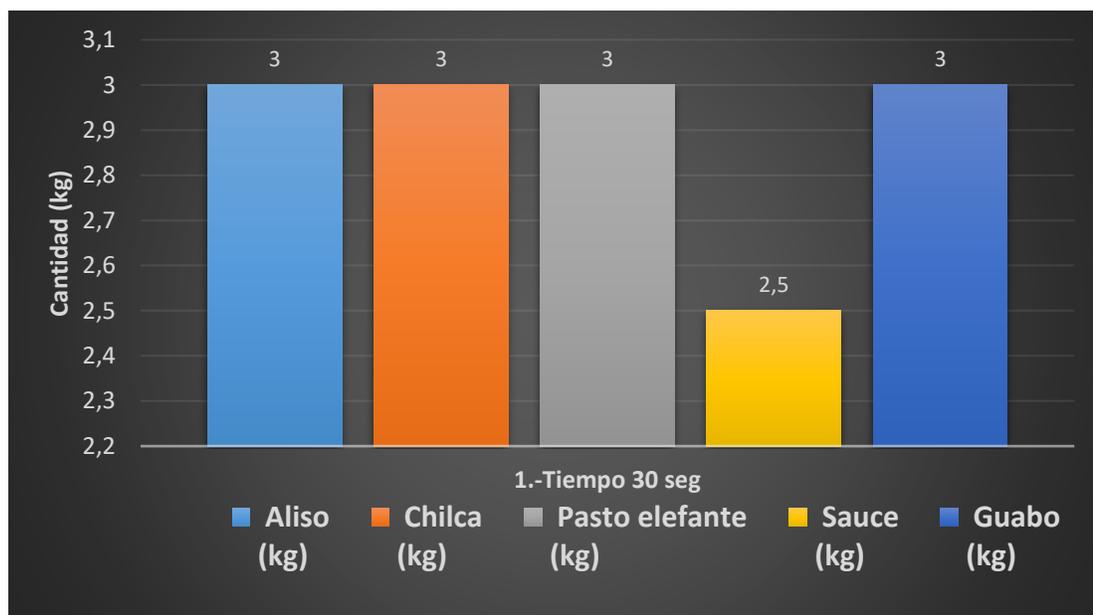


Figura 4.9: Resultados obtenidos en el tiempo de picado de 30 segundos

En la prueba realizada en tiempos cortos da como resultado una cantidad muy significativa de material picado.

De igual manera se muestra gráficamente las cantidades obtenidas en el intervalo de tiempo de una hora.

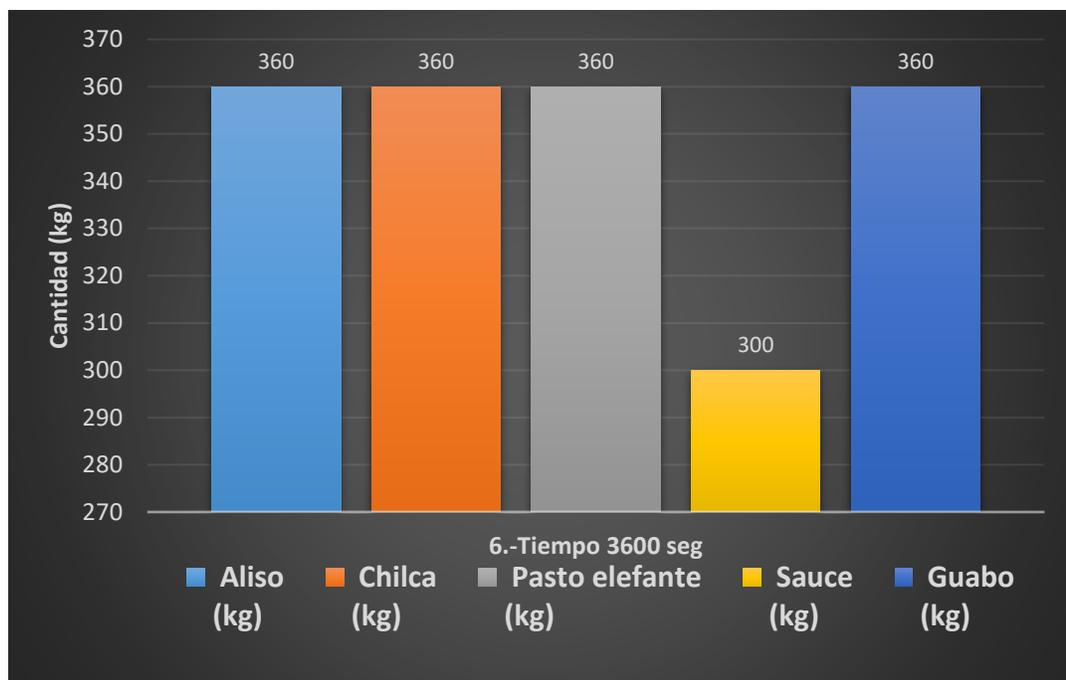


Figura 4.10: Resultados obtenidos en el tiempo de una hora de picado de los diferentes tipos de material orgánico

En una hora de picado de la máquina se muestra cantidades muy relevantes del resultado de este proceso dándonos a entender que la máquina cumple con las expectativas deseadas.

