



# **UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS**

**CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

**PROPUESTA TECNOLÓGICA**

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA TRILLADORA DE  
AMARANTO, PARA EL CAMPUS DE SALACHE EN LA UNIVERSIDAD  
TÉCNICA DE COTOPAXI”**

Proyecto de Titulación presentado previo a la obtención del Título  
de Ingeniero Electromecánico

## **Autores:**

Johnny Javier Iza Niza

Néstor Alfonso Porras Lloacana

## **Tutor:**

Ing. Héctor Raúl Reinoso Peñaherrera, Ms.C.

Latacunga – Ecuador

Febrero 2019



## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros, **Iza Niza Johnny Javier** y **Porras Lloacana Néstor Alfonso** declaramos ser autores del presente proyecto de investigación “**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA TRILLADORA DE AMARANTO, PARA EL CAMPUS DE SALACHE EN LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**”, expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certificamos que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de nuestra exclusiva responsabilidad.

Iza Niza Johnny Javier

C.C: 0503980211

Porras Lloacana Néstor Alfonso

C.C: 0503327579

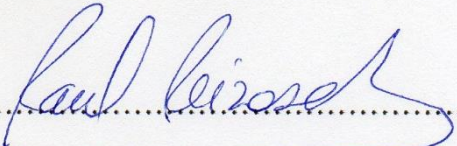


## AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN

En calidad del Tutor del Trabajo de Investigación sobre el título: **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA TRILLADORA DE AMARANTO, PARA EL CAMPUS DE SALACHE EN LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI”**, de **Iza Niza Johnny Javier y Porras Lloacana Néstor Alfonso**, de la carrera **INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**, considero que dicho informe investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Consejo Directivo de la **FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS** de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, febrero 2019

El Tutor



.....  
Ing. Héctor Raúl Reinoso Peñaherrera, Ms.C.  
C.C.: 0502150899



## AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la FACULTAD de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas; por cuanto, los postulantes: Iza Niza Johnny Javier con C.I. 0503980211 y Porras Lloacana Néstor Alfonso con C.I. 0503327579 con el título de Proyecto de Titulación:

“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA TRILLADORA DE AMARANTO, PARA EL CAMPUS DE SALACHE EN LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI” han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, febrero 2019

Para constancia firman:

**Lector 1 (presidente)**

**Nombre:** Ing. Héctor Laurencio Alfonso;  
PH. D  
**CC:** 1758367252

**Lector 2**

**Nombre:** Ing. Mauro Darío Albarracín  
Álvarez; Ms. C  
**CC:** 0503113730

**Lector 3**

**Nombre:** Ing. Jorge Enrique Cañar Tercero; M. B. A  
**CC:** 0502608227



## AVAL DE IMPLEMENTACIÓN

Latacunga, enero 2019

Ing. Marco Antonio Rivera Moreno

**Docente de la Universidad Técnica De Cotopaxi**

**Presente .-**

En calidad de Docente de la Universidad Técnica De Cotopaxi, confirmo la realización del proyecto **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA TRILLADORA DE AMARANTO, PARA EL CAMPUS DE SALACHE EN LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI.”**. Implementado por los señores estudiantes de la Universidad Técnica de Cotopaxi, Carrera de **Ingeniería Electromecánica; Iza Niza Johnny Javier con CC: 0503980211 y Porras Lloacana Néstor Alfonso con CC: 0503327579** Es cuanto puedo certificar en honor a la verdad, se expide el presente para que el interesado pueda hacer uso para los fines que crea conveniente.



Ing. Marco Antonio Rivera Moreno  
C.C: 0501518955

## **DEDICATORIA**

La concepción de esta propuesta tecnológica está dedicada a mis padres Guido y Margoth por su esfuerzo en concederme la oportunidad de estudiar y que gracias a su apoyo incondicional me han enseñado a nunca rendirme y a sobresalir ante cualquier circunstancia, a mis hermanos que siempre me han brindado ánimos para culminar mis metas, y finalmente se lo dedico a toda mi familia por sus consejos para salir adelante

***Johnny I.***

## **DEDICATORIA**

Dedico el presente trabajo a mis padres Néstor y Ximena que siempre me han inculcado valores y humildad, en todo momento me apoyaron tanto económica como moralmente y me han guiado durante toda mi vida universitaria. A mis hermanos Ana, María y Santiago que han estado respaldándome y dándome ánimos para no rendirme y así continuar hasta cumplir mis metas.

