

**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
DE POALÓ EN LA PROVINCIA DE COTOPAXI.**

**AUTORES:
VINICIO WLADIMIR AGUIRRE ACUÑA
JONATHAN EDUARDO VEGA JÁTIVA**

**TUTOR:
WILLIAM GUSTAVO DÍAZ DÁVILA**

Quito, julio del 2019

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Nosotros Jonathan Eduardo Vega Játiva y Vinicio Wladimir Aguirre Acuña, con documento de identificación N° 172304595-9 y N° 171953115-2 respectivamente, manifestamos nuestra voluntad y cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del trabajo de titulación: "DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA PICADORA DE HOJAS DE MAÍZ CAPACIDAD 250 KG/HORA PARA LA PARROQUIA SAN JOSÉ DE POALÓ EN LA PROVINCIA DE COTOPAXI.", mismo que 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 aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en nuestra condición de autores nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribimos este documento en el momento que hacemos entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.



Jonathan Eduardo Vega Játiva
CI. 171953115-2



Vinicio Wladimir Aguirre Acuña
CI. 172304595-9

Quito, julio del 2019.

DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR

Yo declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el Proyecto Técnico, “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA PICADORA DE HOJAS DE MAÍZ CAPACIDAD 250 KG/HORA PARA LA PARROQUIA SAN JOSÉ DE POALÓ EN LA PROVINCIA DE COTOPAXI.” realizado por Jonathan Eduardo Vega Játiva y Vinicio Wladimir Aguirre Acuña, obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana, para ser considerados como trabajo final de titulación.

Quito, julio de 2019



William Gustavo Díaz Dávila

C.I. 0400926184

DEDICATORIA

Dedico este trabajo, primero a Dios por guiarme en cada etapa de mi vida y permitirme llegar a culminarlo; a mis padres Luis y Margarita que son mi ejemplo a seguir de constancia y perseverancia. Ellos me empujaron y me dieron la fuerza para llegar a esta gran meta; a mis hermanas Lizeth y Andrea que son parte fundamental de mi vida y que sin duda alguna me ayudaron y me extendieron las manos en los momentos más complicados; y, finalmente a mi novia Karen que con su apoyo y compañía culminé esta etapa de mi vida.

Jonathan

A mis padres, Marco y Mercedes que me han apoyado en todo momento. Su esfuerzo y dedicación son el ejemplo de lucha para alcanzar las metas que me he propuesto en la vida. A mi hermano Ariel, quien ha sido la motivación para seguir cosechando logros en cada paso; y a mi familia que siempre me apoya a pesar de las dificultades.

Vinicio

AGRADECIMIENTOS

Queremos extender un especial agradecimiento al Ingeniero William Díaz, que durante todo este proceso cumplió la función de ser nuestro tutor al guiarnos paso a paso tanto en la parte escrita como en la parte práctica de nuestro proyecto, él supo brindarnos de su tiempo para resolver todas nuestras dudas e inconvenientes, así mismo supo ponernos un alto cuando nos estábamos desviando del objetivo.

Al Ingeniero Luis Juiña queremos darle las gracias por dedicarle tiempo a nuestro trabajo y brindarnos su aporte profesional de cómo podemos mejorar nuestro proyecto para así entregar una máquina adecuada a la comunidad.

Y, finalmente, agradecemos a los Ingenieros Víctor Cabrera, Nancy Moreno y Milton Jami, por permitir que el vínculo entre nosotros como representantes de la Universidad Politécnica Salesiana y la comunidad de San José de Poaló se haga realidad; en este proceso hemos cumplido nuestro objetivo de elaborar una máquina picadora de plantas de maíz que sea capaz de resolver un problema que tenía la comunidad, y gracias al apoyo de los mencionados ingenieros, hemos logrado culminar esta gran etapa de nuestras vidas.

Jonathan y Vinicio

ÍNDICE

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR.....	i
DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR.....	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTOS	iv
ÍNDICE	v
GLOSARIO	xiv
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT.....	xvi
INTRODUCCIÓN	xvii
CAPÍTULO I.....	1
MARCO TEÓRICO.....	1
1.1 San José de Poaló	1
1.1.1 Características generales	1
1.1.2 División política.....	1
1.1.3 Análisis demográfico	2
1.1.4 Trabajo y empleo.....	2
1.1.5 Uso del suelo y superficie cultivada.....	2
1.1.6 Principales actividades productivas	3
1.1.7 Infraestructura para el fomento productivo.....	3
1.2 Planta de Maíz	4
1.2.1 Estudio técnico	4
1.2.2 Definición.....	4
1.2.3 Proceso de siembra y cosecha de maíz	5
1.2.4 Partes de la planta de maíz	6
1.2.5 Datos técnicos propios de la zona	7

1.2.6	Área de terreno para cubrir la capacidad deseada de 250 kg	8
1.3	Ganado Vacuno	8
1.3.1	Ganado ovino en la Parroquia	9
1.3.2	Alimentación del ganado vacuno	9
1.3.3	Forraje	9
1.3.4	Consumo	9
1.3.5	Ensilaje	9
1.4	Máquinas Picadoras	10
1.4.1	Tipos	11
1.4.2	Máquina Picadoras-Sopladoras estacionarias	11
1.4.3	Máquinas picadoras-sopladoras de campo	11
1.4.4	Máquinas picadoras-sopladoras de acción simple	12
1.4.5	Máquinas picadoras-sopladoras de doble acción	12
1.5	Procesos de Picado	13
CAPÍTULO II		14
SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS		14
2.1	Selección de alternativas	14
2.2	Forma de selección	14
2.3	Parámetros a evaluar	14
2.3.1	Facilidad de fabricación	14
2.3.2	Costos	14
2.3.3	Capacidad de producción	15
2.3.4	Funcionalidad	15
2.3.5	Facilidad de Mantenimiento	15
2.3.6	Seguridad para el usuario	15
2.4	Sistema Motriz	16
2.4.1	Alternativa 1	16

2.4.2	Alternativa 2.....	16
2.4.3	Evaluación.....	17
2.5	Cuchillas.....	19
2.5.1	Alternativa 1.....	19
2.5.2	Alternativa 2.....	20
2.5.3	Evaluación.....	20
2.6	Estructura.....	22
2.6.1	Alternativa 1.....	22
2.6.2	Alternativa 2.....	23
2.6.3	Evaluación.....	24
2.7	Resultados de Selección.....	26
CAPÍTULO III.....		27
CÁLCULOS.....		27
3.1	Diseño de la máquina picadora de hojas y tallos de maíz.....	27
3.2	Bandeja de alimentación.....	27
3.2.1	Selección de la plancha para la bandeja de alimentación.....	29
3.3	Cálculo del número de revoluciones.....	32
3.3.1	Cálculo de velocidad de corte.....	32
3.3.2	Cálculo de la velocidad angular.....	34
3.4	Radio de giro del porta cuchillas.....	35
	Elaborado por: Vinicio Aguirre, Jonathan Vega.....	36
3.5	Cálculo del motor.....	36
3.5.1	Cálculo de la potencia de diseño.....	36
3.5.2	Selección del motor.....	37
3.6	Selección de la banda de transmisión.....	38
3.7	Selección de poleas de transmisión.....	40
3.8	Diseño del eje principal.....	42

3.8.1	Cálculo de torque y momento máximo.....	42
3.8.2	Dimensionamiento del diámetro mediante Von Mises	45
3.8.3	Factor de seguridad mediante Von Mises	46
3.8.4	Diseño del eje a fatiga.....	47
3.9	Selección de chumaceras.....	52
3.10	Diseño del rotor porta cuchillas.....	53
3.11	Diseño de la cuchilla.....	56
3.11.1	Esfuerzo cortante producido en la cuchilla	58
3.11.2	Análisis de elementos finitos de la cuchilla	60
3.12	Diseño de la estructura.....	61
3.12.1	Diseño de las columnas por esbeltez.....	64
3.12.2	Análisis de elementos finitos de la estructura	67
3.13	Cálculo de la soldadura.....	68
3.14	Selección de pernos	70
CAPÍTULO IV.....		74
COSTOS		74
4.1	Costos directos	74
4.1.1	Costo de Materiales.....	74
4.1.2	Costo de materiales normalizados.....	75
4.1.3	Costo de construcción	75
4.2	Costos Indirectos	76
4.2.1	Costos de diseño.....	77
4.2.2	Costos adicionales.....	77
4.3	Costo Total de la Máquina	77
4.4	Cálculo de Ingresos y Egresos.....	77
4.4.1	Cálculo del Ingreso Anual.....	77
4.4.2	Cálculo del Egreso Anual	78

4.5	Análisis financiero.....	78
4.5.1	Depreciación	78
4.5.2	Flujo neto efectivo.....	79
4.6	Cálculo del VAN Y TIR.....	79
4.6.1	Valor actual neto (VAN).....	79
4.6.2	Tasa interna de retorno (TIR).....	80
4.7	Período de recuperación de la inversión (PRI) (Pay-Back).....	81
	CONCLUSIONES	83
	RECOMENDACIONES	85
	REFERENCIAS.....	87
	ANEXOS	

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa del Cantón Latacunga.....	1
Figura 2. Porcentaje de población por género en la Parroquia San José de Poaló.....	2
Figura 3. Maíz cultivado en la Parroquia San José de Poaló	4
Figura 4. Tractor para realizar surcos	5
Figura 5. Distancia de siembra de la semilla de maíz.....	6
Figura 6. Máquina Picadora de Forraje.....	10
Figura 7. Máquina Picadora – Sopladora Estacionaria.....	11
Figura 8. Máquina Picadora - Sopladora de campo	12
Figura 9. Máquina Picadora - sopladora de acción simple	12
Figura 10. Motor de Combustión Interna.....	16
Figura 11. Motor Eléctrico.....	17
Figura 12. Porta cuchillas con 2 cuchillas.	20
Figura 13. Porta cuchillas con 3 cuchillas.	20
Figura 14. Estructura de 2 llantas.....	23
Figura 15. Estructura de 4 llantas.....	23
Figura 16. Dimensionamiento de la bandeja de alimentación.	28
Figura 17. Diagrama de fuerza cortante y momento flector ejercido por el peso del producto.....	30
Figura 18. Selección del factor de Seguridad.	31
Figura 19. Rotor principal porta cuchillas.	34
Figura 20. Radio de giro del rotor porta cuchillas.	36
Figura 21. Medida de bandas normalizadas.....	39
Figura 22. Elección de la sección de las correas.....	39
Figura 23. Diagrama de cuerpo libre de fuerzas aplicadas sobre el eje principal.....	42
Figura 24. Diagrama de cuerpo libre del eje en el plano XY	44
Figura 25. Diagrama de cuerpo libre del eje en el plano XZ.....	44
Figura 26. Análisis de elementos finitos del eje principal, esfuerzo de Von Mises. 51	
Figura 27. Análisis de elementos finitos del eje principal, desplazamiento estático.51	
Figura 28. Fuerza tangencial ejercida sobre el porta cuchillas.	54
Figura 29. Análisis estático en voladizo de la platina del porta cuchillas.	55

Figura 30. Análisis de elementos finitos de la cuchilla, esfuerzo de Von Mises.....	60
Figura 31. Análisis de elementos finitos de la cuchilla, desplazamiento unitario. ...	61
Figura 32. Esquema de la estructura para análisis estático A-B	62
Figura 33. Análisis estático del perfil de la estructura.	63
Figura 34. Análisis estático del perfil de la estructura.	63
Figura 35. Diagrama de la carga descompuesta en el bastidor.	65
Figura 36. Análisis de elementos finitos estructura principal.	67
Figura 37. Análisis de elementos finitos estructura principal, desplazamiento.	68
Figura 38. Esfuerzos permisibles.	69
Figura 39. Dimensiones principales para un perno de unión	70
Figura 40. Parámetros de la altura de la cabeza del perno de acuerdo al diámetro ..	70
Figura 41. Diámetros y áreas de roscas métricas	72

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Superficie Terrestre de la Parroquia San José de Poaló.....	2
Tabla 2. Planta de maíz	7
Tabla 3. Tallo de la planta de maíz	8
Tabla 4. Hojas de la planta de maíz	8
Tabla 5. Análisis de Factibilidad de fabricación para la selección	17
Tabla 6. Análisis de Costos para la selección	18
Tabla 7. Análisis de Capacidad de producción para la selección.....	18
Tabla 8. Análisis de Funcionalidad para la selección	18
Tabla 9. Análisis de Factibilidad de Mantenimiento para la selección.	19
Tabla 10. Análisis de Seguridad para la selección.	19
Tabla 11. Análisis de Factibilidad de fabricación para la selección.	21
Tabla 12. Análisis de Costos para la selección.	21
Tabla 13. Análisis de Capacidad de producción para la selección.....	21
Tabla 14. Análisis de Funcionalidad para la selección	22
Tabla 15. Análisis de Factibilidad de Mantenimiento para la selección.	22
Tabla 16. Análisis de Seguridad para la selección.	22
Tabla 17. Análisis de Factibilidad de fabricación para la selección.	24
Tabla 18. Análisis de Costos para la selección.	24
Tabla 19. Análisis de Capacidad de producción para la selección.....	24
Tabla 20. Análisis de Funcionalidad para la selección	25
Tabla 21. Análisis de Factibilidad de Mantenimiento para la selección.....	25
Tabla 22. Análisis de Seguridad para la selección	25
Tabla 23. Selección de Tipo de Máquina.....	26
Tabla 24. Costo de Materiales.....	74
Tabla 25. Costos de Elementos Normalizados.....	75
Tabla 26. Tiempo de Fabricación.....	75
Tabla 27. Costo de Maquinado	76
Tabla 28. Costo de Mano de Obra.....	76
Tabla 29. Costo total de la máquina.....	77
Tabla 30. Ingreso Anual	77
Tabla 31. Egreso Anual.....	78

Tabla 32. Flujo neto de efectivo anual	79
Tabla 33. VAN durante un periodo de 10 años.....	80
Tabla 34. Flujo acumulado por año.....	82

GLOSARIO

- **Maíz:** Es un cereal que se encuentra en forma de mazorca, el grano tiene una forma aplastada, se lo usa para el consumo humano y animal. [1]
- **Melaza:** Es un líquido viscoso de origen vegetal, de color marrón oscuro, procedente de la concentración de la producción de la caña de azúcar. De calidad alimentaria, sus propiedades como fertilizante son muy interesantes. [2]
- **Sequía agrícola:** Es cuando no existe la suficiente humedad en el suelo para permitir el desarrollo de un determinado cultivo en cualquier de sus etapas de crecimiento. [3]
- **Optimización:** es el proceso de hacer algo mejor, consiste del tratamiento de las variaciones de un concepto inicial y usar la información obtenida para mejorar la idea. [4]
- **Bastidor:** Es un tipo de estructura convencional que consta principalmente de dos barras metálicas paralelas de sección rectangular unidas barras ortogonales, que serán las encargadas de absorber los esfuerzos y sostener a todo el mecanismo.[5]
- **Poleas de Transmisión:** Es un mecanismo usado para transferir movimiento desde un elemento motriz a otro elemento. [6]

RESUMEN

El presente documento tiene la finalidad de demostrar a las personas que lo lean cuán importante es el trabajo que se realiza en las pequeñas comunidades. En la actualidad, existe un sin fin de máquinas que facilitan la realización de actividades en nuestra vida, pero en la Parroquia de San José de Poaló un lugar en donde la tecnología todavía no está presente. Las personas con bajos recursos se dedican a trabajos agropecuarios de forma tradicional.

Es por eso que este trabajo se enfoca en dar una solución a la problemática que existe en la comunidad, por lo cual se ha realizado un estudio que permita conocer todo sobre el trabajo de la ganadería y sus derivados.

Después de conocer la problemática existente, se procede al diseño y construcción de una máquina picadora de plantas de maíz capaz de cumplir con una capacidad de 250 Kg/h.

También cabe mencionar que para la elaboración de este proyecto se utilizaron investigaciones que permitieron ampliar la mirada sobre el tema, tales como: la composición del maíz, la fuerza que se necesita para cortar un tallo de maíz, la forma de crianza y alimentación de un ganado.

Además, se realizó estudios de la máquina a diseñar, el estudio técnico se basa en analizar mediante software los elementos más críticos que puedan llegar a fallar, el análisis financiero se basa en determinar si la inversión de la máquina es favorable para la comunidad.

Palabras clave: almacenamiento, comunidad, ganado, maíz, máquina

ABSTRACT

The purpose of this document is to demonstrate to people who read it, how important is the work that is done in small communities. Now there are endless machines that facilitate the action of activities in our life.

But in the parish of San José de Poaló a place where technology is not yet present, people with low resources are engaged in agricultural work in a traditional way

That is why this work focuses on giving a solution to the problems that exist in the community, for this reason we conducted a study that allows to know everything about the work of livestock and its derivatives

After knowing the existing problem, we proceed to design and build a corn plants mincing machine able to meet a capacity of 250 Kg/ h.

Also is important to mention that for the elaboration of this Project research was used to broaden the view on the subject, like: corn composition, the force that is needed to cut a corn stalk, parenting way and feeding cattle.

In addition, studies were performed on the machine to be designed, the technical study is based on analyzing through software the most critical elements that can fail, the financial analysis is based on determine if the investment of the machine is favorable for the community.

Keywords: community, corn, machine, livestock, storage.

INTRODUCCIÓN

Es de conocimiento común que el ganado vacuno es el principal productor de lácteos en nuestro país, pero lo que la mayoría de gente no conoce es todo el trabajo que se debe realizar antes de que los productos lleguen a las mesas de los consumidores.

Dentro del Cantón de Latacunga en la Parroquia de San José de Poaló existe un gran número de personas que se dedican a la agricultura y a la ganadería, esto se debe a que su suelo es fértil y gozan de una gran amplitud de terreno para poder sembrar, cosechar y criar ganado.

En un inicio, el ganado debe tener condiciones alimenticias perfectas, debe tener una alimentación balanceada y nutritiva porque dependiendo de esto, será la cantidad y calidad de leche que produzca.

La alimentación del ganado se basa principalmente en alimentos verdes como hierba, albahaca, etc., pero un alimento netamente abundante en esta zona es el maíz, el cual no es aprovechado al 100% debido al sistema digestivo que tiene el ganado.

Así es, por esta razón es que se ha elaborado una máquina picadora de plantas de maíz para facilitar el proceso tanto de almacenamiento del producto, como de consumo para la vaca, porque gracias a las funciones de la máquina, la planta es triturada de tal manera que resulta práctico para el animal consumirlo, haciendo que aproveche todos los nutrientes que tiene esta y, principalmente, que no se desperdicie el producto.

Para la fabricación de la máquina fue importante estudiar temas relacionados como:

- Planta: se detallará características de la zona como el tiempo de cosecha, abono, medidas, contextura, partes, entre otros.
- Ganado: se detallarán las razas que habitan en la zona, el peso de cada especie, la cantidad de alimento que consume cada una, y como debe ser su alimentación.

- Con respecto a la máquina se explica los tipos que existen y sobre sus componentes, se detalla sobre la fabricación, materiales que se utilizaron, medidas, etc.

La fabricación de una máquina picadora de plantas debe satisfacer la necesidad de los trabajadores de utilizar todos los nutrientes y poder almacenar una mayor cantidad de alimento para tiempos de sequía y sin generar tanto desperdicio

Esto se lo demuestra compactando el maíz recolectado en forma de ensilaje y teniendo el alimento almacenado para 5 vacas para una semana, y el tiempo que se demora la misma persona en recolectar el alimento utilizando la máquina.

Lo cual indica que sin duda, obtener una máquina picadora de maíz sería conveniente y muy necesario para la comunidad de Poaló y para la buena alimentación de su ganado.

Tomando en cuenta esto, es muy importante que las personas que se dedican a esta labor tengan en consideración que la tecnología está avanzando a grandes pasos y que cada vez se va creando nueva maquinaria que puede facilitar el trabajo de las personas sin perder su valor.

La Parroquia de San José de Poaló se dedica al cultivo y siembra de maíz entre sus principales actividades económicas, además de la actividad ganadera en cuanto a producción de leche se refiere.

La comunidad genera desperdicio al no poder utilizar de forma óptima el forraje de la planta de maíz para la alimentación del ganado y así generar mayor cantidad de leche y obtener abono para próximos cultivos.

Por tanto, impera la necesidad de una máquina que ayude con el corte de este forraje de forma que se pueda almacenar sin perder sus propiedades y sea operada por una persona para así generar mayores resultados en cuanto a producción.

Para esto se diseñará y construirá una máquina picadora de hojas y caña de maíz para generar una chala de menor tamaño para una mejor compactibilidad.

Ante el desarrollo de la ciencia y de la tecnología que se da en el mundo, del cual nuestro país no está exento, no es posible que se siga desperdiciando recursos tan valiosos para la comunidad de una forma tan fácil. De esta manera y pensando en el progreso de la comunidad se plantea como una opción válida la construcción de una máquina que ayude a la producción agrícola y ganadera de toda la comunidad.

La optimización de este proceso se dará para que la comunidad no tenga que recurrir a grandes empresas o hacendados con mayor dinero que si tienen acceso a maquinaria adecuada.

Este proyecto está enfocado en el mejoramiento de la producción agrícola y ganadera de pequeñas comunidades que se dedican a este negocio, en este caso, principalmente, a la Parroquia de San José de Poaló, obteniendo una chala de tamaño adecuado y con características similares en cuanto a su morfología.

El objetivo general es diseñar y contruir una máquina picadora de hojas y caña de maíz en San José de Poaló en la Provincia de Cotopaxi.

Los objetivos específicos son:

- Revisar características de un buen forraje de maíz.
- Seleccionar material adecuado para la construcción de la máquina.
- Diseñar mediante un software adecuado las partes necesarias para la construcción de la máquina.
- Construir la máquina bajo especificaciones adecuadas.
- Analizar financieramente la máquina.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1 San José de Poaló

1.1.1 Características generales

El Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquia Rural de San José de Poaló se encuentra ubicada en el Cantón de Latacunga en la Provincia de Cotopaxi como se muestra en la Figura 1.

Creada el 5 de agosto de 1920, debe su nombre a la cultura Panzaleo en la cual Poaló quiere decir “Señora salida de las lagunas y de las montañas de Mama Yambo”. [7]



Figura 1. Mapa del Cantón Latacunga
Tomado de: Plan de Desarrollo Parroquia San José de Poaló [7]

Sus fiestas populares son el 11 de septiembre “Fiesta del Señor de Maca” en la cual los habitantes de diferentes barrios se dan cita para el traslado de la “Virgen Inmaculada Trinidad de Poaló”, desde la comunidad de Poaló a Pilligsillí.[7]

1.1.2 División política

San José de Poaló está formado por los siguientes barrios: Centro, Luz de América, Marqués de Maenza, Pilligsillí, San Vicente, Chantilín Grande, Chantilín Pequeño; Escalera Loma, Mariscal Sucre, Bellavista, Maca Grande, Macá Chico, La Compañía y Ladera de Poaló. [8]

1.1.3 Análisis demográfico

Según el Censo 2010, INEC, en la Provincia de San José de Poaló, la población es de 5.283 de habitantes, los cuales 2.502 son hombres y 2.781 son mujeres, notando que existe un mayor porcentaje de mujeres como se muestra en la Figura 2.

La misma que crece a un ritmo de 1,8 % anualmente. [9]



Figura 2. Porcentaje de población por género en la Parroquia San José de Poaló
Elaborado por: Vinicio Aguirre, Jonathan Vega

1.1.4 Trabajo y empleo

El desempleo es un factor que afecta a la economía de la Parroquia de San José de Poaló debido a que el 50% de su población careció de buena educación, dejando como resultado que sus habitantes se dediquen a la agricultura y ganadería a tiempo completo. [7]

1.1.5 Uso del suelo y superficie cultivada

El uso del suelo se divide para la agricultura y para el forraje, es decir para la alimentación del ganado vacuno. [7] En la Tabla 1 se muestra el porcentaje que tiene cada superficie terrestre en la Parroquia.

Tabla 1. Superficie Terrestre de la Parroquia San José de Poaló

Descripción	Porcentaje
Agua natural	2,47%
Páramo	70,05%
Pasto cultivado	10,94%
Cultivos	9,54%
Forraje	6,66%
Plantas forestales	0,34%

Tomado de: Plan de Desarrollo Parroquia San José de Poaló [7]

1.1.6 Principales actividades productivas

La agricultura es un trabajo constante y gracias a que la tierra de la Parroquia es fértil para el sembrío lo aprovechan para tener ganancias. Sin embargo, debido a condiciones climáticas, resulta desfavorable por pérdidas de cosecha.

1.1.6.1 Producción agrícola

La principal actividad es la producción de papas. Estas se producen en alrededor de 85 ha. constituyendo el 2,85% del territorio. La cosecha es el 90% para venta y el resto para consumo propio. Además, se cultiva cebada, habas, maíz y trigo para el consumo humano y animal. [7]

1.1.6.2 Actividad pecuaria

Gracias al suelo fértil, siembran pastizales para obtener alimento para el ganado vacuno. Esta producción ha permitido el incremento de leche en el ganado, y a la vez mayor demanda de su producción.

La ganadería se convirtió en una alta fuente de ingreso por la producción diaria de leche y la venta del ganado. Los habitantes se enfocaron en la crianza y engorde del ganado vacuno para cubrir la necesidad de leche y carne en el Cantón. Además, tienen ganado porcino, ovino y de especies como conejos, cuyes y gallinas como fuente extra de ingreso y de alimento propio para la Parroquia. [7]

1.1.6.3 Producción de leche

La leche es el producto más importante que genera ingresos, por ello aprovechan parte de ella para producir queso en la Quesera Artesanal que han fundado en la Parroquia, su distribución es dentro de su ciudad y a ciudades de Ambato y Píllaro. La comercialización fuera de la Parroquia es por medio de "Piqueros" (personas que recogen y dejan el producto en queseras) para producir leche, queso o yogurt. [7]

1.1.7 Infraestructura para el fomento productivo

Gran parte de la superficie de Poaló está formada por páramo, la otra parte está destinada a la agricultura y solo el 14,75% de esta puede ser regada gracias a los ríos Chagrasacha y Cuzsacha, los mismos que alimentan a las zonas aledañas mediante un sistema de riego. [7]

1.2 Planta de Maíz

1.2.1 Estudio técnico

- Nombre: *Zea mays*
- Orden: Graminales
- Clase: Monocotiledoneas
- Familia: Gramineae
- Grupo: Glumiflora
- Género: *Zea*. [10]

1.2.2 Definición

El maíz proviene del latín *Zea Mays*, cereal que ha tenido gran acogida mundialmente. Este es de gran importancia porque pertenece a un grupo silvestre de plantas que, antiguamente, eran conocidas en México como Teocintles en el año 8.700 a.C. [10]



Figura 3. Maíz cultivado en la Parroquia San José de Poaló
Elaborado por: Vinicio Aguirre, Jonathan Vega

Físicamente, el maíz es una planta que cuenta con una altura superior a la de los seres humanos, su tallo contiene gran cantidad de follaje, tiene un sistema radicular lleno de fibras permitiendo así tener varias hojas como se muestra en la Figura 3.