Análisis del tiempo de picado de forma manual

También obtenemos la relación de material picado de forma manual en los tiempos y cantidad de carga orgánica obtenida tal como se detalla en la tabla 4.19:

Tabla 4.19: Cantidad de material obtenido mediante el picado de forma manual

Tiempo (seg)	Aliso (kg)	Chilca (kg)	Pasto elefante (kg)	Sauce (kg)	Guabo (kg)
1.-Tiempo 60 seg	1,12	1,54	2,1	1,41	1,66
2.-Tiempo 1800 seg	33,6	46,2	63	42,3	49,8
3.-Tiempo 3600 seg	67,2	92,4	126	84,6	99,6

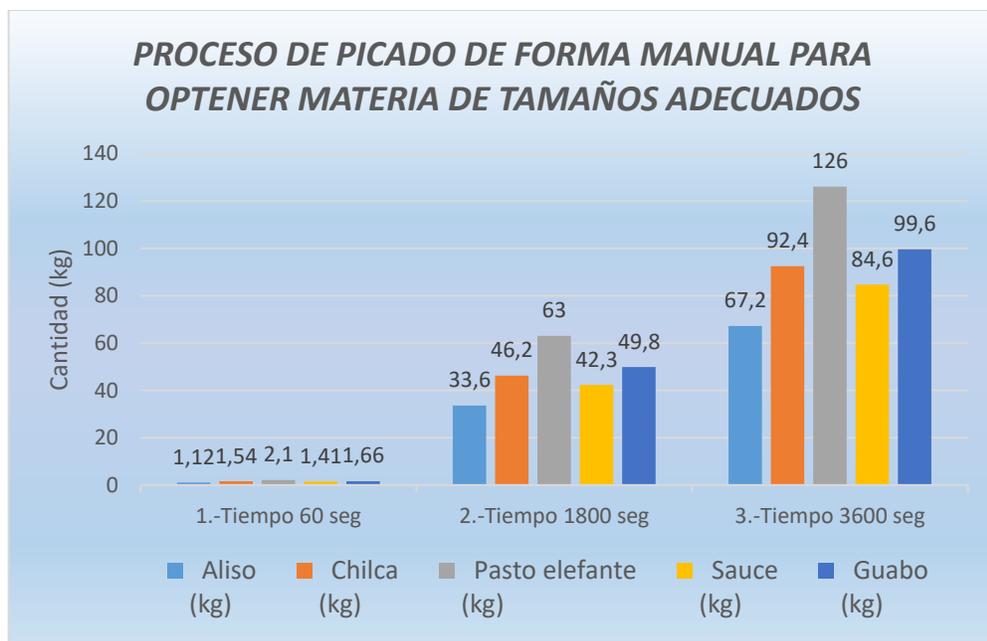


Figura 4.11: Comparación con los intervalos de tiempos medidos

En la gráfica se puede visualizar los tiempos que se obtuvo mediante el picado de forma manual, este proceso es muy extenso y sobre todo no permite obtener dimensiones adecuadas.

Resultados de las dimensiones obtenidas mediante los dos procesos de picado.

Para este análisis se tomó en cuenta los tamaños obtenidos de las dos formas de picado del material orgánico como se muestra en la tabla 4.20:

Tabla 4.20: Dimensiones obtenidas de las pruebas de picado manual y con la máquina

Tiempos (seg)	Aliso (mm)	Chilca (mm)	Pasto elefante (mm)	Sauce (mm)	Guabo (mm)
1.-Picado de forma manual	40-80	30-70	30-60	40-90	35-70
2.-Picado con la maquina	20-40	30-50	20-50	25-50	20-60

Con el análisis realizado se pudo obtener algunas dimensiones, pero las más adecuadas fueron obtenidas por la máquina con una y también en tiempo más cortos a diferencia del picado de forma manual fueron muy grades los tamaños y se demora más picar de esta forma.