*Alfonso P.*

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por permitirme tener salud y sabiduría para concluir mis estudios. A mi madre por su amor y comprensión brindada durante toda esta etapa de mi vida. A mi padre por ser un ejemplo a seguir y brindarme su ayuda y apoyo constante además de enseñarme el valor de la responsabilidad y perseverancia. A la Universidad Técnica de Cotopaxi por darme la oportunidad de culminar mis estudios superiores, al Ing. M.sc. Héctor Raúl Reinoso Peñaherrera MBA, por su paciencia y apoyo para culminar con éxito este trabajo.

***Johnny I***



## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a mi familia y amigos que de una u otra forma siempre me apoyaron para lograr mis objetivos. A la Universidad Técnica de Cotopaxi por permitirme formarme profesionalmente, con criterios técnicos y humanísticos. Al Ingeniero Raúl Reinoso, quien desde el principio de este trabajo nos guio de una manera eficaz enfocándonos siempre en mejorar como persona y como futuro profesional.

*Alfonso P.*

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	II
AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN.....	III
AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN .....	IV
AVAL DE IMPLEMENTACIÓN.....	V
DEDICATORIA .....	VI
AGRADECIMIENTO.....	VIII
ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	X
ÍNDICE DE TABLAS .....	XV
ÍNDICE DE FIGURAS .....	XVI
RESUMEN .....	XVII
ABSTRACT .....	XVIII
AVAL DE TRADUCCIÓN.....	XIX
<b>1. INFORMACIÓN BÁSICA .....</b>	<b>1</b>
1.1 Propuesto por .....	1
1.2 Tema aprobado .....	1
1.3 Facultad .....	1
1.4 Carrera .....	1
1.5 Director del proyecto de titulación .....	1
1.6 Equipo de trabajo .....	1
1.6.1 Asesor Técnico del proyecto tecnológico.....	1
1.7 Lugar de ejecución .....	1
1.8 Tiempo de duración de la propuesta.....	2
1.9 Fecha de entrega .....	2
1.10 Línea y sublíneas de investigación .....	2
1.10.1 Línea de investigación.....	2

1.10.2 Sublíneas de investigación.....	2
1.11 Tipo de propuesta tecnológica _____	2
<b>2. DISEÑO INVESTIGATIVO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA .....</b>	<b>3</b>
2.1 Título de la propuesta _____	3
2.2 Tipo de alcance _____	3
2.2.1 Tipo de proyecto .....	3
2.2.2 Alcance .....	3
2.3 Área del conocimiento _____	3
2.4 Sinopsis de la propuesta _____	3
2.5 Objeto de estudio y campo de acción _____	4
2.5.1 Objeto .....	4
2.5.2 Campo de acción.....	4
2.6 Situación problémica y problema _____	4
2.6.1 Situación problémica .....	4
2.6.2 Problema.....	5
2.6.3 Matriz causa-efecto .....	5
2.7 Hipótesis _____	6
2.8 Objetivos _____	6
2.8.1 Objetivo general.....	6
2.8.2 Objetivos específicos.....	6
2.9 Descripción del desarrollo de las actividades y tareas propuestas con los objetivos establecidos _____	6
<b>3. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>8</b>
3.1 Argumentación _____	8
3.2 Generalidades del amaranto _____	8
3.2.1 Origen y distribución.....	8
3.2.2 Clasificación taxonómica del amaranto .....	9
3.2.3 Características morfológicas del amaranto.....	9
3.2.1 Descripción botánica .....	9
3.3 Caracterización del proceso de trillado _____	10
3.3.1 Trilla manual.....	10
3.3.2 Trilla mecanizada .....	11
3.3.3 Parámetros Funcionales.....	12
3.3.3.1 Propiedades del cultivo.....	12