La planta deriva de dos componentes, la inflorescencia femenina y la inflorescencia masculina. La primera da origen a la mazorca y se encuentra en la parte superior externa cumpliendo con la función de formar aproximadamente dos yemas que

permitirán su nacimiento. Y la segunda, la inflorescencia masculina, conocida también como panoja, se forma en la parte externa superior de la planta. [11]

1.2.3 Proceso de siembra y cosecha de maíz

1.2.3.1 Preparación del Suelo

El proceso se da en invierno debido a que la descomposición de la materia orgánica es más lenta. Se realiza mediante un tractor con un surcador sujeto como se muestra en la Figura 4, que con su gran peso realiza los respectivos surcos (lugar en donde se coloca la semilla), este es el método más usado por la comunidad porque ayuda a remover el suelo y a su vez mejorar el movimiento de agua y aire. [12]



Figura 4. Tractor para realizar surcos
Tomado de: Tractor- Apero para labor del suelo [13]

1.2.3.2 La siembra

Proceso en el que se colocan de 4 a 5 semillas aproximadamente de manera manual, a lo largo de los surcos, a una distancia de 50 cm. La distancia entre surcos es de 80 cm. (previamente hechos), como se muestra en la Figura 5.

La producción de granos obtenida de estas semillas híbridas no puede volver a ser utilizada porque el cultivo resultante tendría gran variabilidad de tamaño de plantas y rendimientos, siendo errática la producción. Por ello, el productor debe realizar la compra de la semilla para su siembra. [14]

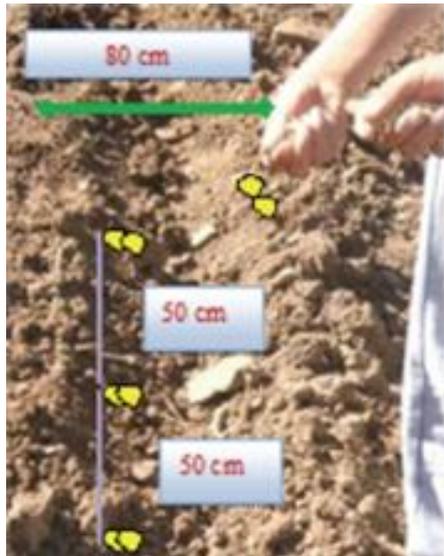


Figura 5. Distancia de siembra de la semilla de maíz
Tomado de: Guía de Producción de maíz [15]

1.2.3.3 Época

La época en la que se siembra el maíz es muy importante, porque si no es en la fecha adecuada, el producto puede sufrir de sequía, tiempos helados e incluso no desarrollarse. Es por eso que la época correcta para hacerlo es durante el invierno en el mes de septiembre, octubre y noviembre para que no exista el riesgo de mal nacimiento y desarrollo. Sin embargo, es necesario regar y poner abono con frecuencia, caso contrario la planta crecerá desnutrida e incluso sin fruto. [14]

1.2.3.4 Cosecha

La cosecha se realiza manualmente con la ayuda de un machete una vez que la planta alcanza su madurez y puede variar entre los 7 a 8 meses desde el período de siembra.

El punto óptimo de cosecha es cuando la humedad del grano llega al 14%. Si se cosecha con mayor humedad, los granos deberán ser secados artificialmente para estar en condiciones de ser almacenados. Esto implicaría incurrir en mayores costos. [14]

1.2.4 Partes de la planta de maíz

1.2.4.1 Raíz:

Es el primer componente que brota de la semilla que se ha sembrado luego de los 16 días. Se presentan tres tipos de raíces: raíz primaria o seminal, raíz adventicia, raíz de sostén. La primera proporciona la unión y los nutrientes necesarios para la planta y se

muestran en grupos de una a cuatro raíces. La segunda se encuentra debajo de la superficie del suelo y nacen de los nudos de la planta, y, finalmente la raíz de sostén realiza fotosíntesis y nace de los nudos mencionados anteriormente para proporcionar soporte y disminuir el acame. [11]

1.2.4.2 Tallo:

Transporta minerales y sales a la planta, sus paredes contienen haces vasculares por el cual se mueven sustancias alimenticias como azúcares. Proporciona el soporte de hojas, flores, frutos, semillas a la misma. Su parte exterior protege gracias a la transparencia que presenta y a su impermeabilidad.

El tallo también cumple la función de almacenamiento de nutrientes como sacarosa para llenar el grano por una pérdida de follaje. Su tamaño depende del desarrollo de la panoja. Si esta se desarrolló completamente, produce polen y alcanza su altura máxima. [11]

1.2.4.3 Hojas:

Posee una cualidad pilosa encargada de absorber energía solar, produce alrededor de 15 a 20 hojas ubicadas sobre los nudos rodeando al tallo mediante "vainas".

La vaina se encuentra en la superficie foliar junto a la unión que se forma con el limbo para producir una proyección delgada y un poco transparente. Esto sirve para envolver al tallo y evitar que ingrese el agua provocando evaporación. [11]

1.2.5 Datos técnicos propios de la zona

Tabla 2. Planta de maíz

Días	Altura (cm)	Peso (g)
90	110	401
150	175	530
210	230	1500

Elaborado por: Vinicio Aguirre y Jonathan Vega

Tabla 3. Tallo de la planta de maíz

Días	Altura (cm)	Ancho (mm)	Peso (g)
90	65	21	305
150	155	29	459
210	210	36	1300

Elaborado por: Vinicio Aguirre y Jonathan Vega

Tabla 4. Hojas de la planta de maíz

Días	N° Hojas	Altura (cm)	Ancho (cm)	Peso (g)
90	10	72	4	94,5
150	10	77	6	66
210	16	85	10	231

Elaborado por: Vinicio Aguirre y Jonathan Vega

1.2.6 Área de terreno para cubrir la capacidad deseada de 250 kg

Para poder satisfacer las necesidades de ensilaje es necesario conocer el área de siembra que se necesita para obtener este alimento.

Con los datos de las Tablas 2, 3, 4 tomados de la Parroquia, se obtiene un peso promedio de una planta de maíz (tallo y hojas) que es de 1,5 kg.

De esta manera se determina que para la alimentación de 5 vacas adultas al día se necesita 16m² de área de siembra.

1.3 Ganado Vacuno

Se caracterizan por ser rumiantes y se alimentan de hierbas, forrajeras, entre otras sustancias que los diferencian con herbívoros. Su condición de mamíferos hace que en edades tempranas se alimenten puramente de leche materna.

A los 3 meses de vida, empieza el funcionamiento de sus cuatro estómagos que cumplen diferentes funciones en la digestión de los alimentos. Presentan cuernos en la cabeza que pueden llegar a pesar una tonelada y se adaptan a diferentes climas por lo que se les encuentra en diferentes hábitats.

1.3.1 Ganado ovino en la Parroquia

En Poaló existen grupos raciales comunes como Holstein, Brown Swiss, Jersey.

Una vaca adulta puede llegar a pesar un promedio de 554 kg. [16]

1.3.2 Alimentación del ganado vacuno

La alimentación es el principal factor que se debe tener en cuenta para obtener un ganado en buenas condiciones, deben ser alimentos balanceados, con nutrientes, agua, suplemento de sales minerales y vitaminas. [17]

1.3.3 Forraje

Son las partes vegetativas de las gramíneas y leguminosas. Los principales forrajes verdes son: pastos artificiales y naturales; leguminosas, principalmente la alfalfa; y forrajes cultivados como maíz, avena, trigo, cebada y sorgos verdes. Estos deben de ser suplementados con concentrados. Son pastoreados directamente, o cosechados y preservados como ensilaje o heno. [17]

1.3.4 Consumo

Cuando el forraje es verde, es decir, está recién cosechado. La vaca adulta con un peso de 554 kg debe comer aproximadamente el 10% de su peso al día que en este caso equivale a 54 kg.

Si el forraje se encuentra seco la vaca adulta de 554 kg puede llegar a comer hasta el 3,7 % de su peso es decir 21 kg de forraje seco. [18]

1.3.5 Ensilaje

La función principal es mantener los nutrientes originales de la planta, su calidad depende de cómo se haya conservado el forraje, es decir, de cómo se haya fermentado, para lo cual no se debe permitir que entre aire al silo porque provocaría la descomposición de este, causando hongos y disminuyendo el consumo.

Un tamaño de picado adecuado para el ensilaje va desde 1 a 2 centímetros para favorecer la compactación. [19]

Las características de un buen ensilaje son:

- Color verde claro, amarillo o verde marrón.
- Olor agradable.
- Fuerte acidez.
- Textura firme con hojas intactas. [17]

1.4 Máquinas Picadoras

Las máquinas picadoras como se muestra en la Figura 6 según Nogales y Andrade [20] son usadas para disminuir el tamaño del forraje a longitudes adecuadas para la recolección y ensilaje del mismo.

Este proceso se realiza después de haber realizado la cosecha del maíz, ya sea enseguida para trabajar con materia prima fresca o con material acumulado y seco.



Figura 6. Máquina Picadora de Forraje
Elaborado por: Vinicio Aguirre y Jonathan Vega

Estas máquinas hacen que el trabajo agrícola mejore y que las personas se sientan seguras, al tener la confianza de que el forraje será cortado en forma adecuada y posteriormente guardado. [20]

1.4.1 Tipos

Las máquinas picadoras tienen diferentes tipos, entre los principales se encuentran:

1.4.2 Máquina Picadoras-Sopladoras estacionarias

Empleadas para recolectar forraje tierno o seco, cosechado con anterioridad. La máquina se usa para el transporte de la materia prima previamente picada en la misma como se muestra en la Figura 7. [21]

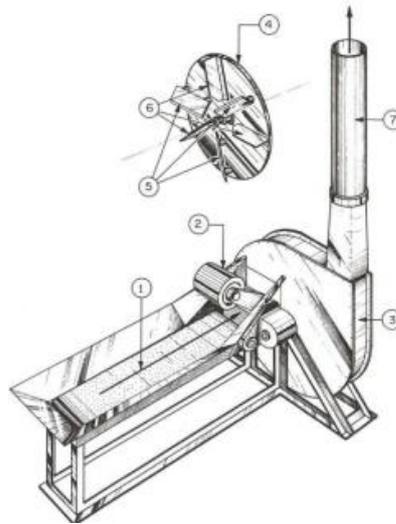


Figura 7. Máquina Picadora – Sopladora Estacionaria
Tomado de: Diseño y construcción de una picadora [20]

Las cuchillas están sujetas en el volante, con un ángulo que permita el correcto funcionamiento de las mismas para que el proceso de corte no se interrumpa. [20]

1.4.3 Máquinas picadoras-sopladoras de campo

Dentro de este tipo de máquinas se distinguen a las de picado directo, es decir cortan el forraje desde la planta sembrada; y a las de picado indirecto que realizan el corte y picado cuando la planta sigue en pie y sin haber sido previamente escogida.[21] Además, realizan un trabajo más intenso con las tres etapas de picado en una sola operación. Como muestra la Figura 8.



Figura 8. Máquina Picadora - Sopladora de campo
Tomado de: Picadora de forraje [22]

1.4.4 Máquinas picadoras-sopladoras de acción simple

Se emplea solo para realizar un trabajo en pastos debido a su forma como se muestra en la Figura 9. El forraje obtenido se usa para alimentar al ganado vacuno. Las máquinas picadoras-sopladoras realizan el proceso con mayor eficiencia, en el ámbito de velocidad.

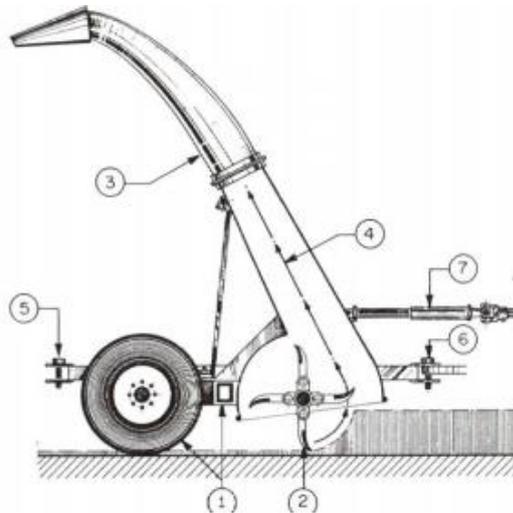


Figura 9. Máquina Picadora - sopladora de acción simple
Tomado de: Diseño y construcción de una picadora [20]

1.4.5 Máquinas picadoras-sopladoras de doble acción

Corta el material en forma adecuada y lo transporta mediante un conductor de gusano hacia la picadora - sopladora. [21]

1.5 Procesos de Picado

Para la alimentación y mejora de la producción láctea, en el ganado vacuno, es necesario un adecuado tamaño para evitar el desgaste de energía, mayor frecuencia de consumo y mejor digestión de las reses, así como para la facilidad de transporte por parte de las personas que dedican sus esfuerzos a este trabajo.

Al obtener una mayor cantidad de alimento por cada bocado el animal realiza una mejor digestión y con esto genera que su producción de leche sea elevada.

Otros beneficios de este proceso son las ventajas que genera el forraje picado en cortes pequeños al momento de realizar el ensilaje, gracias a su densidad cuantiosa y estructura adecuada.

CAPÍTULO II

SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

2.1 Selección de alternativas

El análisis de alternativas para la construcción de la máquina picadora de hojas y tallos de maíz, estará basado en el elemento motriz que transforma la energía eléctrica en energía mecánica, generando el movimiento rotatorio necesario para producir el corte. Para esto se consideran las siguientes alternativas.

2.2 Forma de selección

Los parámetros serán evaluados de modo que se asignará una calificación en una escala donde:

5	=	Excelente
4	=	Muy Bueno
3	=	Bueno
2	=	Regular
1	=	Malo

2.3 Parámetros a evaluar

Se tomará en cuenta los siguientes parámetros para decidir una alternativa adecuada a las necesidades que requiere la máquina y la persona que la manipule.

2.3.1 Facilidad de fabricación

En este parámetro se ingresa directamente en lo que constituye al diseño y al cumplimiento de normas para el mismo, respetando las condiciones iniciales establecidas para el buen funcionamiento de la máquina.

2.3.2 Costos

Es un factor muy importante puesto que la máquina está enfocada a la ayuda de la Parroquia y un bajo costo sobre los materiales y aspectos varios de la máquina tendrán una fácil aceptación, este debe ir relacionado con la calidad de la máquina.

2.3.3 Capacidad de producción

La máquina debe tener una capacidad de producir 250kg/hora de hojas, por lo que se analiza el período de tiempo que se necesita para transformar la materia prima en el producto final.

2.3.4 Funcionalidad

Se tomará muy en cuenta la necesidad prioritaria de la máquina, en este caso se hablará principalmente del corte, el tipo de material a cortar y la velocidad necesaria para tener un mejor corte.

2.3.5 Facilidad de Mantenimiento

La máquina debe tener un mantenimiento preventivo, el cual debe ser lo más sencillo posible para cualquier operador, porque en la Parroquia no siempre se encuentran personal con conocimientos técnicos previos.

Se analizará el tiempo que requiera realizar el mantenimiento, se debe realizar para largos períodos de tiempo evitando costos elevados al momento de realizarlo.

2.3.6 Seguridad para el usuario

Tomando en cuenta la Teoría Tricondicional del Comportamiento Seguro, una persona que trabaje en un ambiente seguro debe cumplir condiciones que José Meliá [23] propone en su publicación, estas son:

- Debe poder trabajar seguro,
- Debe saber trabajar seguro, y
- Debe querer trabajar seguro.

Por tanto, es indispensable tomar en cuenta este parámetro para que la persona que opere la máquina picadora de hojas de maíz tenga claro el trabajo a realizar.

2.4 Sistema Motriz

2.4.1 Alternativa 1

La máquina utiliza un motor de combustión interna a gasolina y un sistema de transmisión polea- banda como se muestra en la Figura 10.

2.4.1.1 Ventajas

- El combustible es de bajo costo.
- No requiere elementos extras para el funcionamiento.
- Mayor funcionalidad en cualquier lugar al ser a gasolina.

2.4.1.2 Desventajas

- Provoca ruido
- Contamina el medio ambiente por los gases que expulsa
- Requiere mantenimiento preventivo con mayor regularidad.



Figura 10. Motor de Combustión Interna
Tomado de: Toyama [24]

2.4.2 Alternativa 2

La Figura 11 muestra una máquina que utiliza un motor monofásico eléctrico, 220V y un sistema de transmisión con polea, banda.

2.4.2.1 Ventajas

- El ruido que provoca es mínimo
- El medio ambiente no se verá afectado

2.4.2.2 Desventajas

- Necesita de instalación eléctrica cercana
- Requiere conexión de 220 voltios (no todo el lugar dispone de esta capacidad de voltaje)



Figura 11. Motor Eléctrico
Tomado de: Motores Eléctricos [25]

2.4.3 Evaluación

Se revisa los parámetros de evaluación que se mencionaron con anterioridad para realizar la selección de la alternativa más adecuada para el sistema motriz.

2.4.3.1 Facilidad de fabricación

Tabla 5. Análisis de Factibilidad de fabricación para la selección

Alternativa	Análisis	Puntuación
1	El soporte no será inconveniente, pero requerirá mayor trabajo.	4
2	El cable deberá ser tomado en cuenta para la posición en la cual se dejará al motor sin tener mayor inconveniente	5

Elaborado por: Vinicio Aguirre y Jonathan Vega

2.4.3.2 Costos

Tabla 6. Análisis de Costos para la selección

Alternativa	Análisis	Puntuación
1	El costo de adquisición de la máquina es más elevado, al tener un motor de combustión interna necesita combustible y este presenta un aumento en su adquisición.	3
2	El costo de adquisición de la máquina es moderado y el consumo de energía necesitando para su funcionamiento es económico	4

Elaborado por: Vinicio Aguirre y Jonathan Vega

2.4.3.3 Capacidad de producción

Tabla 7. Análisis de Capacidad de producción para la selección

Alternativa	Análisis	Puntuación
1	Un motor de combustión interna posee un buen torque en el arranque lo que facilita el picado desde la puesta en marcha aumentando su producción.	4
2	La puesta en marcha de un motor eléctrico es más rápida, pero necesita tiempo extra para alcanzar la producción deseada.	4

Elaborado por: Vinicio Aguirre y Jonathan Vega

2.4.3.4 Funcionalidad

Tabla 8. Análisis de Funcionalidad para la selección

Alternativa	Análisis	Puntuación
1	El motor de combustión interna realiza ruido excesivo si no se da el mantenimiento adecuado	3
2	con la toma de corriente adecuada, será de excelente ayuda para realizar el corte sin necesidad de realizar mayor ruido.	5

Elaborado por: Vinicio Aguirre y Jonathan Vega

2.4.3.5 *Facilidad de Mantenimiento*

Tabla 9. Análisis de Factibilidad de Mantenimiento para la selección.

Alternativa	Análisis	Puntuación
1	Al ser una máquina de gran tamaño posee múltiples piezas de diferente tamaño y su mantenimiento se dificulta, aumentando su costo.	3
2	Su mantenimiento requiere de personal calificado, el tiempo en realizarlo es corto.	5

Elaborado por: Vinicio Aguirre y Jonathan Vega

2.4.3.6 *Seguridad para el usuario*

Tabla 10. Análisis de Seguridad para la selección.

Alternativa	Análisis	Puntuación
1	La seguridad será en base al buen uso de la máquina.	4
2	La seguridad será en base al buen uso de la máquina.	4

Elaborado por: Vinicio Aguirre y Jonathan Vega

2.5 **Cuchillas**

2.5.1 **Alternativa 1**

El sistema consta de 2 cuchillas móviles K-100, con un ángulo de inclinación y 1 cuchilla fija.

2.5.1.1 *Ventajas*

- El material es de mayor resistencia y garantiza una vida útil adecuada
- El ángulo es primordial para el buen corte de la hoja

2.5.1.2 *Desventajas*

- El número de cuchillas no es suficiente para el material a cortar
- La velocidad del motor debe aumentar considerablemente

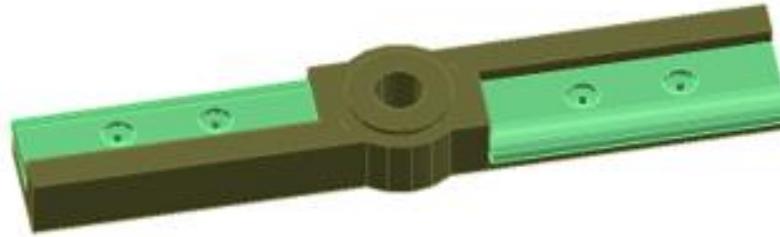


Figura 12. Porta cuchillas con 2 cuchillas.
Elaborado por: Vinicio Aguirre, Jonathan Vega

2.5.2 Alternativa 2

El sistema consta de 3 cuchillas móviles K-100, un ángulo de inclinación para el corte, con dos perforaciones para los respectivos pernos y 1 cuchilla fija.

2.5.2.1 Ventajas

- El material es de mayor resistencia y garantiza una vida útil adecuada
- El número de revoluciones por minuto del motor no se verán afectadas

2.5.2.2 Desventaja

- El costo de construcción se elevará con relación a la otra alternativa



Figura 13. Porta cuchillas con 3 cuchillas.
Elaborado por: Vinicio Aguirre, Jonathan Vega

2.5.3 Evaluación

Se revisa los parámetros de evaluación que se mencionaron con anterioridad para realizar la selección de la alternativa más adecuada para las cuchillas.

2.5.3.1 *Facilidad de fabricación*

Tabla 11. Análisis de Factibilidad de fabricación para la selección.

Alternativa	Análisis	Puntuación
1	Es más conveniente en cuanto a la posición que deben llevar las cuchillas y la forma de la porta cuchillas.	5
2	La posición y forma de las cuchillas es la adecuada.	4

Elaborado por: Vinicio Aguirre y Jonathan Vega

2.5.3.2 *Costos*

Tabla 12. Análisis de Costos para la selección.

Alternativa	Análisis	Puntuación
1	La máquina al poseer 2 cuchillas necesita una elevada velocidad de giro lo que implica un mayor costo en motor o transmisiones.	3
2	La máquina con 3 cuchillas realiza más cantidad de cortes con una velocidad adecuada.	4

Elaborado por: Vinicio Aguirre y Jonathan Vega

2.5.3.3 *Capacidad de producción*

Tabla 13. Análisis de Capacidad de producción para la selección.

Alternativa	Análisis	Puntuación
1	Necesita tiempo extra para alcanzar la producción deseada.	3
2	El sistema trabaja más rápido, al poseer más instrumentos que le facilitan el corte	5

Elaborado por: Vinicio Aguirre y Jonathan Vega

2.5.3.4 *Funcionalidad*

Tabla 14. Análisis de Funcionalidad para la selección

Alternativa	Análisis	Puntuación
1	Al solo tener dos cuchillas, la máquina deberá girar a mayor velocidad.	3
2	Las tres cuchillas darán un menor tiempo de giro entre cuchillas y una mayor eficiencia de corte.	5

Elaborado por: Vinicio Aguirre y Jonathan Vega

2.5.3.5 *Facilidad de Mantenimiento*

Tabla 15. Análisis de Factibilidad de Mantenimiento para la selección.

Alternativa	Análisis	Puntuación
1	El trabajo se reparte en 2 cuchillas, teniendo un constante mantenimiento, aumentando su costo.	3
2	El trabajo se reparte a las 3 cuchillas, aumentando el tiempo para el mantenimiento y reduciendo costos.	5

Elaborado por: Vinicio Aguirre y Jonathan Vega

2.5.3.6 *Seguridad para el usuario*

Tabla 16. Análisis de Seguridad para la selección.

Alternativa	Análisis	Puntuación
1	La seguridad será en base al buen uso de la máquina.	4
2	La seguridad será en base al buen uso de la máquina.	4

Elaborado por: Vinicio Aguirre y Jonathan Vega

2.6 Estructura

2.6.1 Alternativa 1

La máquina consta de 2 llantas tipo carretilla. Con un sistema de mango para arrastre en cortas distancias. Y desarmable para facilitar el traslado.

2.6.1.1 *Ventajas*

- La construcción será más sencilla

- El material a utilizar será menor y por tanto menor costo

2.6.1.2 Desventajas

- La movilidad requiere tiempo
- No cuenta con una rueda directriz

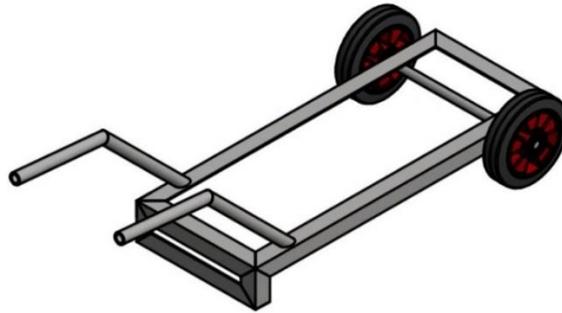


Figura 14. Estructura de 2 llantas
Elaborado por: Vinicio Aguirre, Jonathan Vega

2.6.2 Alternativa 2

La máquina consta de 4 llantas tipo carreta. Con un sistema de enganches para arrastre.

2.6.2.1 Ventajas

- La movilidad se verá beneficiada
- La dirección en donde se quiera desplazar no será un inconveniente

2.6.2.2 Desventajas

- El costeo se elevará ostensiblemente
- El traslado se lo hace mediante equipos adecuados

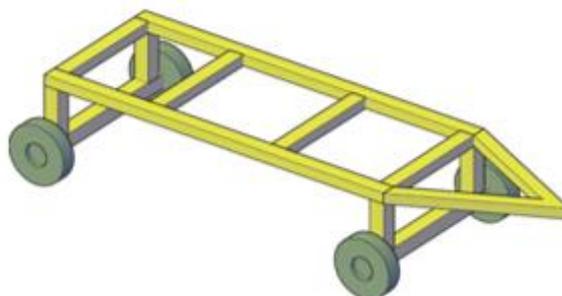


Figura 15. Estructura de 4 llantas
Elaborado por: Vinicio Aguirre, Jonathan Vega

2.6.3 Evaluación

Se revisa los parámetros de evaluación que se mencionaron con anterioridad para realizar la selección de la alternativa más adecuada para la estructura.

2.6.3.1 *Facilidad de fabricación*

Tabla 17. Análisis de Factibilidad de fabricación para la selección.