Tabla de costos

Los elementos y accesorios utilizados se presenta los costos de cada uno de ellos en la tabla 4.21:

Tabla 4.21: Evaluación técnico, social, ambiental y/o económica

Material	Cantidad	Precio
Plancha LC	1	47
Plancha de acero	2 de 200x200 mm de 8 mm de espesor	17
Disco de corte	3	2
Eje 400 mm	1	20
Chumacera	2	
Varilla roscada 5/8	1 metro	6,15
Tuerca 5/8	6	
Perno M8 de 1 in ½	4	1
Perno ¼ por 2 in.	2	17
Perno ¼ por 1 in.	4	
Bisagra	2	
Poleas de 2 in. Y 7 in en B.	1	
Perno M12 por 40 mm con rodela plana y de presión	6	6,31
Tuvo galvanizado 5/8	1 metro	3
Disco de pulir	2	4
Motor	1	135
Banda #58	2	11

Disco porta cuchillas	2	6,5
Ángulos estructurales	3	45
Electrodos 6011-7018	2 libras	3
Mano de obra	soldadura, dobles	147
Temple	3 cuchillas	60
Proceso de torno, fresadora, cortes.	cortés, perforaciones, elaboración de chaveteros, elaboración de bocines, elaboración de cuchillas.	200
TOTAL		730,96

Analís de tiempo de recuperación, VAN y TIR

Como se puede observar en tenemos los ingresos y egresos anuales como se muestra en la siguiente tabla 4.23:

Tabla 4.22: Tabla de ingresos, egresos y el tiempo de

Año	Ingresos	Egresos	Ingresos-Egresos	flujo acumulado
0		731	-730,96	0
1	1500	1100	400	400
2	1500	1010	490	890
3	1500	1300	200	Tiempo de recuperación 2 AÑOS
4	1500	1346	154	
5	1500	1200	300	

La implementación de esta máquina cuenta con una inversión de 731 USD, que este valor se puede recuperar en un lapso de 2 años debido al flujo acumulado anual, a continuación, se detalla el VAN y TIR en la siguiente tabla 4.24.

Tabla 4.23: Cálculo del VAN y TIR

Inversión	731	
Valor actual de flujos caja	\$1.210,32	
VAN	\$479,36	
	DESICIÓN	RAZON
VAN>0	ACEPTAR	CREAR VALOR
TIR	38%	
	DESICIÓN	RAZON
TIR>COK	ACEPTAR	CREAR VALOR

Como se puede visualizar el valor del VAN debe ser aceptable siempre y cuando su valor sea mayor a cero en tal caso de no coincidir se debe crear otro valor de inversión, en nuestro caso tenemos una VAN aceptable de 479 USD dando como resultado que es aceptable la inversión. Y también se debe tener en cuenta que la TIR o tasa interna de retorno sea mayor que la tasa de descuento, para ello en nuestra inversión se tiene en cuenta una tasa de descuento del 10% por lo cual nuestro resultado nos da que la TIR es de 38% siendo aceptable esta inversión y superando a la tasa de descuento y permitiendo ser implementable esta máquina en este sector

CONCLUSIONES DEL PROYECTO

5.1 COCLUSIONES

- Mediante la investigación realizada se determinó que existen varios tipos de máquinas picadoras en el mercado y en base a ellos nos basamos en un prototipo adecuado para nuestra implementación obteniendo que la máquina adecuada fue la picadora de molinos de martillos que posee volante, martillos y cuchillas, cumpliendo con las características del material a picar como es el caso de los tallos de guaba obteniendo procesos de picado y triturado.
- El presente proyecto muestra mediante la elaboración de planos en un software de diseño asistido por computadora para su apropiada instalación de la maquina picadora. Por lo cual se anexa un manual con el procedimiento adecuado para un correcto manejo y operación permitido garantizar la funcionalidad desde el momento que inicia su operación.

- Con el diseño y construcción de la máquina picadora de material orgánico se logra menorar notablemente tiempos de corte y obtener un producto con el adecuado tamaño de picado, como se muestran en las tablas de los resultados obtenidos.
- Las pruebas realizadas determinaron que la distancia optima entre cuchilla y contra cuchilla es de 3 mm, con una velocidad de 3579 rpm y con 6.5 hp de potencia nominal se obtuvo un triturado entre los 20 mm – 40 mm máximos de producto terminado, con la implementación de un sistema de selección de tamaño de triturado que es la malla el cual no permite que salga de la cámara hasta tener el material de un tamaño adecuado de este modo cumpliendo los requerimientos que se planteó para solventar el problema por lo cual, disminuyendo notablemente el tiempo de picado y obteniendo una carga orgánica diaria superior a los 360 kg en un hora, de esta manera esta máquina cumple con los requisitos solicitados. El análisis de costos nos permitió evaluar y obtener el costo de esta máquina es de 730 USD siendo factible para el operador ya que esta máquina consta de procesos de montaje y desmontaje, así como su mantenimiento son muy sencillos. Para la implementación de esta máquina se tomó en cuenta los ingresos y egresos producidos en esta área obteniendo un tiempo de recuperación de la inversión de 2 años y obteniendo un VAN y TIR aceptables para la implementación de esta inversión.

5.2 RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar los mantenimientos apropiados respetando el catálogo de fabricante, mas importante el motor ya que es quien nos brinde el movimiento de todo este proceso de picado.
- La capacidad de picado de la máquina picadora está limitada a una capacidad de 360kg/h, en el caso de necesitar una mayor capacidad se debería realizar un nuevo dimensionamiento de la parte estructural y mecánica debido a que si se le dimensiona de forma incorrecta la maquina empezará a realizar sobre esfuerzos y provocando daños en el motor.
- Si se requiere implementar otro sistema de molienda se puede emplear siempre y cuando se cambió las dimensiones de la malla o la instalación de una criba el cual

permite obtener granos triturados por los martillos obteniendo dimensiones requeridas por el operario

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Nogales, J.; Andrade, J., «Universidad Politécnica Salesiana,» Julio 2017. [En línea]. Available: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/14432/4/UPS-KT01409.pdf>. [Último acceso: 07 02 2023].
- [2] E. M. Naranjo Vargas, C. J. Santillán Mariño, D. B. García Madroñero, y R. E. Pilco Ruiz,, «Creación de una máquina picadora y trituradora de especies forrajeras para alimentación de ganado en la provincia de Chimborazo, parroquia Calpi,» Marzo 2019. [En línea]. Available: <https://cienciadigital.org/revistacienciadigital2/index.php/CienciaDigital/article/view/378>. [Último acceso: 07 02 2023].
- [3] Guijarro, G. Paguay, H., «Escuela Superior Politécnica de Chimborazo,» 02 01 2011. [En línea]. Available: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/1175/1/15T00469>. [Último acceso: 15 02 2023].
- [4] G. I. P. O. H. X. Guijarro Paguay, «Diseño y Construcción de una Máquina Picadora de Bagazo de Caña de Azúcar,» <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/1175>, Riobamba , 2011.
- [5] V. A. Taipe-Defaz, «Evaluación experimental de un motor de encendido provocado bajo diferentes gasolinas,» *INGENIUS Revista de ciencia y tecnología* , vol. 26, n° 27, p. 13, 2021.
- [6] J. P. G. [2], F. E. H. M. [2] y J. C. G. M. [1], «Selección de variables relacionadas con fallos de chumaceras aplicando reconocimiento lógico combinatorio de patrones,» *Dialnet*, vol. 28, n° 03, pp. 396-403, 2020.
- [7] U. T. G. J. Shingón Collahuazo Oscar Adrian, «Construcción de una máquina extrusora para plasticos,» <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/5537/1/PI-001396.pdf>, Latacunga, 2019.
- [8] D. L. Glizmanenco, «Uniones por soldadura,» Ecured, 02 08 2020. [En línea]. Available: https://www.ecured.cu/Uniones_por_soldadura. [Último acceso: 12 01 2023].

- [9] J. E. Chamorro, «lografia-universidad tecnologica de pereira,» <https://blog.utp.edu.co/metalografia/10-soldadura-10-1-procesos-de-soldadura/#tipos>, 15-julio-2015.
- [1
0] J. Correa, «Propuesta del sistema de frenos para un vehículo Baja SAE,» *Programa de Ingeniería Mecánica. Facultad de Ingeniería, Universidad Libre*, vol. 28, n° 294-307, p. 14, 2021.
- [1
1] L. J. B. X. Almachi Paneluisa Héctor Arturo, «Implementación de una máquina automática picadora de tallos de maíz,» <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/3667/1/T-UTC-000020.pdf>, Latacunga, 2016.
- [1
2] P. O. H. X. Guijarro Paguay Graciela Inés, «Diseño y construcción de una máquina picadora,» <http://dspace.espace.edu.ec/bitstream/123456789/1175/1/15T00469>, Riobamba, 2011.
- [1
3] «Plantillas y dispositivos: claves para su fabricación,» Censa Industrial, 08 07 2021. [En línea]. Available: <https://censaindustrial.com/blog/?id=279>. [Último acceso: 12 01 2023].
- [1
4] P. E. Robert L. Mott, *Diseño de elementos*, Mexico: Cuarta edicion , 2006.
- [1
5] L. C. R. Pablo E. Roig Vázquez, «Diseño en ingeniería mecánica de Shigley,» Octava Edicion, Mexico.
- [1
6] L. C.-E. e. L. Eduardo Hernández-Dávila, «Estimación empírica del pretensado de una banda trapezoidal mediante el deslizamiento de las poleas,» *INGENIUS Revista de ciencia y tecnologia* , vol. 21, n° 21, p. 08, 2019.
- [1
7] D. Restaino, «Prácticas SKF para Celulosa y Papel,» *Gerente, Ingeniería de Aplicaciones, SKF Francia*, vol. 3, n° 9, p. 10, 2013.
- [1
8] L. Ripoll Masferrer, «Análisis y diseño de volantes de inercia de materiales compuestos,» <https://www.tdx.cat/handle/10803/6415#page=1>, Catalunya, 2006.