Alternativa	Análisis	Puntuación
1	Mayor facilidad al diseñar y fabricar	4
2	Materiales excesivos en partes no necesarias	3

Elaborado por: Vinicio Aguirre y Jonathan Vega

2.6.3.2 *Costos*

Tabla 18. Análisis de Costos para la selección.

Alternativa	Análisis	Puntuación
1	La máquina al poseer 2 llantas su costo disminuye, su sistema es desmontable con la ayuda de pernos.	5
2	La máquina con 4 llantas requiere una mayor inversión, adicionando un sistema de soporte y freno.	4

Elaborado por: Vinicio Aguirre y Jonathan Vega

2.6.3.3 *Capacidad de producción*

Tabla 19. Análisis de Capacidad de producción para la selección

Alternativa	Análisis	Puntuación
1	El tiempo de utilización de la máquina reduce la capacidad a producir debido al ensamblaje de la máquina	3
2	La capacidad de producción en la alquilada no se ve afectada por el ensamblaje.	5

Elaborado por: Vinicio Aguirre y Jonathan Vega

2.6.3.4 *Funcionalidad*

Tabla 20. Análisis de Funcionalidad para la selección

Alternativa	Análisis	Puntuación
1	Al ser desmontable su traslado se lo puede hacer mediante cualquier medio.	4
3	La estructura al ser un solo cuerpo rígido el traslado se debe hacer con equipos únicos.	3

Elaborado por: Vinicio Aguirre y Jonathan Vega

2.6.3.5 *Facilidad de Mantenimiento*

Tabla 21. Análisis de Factibilidad de Mantenimiento para la selección

Alternativa	Análisis	Puntuación
1	El mantenimiento será fácil y sencillo al tener 2 llantas la cual será fácil de cambiar	5
2	La máquina con 4 llantas aumenta el mantenimiento, obligando a trabajar con todas. Es decir, si se daña una no se podrá realizar el trabajo	4

Elaborado por: Vinicio Aguirre y Jonathan Vega

2.6.3.6 *Seguridad para el usuario*

Tabla 22. Análisis de Seguridad para la selección

Alternativa	Análisis	Puntuación
1	La seguridad será en base al buen uso de la máquina.	4
2	La seguridad será en base al buen uso de la máquina.	4

Elaborado por: Vinicio Aguirre y Jonathan Vega

2.7 Resultados de Selección

Al haber realizado la apreciación de cada uno de los parámetros mencionados se realiza la Tabla 23.

Tabla 23. Selección de Tipo de Máquina

Alternativas	Necesidades						Puntaje	Porcentaje
	Facilidad de fabricación	Costo	Capacidad de Producción	Funcionalidad	Facilidad de Mantenimiento	Seguridad para el usuario		
Sistema Motriz								
Alternativa 1 (gasolina)	4	3	4	3	3	4	21	60%
Alternativa 2 (eléctrico)	5	4	4	5	5	4	27	77%
Cuchillas								
Alternativa 1 (2 cuchillas)	5	3	3	3	3	4	21	70%
Alternativa 2 (3 cuchillas)	4	4	5	5	5	4	27	90%
Estructura								
Alternativa 1 (2 llantas)	4	5	3	4	5	4	25	83%
Alternativa 2 (4 llantas)	3	4	5	3	4	4	23	77%

Elaborado por: Vinicio Aguirre y Jonathan Vega

La construcción de la máquina se realizará con las siguientes alternativas tomadas bajo los criterios de selección y son: El sistema motriz con motor eléctrico, con 3 cuchillas móviles de material K-100 y una estructura de 2 llantas tipo carretilla.

Nota: Para la construcción el sistema motriz se lo realiza con un motor de combustión interna, debido a los requisitos pedidos por la comunidad.

CAPÍTULO III

CÁLCULOS

3.1 Diseño de la máquina picadora de hojas y tallos de maíz

Para el diseño de la máquina picadora, se parte de la capacidad requerida, con datos tomados en la comunidad, existe un promedio es de 3 a 5 vacas por cada familia.

Tomando como referencia las 5 vacas adultas las mismas que consumen un aproximado de 50 kg de ensilaje cada una por día, se determina la capacidad deseada, para este caso es de 250 Kg/hora.

3.2 Bandeja de alimentación

Es la parte de máquina por donde ingresa la planta después de ser cosechada, tiene forma de pirámide truncada., para el diseño, se toma en cuenta la capacidad a producir. Partiendo de la fórmula de densidad, mostrada en la ecuación (1), se obtiene el volumen que implica producir la capacidad antes mencionada.

$$\delta = \frac{m}{V} \quad (1)$$

Donde:

δ : Densidad de los tallos de maíz [247 $\frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$] Anexo 1

m : Masa en función de la capacidad requerida [250 $\frac{\text{Kg}}{\text{h}}$]

V : Volumen de la capacidad requerida.

Despejando el volumen total (V_t), de la ecuación (1), se tiene la siguiente expresión:

$$V_t = \frac{250 \frac{\text{Kg}}{\text{h}}}{247 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}} = 1,01 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

El valor del volumen está en función del tiempo para cumplir con la capacidad propuesta, obteniendo un valor de volumen total, con el cual se puede determinar la cantidad de volumen que debe ingresar en la bandeja de alimentación.

$$\begin{aligned}
 &250 \text{ Kg} \rightarrow 60 \text{ min} \\
 &x \rightarrow 1 \text{ min} \\
 x = &\frac{1 \text{ min} \times 250 \text{ Kg}}{60 \text{ min}} = 4,16 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

Con la proporción realizada, es conveniente diseñar una bandeja que sea capaz de almacenar 4,5 Kg por cada carga, que equivale a un promedio de 3 plantas por carga.

$$V_{\text{bandeja}} = \frac{4,5 \text{ Kg}}{247 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}} = 0,018 \text{ m}^3$$

Obtenido el volumen de la bandeja, se realiza un dimensionamiento que va a tener, la Figura 16, enseña un diseño de la bandeja y las dimensiones principales que debe tener.

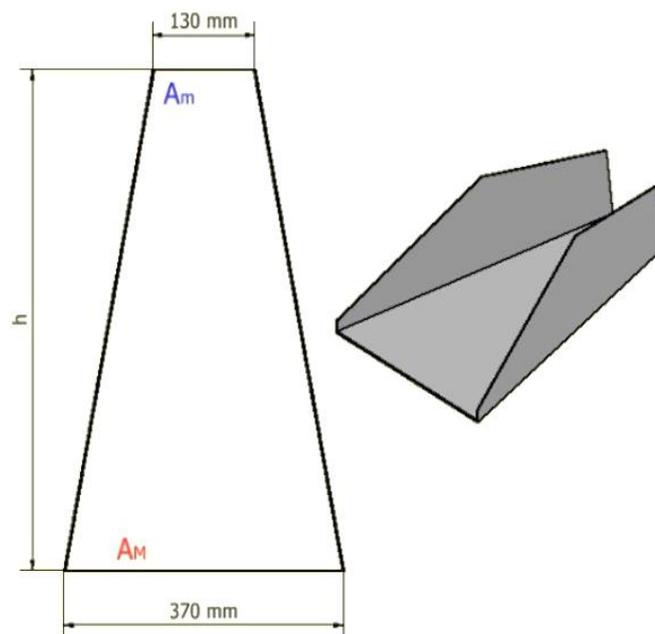


Figura 16. Dimensionamiento de la bandeja de alimentación.
Elaborado por: Vinicio Aguirre, Jonathan Vega

Con las dimensiones planteadas de la bandeja y el volumen que se determinó anteriormente, se calcula el valor estimando que debe tener la altura de la bandeja, para este caso la configuración es la de una pirámide rectangular truncada, en la ecuación (2), se muestra la fórmula para calcular el volumen. Se toma una longitud de 130 mm

$$V_{\text{bandeja}} = \frac{h}{3} \times (A_1 + A_2 + \sqrt{A_1 \times A_2}) \quad (2)$$

Donde:

A_m : Área menor de la pirámide rectangular [0,0169 m²]

A_M : Área mayor de la pirámide rectangular [0,048 m²]

V_{bandeja} : Volumen requerido por la bandeja [0,018 m³]

Remplazando los valores en la ecuación (2), se tiene el siguiente resultado:

$$h = 0,578 \text{ m} \cong 580 \text{ mm}$$

La altura para obtener el volumen mencionado debe ser de 580 mm, se utiliza planchas de acero ASTM A36 para la fabricación, debido que el producto es para consumo animal, y no requiere normas de aceros para grados alimenticios.

3.2.1 Selección de la plancha para la bandeja de alimentación

Para determinar el espesor de la bandeja de alimentación, se hace un análisis de esfuerzos donde se analiza el peso que soporta la bandeja una vez que se le haya cargado, en la Figura 17 se muestra la distribución de la carga sobre la bandeja.

$$Q_0 = \frac{w_{\text{tallos}}}{h} \quad (3)$$

Donde:

w_{tallos} : Peso ejercido por los tallos de maíz [33 N]

h : Longitud de la bandeja de alimentación [0,580 m]

$$Q_0 = \frac{33 \text{ N}}{0,580 \text{ m}} = 57 \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

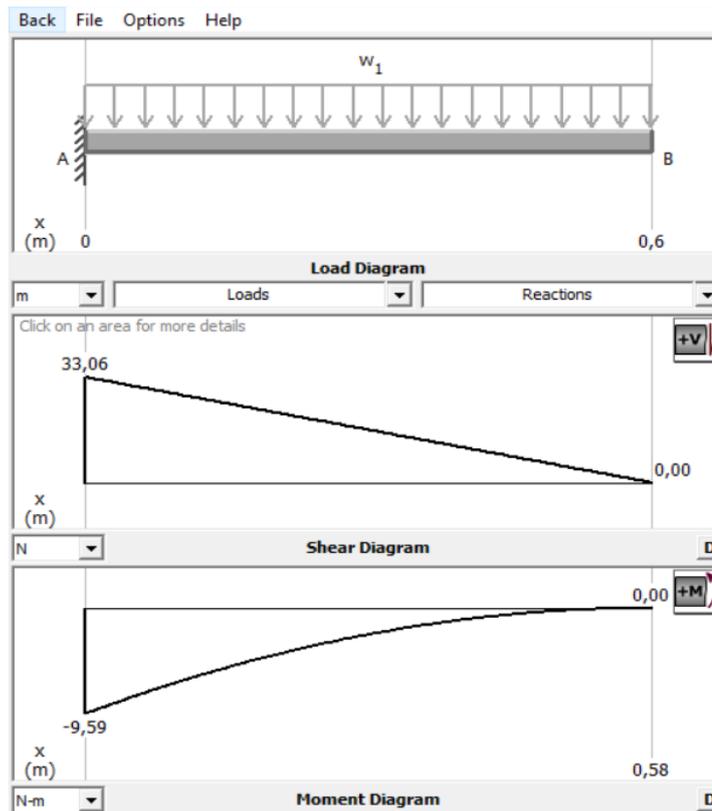


Figura 17. Diagrama de fuerza cortante y momento flector ejercido por el peso del producto.
Elaborado por: Vinicio Aguirre, Jonathan Vega

De acuerdo con la carga ejercida por el peso de los tallos de maíz, se tiene una fuerza de 33 N equivalente a los 3 tallos de ingreso, en el diagrama de momento flector se debe tomar el momento que ejerce la carga para determinar un espesor adecuado de la plancha.

$$M_{\max} = 9,59 \text{ N m}$$

En la ecuación (4) se muestra la fórmula para determinar el esfuerzo permisible del material.

$$\sigma_{\text{perm}} = \frac{S_y}{n} \quad (4)$$

Donde:

S_y : Esfuerzo de fluencia del ASTM A 36

n : Factor de seguridad de diseño

Para el caso del diseño, según la Figura 18, el factor seleccionado es de 2, debido que se requiere un diseño preciso para evitar que el diseño esté sobredimensionado, esto representaría una pérdida de material.

SELECCIÓN ORIENTATIVA DE FACTORES DE SEGURIDAD, PARA MATERIALES DÚCTILES		
Información disponible	Fiabilidad de los datos que se disponen	Factor
Ensayos de materiales	El material de diseño ha sido probado en condiciones similares.	A= 1.3
	Características mecánicas de probetas del material ensayado.	A= 2
	Datos fiables de tablas y catálogos genéricos de materiales.	A= 3
	Datos poco fiables de los cuales no sabemos su procedencia.	A> 5
Condiciones de contorno de utilización de material.	Idénticas condiciones a las del material ensayado.	B= 1.3
	La pieza diseñada funcionará en un entorno aislado.	B= 2
	Entorno de utilización moderadamente agresivo.	B= 3
	Entorno de utilización muy agresivo.	B> 5
Procedimientos de diseño y modelado analítico utilizados.	Han sido probados científicamente mediante experimentos.	C= 1.3
	Representan las condiciones de funcionamiento con precisión.	C= 2
	Representan las condiciones de funcionamiento aproximadamente.	C= 3
	Representan las condiciones de funcionamiento con poca precisión.	C> 5

Figura 18. Selección del factor de Seguridad.
Tomado de: Apuntes de Diseño Mecánico [26]

El esfuerzo de fluencia se selecciona del Anexo 2, para el caso del ASTM A653 se tomó el valor de 2530 Kg/cm².

$$S_y = 2530 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} = 248 \text{ MPa}$$

Reemplazando los datos en la ecuación (4), se tiene el siguiente resultado:

$$\sigma_{\text{perm}} = \frac{248 \text{ MPa}}{2} = 124 \text{ MPa}$$

En la ecuación (5) se tiene el esfuerzo permisible.

$$\sigma_{\text{perm}} = \frac{M_{\text{max}}}{S_x} \tag{5}$$

Donde:

M_{max} : Momento máximo ejercido sobre la bandeja [9,59 N m]

S_x : Módulo de la sección [m³]

Remplazando los valores conocidos en la ecuación (5), se tiene el resultado del módulo de la sección.

$$S_x = \frac{M_{\max}}{\sigma_{\text{perm}}} = \frac{9,59 \text{ N m}}{124 \text{ MPa}} = 7,73 \times 10^{-8} \text{ m}^3$$

Para determinar el módulo de la sección, se utiliza la siguiente ecuación:

$$S_x = \frac{b \times t^2}{6} \quad (6)$$

Donde:

b: Ancho de la bandeja de alimentación [0,130 m]

t: Espesor de la bandeja de alimentación [m]

$$t = \sqrt{\frac{S \times 6}{b}} = \sqrt{\frac{7,73 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \times 6}{0,130 \text{ m}}}$$

$$t = 1,88 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$t = 1,88 \text{ mm}$$

El espesor requerido es de 1,88 mm, de acuerdo con el catálogo mostrado en el Anexo 3, se optó por seleccionar una plancha de 2 mm de espesor debido al desgaste que puede presentarse.

3.3 Cálculo del número de revoluciones

3.3.1 Cálculo de velocidad de corte

Para determinar la velocidad de corte necesario, se parte de los datos de capacidad requerida, este dato indica que cantidad de maíz se debe cortar en una hora y tomando en cuenta el volumen promedio de cada tallo de maíz, se puede determinar una cantidad de tallos necesarios, para encontrar el valor de velocidad.

Es necesario determinar una longitud promedio de los tallos de maíz, de acuerdo con las mediciones realizadas se tiene un valor de 2,3 m cada tallo de maíz.

$$V_{\text{tallo}} = \frac{\pi}{4} \times d^2 \times L \quad (7)$$

Donde:

d: Diámetro de los tallos de maíz [0,038m]

L: Longitud de los tallos de maíz [2,3 m]

$$V_{\text{tallo}} = \left[\frac{\pi}{4} \times (0,038 \text{ m})^2 \times 2,3 \text{ m} \right]$$

$$V_{\text{tallo}} = 2,61 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

Para determinar la cantidad de tallos se realiza una relación entre el volumen de la capacidad y el volumen de cada tallo.

$$\# \text{tallos} = \frac{V_t}{V_{\text{tallo}}}$$

$$\# \text{tallos} = \frac{1,01 \text{ m}^3}{2,61 \times 10^{-3} \text{ m}^3} = 386,97$$

$$\# \text{tallos} = 387$$

Se obtiene 387 tallos que se necesitan en 1 hora para cumplir con la capacidad requerida.

La ecuación (8), muestra la fórmula necesaria para determinar la velocidad de corte.

$$v = \frac{D}{t} \tag{8}$$

Donde:

D: Distancia total en tallos para cumplir la capacidad [m]

t: Tiempo requerido para obtener la capacidad [1h]

$$D = \# \text{tallos} \times L$$

$$D = 387 \times (2,3 \text{ m}) = 890,1 \text{ m}$$

$$v = \frac{890,1 \text{ m}}{1 \text{ h}}$$

$$v = 14,84 \frac{\text{m}}{\text{min}}$$

3.3.2 Cálculo de la velocidad angular

Para calcular la velocidad angular, se considera la configuración que va a tener el tambor principal o porta cuchillas, en la Figura 19, se muestra el diseño del tambor.

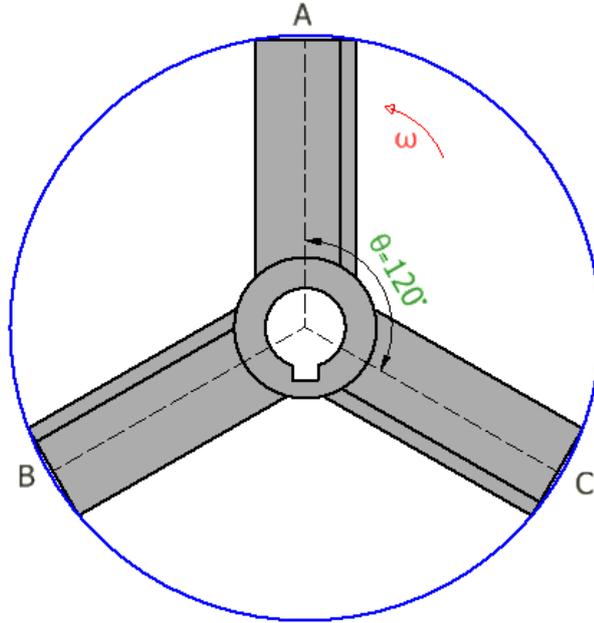


Figura 19. Rotor principal porta cuchillas.
Elaborado por: Vinicio Aguirre, Jonathan Vega

Para determinar la velocidad angular se realiza una relación:

El tiempo necesario para realizar un corte en el tallo de 0,5 cm, es igual al tiempo que tarda en recorrer el porta cuchillas desde el punto A hacia el punto B.

Para el diseño se toman en cuenta la longitud mínima que va a tener el corte del tallo, es importante recalcar, que la máquina es regulable para dar mayor longitud al corte de los tallos.

Para determinar la velocidad angular, se trabaja con la formula mostrada en la siguiente ecuación (4). [27]

$$\omega = \frac{\theta}{t_{ab}} \quad (9)$$

Donde:

θ : Desplazamiento angular de la cuchilla del punto A-B $\left[\frac{2\pi}{3}\right]$

t_{ab} : Tiempo que tarda en recorrer la cuchilla el desplazamiento angular

Además de la ecuación planteada anteriormente, se tiene la ecuación de velocidad lineal, para lo cual se utiliza la ecuación (8).

$$v = \frac{D_1}{t_{ab}}$$

Donde:

v: Velocidad lineal $[14,84 \frac{m}{min}]$

D_1 : Longitud del corte de los tallos de maíz $[0,005 m]$

Igualando la ecuación (9) y la ecuación (8), se determina el siguiente resultado:

$$\frac{D_1}{v} = \frac{\theta}{\omega}$$

$$\omega = \frac{v \times \theta}{D_1} = \frac{14,84 \frac{m}{min} \times \frac{2\pi}{3}}{0,005 m} = 6216,16 \frac{rad}{min}$$

$$\omega = 989,33 \text{ rpm}$$

$$\omega = 1000 \text{ rpm}$$

De acuerdo a los trabajos realizados acerca del diseño de máquinas picadoras de tallos de maíz, se recomienda según menciona Guijarro & Paguay [28], utilizar una velocidad angular de 1700 RPM, ya que esto permite aumentar la capacidad de picado de tallos de la máquina.

3.4 Radio de giro del porta cuchillas

Para determinar el radio de giro que debe tener la máquina picadora de tallos de maíz, se considera la cantidad de plantas que se va a cargar en la bandeja, es decir cuántos tallos a la vez van a ser picados.

$$\#tallos = \frac{L_{bandeja}}{d_{tallo}} = \frac{0,130 m}{0,038m} = 3,4$$

$$\#tallos = 3$$

De acuerdo con lo calculado, se considera que ingresaran en la bandeja 3 tallos de maíz, por lo tanto, la cuchilla debe tener una longitud mayor a los 0,130 m para poder cortar todos los tallos a la vez.

A este valor determinado se le debe dar una holgura a cada lado para que la cuchilla pueda realizar el proceso de corte de manera efectiva, para este caso se considera un valor de 0,02 m a cada lado.

$$L_{\text{cuchilla}} = 0,130\text{m} + 0,02\text{m} + 0,02\text{m}$$

$$L_{\text{cuchilla}} = 0,170\text{ m}$$

Es importante considerar la holgura de la cuchilla con respecto al bocín del eje, se diseña con 35 mm de juego, con respecto al centro de giro del rotor, a continuación, en la Figura 20, se muestra la configuración del porta cuchillas.

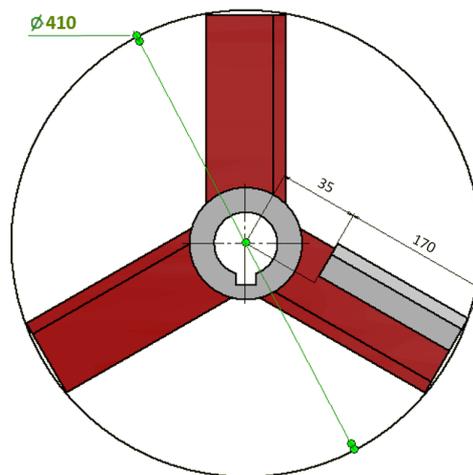


Figura 20. Radio de giro del rotor porta cuchillas.
Elaborado por: Vinicio Aguirre, Jonathan Vega.

Como se puede observar en la Figura 20, se tiene un radio de giro de 205 mm, en el cual se encuentra posicionada la cuchilla.

3.5 Cálculo del motor

3.5.1 Cálculo de la potencia de diseño

Con el dato de radio de giro del porta cuchillas, se procede a determinar el torque necesario para realizar el corte de los tallos de maíz, a su vez con este dato se puede determinar la potencia requerida por el sistema para previamente seleccionar el tipo de motor adecuado.

De acuerdo a las pruebas realizadas en los laboratorios de la Universidad Politécnica Salesiana, se determinó la fuerza de corte necesaria para picar la caña. Anexo 4

$$F_{corte} = 137 \text{ N}$$

Con la ecuación (10), se determina el valor de torque necesario para producir el corte sobre los tallos de maíz.

$$T_{corte} = F_{corte} \times r_{rotor} \quad (10)$$

Donde:

F_{corte} : Fuerza de corte necesaria para los tallos de maíz [137 N]

r_{rotor} : Radio medio de giro del rotor porta cuchillas $\left[0,35 + \frac{0,170}{2}\right] \rightarrow [0,120 \text{ m}]$

$$T_{corte} = 137 \text{ N} \times 0,120 \text{ m}$$

$$T_{corte} = 16,44 \text{ N m}$$

Para determinar la potencia, se considera la fórmula mencionada por Budynas & Nisbett, [29] mostrada en la ecuación (11)

$$H = T_{corte} \times \omega \quad (11)$$

Donde:

H : Potencia requerida [HP]

T_{corte} : Torque requerido para realizar el corte del tallo [17,12 N m]

ω : Número de revoluciones requerido por el sistema [1700 rpm] $\rightarrow [178,024 \frac{rad}{s}]$

$$H = 16,44 \text{ N m} \times 178,024 \frac{rad}{s}$$

$$H = 2926,71 \text{ Watts}$$

$$H = 3,92 \text{ HP}$$

La potencia necesaria calculada es de 3,92 HP.

3.5.2 Selección del motor

El motor se selecciona con el dato de potencia corregida, obtenida con el factor de servicio, el cual determina el tipo de trabajo que realizara el motor y la carga horaria a

la que se va a encontrar sometido, en el Anexo 5, se tiene una tabla de valores con las cuales se debe seleccionar el factor de servicio.

Se considera un factor de servicio de 1,5 para un tipo de motor de combustión interna mono cilíndrico, con una duración de servicio de hasta 10 horas y un trabajo liviano

Para determinar la potencia corregida se aplica la ecuación (12) y se tiene lo siguiente:

$$H_{\text{corregida}} = H \times F_s \quad (12)$$

Donde:

$H_{\text{corregida}}$: Potencia Corregida

H : Potencia requerida [HP]

F_s : Factor deservicio [1,5]

$$H_{\text{corregida}} = 3,92 \times 1,5$$

$$H_{\text{corregida}} = 5,92 \text{ HP}$$

Con el dato de potencia y revoluciones necesarias del motor, se debe seleccionar uno que cumpla con las necesidades, en el Anexo 6, se muestra el catálogo técnico de motores de combustión interna.

Para la máquina picadora de plantas de maíz se seleccionó un motor de combustión interna mono cilíndrico, con una potencia de trabajo de 7,8 hp (5,82 kw) con 1800 RPM a la salida del motor. El motor mínimo con el cual se puede trabajar es de 3 hp.

3.6 Selección de la banda de transmisión

En el mercado existen tipos de bandas normalizadas que se detallan en la Figura 21

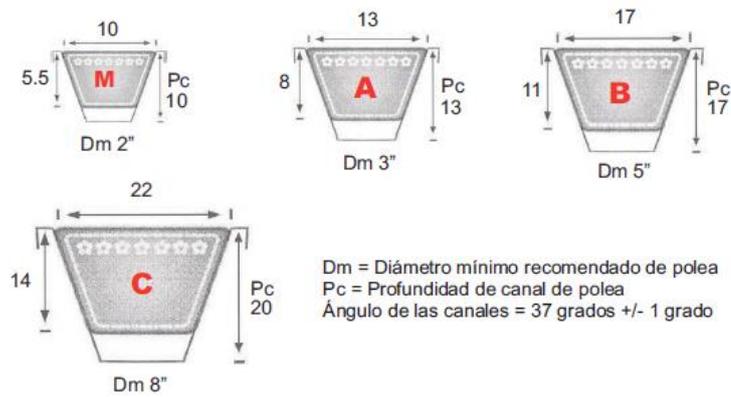


Figura 21. Medida de bandas normalizadas.
Tomado de: Rexon [30]

Para determinar el tipo de banda que se debe utilizar en el juego de poleas, según menciona el manual técnico Rexon [30], se considera la potencia efectiva del sistema de (5,82 Kw) y el número de revoluciones que se requiere (1700 RPM). En la Figura 22, se muestra la gráfica necesaria para seleccionar el tipo de correa que requiere el sistema.

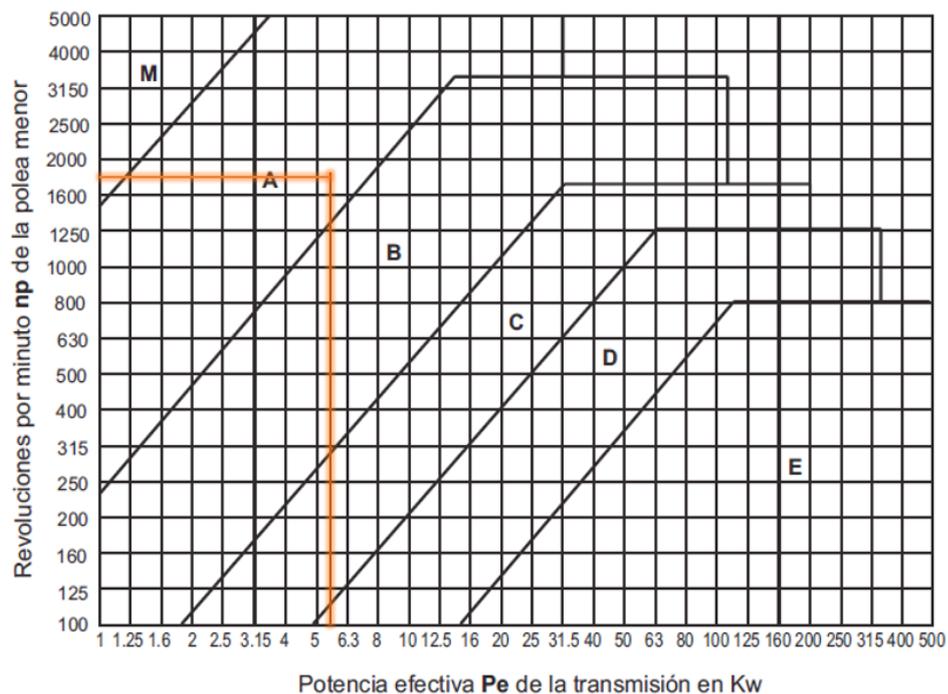


Figura 22. Elección de la sección de las correas
Tomado de: Rexon [30]

Como se puede apreciar en la Figura 26 la sección de banda a utilizarse es el tipo A, lo que aplica para la correa y las poleas.

3.7 Selección de poleas de transmisión

Partiendo de la ficha técnica del motor inicialmente se tiene 1800 RPM a la salida con una potencia de 7,8 HP, es decir que es necesario una relación de transmisión que permita reducir este valor a la requerida por el sistema, en este caso 1700 RPM.

Para ello se determinará el juego de poleas necesario que se debe colocar a la salida del motor y a la entrada del eje principal, el manual técnico Rexon [30], menciona que la ecuación (13), se utiliza para calcular el juego de poleas.

$$D_{pc} \times n_e = n_s \times D_{pm} \quad (13)$$

Donde:

D_{pm} : Diámetro de la polea conductora (motor) [0,160 m]

n_e : Revoluciones por minuto del motor [1800 RPM]

D_{pc} : Diámetro de la polea conducida (eje)

n_s : Revoluciones por minuto del eje conducido [1700 RPM]

$$D_{pc} = \frac{D_{pm} \times n_e}{n_s}$$

$$D_{pc} = \frac{0,16 \text{ m} \times 1800 \text{ RPM}}{1700 \text{ RPM}} = 0,17 \text{ m}$$

$$\mathbf{D_{pc} = 0,17 \text{ m}}$$

En el mercado la polea conductora (motor) 0,16 m corresponde a una de 6 plg. Y la polea conducida (eje) 0,17 m corresponde a una de 7 plg. pero para reducir el número de correas se aumenta el diámetro de la polea a una de 8plg.

También se debe tomar en cuenta la potencia que ejerce cada correa sobre el sistema, de acuerdo a ello se determinara los canales que debe tener la polea tipo A.

Para determinar la potencia que ejerce cada polea se toma como datos los rpm, el diámetro de la polea menor y la relación de transmisión, según se muestra el catálogo del Anexo 7, se tiene una potencia de 3,78 Kw por cada correa.

Se utiliza la ecuación (14), para determinar el número de canales que necesita la polea para transmitir la potencia necesaria.

$$N_c = \frac{H_{\text{corregida}}}{H_{\text{correa}}} \quad (14)$$

Donde:

N_c : Número de correas requeridas

H_{correa} : Potencia transmitida por una correa [3,78]

$$N_c = \frac{5,82 \text{ Kw}}{3,78 \text{ Kw}} = 1,54$$

$$N_c = 2$$

Para determinar la longitud de la banda, se aplica la ecuación mencionada por Rexon [30], en la ecuación (15).

$$L_c = (D_{pm} + D_{pc}) \times \frac{\pi}{2} + 2L_e + \frac{D_c - D_{pm}}{4L_e} \quad (15)$$

Donde:

D_{pm} : Diámetro primitivo de la polea conductora [0,15 m]

L_e : Longitud entre ejes [0,5 m]

$$L_c = (0,15 + 0,2) \times \frac{\pi}{2} + 2(0,5 \text{ m}) + \left[\frac{0,20 - 0,15}{4(0,5 \text{ m})} \right]$$

$$L_c = 1,581 \text{ m}$$

Según Dayco, [31] presenta las bandas disponibles en el mercado, la selección de la banda corresponde a una A62 con una longitud de 1600 mm.

3.8 Diseño del eje principal

Para el diseño del eje principal, se inicia partiendo del torque que se aplica sobre el eje tanto por parte de la polea conducida, así como el rotor principal, también es necesario determinar las reacciones que se ejercen sobre las chumaceras por parte de dichas cargas. En la Figura 23 se muestra la distribución de los diferentes elementos en el eje principal.

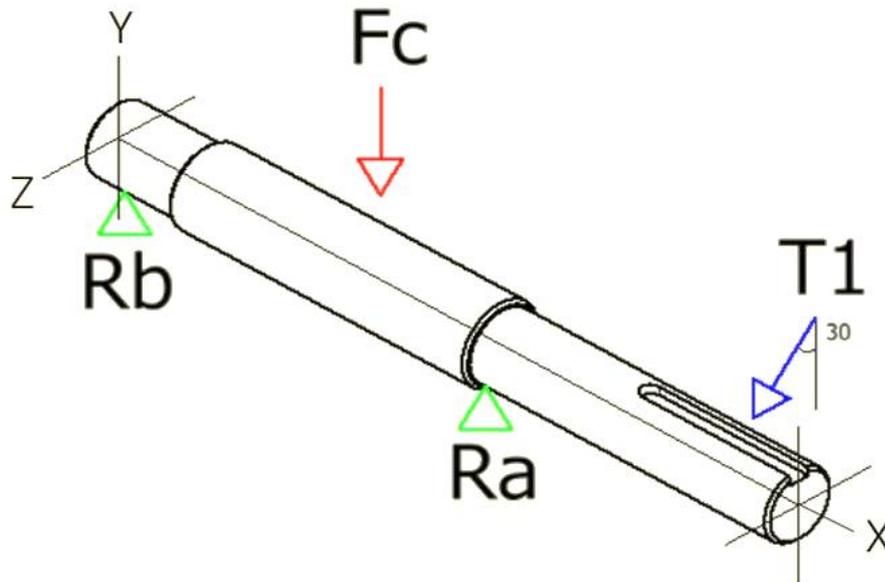


Figura 23. Diagrama de cuerpo libre de fuerzas aplicadas sobre el eje principal
Elaborado por: Vinicio Aguirre, Jonathan Vega

3.8.1 Cálculo de torque y momento máximo.

Para analizar la fuerza (T1) producida por la banda y polea sobre el eje. Se utiliza la ecuación (11)

$$H_{\text{corregida}} = T_{Pc} \times \omega$$

Donde:

$H_{\text{corregida}}$: Potencia producida por el motor [7,8 HP] → [5817 Watts]

T_{Pc} : Torque producido por la polea conducida (eje) [N m]

ω : Velocidad angular en el eje principal [1600 rpm] → [167,6 $\frac{\text{rad}}{\text{s}}$]

$$T_{Pc} = \frac{5817 \text{ Watt}}{167,6 \frac{\text{rad}}{\text{s}}} = 34,70 \text{ N}$$

El torque producido en la polea del eje se analiza utilizando la ecuación (10)

$$T_{pc} = F_{pc} \times r_{pc}$$

Donde:

T_{pc} : Torque producido en el eje principal

r_{pc} : Radio de la polea conducida [0.20 m] \rightarrow [0,101 m]

F_{pc} : Fuerza tangencial producida en la polea [N]

$$F_{pc} = \frac{34,70 \text{ N m}}{0,101 \text{ m}} = 433,8 \text{ N}$$

Debido a que la tensión (T1) se encuentra inclinada es necesario descomponer dicha fuerza en los planos xy , xz.

$$F_{pcy} = F_{pc} \times \cos 30^\circ = 375 \text{ N}$$

$$F_{pcz} = F_{pc} \times \sin 30^\circ = 216,5 \text{ N}$$

Una vez determinado el nuevo torque en el sistema del eje, se calcula la nueva fuerza de corte despejando la ecuación (10).

$$F_c = \frac{T_{pc}}{r_{giro}} = \frac{34,70 \text{ N m}}{0,205 \text{ m}} = 163,67 \text{ N}$$

Para determinar las reacciones producidas en las chumaceras se utiliza el software Mdsolid, en la Figura 24 y 25 se muestra el cálculo de momento máximo y fuerza máxima en los planos xy, xz producidos en el eje

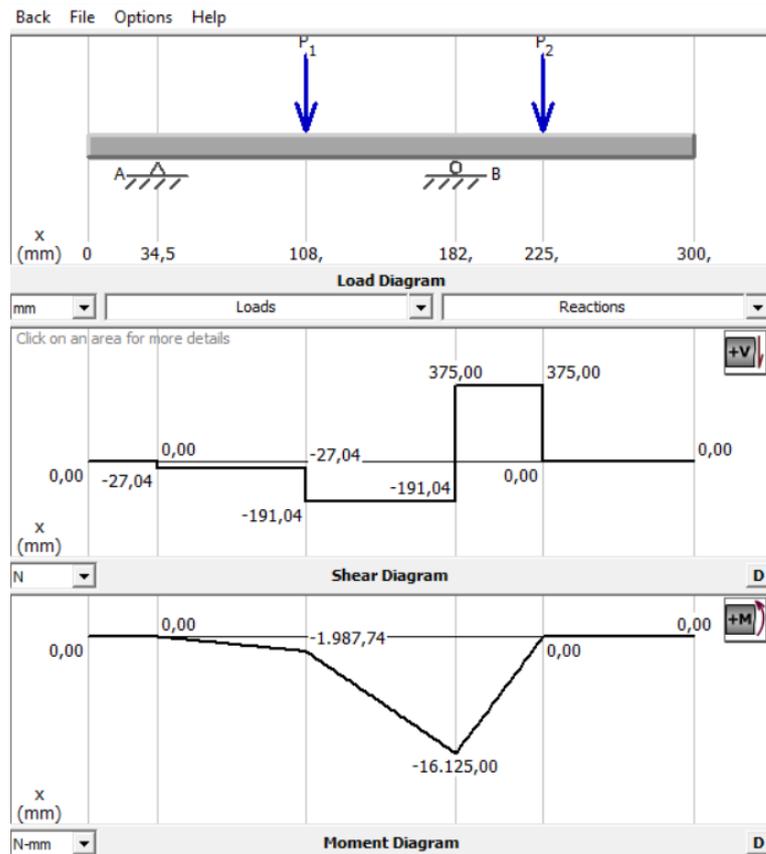


Figura 24. Diagrama de cuerpo libre del eje en el plano XY
Elaborado por: Vinicio Aguirre, Jonathan Vega

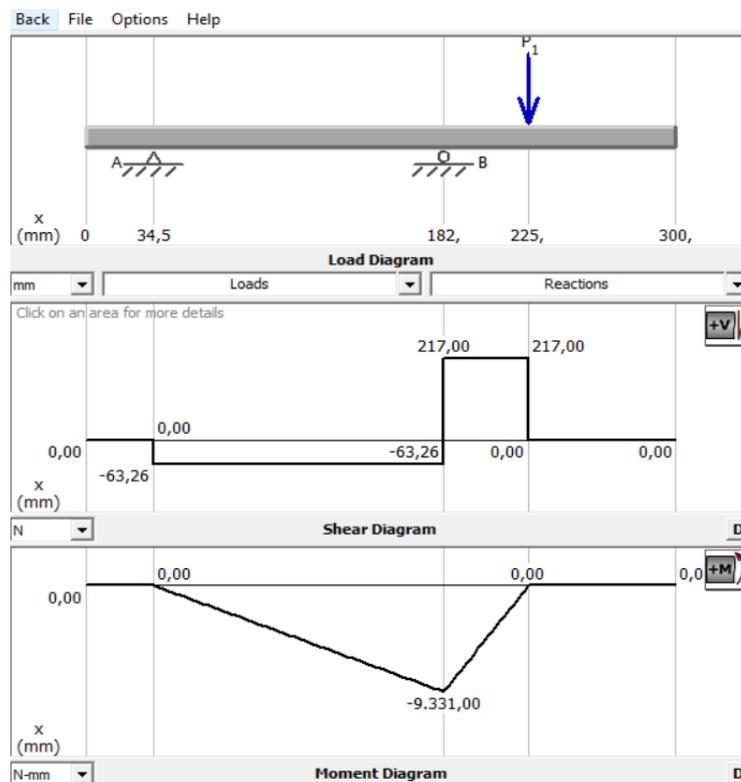


Figura 25. Diagrama de cuerpo libre del eje en el plano XZ
Elaborado por: Vinicio Aguirre, Jonathan Vega

De acuerdo con los diagramas mostrados en la Figura 24 y 25, se selecciona el momento máximo ecuación (16), en este caso se encuentra en el punto B.

$$\begin{aligned}
 M_{xy} &= 16,125 \text{ Nm} \\
 M_{xz} &= 9,33 \text{ Nm} \\
 M_R &= \sqrt{M_{XY}^2 + M_{XZ}^2} \\
 M_{max} &= \sqrt{(16,125 \text{ Nm})^2 + (9,33 \text{ Nm})^2} \\
 M_{max} &= 18,63 \text{ Nm}
 \end{aligned} \tag{16}$$

3.8.2 Dimensionamiento del diámetro mediante Von Mises

Para determinar el diámetro de la sección del eje principal según menciona Budynas & Nisbett [29], se utiliza los criterios para materiales dúctiles, en este caso Von Mises, debido a que es una teoría de la distorsión para materiales dúctiles.

En la ecuación (17), se muestra la fórmula para determinar el momento de flexión que se ejerce sobre el eje.

$$\begin{aligned}
 \sigma &= \frac{32 \times M_{max}}{\pi d^3} \\
 \sigma &= \frac{32 \times 18,63 \text{ N m}}{\pi d^3} = \frac{189,8}{d^3}
 \end{aligned} \tag{17}$$

En la ecuación (18), se aplica la fórmula del esfuerzo por torsión ejercido sobre el eje.

$$\begin{aligned}
 \tau_{xy} &= \frac{16 T_{pc}}{\pi d^3} \\
 \tau_{xy} &= \frac{16 \times 34,70 \text{ N m}}{\pi d^3} = \frac{176,73}{d^3}
 \end{aligned} \tag{18}$$

Aplicando la teoría de Von Mises, mostrada en la ecuación (19), se tiene lo siguiente:
[29]

$$\begin{aligned}
 \sigma' &= (\sigma^2 + 3\tau_{xy}^2)^{\frac{1}{2}} \\
 \sigma' &= \left\{ \left(\frac{190}{d^3} \right)^2 + 3 \left(\frac{177}{d^3} \right)^2 \right\}^{1/2} \\
 \sigma' &= \left(\frac{361}{d^3} \right)
 \end{aligned} \tag{19}$$

El factor de seguridad, relaciona el esfuerzo de fluencia de acuerdo al material con respecto al esfuerzo de Von Mises, se determina si el diseño es correcto.

$$n = \frac{S_y}{\sigma'} \quad (20)$$

Donde:

S_y : Esfuerzo de fluencia del material seleccionado (AISI 1018) [220 MPa]

σ' : Esfuerzo de Von Mises [MPa]

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

De acuerdo con en el Anexo 8, se optó por seleccionar el AISI 1018, con una resistencia a la fluencia de $S_y = 220 \text{ MPa}$

Para el valor de factor de seguridad se utiliza criterios de acuerdo a la aplicación del diseño, Robert Mott [27], menciona que se utiliza un factor de seguridad de 2,5 a 4.

Se iguala las ecuaciones (19) y (20) y se despeja el diámetro d.

$$\begin{aligned} \frac{361}{d^3} &= \frac{220 \text{ MPa}}{4} \\ d^3 &= \frac{4 \times 361}{220 \text{ MPa}} \\ d &= 18,7 \text{ mm} \end{aligned}$$

El diámetro requerido por el eje principal es de 18,7 mm, para el caso de la máquina picadora de caña se utiliza un eje de 31.7 mm (1 ¼ plg) diámetro por efectos de diseño y para mejorar la vida útil del eje principal.

3.8.3 Factor de seguridad mediante Von Mises

Con el dato calculado del diámetro, se procede a determinar los esfuerzos de flexión en la ecuación (17) y cortante ecuación (18) del sistema.

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

$$\sigma_x = \frac{32 \times 18,63 \text{ N m}}{\pi (0,032 \text{ m})^3} = 5,80 \text{ MPa}$$

$$\tau_{xy} = \frac{16 \times T_{sist}}{\pi d^3}$$

$$\tau_{xy} = \frac{16 \times 34,70 \text{ N m}}{\pi (0,032)^3} = 5,4 \text{ MPa}$$

Con el esfuerzo cortante y esfuerzo de flexión, se determina el esfuerzo von Mises.

$$\sigma' = \{(5,80)^2 + 3(5,4)^2\}^{\frac{1}{2}}$$

$$\sigma' = 11 \text{ MPa}$$

Para el determinar el factor de seguridad real, se utiliza la siguiente ecuación:

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

$$n = \frac{220 \text{ MPa}}{12,46 \text{ MPa}}$$

$$n = 20$$

El factor de seguridad es elevado debido a que para el diseño se seleccionó un eje más robusto para poder hacer los acoples con las chumaceras más comunes en el mercado

3.8.4 Diseño del eje a fatiga

Para el análisis a fatiga del eje principal, se toma en cuenta los diferentes factores que influyen en las cargas dinámicas ejercidas por la rotación del rotor.

3.8.4.1 Cálculo del límite de resistencia a la fatiga (Se)

El límite de resistencia a la fatiga (Se), se estima en función del límite de resistencia ultimo a la tensión, para ello se utiliza la ecuación (21).

$$Se = Ka \times Kb \times Kc \times Kd \times Ke \times Kf \times Se' \quad (21)$$

- Factor de superficial (Ka)

$$Ka = a \times S_{ut}^b$$

El valor de S_{ut} , se lo determina del Anexo 8, esfuerzo último de tensión para AISI 1018 es el siguiente:

$$S_{ut} = 400 \text{ MPa.}$$

Los valores de a y b se lo determinan en el Anexo 9

$$Ka = 4,51 \times 400 \text{ MPa}^{-0,265}$$

$$Ka = 0,92$$

- **Factor de modificación de tamaño (Kb)**

Para el valor de Kb se lo determina del Anexo 10, tomando como referencia el diámetro de 32mm

$$Kb = 1,24d^{-0,107}$$

$$Kb = 1,24 (32)^{-0,107} = 0,89$$

- **Factor de carga (Kc)**

El eje se encuentra sometido a flexión y torsión y de acuerdo con el Anexo 11, el valor tomado es el más alto para poder soportar todas las cargas.

$$Kc = 1$$

- **Factor de temperatura (Kd)**

De los valores tomados del Anexo 12, considerando que la máquina trabaja a temperatura ambiente (20°), se tiene:

$$Kd = 1$$

- **Factor de confiabilidad (ke)**

Se estima una confiabilidad del 99 % de la máquina, según el Anexo 13, se tiene:

$$ke = 0,814$$

- **Límite de resistencia a la fatiga en la ubicación crítica (S_e')**

$$S_e' = 0,5 S_{ut}$$

El valor de S_{ut} , se lo determina del Anexo 8, esfuerzo último de tensión para AISI 1018 es el siguiente:

$$S_{ut} = 400 \text{ MPa.}$$

$$S_e' = 0,5 \times (400 \text{ MPa})$$

$$S_e' = 200 \text{ MPa}$$

Remplazando todos los factores en la ecuación (18), se obtiene el valor del límite de fluencia en condiciones de uso del elemento.

$$Se = 0,92 \times 0,89 \times 1 \times 1 \times 0,814 \times 1 \times 200 \text{ MPa}$$

$$Se = 133,3 \text{ MPa}$$

3.8.4.2 Cálculo de concentración de esfuerzos en la muesca más crítica

Se procede a calcular el esfuerzo a flexión y cortante máximo que se produce en la muesca más crítica.

- Factor teórico o geométrico de la concentración de esfuerzos (K_{fs}) o (K_f)

Para evaluar el factor bajo la carga de momento de torsión se tiene el factor (K_{fs}).

$$K_{fs} = 1 + q(K_{ts} - 1)$$

Para determinar el factor K_{ts} , de acuerdo con el Anexo 14:

$$K_{ts} = 1,4$$

El factor q , se determina con la gráfica mostrada en el Anexo 15. $S_{ut} = 400 \text{ MPa}$.

$$q = 0,7$$

Con los valores obtenidos, se tiene el resultado del factor de efectos varios:

$$K_{fs} = 1 + (0,7) \times (1,4 - 1)$$

$$K_{fs} = 1,28$$

Para este caso se tendrá un factor de efectos varios con respecto a la carga ejercida por el momento de flexión. El factor K_t , tomado del Anexo 16

$$K_t = 1,79$$

$$K_{tf} = 1 + q(1,79 - 1)$$

$$K_{tf} = 1,55$$

Se utiliza las ecuaciones para cargas combinadas debido a que se tiene momento de torsión y flexión.

Con la ecuación (22), se calcula el valor de esfuerzo a flexión máximo.

$$\sigma_{max} = K_f \times \sigma_x \tag{22}$$

$$\sigma_{max} = 1,55 \times 5,80 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{max} = 9 \text{ MPa}$$

Lo siguiente es aplicar la ecuación (23), para determinar el esfuerzo cortante máximo, producido por la torsión.

$$\tau_{max} = K_{fs} \times \tau_{xy} \quad (23)$$

$$\tau_{max} = 1,28 \times 5,4 \text{ MPa}$$

$$\tau_{max} = 6,92 \text{ MPa}$$

Con los valores determinados en las ecuaciones (22), (23), se reemplaza los datos en la ecuación de esfuerzo máximo de Von mises.

$$\sigma_{max}' = (\sigma_{max}^2 + (3 \times \tau_{max}^2))^{1/2} \quad (24)$$

$$\sigma_{max}' = 15 \text{ MPa}$$

El factor de seguridad contra la falla por el esfuerzo de fatiga viene dado por la ecuación (25).

$$n_f = \frac{S_e}{\sigma_{max}'} \quad (25)$$

$$n_f = \frac{133,3 \text{ MPa}}{15 \text{ MPa}} = 8,88$$

A continuación, se realiza un análisis estático del eje principal en el software para simulación de cargas Solid Works, con el cual se puede identificar los puntos críticos en el diseño del eje principal.

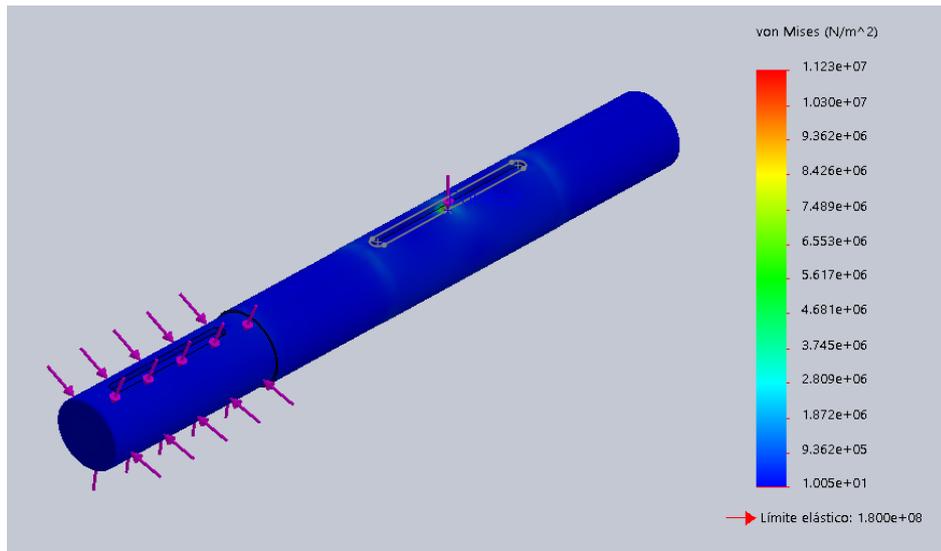


Figura 26. Análisis de elementos finitos del eje principal, esfuerzo de Von Mises.
Elaborado por: Vinicio Aguirre, Jonathan Vega

La Figura 26, analiza el esfuerzo de Von Mises, distribuido a lo largo del eje donde se aprecia que los puntos más críticos se encuentran en el rotor principal, con máximo de 11,2 MPa, el cual es inferior al esfuerzo de fluencia, significa que el diámetro seleccionado es adecuado para soportar las cargas ejercidas.

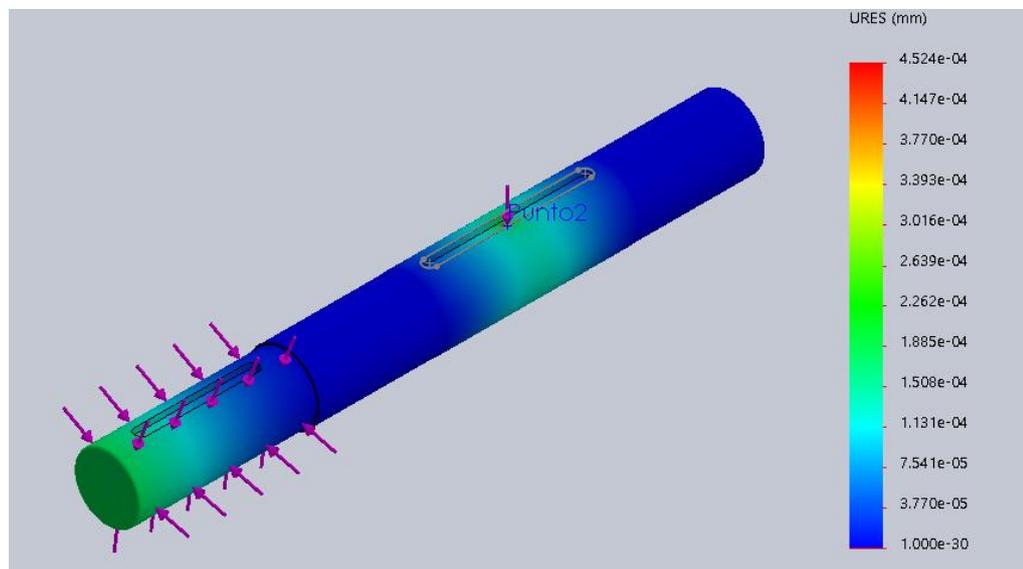


Figura 27. Análisis de elementos finitos del eje principal, desplazamiento estático.
Elaborado por: Vinicio Aguirre, Jonathan Vega.

La Figura 27, muestra el resultado de desplazamiento estático generado por las cargas aplicadas sobre el eje, se aprecia que el valor máximo de desplazamiento es de valor $4,52 \times 10^{-4}mm$, indicando que la deformación es imperceptible y el diseño es correcto.

3.9 Selección de chumaceras

La chumacera consta de un parte fija que se une al chasis y una parte móvil está constituida por el rodamiento que se une con el eje que está girando.

Para determinar las chumaceras se considera utiliza un rodamiento de bolas, para lo cual se determina la capacidad de carga dinámica y estática, que soportará la chumacera. [27]

La carga de diseño corresponde a la reacción máxima que se produce en cualquiera de los dos apoyos (566 N).

Con la fórmula de la ecuación (26), se determina la carga dinámica.

$$C = \frac{P_d \times f_l}{f_n} \quad (26)$$

Donde:

C : Capacidad de carga dinámica.

P_d : Carga de diseño [566 N]

f_l : Factor de duración [1,76]

f_n : Factor por velocidad [0,26]

Los factores de duración y velocidad se lo determinan del Anexo 17,

El factor de duración se tomó en función del tiempo que va a trabajar la máquina de $8h \times 30 \text{ dias} \times 12 \text{ meses}$ con un valor de $2880 \frac{h}{\text{año}} \rightarrow 1,75$

El factor de velocidad se determina en función de las $1800 \text{ rpm} \rightarrow 0,26$

$$C = \frac{266 \text{ N} \times 1,75}{0,26}$$

$$C = 3809,6 \text{ N}$$

$$C = 3,8 \text{ KN}$$

Para determinar la carga estática se utiliza la ecuación (27) siguiente:

$$C_o = S_o \times P_o \quad (27)$$

Donde:

C_o : Capacidad de carga estática.

S_o : Coeficiente de seguridad estática [2]

P_o : Carga de diseño [566 N]

El coeficiente de seguridad estática, se determina del Anexo 17, se considera las condiciones de uso de choque e impacto.

$$C_o = 2 \times 566 N$$

$$C_o = 1132 N$$

$$C_o = 1,13 KN$$

En el Anexo 18 se determina el diámetro del eje según las cargas dinámica y estática calculadas. Se determinó la chumacera:

$$d = 19,05 \text{ mm}$$

$$C = 12,7 KN$$

$$C_o = 6,55 KN$$

Debido al diámetro del eje calculado de 32mm de opta seleccionar una chumacera de:

$$d = 1 \frac{1}{4} \text{ plg}$$

$$C = 19,5 KN$$

$$C_o = 1,12 KN$$

Estas nuevas cargas obtenidas son mayores a las calculadas, garantizado la vida útil de la chumacera seleccionada.

En el mercado se encuentra la chumacera de pared de $1 \frac{1}{4}$ plg en marca KDF con la denominación UCF 207-20.

3.10 Diseño del rotor porta cuchillas

El porta cuchillas, se encuentra soldado al bocín el cual acopla en el eje principal, para realizar el análisis de esfuerzos y determinar el espesor, se realiza un análisis estático considerando el perfil en voladizo como se muestra en la Figura 28.

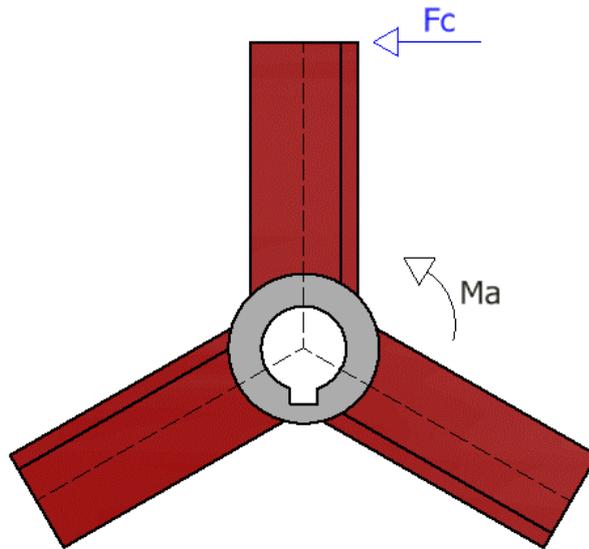


Figura 28. Fuerza tangencial ejercida sobre el porta cuchillas.
Elaborado por: Vinicio Aguirre, Jonathan Vega

Se calcula la nueva fuerza de corte.

$$F_c = \frac{T_{pc}}{r_{giro}}$$

Donde:

F_c : Fuerza de corte producida [N]

T_{pc} : Torque producido en el eje principal [34,70 N]

r_{giro} : Radio de giro del porta cuchillas [0,205 m]

$$F_c = \frac{34,70 \text{ N m}}{0,205 \text{ m}}$$

$$F_c = 163,67 \text{ N}$$

Con la fuerza de corte calculada se realiza un análisis estático de la platina, en la Figura 29, se muestra los valores obtenidos de momento máximo de flexión ejercido en el porta cuchillas.

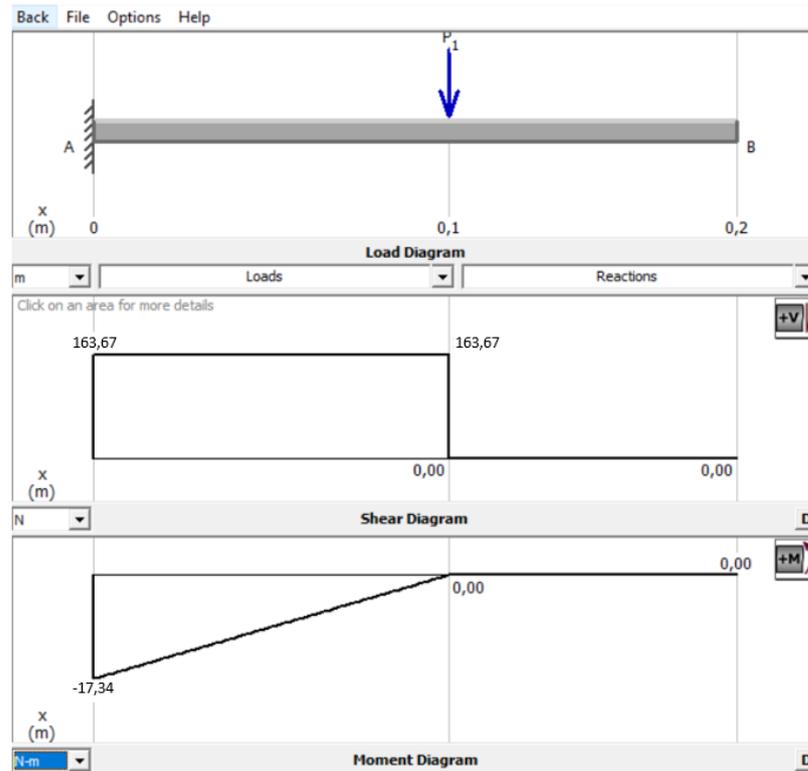


Figura 29. Análisis estático en voladizo de la platina del porta cuchillas.
Elaborado por: Vinicio Aguirre, Jonathan Vega

$$M_{max} = 17,34 \text{ N}$$

Se utiliza la ecuación (4) del esfuerzo permisible del material, se toma un nuevo factor de seguridad de 8 y el esfuerzo de fluencia se selecciona del Anexo 2

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

Donde:

S_y : Esfuerzo de fluencia del acero ASTM A36 $\left[2530 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}\right] \rightarrow [248 \text{ MPa}]$

n : Factor de seguridad del sistema [8]

$$\sigma_{permisible} = \frac{248 \text{ MPa}}{8} = 32 \text{ MP}$$

Se despeja la ecuación (5) para calcular el módulo de la sección.

$$S_x = \frac{M_{max}}{S_b}$$

Donde:

M_{max} : Momento máximo de flexión aplicado en la platina [17,34] Nm]

S_b : Esfuerzo permisible en la platina en ausencia de fuerzas axiales [32 MPa]

$$S_x = \frac{17,34 \text{ Nm}}{32 \text{ MPa}} = 5,42 \times 10^{-7} m^3$$

Para determinar el espesor se utiliza la ecuación (6), para el dimensionamiento del ancho se estima un valor de 0,07 m debido al diámetro del eje.

$$S_x = \frac{b \times t^2}{6}$$

Donde:

b : Ancho de la platina del portacuchillas [0,07 m]

t : Espesor de la platina del porta cuchillas [m]

$$t = \sqrt{\frac{6 \times S_x}{b}}$$

$$t = \sqrt{\frac{6 \times 5,42 \times 10^{-7} m^3}{0,07 \text{ m}}} = 6,81 \times 10^{-3} m$$

$$t = 6,81 \text{ mm}$$

El espesor requerido es de 6,81 mm, por la forma de la placa la fabricación se la realiza mediante oxicorte en una plancha de 8mm garantizando la vida útil del elemento.

3.11 Diseño de la cuchilla

Para el diseño, es importante tener en cuenta el material con el que se debe trabajar, para poder mantener el filo cortante, sin que esta sufra desgaste por el trabajo realizado, por lo tanto, se optó por el K100, el cual es ideal para la fabricación de cuchillas.

Para determinar las dimensiones de la cuchilla, es necesario conocer la aceleración angular a la que gira la cuchilla, con la fórmula mostrada en la ecuación (28)

$$\alpha = \frac{\omega^2}{2 \times 2\pi} \quad (28)$$

$$\alpha = \frac{(178,2)^2}{2 \times 2\pi} = 2527 \frac{rad}{s^2}$$

Para calcular la masa de la cuchilla móvil se obtiene el momento generado al chocar la cuchilla con la planta de maíz ecuación (29) y el momento de inercia del cuerpo ecuación (30).

$$M = F_c \times L \quad (29)$$

Donde:

M : Momento producido en la cuchilla [N m]

F_c : Fuerza de corte [N]

L : Longitud de la cuchilla [0,170 m]

$$M = I \times \alpha \quad (30)$$

Donde:

M : Momento de inercia producido en la cuchilla [N m]

I : Inercia del cuerpo rectangular $\left[\frac{1}{3} m L^2\right]$

α : Aceleración angular $\left[2527 \frac{rad}{s^2}\right]$

$$M = \frac{1}{3} \times m \times L^2 \times \alpha$$

Se iguala la ecuación (29) y (30) y se despeja la masa.

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

$$m_{cuchilla} = \frac{F_c \times 3}{\alpha \times L}$$

$$m_{cuchilla} = \frac{163,67 N \times 3}{2527 \frac{rad}{s^2} \times 0,170 m}$$

$$m_{cuchilla} = 1,09 K$$

Para determinar el volumen de la cuchilla se utiliza la ecuación (1) de la densidad

$$\delta = \frac{m}{V}$$

Despejando el volumen de la ecuación (1)

$$V = \frac{m_{cuchilla}}{\delta}$$

Donde:

V : Volumen de la cuchilla

δ : Densidad del acero K100 [$7850 \frac{Kg}{m^3}$]

m : Masa de la cuchilla [$1,14 Kg$]

$$V = \frac{1,09 Kg}{7850 \frac{Kg}{m^3}}$$

$$V = 1,40 \times 10^{-4} m^3$$

Calculado el volumen se aplica la ecuación (31) de volumen de placas rectangulares.

$$V = L \times h \times e \tag{31}$$

Donde:

L : Longitud de la placa [$0,170 m$]

h : Ancho de la placa [$0,07 m$]

e : Espesor de la placa [m]

$$e = \frac{V}{L \times h}$$

$$e = \frac{1,40 \times 10^{-4} m^3}{0,170 m \times 0,07 m} = 0,0117 m$$

$$e = 11,7 mm$$

Se recomienda usar una placa de K100, de 12 mm de espesor, son más comunes en el mercado, y permite tener un mayor factor de seguridad en el diseño.

3.11.1 Esfuerzo cortante producido en la cuchilla

El esfuerzo cortante que se puede dar en la cuchilla se produce por efectos de la fuerza centrífuga que produce el rotor.

$$F_{centrifuga} = m_{total} \times \omega^2 \times r_{rotor} \quad (32)$$

$$m_{total} = m_{cuchillas} + m_{rotor}$$

$$m_{total} = 2,70 \text{ Kg} + 2,30 \text{ Kg} = 5,01 \text{ Kg}$$

$$F_{centrifuga} = 5,01 \text{ Kg} \times \left(178,02 \frac{\text{rad}}{\text{s}}\right)^2 \times (0,205 \text{ m})$$

$$F_{centrifuga} = 325\,48,36 \text{ N}$$

Aplicando la fórmula para determinar el esfuerzo cortante, mencionado por Budynas & Nisbett [29], se tiene lo siguiente.

$$\tau = \frac{F_{centrifuga}}{Area_{cuchilla}} \quad (33)$$

El área que se va a determinar en la cuchilla es el área transversal, y se aplica la ecuación (34), para determinarla.

$$Area_{cuchilla} = e \times L \quad (34)$$

$$Area_{cuchilla} = 0,012 \text{ m} \times 0,170 \text{ m}$$

$$Area_{cuchilla} = 2,04 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

Se reemplaza el valor de la ecuación (33), en la ecuación (34), tiene la siguiente expresión:

$$\tau = \frac{32548,36 \text{ N}}{2,04 \times 10^{-3} \text{ m}^2}$$

$$\tau = 15,95 \text{ MPa}$$

El factor de seguridad para esfuerzo cortante se determina con la ecuación (37), se tiene lo siguiente.

$$n = \frac{S_y}{2\tau} \quad (35)$$

Donde:

τ : Esfuerzo máximo cortante [15,95 MPa]

S_y : Esfuerzo de fluencia K100 [317 MPa]

$$n = \frac{317 \text{ MPa}}{2(15,95 \text{ MPa})}$$

$$n = 9,93$$

3.11.2 Análisis de elementos finitos de la cuchilla

Para verificar que la cuchilla trabaje de manera correcta, se procede a realizar un análisis con el software Solidworks, en el cual se determinara los puntos críticos del esfuerzo Von Mises, así como la deformación de la cuchilla por el impacto.

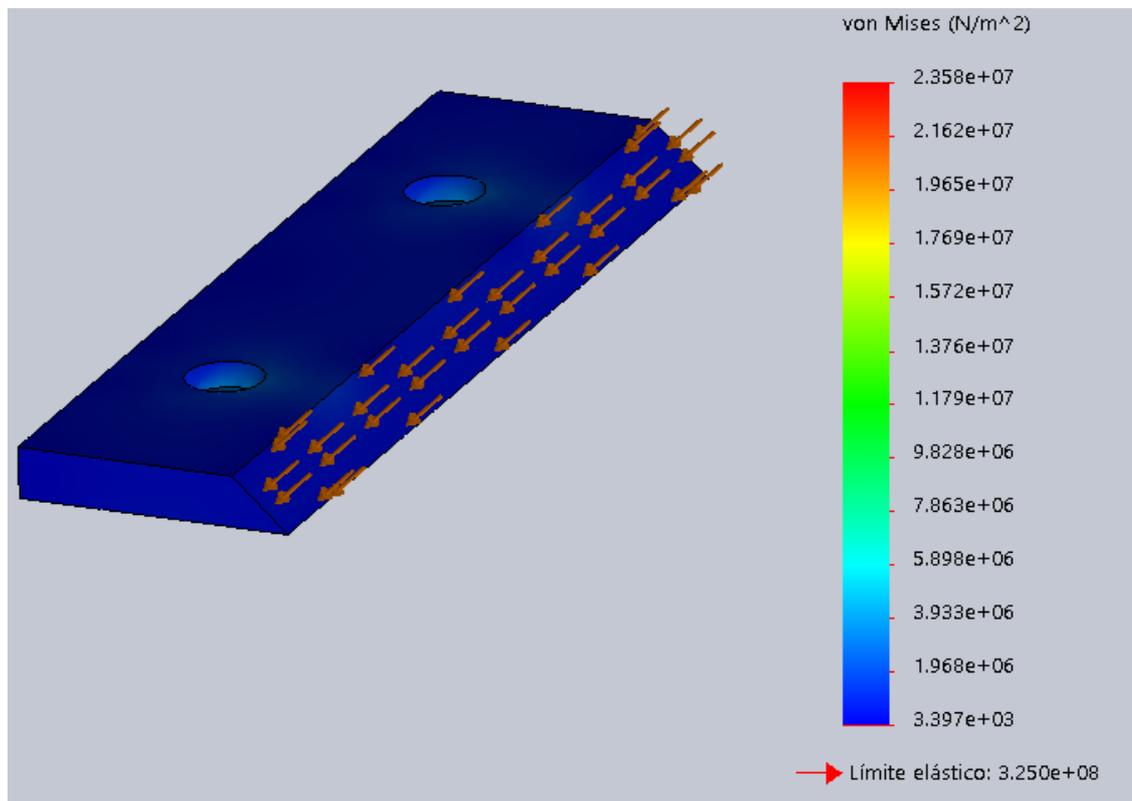


Figura 30. Análisis de elementos finitos de la cuchilla, esfuerzo de Von Mises.
Elaborado por: Vinicio Aguirre, Jonathan Vega

La Figura 30, se puede apreciar que la cuchilla se encuentra dentro de los rangos del esfuerzo Von Mises, la mayor parte de la cuchilla pinta de color azul es decir que los puntos críticos son en las uniones que van sujetas con pernos al porta cuchillas, para verificar que el diseño sea correcto, se hace el siguiente análisis.

$$S_y \geq \sigma'$$

$$317 \text{ MPa} \geq 15,95 \text{ MPa}$$

La gráfica el esfuerzo Von Mises está dentro del rango permitido para el diseño.

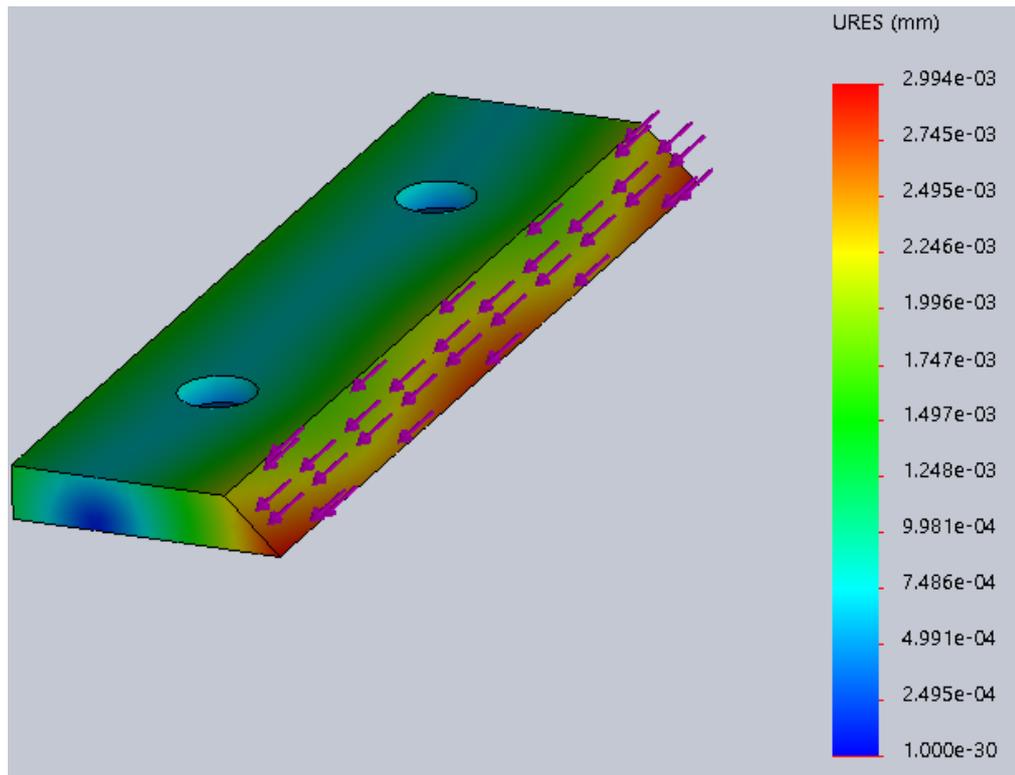


Figura 31. Análisis de elementos finitos de la cuchilla, desplazamiento unitario.
Elaborado por: Vinicio Aguirre, Jonathan Vega

La Figura 31, se muestra el desplazamiento unitario que sufre la cuchilla por el impacto que produce al cortar los tallos de maíz, el punto más crítico es el filo de la cuchilla, este realiza el corte inicialmente y está en constante esfuerzo, se puede observar que el desplazamiento es relativamente pequeño 0,00299 mm, de acuerdo con esto se puede decir que el diseño de la cuchilla es adecuado para soportar los esfuerzos de corte.

3.12 Diseño de la estructura

La estructura es el elemento fundamental encargado de soportar el peso y esfuerzo que realiza la máquina picadora de tallos de maíz, por lo que es indispensable realizar un diseño óptimo que soporte dichas cargas y peso requerido.

El peso total que soportan la estructura esta dado en la ecuación (38) y son:

Peso de los componentes de la máquina (25kg)

Peso del motor (48kg) Anexo 4

Peso producido por el corte

$$P_t = P_{sistema} + P_{motor} + P_{corte} \quad (36)$$

Donde:

P_t : Peso total de la estructura

$P_{sistema}$: Peso de la carcasa [25 kg]

P_{motor} : Peso del motor [48 kg]

P_{corte} : Peso producido por el corte

$$P_t = (25 \text{ Kg} + 48 \text{ Kg} + 59,43 \text{ Kg}) = 132,4 \text{ Kg}$$

Con el peso total se determina la fuerza que soporta la estructura.

$$P_{total} = \left(132,4 \text{ Kg} \times 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right) = 1298 \text{ N}$$

Para determinar la carga distribuida sobre el perfil se aplica la fórmula de la ecuación (3), se tiene el siguiente valor:

$$Q = \frac{P_t}{L_{perfil}}$$

$$Q = \frac{1298 \text{ N}}{0,44 \text{ m}} = 2950 \text{ N m}$$

Con el dato de peso total de la máquina, se realiza un análisis estático en uno de los perfiles A-B como se muestra en la Figura 32, para determinar el módulo de sección y seleccionar un perfil angular del catálogo.

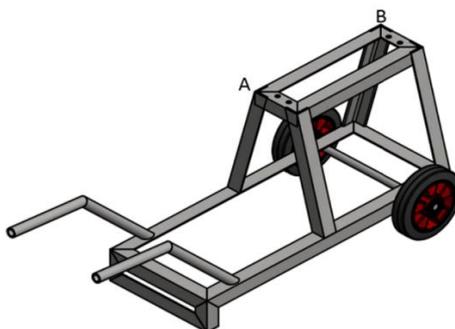


Figura 32. Esquema de la estructura para análisis estático A-B
Elaborado por: Vinicio Aguirre, Jonathan Vega

En la Figura 33 se realiza un diagrama de cuerpo libre sobre un perfil lateral A-B con una carga distribuida en los planos XY

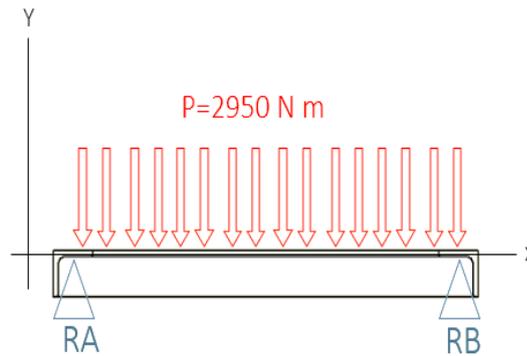


Figura 33. Análisis estático del perfil de la estructura.
Elaborado por: Vinicio Aguirre, Jonathan Vega

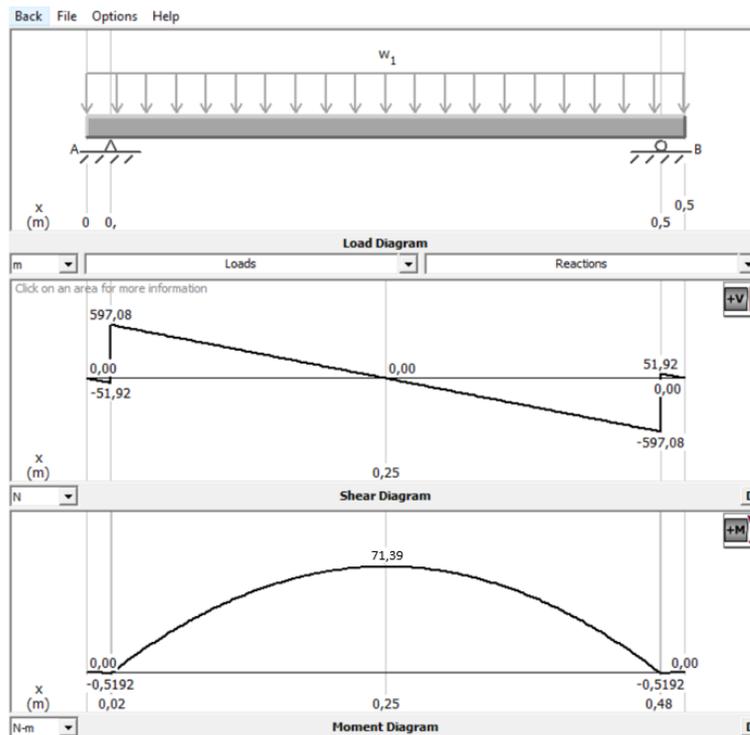


Figura 34. Análisis estático del perfil de la estructura.
Elaborado por: Vinicio Aguirre, Jonathan Vega

$$M_{\max} = 71,39 \text{ Nm}$$

Para determinar el esfuerzo de flexión permisible se utiliza la fórmula de la ecuación (4), se tiene lo siguiente:

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

El esfuerzo de fluencia se selecciona del Anexo 2, para el caso del ASTM A653 se tomó el valor de 2530 Kg/cm².

$$S_y = 2530 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} = 248 \text{ MPa}$$

Se trabaja con un factor de seguridad de 4, para garantizar el diseño. Reemplazando los datos en la ecuación (4), se tiene el siguiente resultado:

$$\sigma_{\text{perm}} = \frac{248 \text{ MPa}}{4} = 62 \text{ MPa}$$

Despejando la ecuación (5) del esfuerzo permisible

$$S_x = \frac{M_{\text{max}}}{\sigma_{\text{perm}}}$$

$$S_x = \frac{71,39 \text{ Nm}}{62 \text{ MPa}}$$

$$S_x = 1,15 \times 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$S_x = 1151,45 \text{ mm}^3$$

$$S_x = 0,070 \text{ plg}^3$$

Con el valor calculado del módulo de sección S_x , se compara en las tablas del manual de la AISC, el Anexo 19, indica el módulo de sección para diferentes tipos de perfil.

El perfil seleccionado es el perfil $L 1 \frac{1}{2} \times 1 \frac{1}{2} \times \frac{3}{16}$ plg con un $S_x = 0,071 \text{ plg}^3$

Calculado	<	Seleccionado según tablas
$S_x = 0,070 \text{ plg}^3$		$S_x = 0,071 \text{ plg}^3$

El Perfil seleccionado tiene un S_x mayor, por lo tanto, es adecuado para soportar las cargas de trabajo

3.12.1 Diseño de las columnas por esbeltez

Las columnas que sujetan al marco del bastidor, deben ser analizadas para determinar la esbeltez del diseño, esto con respecto al pandeo que puede darse por efecto de la

carga aplicada sobre las columnas, para determinar si el perfil seleccionado es correcto, se utiliza la siguiente ecuación (37).

$$\frac{f_a}{F_a} + \frac{f_b}{F_b} \leq 1 \quad (37)$$

Donde:

f_a : Esfuerzo axial calculado

F_a : Esfuerzo de compresión axial permitido

f_b : Tensión de flexión calculada

F_b : Esfuerzo de flexión permitido

En la Figura 35 se muestra la fuerza principal que se aplica en la estructura, el perfil se encuentra inclinado se debe descomponer las fuerzas en el eje x y el eje y.

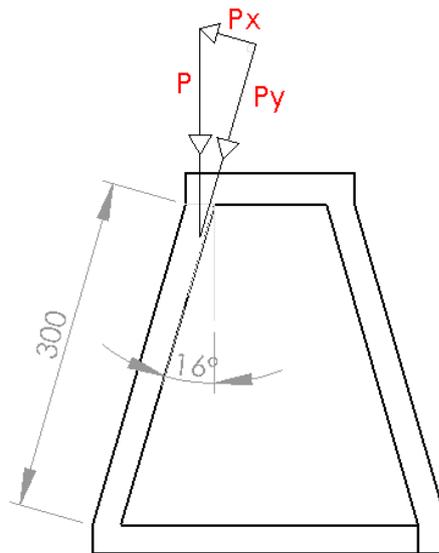


Figura 35. Diagrama de la carga descompuesta en el bastidor.
Elaborado por: Vinicio Aguirre, Jonathan Vega

$$P_{total} = 1298 \text{ N}$$

$$P_{total} = 297 \text{ Lb}$$

$$P_x = P \times \cos 16^\circ$$

$$P_y = 292 \text{ Lb} \times \cos 16^\circ = 280,7 \text{ Lb}$$

$$P_x = P \times \sin 16$$

$$P_x = 292 \text{ Lb} \times \sin 16 = 80,5 \text{ Lb}$$

Para determinar el esfuerzo axial calculado, se aplica la ecuación (38), se tiene el siguiente resultado.

$$f_a = \frac{P_y}{A} \quad (38)$$

Donde:

P_y : Carga axial aplicada en la columna [280,7 Lb]

A : Área del perfil angular seleccionado [0,434 plg²] Anexo 19

$$f_a = \frac{280,7 \text{ Lb}}{0,434 \text{ plg}^2} = 0,64 \text{ Ksi}$$

Para calcular el valor de F_a , se determina los parámetros del manual de la AISC, $k = 0,5$, los apoyos de la columna son fijos, $r = 0,377 \text{ plg}$, datos tomados del manual para perfil de L $1\frac{1}{2} \times 1\frac{1}{2} \times \frac{3}{16}$ plg. La longitud del perfil es $l = 11,81 \text{ plg}$

$$\frac{\frac{kl}{r}}{0,377 \text{ plg}} = 15,63 \quad (39)$$

Con el valor calculado se determina el F_a (Ksi) en el Anexo 20

$$F_a = 20,83 \text{ Ksi}$$

El esfuerzo axial permitido se determina con el valor de esfuerzo de fluencia del material, en este caso el AST A36, posee un esfuerzo de fluencia de 36 Ksi, aplicando la ecuación (38), se determina el valor.

$$F_b = 0,66 S_y = 0,66 \times 36 \text{ Ksi}$$

$$F_b = 24 \text{ Ksi}$$

Finalmente, el valor de esfuerzo axial calculado, se determina con la siguiente ecuación:

$$f_b = \frac{M_{max}}{S_x}$$

$$M_{max} = P_x \times l$$

$$M_{max} = 80,5 \text{ Lb} \times 11,81 \text{ plg}$$

$$M_{max} = 950,70 \text{ Lb plg}$$

$$f_b = \frac{950,70 \text{ Lb plg}}{0,071 \text{ plg}^3} = 13,39 \text{ Ksi}$$

Aplicando la ecuación (37) para determinar si la columna trabaja de manera correcta, debe ser menor a 1.

$$\frac{f_a}{F_a} + \frac{f_b}{F_b} \leq 1$$

$$\frac{0,64 \text{ Ksi}}{20,83 \text{ Ksi}} + \frac{13,39 \text{ Ksi}}{24 \text{ Ksi}} \leq 1$$

$$0,58 \leq 1$$

De acuerdo con el resultado mostrado, la columna trabaja de manera correcta, es decir que el pandeo es casi nulo.

3.12.2 Análisis de elementos finitos de la estructura

Para el análisis de la estructura es importante determinar el desplazamiento que sufren los perfiles al encontrarse sometidos a las cargas de trabajo de la máquina picadora de tallos de maíz.

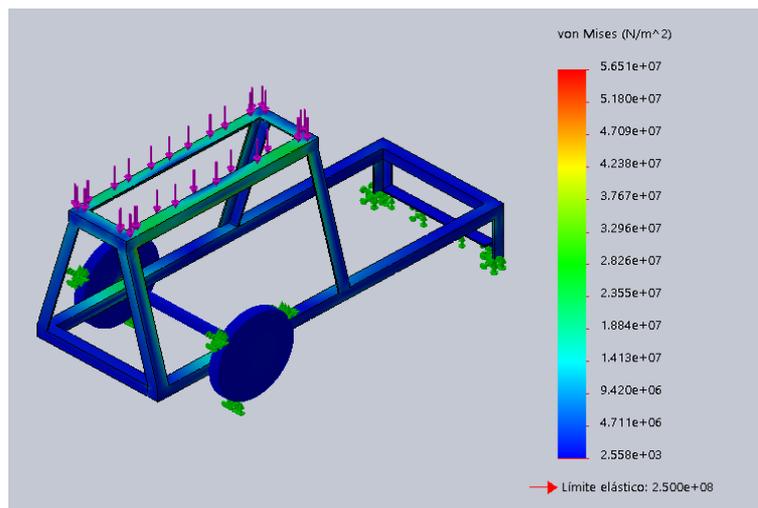


Figura 36. Análisis de elementos finitos estructura principal.
Elaborado por: Vinicio Aguirre, Jonathan Vega

En la Figura 36, se muestra el análisis de elementos finitos, para determinar el esfuerzo Von Mises máximo que se ejerce sobre el bastidor, la escala de valores muestra los

puntos donde se tiene el mínimo y el máximo esfuerzo, en este caso el máximo esfuerzo equivale a 56,5 MPa, el cual debe ser menor al esfuerzo de fluencia del material con el que se fabricó la estructura.

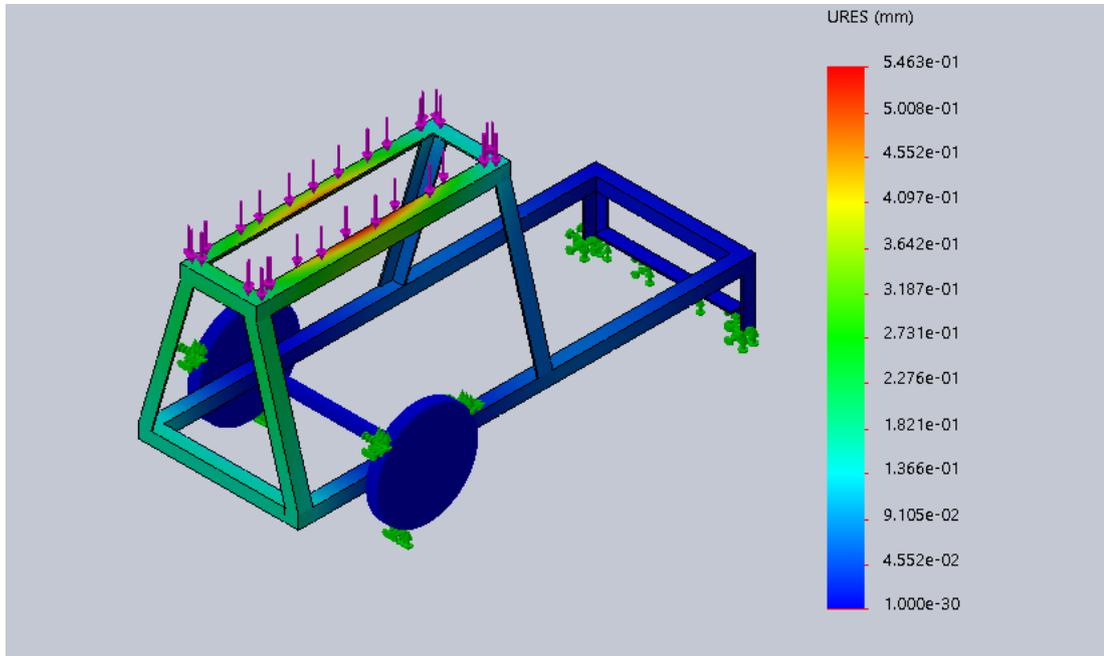


Figura 37. Análisis de elementos finitos estructura principal, desplazamiento.
Elaborado por: Vinicio Aguirre, Jonathan Vega

En el análisis mostrado en la Figura 37, se muestra los desplazamientos que existen a lo largo de la estructura, como se puede observar el desplazamiento máximo se encuentra en el medio del perfil horizontal donde la máquina se encuentra sujeta. El criterio que se debe tomar en cuenta es que dicho desplazamiento, no debe ser elevado, es decir que se la deformación en el perfil sea visible, se puede producir una fractura, en este caso el valor máximo es de 0,56 mm, considerado como un valor aceptable o dentro del rango.

3.13 Cálculo de la soldadura

Para realizar el cálculo de la soldadura, es necesario comprobar que el esfuerzo permisible del material de aporte para la unión, sea mayor que el esfuerzo de tensión aplicado en el cuerpo por efecto de la carga distribuida.

$$\sigma = \frac{P_t}{2hl}$$

Donde:

P_t : Fuerza aplicada sobre las uniones de soldadura en la estructura principal [1298N].

h : Altura del cordón de soldadura [$\frac{3}{8}plg$]

l : Longitud del cordón de soldadura [$2 plg$]

$$\sigma = \frac{1298 N}{2(0,095m)(0,0508 m)} = 1,34 MPa$$

El esfuerzo permisible del material, se determina con ayuda de la tabla mostrada en la Figura 38, este va de acuerdo al tipo de carga aplicada sobre la unión soldada.

Tipo de carga	Tipo de soldadura	Esfuerzo permisible	n^*
Tensión	A tope	$0.60S_y$	1.67
Aplastamiento	A tope	$0.90S_y$	1.11
Flexión	A tope	$0.60-0.66S_y$	1.52-1.67
Compresión simple	A tope	$0.60S_y$	1.67
Cortante	A tope o de filete	$0.30S_{ut}$	

Figura 38. Esfuerzos permisibles.
Tomada de: Shigley, J. E Diseño en ingeniería mecánica [24]

$$\sigma_{perm} = 0,60 S_y$$

Donde:

S_y : Factor de fluencia para electrodo ER-6011 [345 MPa]

$$\sigma_{perm} = 0,60 (345 MPa) = 207 Mpa$$

$$\sigma_{perm} \geq \sigma$$

$$207 Mpa \geq 1,34 MPa$$

De acuerdo con el resultado obtenido, se determina que la unión soldada es satisfactoria para soportar la carga ya que el esfuerzo permisible del material de aporte es considerablemente mayor al esfuerzo producido por la carga distribuida sobre el bastidor.

3.14 Selección de pernos

Para determinar la cantidad de pernos necesaria para fijar los componentes de la máquina es necesario tomar de referencia un diámetro inicial para este caso pernos métricos M10, los cuales son muy comunes en el mercado.

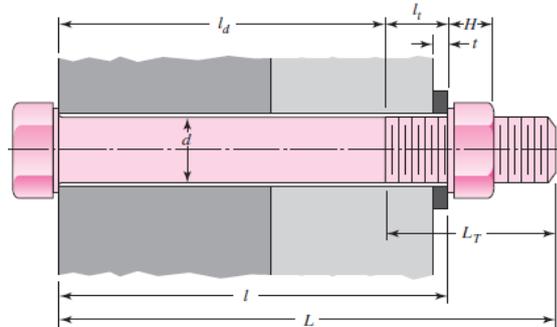


Figura 39. Dimensiones principales para un perno de unión
Tomada de: Shigley, J. E Diseño en ingeniería mecánica [24]

Para determinar el área del perno, se aplica la siguiente ecuación.

$$A_d = \frac{\pi \times d^2}{4} = 78,54 \text{ mm}^2$$

$$L_T = \begin{cases} 2d + 6 \text{ mm}, & L \leq 125, d \leq 48 \text{ mm} \\ 2d + 12 \text{ mm}, & 125 < L \leq 200 \text{ mm} \\ 2d + 25 \text{ mm}, & L > 200 \text{ mm} \end{cases}$$

$$L_t = 2d + 6 \text{ mm}$$

$$L_t = 2(10 \text{ mm}) + 6 \text{ mm} = 26 \text{ mm}$$

Para obtener el valor de H, se utiliza la tabla mostrada en la figura 40, la cual va en función del diámetro del perno.

Tamaño nominal, mm				
M5	8	4.7	5.1	2.7
M6	10	5.2	5.7	3.2
M8	13	6.8	7.5	4.0
M10	16	8.4	9.3	5.0
M12	18	10.8	12.0	6.0
M14	21	12.8	14.1	7.0

Figura 40. Parámetros de la altura de la cabeza del perno de acuerdo al diámetro
Tomada de: Shigley, J. E Diseño en ingeniería mecánica [24]

$$L = l + H$$

Donde:

l : Longitud de agarre [50,8 mm]

H : Altura de la cabeza del perno [8,4 mm]

$$L = 50,8\text{mm} + 8,4\text{mm} = 59,2\text{mm}$$

Longitud de la parte útil sin rosca se define por la siguiente ecuación:

$$ld = L - Lt$$

Donde:

L : Longitud total del perno [59,2 mm]

Lt : Longitud de rosca [26mm]

$$ld = 59,2\text{mm} - 26\text{mm} = 33,2\text{mm}$$

Longitud de la parte rosca se define por la siguiente ecuación:

$$lt = l - ld$$

Donde:

l : Longitud total del agarre [50,8 mm]

ld : Longitud de la parte útil 33,2 mm

$$lt = 50,8\text{ mm} - 33,2\text{ mm} = 17,6\text{ mm}$$

Para obtener el área del esfuerzo de tensión utilizamos la tabla 8-1 del libro de Shigley, mostrado en la figura 41, se selecciona el valor para M10.

Diámetro mayor nominal d_r mm	Serie de paso grueso		Serie de paso fino			
	Paso p_r mm	Área de esfuerzo de tensión A_{tr} mm ²	Área del diámetro menor A_{rr} mm ²	Paso p_r mm	Área de esfuerzo de tensión A_{tr} mm ²	Área del diámetro menor A_{rr} mm ²
1.6	0.35	1.27	1.07			
2	0.40	2.07	1.79			
2.5	0.45	3.39	2.98			
3	0.5	5.03	4.47			
3.5	0.6	6.78	6.00			
4	0.7	8.78	7.75			
5	0.8	14.2	12.7			
6	1	20.1	17.9			
8	1.25	36.6	32.8	1	39.2	36.0
10	1.5	58.0	52.3	1.25	61.2	56.3
12	1.75	84.3	76.3	1.25	92.1	86.0

Figura 41. Diámetros y áreas de roscas métricas
Tomada de: Shigley, J. E Diseño en ingeniería mecánica [24]

$$A_t = 58 \text{ mm}^2$$

A continuación, se debe determinar la rigidez del sujetador.

$$K_b = \frac{A_d \times A_t + E}{A_d \times l_t + A_d \times l_d}$$

$$K_b = \frac{78,54 \text{ mm}^2 \times 58 \text{ mm}^2 + 210 \text{ GPa}}{78,54 \text{ mm}^2 \times (17,6 \text{ mm}) + 78,54 \text{ mm}^2 \times (33,2 \text{ mm})}$$

$$k_b = 4135 \frac{\text{GN}}{\text{m}}$$

Para determinar la rigidez del material, se considera la unión que se va a tener en este caso el motor con el perfil estructural.

$$K_m = E d A \exp(Bd/l)$$

$$K_m = 210 \text{ GPa} \times 10 \text{ mm} \times 0,787 \exp\left(\frac{0,628 \times 10 \text{ mm}}{50,8 \text{ mm m}}\right)$$

$$K_m = 1,064 \frac{\text{GN}}{\text{m}}$$

$$C = \frac{kb}{kb + km} = 0,99$$

La precarga se define como:

$$F_i = 0,75 \times A_t \times S_p$$

Para el perno de clase 4.8 el valor de $S_p = 310 \text{ MPa}$, Tabla 8-11, libro de Shigley.

$$F_i = 0,75 \times 5,8 \times 10^{-5} \text{ m}^2 \times 310 \text{ MPa} = 13485 \text{ N}$$

Para determinar la cantidad necesaria de pernos se utiliza la siguiente ecuación:

$$N = \frac{C \times n_i \times P_{total}}{S_p \times A_t - F_i}$$

Donde n_i es el factor de seguridad para el diseño en este caso se utilizará 4, ya que los pernos deben tener una vida útil muy alta.

$$N = \frac{0,99 \times 4 \times 434 \text{ N}}{310 \text{ MPa} \times 5,8 \times 10^{-5} \text{ m}^2 - 13485 \text{ N}}$$

$$N = 0,38$$

El número de pernos determinado es de 1 perno debido a que la fuerza que ejercida por la tensión de la polea conductora no es muy alta, por lo que se recomienda utilizar cuatro pernos para brindar una buena fijación del motor.

CAPÍTULO IV

COSTOS

Se realizará el análisis de costo de la picadora de plantas de maíz, que se detalló en el presente documento, para lo cual se determinan todos los aspectos que involucran a la máquina, como son: los costos directos, indirectos, mano de obra, etc.

4.1 Costos directos

Los costos directos son aquellos procesos que están relacionados directamente con la construcción de la máquina. Están conformados por los siguientes parámetros. [32]

4.1.1 Costo de Materiales

Los costos de materia prima están representados por los materiales que se adquieren para ser mecanizados (no presentar cargo de manufactura) y se detallan en la siguiente Tabla 24.

Tabla 24. Costo de Materiales

Costos de Materiales				
ítem	Concepto	Cantidad	Costo unitario (USD)	Costo total (USD)
1	Plancha ASTM A-36 (1,05 X 0,7) m X 2 mm	1	40,35	40,35
2	Plancha ASTM A-36 (400 X 60 x 3)mm	1	56,00	56,00
3	Plancha ASTM A-36 (1,2 X 0,6)m X 4mm	1	75,35	75,35
4	Figura ASTM A-36 (65 X 186 X 4) mm	3	2,06	6,18
5	Figura ASTM A-36 (135 X 55 X 6) mm	2	2,49	4,98
6	Figura ASTM A-36 (189 X 80 X 8) mm	3	4,84	14,52
7	Figura AC K-100 12mm	3	15,80	47,40
8	Eje Acero de transmisión AISI 1018 (ø38 x 300)mm	1	5,35	5,35
9	Eje Acero de transmisión AISI 1018 (ø16 x 66)mm	1	9,10	9,10
10	Angulo (40 x 3)mm x 6m	1	10,53	10,53
11	Eje Acero de transmisión AISI 1018 (ø56 x 60)mm	1	4,67	4,67
12	Tubo (ø34 x 108)mm	1	11,05	11,05
			Subtotal	285,48
			IVA 12 %	34,26
			Total	319,74

Elaborado por: Vinicio Aguirre y Jonathan Vega

4.1.2 Costo de materiales normalizados

Los materiales normalizados son materiales que ya se encuentran fabricados. Y se los detallan en la Tabla 25.

Tabla 25. Costos de Elementos Normalizados

Costos de Elementos Normalizados				
ítem	Concepto	Cantidad	Costo unitario (USD)	Costo total (USD)
1	Motor combustión interna 7,8hp	1	540,00	540,00
2	Chumacera de pared 1 1/4 plg	2	17,98	35,96
3	Polea de Aluminio 6 1/2 plg	1	12,20	12,20
4	Polea de Aluminio 8 plg	1	17,43	17,43
5	Banda	2	11,33	22,66
6	Perno cabeza hexagonal M8	4	0,30	1,20
7	Perno cabeza hexagonal M12	4	0,55	2,20
8	Perno cabeza hexagonal M16	8	0,65	5,20
9	Bisagra	1	5,50	5,50
10	Llantas tipo carretilla	2	11,40	22,80
			Subtotal	665,15
			IVA 12 %	79,82
			Total	744,97

Elaborado por: Vinicio Aguirre y Jonathan Vega

4.1.3 Costo de construcción

Son los costos empleados en la fabricación se calculan según el tiempo de mecanizado, es decir, es el tiempo que se utiliza las diferentes máquinas para la construcción y se detallan en la Tabla 26.

Tabla 26. Tiempo de Fabricación

Tiempo Utilizado en Cada Proceso			
ítem	Elemento	Tiempo en Minutos (min)	Tiempo en Horas (h)
1	Tolva de Entrada	150	2,5
2	Tolva de Salida	180	3
3	Tapa Superior	390	6,5
4	Tapa Inferior	540	9
5	Porta Cuchillas	480	8
6	Eje Principal	180	3
7	Cuchilla Móvil	330	5,5
8	Cuchilla Fija	270	4,5
9	Estructura	450	7,5
Total Tiempo		2970	49,5

Elaborado por: Vinicio Aguirre y Jonathan Vega

4.1.3.1 Costo de Maquinado

Es el costo por tiempo de mecanizado y tiempo muerto al utilizar un tipo de maquinaria, en la Tabla 27 se indica el costo según las horas trabajadas.

Tabla 27. Costo de Maquinado

Costo de Maquinado			
Máquina	Tiempo en Horas (h)	Costo hora Máquina (USD)	Costo total (USD)
Torno	4,5	12,00	54,00
Fresadora	9,5	18,00	171,00
Sierra eléctrica	9,5	5,00	47,50
Taladro	6,5	8,00	52,00
Baroladora	2,5	5,00	12,50
Soldadora	9	10,00	90,00
Compresor	8	3,00	24,00
	49,5	Total	451,00

Elaborado por: Vinicio Aguirre y Jonathan Vega

4.1.3.2 Costo de mano de obra

Es el esfuerzo físico o mental empleados por el operario en la fabricación de la picadora, según la tabla sectorial 2019 (ministerio del trabajo) Anexo 21, se calcula el costo de mano de obra, en la Tabla 28 se indica el costo según las horas trabajadas

Tabla 28. Costo de Mano de Obra

Costo de Mano de Obra				
Tiempo en horas	50 % horas muertas	Tiempo total en horas	Costo 160 horas (USD)	Costo mano de obra
50	25	75,00	408,56	191,51

Elaborado por: Vinicio Aguirre y Jonathan Vega

4.2 Costos Indirectos

Son costos indirectos de fabricación que no pueden identificarse directamente con los productos específicos. [33]

4.2.1 Costos de diseño

El costo del diseño son los costos por el desempeño y tiempo de la persona que realiza el proyecto al desarrollar investigación, cálculos, diseño y planos, para determinar este costo se toma el valor de 30% del total del proyecto.

4.2.2 Costos adicionales

Son costos de imprevisto que no se tomaron en cuenta y se dan durante todo el desarrollo del proyecto. Para el cálculo de este costo se toma un valor del 10% del valor del proyecto

4.3 Costo Total de la Máquina

En la Tabla 29 se realiza la suma de los costos directos e indirectos.

Tabla 29. Costo total de la máquina

Costo Total del Proyecto		
Tipo de costo	Descripción	Valor (USD)
Costos Directos	Costo de Materiales	319,79
	Costo de Materiales Normalizados	744,97
	Costo de Maquinado	451,00
	Costo de Mano de Obra	191,51
Costos Indirectos	Costos de Diseño 30%	364,30
	Costos Adicionales 10%	125,62
Total		2197,14

Elaborado por: Vinicio Aguirre y Jonathan Vega

4.4 Cálculo de Ingresos y Egresos

4.4.1 Cálculo del Ingreso Anual

Tabla 30. Ingreso Anual

Ingreso Anual		
Descripción	Maíz picado	
Peso (Kg)	40	250
Valor (USD)	2,00	12,50
Anual (USD)	4500,00	

Elaborado por: Vinicio Aguirre y Jonathan Vega

4.4.2 Cálculo del Egreso Anual

Tabla 31. Egreso Anual

Egreso Anual	
Descripción	Valor (\$/h)
Materia Prima	5,00
Combustible	1,31
Operario	2,46
Transporte	0,62
Mantenimiento	0,55
Total	9,94

Anual (USD)	3578,40
--------------------	---------

Elaborado por: Vinicio Aguirre y Jonathan Vega

NOTA: Para los cálculos de ingresos y egresos se toma en cuenta el evento menos favorable con un periodo de 4 horas al día, 15 días al mes y 6 meses en el año, debido a la limitación de producción de materia prima.

4.5 Análisis financiero

4.5.1 Depreciación

Es el tiempo de vida útil de una máquina, es decir, es el tiempo durante el cual estará funcionando. Lo cual produce una disminución periódica de su valor. Para el cálculo de la depreciación toma un determinado período, ecuación (37)

$$D = \frac{C - V_R}{N} \quad (40)$$

Donde:

D: Depreciación (\$ por año)

C: Costo (\$)

VR: Valor residual (\$) [10% del costo total]

N: Vida útil (años) [10 años]

$$D = \frac{2197,14 - 219,71}{10}$$

$$D = \$ 197,74$$

4.5.2 Flujo neto efectivo

El flujo neto efectivo es la diferencia de ingresos y egresos netos que tendrá la máquina.

Tabla 32. Flujo neto de efectivo anual

Año	Inversión inicial	Ingresos (USD)	Egresos (USD)	Depreciación (USD)	Flujo efectivo neto
0	-2197,14				-2197,14
1		4500,00	3578,40	197,74	723,86
2		4617,00	3671,44	197,74	747,82
3		4737,04	3766,90	197,74	772,40
4		4860,21	3864,84	197,74	797,63
5		4986,57	3965,32	197,74	823,51
6		5116,22	4068,42	197,74	850,06
7		5249,24	4174,20	197,74	877,30
8		5385,72	4282,73	197,74	905,25
9		5525,75	4394,08	197,74	933,93
10		5669,42	4508,32	197,74	963,35

Elaborado por: Vinicio Aguirre y Jonathan Vega

4.6 Cálculo del VAN Y TIR

Son métodos para determinar qué tan rentable es un proyecto a futuro.

La inversión inicial se la hace en una entidad bancaria con una tasa activa del 19,67% Anexo 22 según datos establecidos por el banco central del Ecuador y para este caso con una vida útil contable de 10 años

4.6.1 Valor actual neto (VAN)

Es un método financiero que analiza los flujos efectivos futuros y determina si un proyecto es rentable, es decir, si el proyecto deja ganancia. [34]

La fórmula para determinar el Van ecuación (38)

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{f_t}{(1+i)^t} - I_0 \quad (41)$$

Donde:

f_t : Flujo efectivo de cada periodo.

i : Interés definido [19,67%]

n : Número de periodo [10 años]

I_0 : Cantidad de dinero inicial de la inversión

Tabla 33. VAN durante un periodo de 10 años

Año	Flujo efectivo neto	VAN
0	-2197,14	-2197,14
1	723,86	605,23
2	747,82	522,80
3	772,40	451,49
4	797,63	389,83
5	823,51	336,52
6	850,06	290,44
7	877,30	250,63
8	905,25	216,23
9	933,93	186,52
10	963,35	160,87
		1213,43

Elaborado por: Vinicio Aguirre y Jonathan Vega

Para evaluar el VAN se basa en los siguientes criterios.

- Si el Van < 0 La inversión no es rentable, el proyecto genera pérdidas
- Si el Van =0 La inversión no tiene ganancia
- Si el VAN > 0 La inversión es rentable

En la Tabla 34 se obtuvo un VAN de 1213,43 que es mayor a 0 por lo tanto la inversión es rentable

4.6.2 Tasa interna de retorno (TIR)

Es la tasa de interés con la que el VAN se iguala a cero.

Este método indica que el proyecto es aconsejable si el interés resultante de TIR es igual o mayor que el interés invertido para el proyecto. [34]

La fórmula para determinar el TIR ecuación (39).

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{f_t}{(1 + TIR)^t} = 0 \quad (42)$$

Donde:

f_t : Flujo efectivo de cada período.

n : Número de periodo [10 años]

I_0 : Cantidad de dinero inicial de la inversión

TIR	34%
-----	-----

Para evaluar el TIR se basa en los siguientes criterios.

- Si $TIR < i$ La inversión no es rentable, el proyecto genera pérdidas
- Si $TIR = i$ La inversión es indiferente
- Si $TIR > i$ La inversión es rentable

Se obtuvo un TIR del 34% que es mayor al interés i de 19,67 %, por lo tanto, la inversión es rentable.

4.7 Período de recuperación de la inversión (PRI) (Pay-Back)

Es un método de cálculo común en que se define el tiempo que se requiere para recuperar una inversión inicial.

$$PRI = A + \frac{|B|}{C} \quad (43)$$

Donde:

A : Período último con flujo acumulado fijo.

B : Último flujo acumulado fijo

C : Valor del flujo de caja en el siguiente período.

Tabla 34. Flujo acumulado por año

Año	Flujo efectivo neto	Flujo acumulado
0	-2197,14	-2197,14
1	723,86	-1473,29
2	747,82	-725,47
3	772,40	46,94
4	797,63	844,56
5	823,51	1668,07
6	850,06	2518,13
7	877,30	3395,43
8	905,25	4300,68
9	933,93	5234,62
10	963,35	6197,97

Elaborado por: Vinicio Aguirre y Jonathan Vega

$$\text{PRI} = 2 + \frac{|-725,47|}{772,40}$$

$$\text{PRI} = 2,93 \cong 2,10$$

El tiempo que debe transcurrir para poder recuperación de la inversión inicial es de 2 años y 10 meses.

CONCLUSIONES

Las dimensiones recomendadas de forraje necesario para el consumo del ganado vacuno son entre 1 y 2 cm para así favorecer el ensilaje del mismo con plantas cosechadas en diferentes condiciones y obtener un alimento apropiado para su consumo.

El forraje de maíz tiene las condiciones adecuadas para el consumo del ganado vacuno de la zona, si el forraje es fresco la vaca puede comer el 10% de su peso y en el caso que este seco alcanza a consumir el 4% de su peso; estas son las cantidades recomendadas para una buena alimentación del ganado.

Los materiales seleccionados para la construcción de los elementos críticos de la máquina son: Cuchillas – Acero K100 con una periodicidad de afilado de 480 horas, Eje - Acero AISI 1018 de 32.1 mm con un Esfuerzo de fluencia de 220 MPa y Acero A36 para el resto de componentes.

Se incrementó la medida del eje principal arrojadas mediante el cálculo de 18.1 a 31.6 mm obteniendo un eje más robusto con un factor de seguridad de $n = 20$ y facilitando el acople con las chumaceras más comunes en el mercado.

Mediante software se realizó un análisis de deformación en los elementos más críticos, en el eje se presenta una deformación de $4,52 \times 10^{-4}$ mm, para la cuchilla 0,00299mm y para la estructura un desplazamiento de 0,56 mm.

El software determino un esfuerzo de 11,2 MPa menos que 133,3 MPa en el eje, determino un esfuerzo de 56,5MPa menor que 248 MPA, en la estructura.

La máquina picadora de hoja de maíz se construyó con la especificación de cumplir una capacidad de 250 kg/hora, la máquina tiene la capacidad de producir 288 kg/h con material húmedo y 264 kg/h con material seco de esta se garantiza la producción deseada.

El factor de seguridad utilizado para las partes de la máquina es de $n = 4$ que garantizan un correcto funcionamiento y seguridad para el operario.

La inversión inicial del proyecto es \$2197.14, con un periodo de recuperación de 2 años y 10 meses a partir de esa fecha comenzará a generar ingresos.

El Van obtenido es 1213,43 el cual es mayor a cero, el Tir obtenido es del 34% que es mayor al 19,6% garantizando la rentabilidad de la máquina.

La máquina brinda versatilidad en cuanto a la materia prima necesaria para la producción, se puede ingresar cualquier tipo de tallos de plantas de menor resistencia que el maíz; transportar el mecanismo a diferentes lugares y no mover la materia prima de su lugar de origen es posible; y el elemento motriz puede cambiar siempre y cuando se respete las 1700 revoluciones con las cuales funciona el sistema y una potencia mayor a 3 Hp.

La producción de forraje puede aumentar o disminuir con solo variar la velocidad de ingreso de la materia prima calculada 14.84 m/min, por tanto, la cantidad de forraje obtenido al final del proceso será proporcional a la materia prima de origen y el tiempo dependerá de la celeridad con la que el operario ingrese el elemento básico.

RECOMENDACIONES

En el diseño se debe tomar en cuenta las tolerancias adecuadas para el correcto ensamblaje de las piezas.

El ambiente al cual estará sometida la máquina hace necesario que la pintura sea anticorrosiva para evitar el deterioro prematuro de los componentes.

Los materiales y diseño planteados, en este documento, garantizan un buen funcionamiento y duración de la máquina.

Las personas que manipulen la máquina deben tener una capacitación de 8 horas para evitar accidentes y dar un correcto funcionamiento al mecanismo.

El operario debe contar con el equipo de protección personal, gafas antiparras, vestimenta adecuada y, sobre todo, protección auditiva. La máquina produce ruido por encima de los decibeles recomendados para el ser humano.

Antes de encender la máquina verificar que no existan objetos ajenos a los componentes dentro de la máquina, así como, en la materia prima que facilitará la producción.

Iniciar la alimentación cuando la máquina haya alcanzado 1700 rpm, aproximadamente 5 segundos después de encenderla, para evitar atascamientos.

Para evitar acumulaciones en la tolva de entrada y salida se recomienda mantener una velocidad de 14 m/min de ingreso de materia prima, aproximadamente 7 plantas por minuto.

Realizar la limpieza luego de finalizar el proceso de picado, abriendo la tapa superior con la máquina totalmente apagada y así eliminar residuos de materia prima dentro de la carcasa.

Realizar con la periodicidad indicada en el manual, el mantenimiento preventivo propuesto en este documento para garantizar la vida útil de la máquina.

Para la conservación del motor se requiere seguir el manual de fábrica, en el cual especifica los tiempos necesarios para un correcto mantenimiento preventivo del mismo.

Tomar mayor atención a las partes con mayor sensibilidad de la máquina; cuchillas, rotor, bandas y poleas; para un correcto mantenimiento en los intervalos adecuados que se detallan en el plan de mantenimiento descrito en este documento.

REFERENCIAS

- [1]SAGARPA, “Agrícola Nacional,” *Planeación agrícola Nac. 2017-2030*, vol. I, no. 1, pp. 1–14, 2017.
- [2]CEA, “Ficha Tecnica Melaza De Caña,” p. 2008, 2008.
- [3]Ó. Marcos Valiente, “Sequía: definiciones, tipologías y métodos de cuantificación,” *Investig. Geográficas*, vol. 26, no. 26, pp. 59–80, 2015.
- [4]M. Pérez-Salamero González, Juan Manuel; Meneu Gaya, Robert; Ventura Marco, “Fundamentos de Optimización Matemática en Economía,” vol. 2, p. 536, 1999.
- [5]E. Universitarios and M. Correo, “ENTRE BASTIDORES: EVALUACIÓN EMPLEANDO MÉTODOS NUMÉRICOS Palma, Alejandro; González, Borja; Tutores: Barreiro, Pilar; Moya, Adolfo,” pp. 71–74, 1989.
- [6]D. de F. U. de Jaén, “Introducción a Las Máquinas.”
- [7]Sistema Nacional de Información, “Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial Parroquia Membrillo.,” 2015.
- [8]D. D. E. La, A. Turistica, and D. E. L. A. Zona, “Cotopaxi , Como Un Aporte Para El Desarrollo,” no. June, 2016.
- [9]L. A. B. Urbano, L. Agrio, and H. Mujeres, “PIRÁMIDE DE POBLACIÓN. Censo 2001,” pp. 2–5, 2001.
- [10] R. D. Nasution, “EFECTO DE DIFERENTES DOSIS DE FERTILIZANTES YARA EN EL COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DEL HIBRIDO DE MAÍZ (ZEA MAYS L.) PIONNER 30F35 EN EL CANTÓN BALZAR, PROVINCIA DE L GUAYAS,” vol. 3, no. 2, pp. 54–67, 2015.
- [11] L. O. Charcopa, “Escuela Superior Politécnica del Litoral ‘ ESPOL ,’” 2014.
- [12] C. A. Rodríguez and O. H. Daza, “Preparación de Suelos,” *Cent. Investig. La Caña Azúcar Colomb. - Cenicaña*, pp. 109–114, 1995.
- [13] L. A. Labor, D. E. S. Y. Su, I. En, and E. L. Consumo, “Alfonso Enrique Ortiz Rodríguez Máster en Maquinaria Agrícola Ingeniero Mecanizador Agropecuario Madrid, 2012,” 2012.
- [14] M. Jun, “Planta de Maiz,” *Agribusiness*, pp. 1–11.
- [15] C. Yáñez, J. Zambrano, M. Caicedo, and J. Heredia, “El cultivo de maíz de altura,” no. 96, 2013.
- [16] J. Cabrera and C. Rodas, “Caracterización morfométrica e índices zoométricos de los grupos raciales bovinos existentes en el cantón Cuenca,” *Univ. Cuenca*,

2016.

- [17] INFOLACTEA, “Manual bovinos lecheros,” *Infolactea*, pp. 29–37, 2015.
- [18] MAGAP, “Nutrición del ganado bovino lechero,” 2014.
- [19] S. A. Depto.-Técnico-Alterbio, “Tips de un buen en ensilaje,” *Sitio Argentino Prod. Anim.* , vol. 20, no. 249, pp. 8–9, 2012.
- [20] B. Gao and H. Zare, “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,” no. December, 2017.
- [21] L. G. Molano Cetina, “Tesis de grado,” *Biomédica*, vol. 31, no. sup3.2, 2011.
- [22] MercadoLibre, “Picadora de forraje - Peruminox.”
- [23] J. L. Meliá, “Seguridad Basada en el Comportamiento,” *Perspect. Interv. en riesgos Psicosoc.*, vol. 1991, no. 25, pp. 157–180, 2007.
- [24] P. Products, “Catálogo 2013,” 2013.
- [25] “Motores eléctricos 11,” *Mot. eléctricos - McGraw-Hill*, vol. 1, 2011.
- [26] J. M. Marin Garcia, “Apuntes de Diseño Mecanico Segunda Edición,” vol. 2, p. 205, 2008.
- [27] R. Mott, “23. Diseño de elementos de máquinas -4ta-Robert.Mott.pdf.” .
- [28] S. A. N. N. D. E. L. O. S. Garza, “Diseño de una herramienta: Cuchilla para trabajo en frío.,” *Univ. Autónoma Nuevo León Fac.*, p. 86, 1999.
- [29] C. O. Shigley, J. E., Mischke, C. R., Bocanegra, F. P., & Correa, “Diseño en ingeniería mecánica (Vol. 8).”
- [30] Rexon, “Cálculo de transmisiones,” p. 27, 2001.
- [31] P. Las, N. Del, E. N. L. A. Industria, E. L. Campo, E. L. Taller, and E. L. Jardín, “Catálogo de correas industriales,” pp. 1–111, 2010.
- [32] J. L. Pastor Paredes, “Costos: Teoría Y Práctica,” *Univ. “San Martin Porres,”* pp. 1–9, 2012.
- [33] Universidad Peruana Los Andes, “Marco teórico de los de costos,” *Costos y Presup.*, pp. 7–46, 2012.
- [34] M. P. Muñoz, “VAN y TIR,” *Univ. Arturo Prat del Estado Chile*, pp. 1–4, 2010.

ANEXOS

Anexo 1: Determinación de la densidad de una planta de Maíz

Prueba 1:

- Tomar el volumen y peso de un recipiente vacío
- Llenar el recipiente con la planta de maíz picada
- Tomar el nuevo peso del recipiente lleno
- Realizar los respectivos cálculos

Volumen recipiente:

$$V = (\pi \times r^2) \times h$$
$$V = (\pi \times 0,049m^2) \times 0,068m$$
$$V = 5,34 \times 10^{-4} m^3$$

Masa recipiente:

$$m_{vacío} = 0,06 Kg$$
$$m_{lleno} = 0,191 Kg$$
$$m_{planta} = (0,191 - 0,06)Kg = 0,131 Kg$$

Densidad de la planta:

$$\delta = \frac{m}{V}$$
$$\delta = \frac{0,131 Kg}{5,34 \times 10^{-4} m^3}$$
$$\delta = 247,28 \frac{Kg}{m^3}$$



Prueba 2:

- Tomar un trozo del tallo
- Determinar su volumen y peso
- Para determinar el área se basa en el área de un ovalo

Volumen recipiente:

$$V = (\pi \times r_1 \times r_2) \times h$$
$$V = (\pi \times 0,025 \times) \times h$$
$$V = 5,34 \times 10^{-4} m^3$$

Masa tallo de maíz:

$$m_{planta} = 0,05 Kg$$

Densidad de la planta:

$$\delta = \frac{0,131 Kg}{5,34 \times 10^{-4} m^3}$$
$$\delta = 247,28 \frac{Kg}{m^3}$$



Anexo 2: Propiedades mecánicas de los aceros de la Norma ASTM

Tabla 2.1 Descripción y Propiedades Mecánicas Relevantes de los Aceros Reconocidos por el AISI⁽⁴⁾

Designación del ASTM.	Producto	Grado	F _y (min) kg/cm ²	F _u (min/max) kg/cm ²	% elongación en 5.08 cm (min)	F _u /F _y (min)
<p>A36/A36M-94</p> <p>Esta especificación cubre perfiles, placas y barras de acero de carbono de calidad estructural para construcción remachada, atornillada o soldada de puentes y edificios y para aplicaciones estructurales generales.</p> <p>Se proveen requisitos adicionales cuando la tenacidad de muesca sea importante. Estos requisitos aplicarán cuando se especifiquen por el comprador en su orden.</p> <p>Cuando el acero vaya a ser soldado, se presupone que será usado un procedimiento de soldado consistente con el tipo de grado de acero y el uso planeado de la estructura.</p>	Placas y Barras		2530	4076/5622	23	1.61
<p>A242-A242M-93*</p> <p>Esta especificación cubre perfiles, placas y barras de acero de alta resistencia y baja aleación para construcción remachada, atornillada y soldada a ser usados principalmente en miembros estructurales cuando el ahorro en peso y la durabilidad adicional son importantes.</p> <p>La resistencia a la corrosión atmosférica de este tipo de acero en la mayoría de los ambientes es substancialmente mejor que el acero al carbono con o sin adición de cobre. Esta especificación está limitada a material de hasta 4 plg (10 cm) de espesor.</p>	Placas y Barras t £ 0.75 plg (19.05mm)		3514	4919	21	1.40
<p>A283/A283M-93*</p> <p>Esta especificación cubre cuatro grados de acero para placas de acero al carbono de calidad estructural para aplicaciones generales.</p> <p>Cuando el acero vaya a ser soldado, se presupone que será usado un procedimiento de soldado consistente con el tipo de grado de acero y el uso planeado de la estructura.</p>	Placa	A B C D	1686 1897 2108 2319	3162/4216 3514/4668 3865/5270 4216/5622	30 28 25 23	1.88 1.85 1.83 1.82
<p>A500-93</p> <p>Esta especificación cubre tubos estructurales soldados sin costuras redondos, cuadrados y de configuraciones especiales de acero de carbono laminado en frío para construcción remachada, atornillada y soldada de puentes y edificios y para aplicaciones estructurales generales.</p> <p>Estos tubos se producen soldados y sin costuras para diámetros máximos de 64 plg. (1626 mm) y un espesor máximo de 0.625 plg. (15.88 mm). El Grado D requiere de tratamiento con calor.</p> <p>Nota: Los productos manufacturados con esta especificación pueden no ser recomendables para condiciones tales como carga dinámica en estructuras soldadas, donde las propiedades de tenacidad de muesca pueden ser importantes.</p>	<p>Tubos Redondos</p> <p>Tubos Cuadrados</p>	A B C D A B C D	<p>2319 2951 3232 2530</p> <p>2740 3232 3514 2530</p>	<p>3162 4076 4357 4076</p> <p>3162 4076 4357 4057</p>	<p>25 23 21 23</p> <p>25 23 21 23</p>	<p>1.36 1.38 1.35 1.61</p> <p>1.15 1.26 1.24 1.61</p>

Anexo 3: Catálogo técnico AceroCenter de dimensiones en planchas de acero
ASTM -A36

TABLA: TOL NEGRO

1.22 x 2.44 mtrs		1.22 x 2.44 mtrs	
Tol frío Denominación	Peso (kg)	Tol caliente Denominación	Peso (kg)
* 1/40	10.52	1.9mm	43.58
* 1/32	16.36	2mm	46.74
* 1/25	21.03	2.5mm	58.42
* 1/20	25.71	3mm	70.11
* 1/16	32.72	4mm	93.48
		5mm	116.85
Tol perforado		6mm	140.22
Denominación (mm)	Peso (kg)	8mm	186.96
e=0.7 x Ø 6	7.66	10mm	233.70
Formato: 2.00 x 1.00m		12mm	280.44
		15mm	350.55

Anexo 4: Energía de ruptura de la planta de maíz mediante el ensayo Charpy

El ensayo se lo realiza con el tallo de la planta debido a que es la parte con más espesor.

E_v (Kgm) Energía al vacío.
 E_{ens} (Kgm) Energía durante el ensayo.
 E_o (Kgm) Energía absorbida por la planta.

	Probeta 1	Probeta 2	Probeta 3	Probeta 4
E_v (Kgm)	15.47	15.47	15.47	15.47
E_{ens} (Kgm)	3.9	2.7	3.75	2.4
E_o (Kgm)	11.57	12.77	1.72	13.07
$E_{prom} = 12.29 \text{ Kgf} \cdot \text{m}$				

Por medio de esta energía se determino una altura promedio y la masa del péndulo

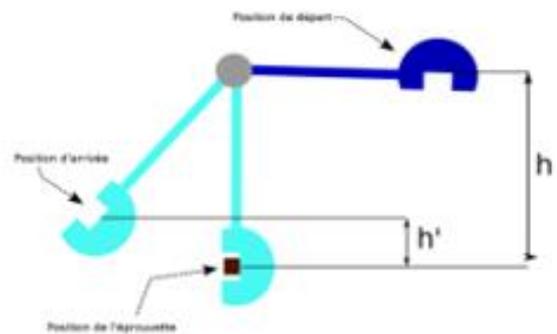
$$m_{pendulo} = 10kg$$

$$h = 1,40 \text{ m}$$

$$E_{roptura} = m \times g \times h$$

$$E_{roptura} = 10kg \times 9,8 \frac{m}{s^2} \times 1,40m$$

$$E_{roptura} = 137 \text{ N}$$



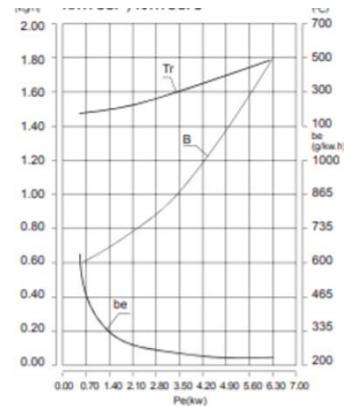
Anexo 5: Factor de servicio para diversos tipos de motores

Factores de servicio para utilizar en la selección de reductores de velocidad (según norma A.G.M.A 151-02)				
Tipos de Motor	Duración del servicio	Tipo de trabajo realizado por la maquina mandada		
		Liviano L	Mediano M	Pesado P
Eléctrico	Ocasional, ½ hora diaria	0,5	0,8	1,25
	Intermitente, 3 horas diarias	0,8	1	1,5
	Hasta 10 horas diaria	1	1,25	1,75
	Hasta 24 horas diarias	1,25	1,5	2
Combustión interna multicilíndrico	Ocasional, ½ hora diaria	0,8	1	1,5
	Intermitente, 3 horas diarias	1	1,25	1,75
	Hasta 10 horas diaria	1,25	1,5	2
	Hasta 24 horas diarias	1,5	1,75	2,25
Combustión interna monocilíndrico	Ocasional, ½ hora diaria	1	1,25	1,75
	Intermitente, 3 horas diarias	1,25	1,5	2
	Hasta 10 horas diaria	1,5	1,75	2,25
	Hasta 24 horas diarias	1,75	2	2,5

Importante: los equipos sujetos a condiciones de trabajo 'extra severas' Independientemente de la duración del servicio o el tipo de motor deben considerarse con factor de servicio mínimo de 2,5.

Anexo 6: Catálogo para motores de combustión interna

KIPOR
KM186F



ESPECIFICACIONES / SPECIFICATIONS

MODELO / MODÈLE	KM178F / KM 178FS	KM186F / KM 186FS
Tipo Type	1 cilindro, refrigerado por aire, 4 tiempos, inyección directa 1 cylindre, refroidi par air, 4 temps, injection directe	1 cilindro, refrigerado por aire, 4 tiempos, inyección 1 cylindre, refroidi par air, 4 temps, injection directe
Diámetro/ carrera Course x Alésage (mm)	78 x 62	86 x 70
Cilindrada Cylindrée (cc)	296	406
Velocidad Motor r.p.m Vitesse du Moteur (tr/min)	3600 / 1800 Salida árbol de levas Sortie arbre à came	3600 / 1800 Salida árbol de levas Sortie arbre à c
Ratio de compresión Ratio de Compression	20	19
Potencia máx. Kw (HP)/rpm Puissance Max. kW (HP)/tr/min	3,68 (5,0)/3000, 4,0 (5,5)/3600	5,7 (7,8)/3000 , 6,3 (8,6)/3600
Sistema de arranque Démarrage	Manual autoenvolvente / eléctrico Lanceur manuel / électrique	Manual autoenvolvente / eléctrico Lanceur manuel / i
PTO eje PTO axe	PTO RPM 1/2	PTO RPM 1/2
Consumo g/kwh/rpm Consommation (g/kwh/tr/min)	285,6/3600	281,5/ 3600
Sentido de rotación Sens de rotation	Antihorario Sens contraire des aiguilles d'une montre	Antihorario Sens contraire des aiguilles d'une montre
Aceite carter Huile carter	SAE 10W30 (multigrado) (multigrade)	SAE 10W30 (multigrado) (multigrade)
Capacidad depósito Capacité du réservoir (l)	3,5	5,5
Capacidad carter aceite Capacité carter d'huile (l)	1,1	1,65
Capacidad motor de arranque Capacité du démarrage (V&Kw)	12V 0,8Kw	12V 0,8Kw
Cap. generador carga Capacité charge générateur (V-A)	12V 3A	12V 3A
Capacidad batería Capacité de la batterie	12V 36Ah	12V 36Ah
Peso neto Poids (Kg)	33 - 38	48 - 52
Dimensiones Dimensions (LxWxH)	383x420x450	420x440x495

Anexo 8: Propiedades mecánicas de los aceros al carbono

1	2	3	4	5	6	7	8
UNS núm.	SAE y/o AISI núm.	Procesamiento	Resistencia a la tensión, MPa (kpsi)	Resistencia a la fluencia, MPa (kpsi)	Elongación en 2 pulg, %	Reducción en área, %	Dureza Brinell
G10060	1006	HR	300 (43)	170 (24)	30	55	86
		CD	330 (48)	280 (41)	20	45	95
G10100	1010	HR	320 (47)	180 (26)	28	50	95
		CD	370 (53)	300 (44)	20	40	105
G10150	1015	HR	340 (50)	190 (27.5)	28	50	101
		CD	390 (56)	320 (47)	18	40	111
G10180	1018	HR	400 (58)	220 (32)	25	50	116
		CD	440 (64)	370 (54)	15	40	126
G10200	1020	HR	380 (55)	210 (30)	25	50	111
		CD	470 (68)	390 (57)	15	40	131
G10300	1030	HR	470 (68)	260 (37.5)	20	42	137
		CD	520 (76)	440 (64)	12	35	149
G10350	1035	HR	500 (72)	270 (39.5)	18	40	143
		CD	550 (80)	460 (67)	12	35	163
G10400	1040	HR	520 (76)	290 (42)	18	40	149
		CD	590 (85)	490 (71)	12	35	170
G10450	1045	HR	570 (82)	310 (45)	16	40	163
		CD	630 (91)	530 (77)	12	35	179
G10500	1050	HR	620 (90)	340 (49.5)	15	35	179
		CD	690 (100)	580 (84)	10	30	197
G10600	1060	HR	680 (98)	370 (54)	12	30	201
G10800	1080	HR	770 (112)	420 (61.5)	10	25	229
G10950	1095	HR	830 (120)	460 (66)	10	25	248

Anexo 9: Parámetros en el factor de condición superficial

Acabado superficial	Factor <i>a</i>		Exponente <i>b</i>
	<i>S_{utr}</i> kpsi	<i>S_{utr}</i> 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 10: Parámetros para factor modificación del tamaño (*K_b*)

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

Anexo 11: Parámetros para factor de carga

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

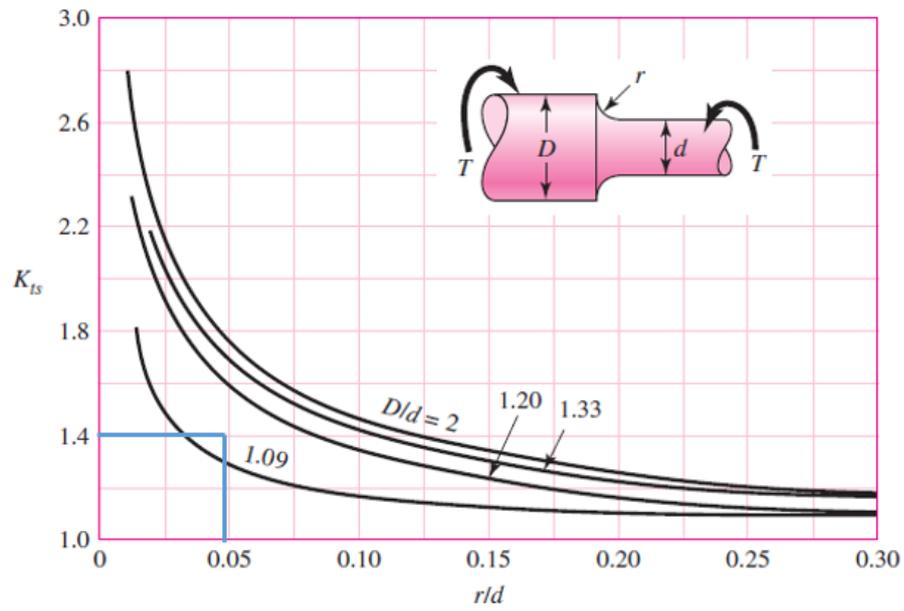
Anexo 12: Parámetros para factor modificación de temperatura

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

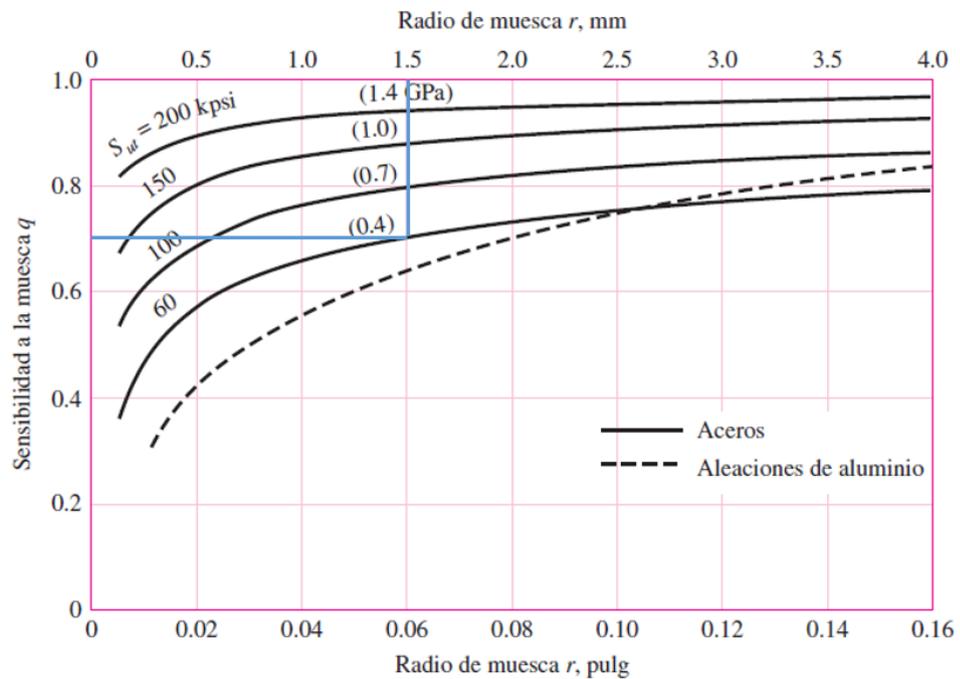
Anexo 13: Parámetros para factor de confiabilidad

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

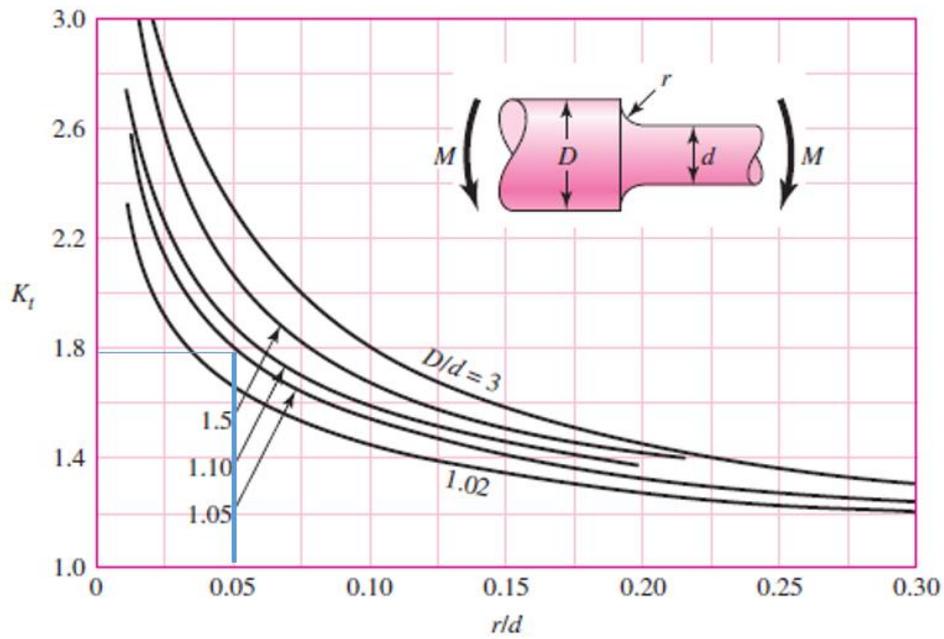
Anexo 14: Gráfico para determinar el factor K_{ts}



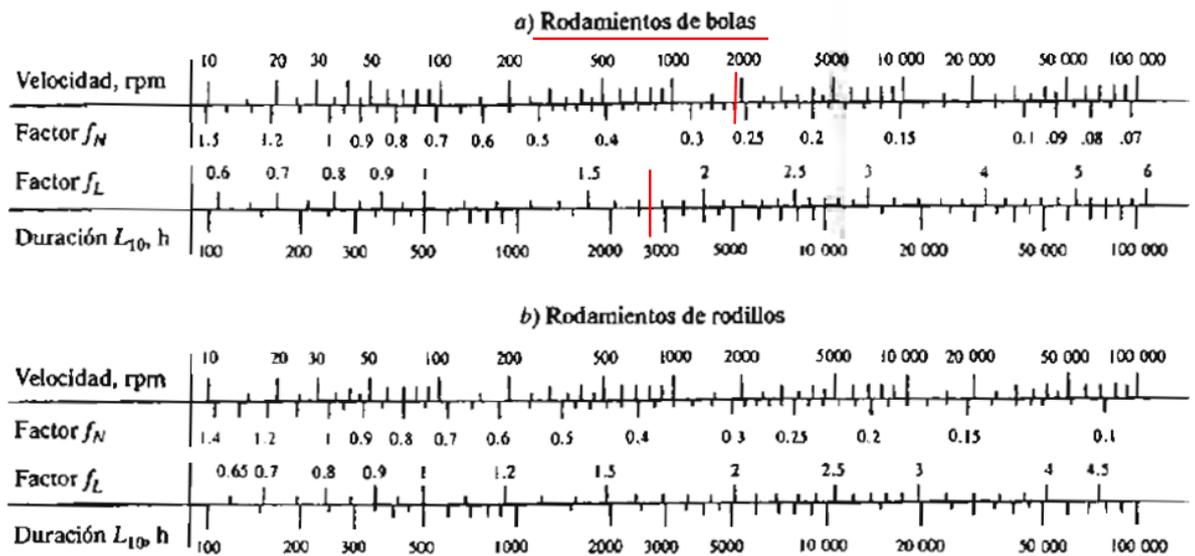
Anexo 15: Gráfico para determinar el factor q



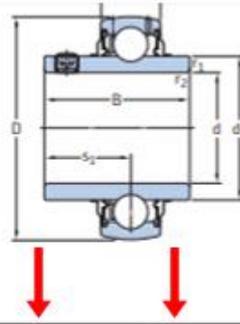
Anexo 16: Gráfico para determinar el factor K_t



Anexo 17: Factores de duración y velocidad para la chumacera



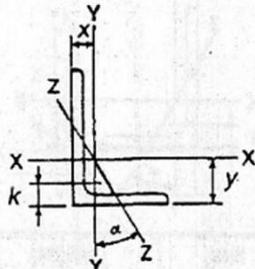
Anexo 18: Selección de la chumacera catalogo SKF



Dimensiones							Capacidad de carga básica		Carga límite de fatiga	Velocidad límite con tolerancia de eje h6	Masa	Designación
d	D	B	C	d ₁	s ₁	r _{1,2}	C	C ₀	P _u	r. p. m.	kg	-
pulg./mm	mm					min.	kN		kN	r. p. m.	kg	-
3/4 19,05	47	31	14	28,2	18,3	0,6	12,7	6,55	0,28	8 500	0,14	E2.YAR 204-012-2F
7/8 22,225	52	34,1	15	33,7	19,8	0,6	14	7,8	0,335	7 000	0,21	E2.YAR 205-014-2F
15/16 23,813	52	34,1	15	33,7	19,8	0,6	14	7,8	0,335	7 000	0,2	E2.YAR 205-015-2F
1 25,4	52	34,1	15	33,7	19,8	0,6	14	7,8	0,335	7 000	0,18	E2.YAR 205-100-2F
1 1/16 26,988	62	38,1	18	39,7	22,2	0,6	19,5	11,2	0,475	6 300	0,34	E2.YAR 206-101-2F
1 1/8 28,575	62	38,1	18	39,7	22,2	0,6	19,5	11,2	0,475	6 300	0,32	E2.YAR 206-102-2F
1 3/16 30,163	62	38,1	18	39,7	22,2	0,6	19,5	11,2	0,475	6 300	0,29	E2.YAR 206-103-2F
1 1/4 31,75	62 72	38,1 42,9	18 19	39,7 46,1	22,2 25,4	0,6 1	19,5 25,5	11,2 15,3	0,475 0,655	6 300 5 300	0,27 0,5	E2.YAR 206-104-2F E2.YAR 207-104-2F
1 5/16 33,338	72	42,9	19	46,1	25,4	1	25,5	15,3	0,655	5 300	0,47	E2.YAR 207-105-2F
1 3/8 34,925	72	42,9	19	46,1	25,4	1	25,5	15,3	0,655	5 300	0,44	E2.YAR 207-106-2F
1 7/16 36,513	72 80	42,9 49,2	19 21	46,1 51,8	25,4 30,2	1 1	25,5 30,7	15,3 19	0,655 0,8	5 300 4 800	0,41 0,68	E2.YAR 207-107-2F E2.YAR 208-107-2F
1 1/2 38,1	80 85	49,2 49,2	21 22	51,8 56,8	30,2 30,2	1 1	30,7 33,2	19 21,6	0,8 0,915	4 800 4 300	0,64 0,82	E2.YAR 208-108-2F E2.YAR 209-108-2F
1 9/16 39,688	80	49,2	21	51,8	30,2	1	30,7	19	0,8	4 800	0,6	E2.YAR 208-109-2F

Anexo 19: Propiedades de perfiles angulares manual de aceros de construcción
AISC

ANGLES
Equal legs and unequal legs
Properties for designing



Size and Thickness	k	Weight per Ft	Area	AXIS X-X				AXIS Y-Y				AXIS Z-Z	
				I	S	r	y	I	S	r	x	r	Tan α
In.	In.	Lb.	In. ²	In. ⁴	In. ³	In.	In.	In. ⁴	In. ³	In.	In.	In.	In.
L 1¼ × 1¼ × ¼	½	2.77	0.813	0.227	0.227	0.529	0.529	0.227	0.227	0.529	0.529	0.341	1.000
	⅜	2.12	0.621	0.179	0.144	0.537	0.506	0.179	0.144	0.537	0.506	0.343	1.000
L 1½ × 1½ × ¼	⅞	2.34	0.688	0.139	0.134	0.449	0.466	0.139	0.134	0.449	0.466	0.292	1.000
	⅝	1.80	0.527	0.110	0.104	0.457	0.444	0.110	0.104	0.457	0.444	0.293	1.000
L 1¼ × 1¼ × ¼	⅞	1.92	0.563	0.077	0.091	0.369	0.403	0.077	0.091	0.369	0.403	0.243	1.000
	⅝	1.48	0.434	0.061	0.071	0.377	0.381	0.061	0.071	0.377	0.381	0.244	1.000
L 1½ × 1½ × ⅝	⅜	0.900	0.266	0.032	0.040	0.345	0.327	0.032	0.040	0.345	0.327	0.221	1.000
L 1 × 1 × ⅝	¼	0.800	0.234	0.022	0.031	0.304	0.296	0.022	0.031	0.304	0.296	0.196	1.000

Anexo 20: Tabla para determinar el Fa de perfiles por esbeltez manual de aceros de construcción AISC

Table C-36
Allowable Stress
For Compression Members of 36-ksi Specified Yield Stress Steel^a

$F_y = 36 \text{ ksi}$

$\frac{Kl}{r}$	F_a (ksi)								
1	21.56	41	19.11	81	15.24	121	10.14	161	5.76
2	21.52	42	19.03	82	15.13	122	9.99	162	5.69
3	21.48	43	18.95	83	15.02	123	9.85	163	5.62
4	21.44	44	18.86	84	14.90	124	9.70	164	5.55
5	21.39	45	18.78	85	14.79	125	9.55	165	5.49
6	21.35	46	18.70	86	14.67	126	9.41	166	5.42
7	21.30	47	18.61	87	14.56	127	9.26	167	5.35
8	21.25	48	18.53	88	14.44	128	9.11	168	5.29
9	21.21	49	18.44	89	14.32	129	8.97	169	5.23
10	21.16	50	18.35	90	14.20	130	8.84	170	5.17
11	21.10	51	18.26	91	14.09	131	8.70	171	5.11
12	21.05	52	18.17	92	13.97	132	8.57	172	5.05
13	21.00	53	18.08	93	13.84	133	8.44	173	4.99
14	20.95	54	17.99	94	13.72	134	8.32	174	4.93
15	20.89	55	17.90	95	13.60	135	8.19	175	4.88
16	20.83	56	17.81	96	13.48	136	8.07	176	4.82
17	20.78	57	17.71	97	13.35	137	7.96	177	4.77
18	20.72	58	17.62	98	13.23	138	7.84	178	4.71
19	20.66	59	17.53	99	13.10	139	7.73	179	4.66
20	20.60	60	17.43	100	12.98	140	7.62	180	4.61
21	20.54	61	17.33	101	12.85	141	7.51	181	4.56
22	20.48	62	17.24	102	12.72	142	7.41	182	4.51
23	20.41	63	17.14	103	12.59	143	7.30	183	4.46
24	20.35	64	17.04	104	12.47	144	7.20	184	4.41
25	20.28	65	16.94	105	12.33	145	7.10	185	4.36

^aWhen element width-to-thickness ratio exceeds noncompact section limits of Sect. B5.1, see Appendix B5.
 Note: $C_e = 126.1$

Anexo 21: Tabla sectorial 2019 Ministerio del Trabajo Ecuador

ANEXO 1: ESTRUCTURAS OCUPACIONALES - SALARIOS MÍNIMOS SECTORIALES Y TARIFAS COMISIÓN SECTORIAL No. 8 "METALMECÁNICA"

RAMAS DE ACTIVIDAD ECONÓMICA:

- 1.- INDUSTRIAS BÁSICAS DEL HIERRO, ACERO Y METALES NO FERROSOS
- 2.- FABRICACIÓN DE MUEBLES Y ACCESORIOS METÁLICOS
- 3.- FABRICACIÓN DE OTROS PRODUCTOS METÁLICOS (ENVASES, RECIPIENTES, UTENSILIOS DE USO DOMÉSTICO, PRODUCTOS DE TORNILLERÍA, CLAVOS, TUERCAS ARTÍCULOS DE ALAMBRE), EXCEPTO MAQUINARIA Y EQUIPOS
- 4.- FABRICACIÓN DE PRODUCTOS METÁLICOS ESTRUCTURALES

CARGO / ACTIVIDAD	ESTRUCTURA OCUPACIONAL	COMENTARIOS / DETALLES DEL CARGO O ACTIVIDAD	CÓDIGO IESS	SALARIO MÍNIMO SECTORIAL 2019
JEFE DE PRIMER NIVEL DEL SECTOR DE METALMECÁNICA	B1	INCLUYE: JEFE DE MANTENIMIENTO, JEFE DE DISTRIBUCIÓN Y LOGÍSTICA, JEFE DE CONTROL DE CALIDAD, JEFE DE RECURSOS HUMANOS, JEFE DE PRODUCCIÓN, JEFE DE BODEGA, JEFE DE PLANTA, JEFE DE PROYECTO, JEFE DE VENTAS, JEFE DE COMPRAS	08100000000001	409,23
JEFE / COORDINADOR DEL SECTOR DE METALMECÁNICA	B2	INCLUYE: JEFE DE SECCIÓN, JEFE DE INSTALACIÓN, JEFE DE TALLER, JEFE DE ENDEZADOR, JEFE DE MAESTRANZA, JEFE DE MÁQUINAS Y HERRAMIENTAS; JEFE DE MATRICEROS INCLUYE RODILLOS Y CAJAS DE LAMINACIÓN, JEFE DE TALLERES DE REPETIDORES, JEFE DE MANTENIMIENTO MECÁNICO Y ELÉCTRICO	0804289300002	409,11
ANALISTA / ESPECIALISTA / INSPECTOR / SUPERVISOR DEL SECTOR DE METALMECÁNICA	B3	INCLUYE: SUPERVISOR DE PRODUCCIÓN, SUPERVISOR DE MANTENIMIENTO MECÁNICO, SUPERVISOR DE MANTENIMIENTO ELÉCTRICO, SUPERVISOR DE MÁQUINAS Y HERRAMIENTAS, SUPERVISOR DE PATIOS Y MOVIMIENTO, SUPERVISOR DE ENDEZADORA, SUPERVISOR DE BODEGA, SUPERVISOR DE ABASTECIMIENTO DE MATERIA PRIMA, INSPECTOR DE CONTROL DE CALIDAD, INSPECTOR DE PALANQUILLA, INSPECTOR MANTENIMIENTO ELÉCTRICO PREVENTIVO, INSPECTOR MANTENIMIENTO MECÁNICO PREVENTIVO	083000000000003	408,95
TÉCNICOS DEL SECTOR DE METALMECÁNICA	C1	INCLUYE: OPERADOR OXICORTE DIGITAL, OPERADOR BARLADORA DIGITAL, ELECTROMECAÁNICO, ELECTRÓNICO, OPERADOR DE CORTE DE HILO, OPERADOR DE MÁQUINAS DE ELECTROEROSIÓN, PREPARADOR DE COLORES, OPERADOR DE SECCIÓN, TORNERO, SOLDADOR ESPECIALIZADO, ELECTRICISTA ESPECIALIZADO, MECÁNICO ESPECIALIZADO, OPERADOR SENIOR	082000000000006	408,84
OPERADOR GENERAL DE MAQUINARIA/EQUIPO DEL SECTOR DE METALMECÁNICA	C2	INCLUYE: OPERADOR JUNIOR, CERRAJERO	082000000000005	408,56
ESMALTADOR Y ENLOZADOR DE UTENSILIOS DE USO DOMÉSTICO	C3		0804289900106	408,56
AUXILIAR / AYUDANTE DEL SECTOR DE METALMECÁNICA	D2	INCLUYE: AYUDANTES EN GENERAL	082000000000009	406,04
AUXILIAR / AYUDANTE DEL SECTOR DE METALMECÁNICA SIN EXPERIENCIA	E2	INCLUYE: AYUDANTES SIN EXPERIENCIA PREVIA	082000000000010	403,49

Anexo 22: Tabla de interés para diferentes actividades Banco Central del Ecuador - julio 2019

Tasas de Interés			
julio - 2019			
1. TASAS DE INTERÉS ACTIVAS EFECTIVAS VIGENTES PARA EL SECTOR FINANCIERO PRIVADO, PÚBLICO Y, POPULAR Y SOLIDARIO			
Tasas Referenciales		Tasas Máximas	
Tasa Activa Efectiva Referencial para el segmento:	% anual	Tasa Activa Efectiva Máxima para el segmento:	% anual
Productivo Corporativo	9.00	Productivo Corporativo	9.33
Productivo Empresarial	9.91	Productivo Empresarial	10.21
Productivo PYMES	10.90	Productivo PYMES	11.83
Productivo Agrícola y Ganadero**	8.51	Productivo Agrícola y Ganadero**	8.53
Comercial Ordinario	9.29	Comercial Ordinario	11.83
Comercial Prioritario Corporativo	8.26	Comercial Prioritario Corporativo	9.33
Comercial Prioritario Empresarial	9.88	Comercial Prioritario Empresarial	10.21
Comercial Prioritario PYMES	11.16	Comercial Prioritario PYMES	11.83
Consumo Ordinario	16.32	Consumo Ordinario	17.30
Consumo Prioritario	16.74	Consumo Prioritario	17.30
Educativo	9.49	Educativo	9.50
Vivienda de Interés Público	4.80	Vivienda de Interés Público	4.99
Inmobiliario	10.11	Inmobiliario	11.33
Microcrédito Agrícola y Ganadero**	19.67	Microcrédito Agrícola y Ganadero**	20.97
Microcrédito Minorista ^{1*}	26.07	Microcrédito Minorista ^{1*}	28.50
Microcrédito de Acumulación Simple ^{1*}	23.58	Microcrédito de Acumulación Simple ^{1*}	25.50
Microcrédito de Acumulación Ampliada ^{1*}	20.45	Microcrédito de Acumulación Ampliada ^{1*}	23.50
Microcrédito Minorista ^{2*}	22.25	Microcrédito Minorista ^{2*}	30.50
Microcrédito de Acumulación Simple ^{2*}	22.47	Microcrédito de Acumulación Simple ^{2*}	27.50
Microcrédito de Acumulación Ampliada ^{2*}	20.46	Microcrédito de Acumulación Ampliada ^{2*}	25.50
Inversión Pública	8.11	Inversión Pública	9.33

MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

Operación

El operario deberá utilizar equipo de seguridad mientras opere la máquina, para poner en marcha la máquina se debe realizar los siguientes pasos:

1. Verificar que no exista objetos extraños en el interior de la máquina y en la materia prima.
2. Encender el motor.
3. Dejar la máquina en marcha aproximadamente 1 minuto antes del inicio del proceso de picado)
4. Introducir la materia prima de manera continúa con velocidad aproximada de 14 m/min, es decir 7 plantas por minuto.
5. Al terminar la producción dejar la máquina en funcionamiento durante 1 minuto para eliminar residuos de la materia prima.
6. Detener el motor.
7. Esperar que la máquina se detenga por completo para levantar la tapa superior y realizar la limpieza de las partes internas y externas.

Mantenimiento

- Limpieza

Levantar la tapa superior y con una brocha limpiar las impurezas del rotor, cuchillas, tolva de entrada y salida; cerrar la tapa superior y quitar residuos de la carcasa, chasis y motor.

- Verificación

Revisar los elementos de corte y sujeción, así como la tensión en las bandas, funcionamiento de poleas y cantidad de aceite en el motor.

- Lubricación

Dotar de aceite a las chumaceras y motor con la periodicidad indicada.

Paro Total

Durante este paro se realizar la verificación de todos los elementos y se revisara si existe algún tipo de falla o daño en la pintura o en el chasis para determinar si hay que realizar una operación de pintado o cambio de algún elemento.

Recomendaciones Generales de Mantenimiento y Operación

- Tener cuidado de no exceder la capacidad de producción de 250 kg/hora de la máquina, ya que se pueden presentar fallas o deterioro en los sistemas.
- Se recomienda cambiar las bandas cada 2 años, ya que la vida útil de las mismas es de 1000 a 5000 horas.
- Eliminar residuos líquidos después de la utilización para evitar la corrosión de las partes que conforman el mecanismo de picado.

Partes	Frecuencia				
	Diaria	Semanal	Mensual	Trimestral	Anual
Cuchillas	Verificar que no exista deterioro o falta de sujeción.	Revisar la distancia con la contra cuchilla.		Afilarse, para no perder el efecto de cizallamiento.	Paro Total
Contra cuchilla	Verificar que no exista deterioro o falta de sujeción.	Revisar la distancia con la cuchilla.		Afilarse, para no perder el efecto de cizallamiento.	Paro Total
Rotor		Comprobar el correcto funcionamiento			Paro Total
Chumacera		Lubricar			Paro Total y cambio de elemento
Banda		Confirmar la tensión necesaria para funcionamiento.			Paro Total
Uniones roscadas			Revisar la sujeción de los diferentes elementos		Paro Total
Polea		Comprobar el correcto funcionamiento.			Paro Total
Motor		Constatar el nivel de aceite.	Cambiar el aceite	Cambiar filtro de aire	Paro Total
Llantas		Verificar la presión de aire.			Paro Total