3.3.3.2 Condiciones de ingreso de la materia prima.....	12
3.4 Criterios en diseño de equipos y maquinaria agrícola _____	13
3.4.1 Análisis de trabajos precedentes .....	13
3.4.2 Tipos de equipos y maquinaria agrícola.....	14
3.4.2.1 Sistema de trilla y limpia con cilindro y cóncavo.....	16
3.4.2.2 Cilindro trillador de flujo axial .....	17
3.4.2.3 Trilladora tubular .....	18
<b>4. METODOLOGÍA PARA EL DISEÑO.....</b>	<b>20</b>
4.1 Declaración de variables _____	20
4.1.1 Variable independiente.....	20
4.1.2 Variable dependiente.....	20
4.2 Operacionalización de las variables _____	20
4.3 Descripción de la máquina _____	20
4.4 La casa de la calidad _____	22
4.4.1 Voz del usuario .....	22
4.4.2 Voz del ingeniero .....	22
4.5 Definición y diseño conceptual _____	23
4.5.1 Análisis funcional .....	23
4.5.2 Análisis funcional de la máquina trilladora.....	23
4.5.2.1 Definición del análisis funcional.....	23
4.5.2.2 Solución a módulos .....	24
4.6 Diseño de máquina trilladora _____	25
4.6.1 Sistema de accionamiento .....	25
4.6.2 Sistema de alimentación .....	25
4.6.3 Sistema de trillado.....	26
4.6.3.1 Volumen de trillado.....	26
4.6.3.2 Velocidad de ingreso de la pajona .....	27
4.6.3.1 Número de conjunto de dientes.....	28
4.6.3.2 Torque de corte requerido.....	29
4.6.3.3 Potencia de corte .....	29
4.6.3.4 Espesor de los dientes.....	29
4.6.3.5 Cálculo del peso de los elementos Qp del cilindro trillador.....	30
4.6.3.6 Cálculo de la fuerza de trillado Qc en el cilindro trillador .....	31
4.6.3.7 Diseño del cilindro hueco .....	31
4.6.3.8 Cálculo de la potencia para la selección del motor .....	36
4.6.4 Sistema de transmisión.....	40
4.6.4.1 La relación de transmisión.....	41

4.6.4.2 Elección de los diámetros primitivos de las poleas.....	41
4.6.4.3 Longitud primitiva de la correa.....	42
4.6.4.4 Determinación del arco de contacto .....	42
4.6.4.5 Velocidad de la correa .....	42
4.6.4.6 Potencia efectiva por correa.....	43
4.7 Procesos de Soldadura .....	43
<b>5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....</b>	<b>44</b>
5.1 Resultados de la casa de la calidad.....	44
5.1.1 Conclusiones de la casa de la calidad.....	44
5.2 Análisis funcional de la máquina trilladora .....	46
5.2.1 Sistema de accionamiento .....	46
5.2.1 Sistema de alimentación .....	47
5.2.2 Sistema de trillado.....	47
5.2.3 Sistema de limpieza.....	48
5.2.4 Vida útil .....	48
5.3 Diseño de la máquina trilladora .....	48
5.3.1 Sistema de accionamiento .....	48
5.3.2 Sistema de alimentación .....	48
5.3.3 Sistema de trillado.....	49
5.3.3.1 Volumen de trillado.....	49
5.3.3.2 Velocidad de ingreso de la pajona .....	50
5.3.3.3 Número de conjunto de dientes.....	50
5.3.3.4 Torque de corte requerido.....	51
5.3.3.5 Potencia de corte .....	51
5.3.3.6 Espesor de los dientes.....	51
5.3.3.7 Cálculo del peso de los elementos $Q_p$ del cilindro trillador .....	52
5.3.3.8 Cálculo de la fuerza de trillado $Q_c$ en el cilindro trillador .....	53
5.3.3.9 Análisis de momentos del cilindro trillador.....	53
5.3.3.10 Diseño del cilindro hueco .....	54
5.3.3.11 Cálculo de la potencia para la selección del motor .....	56
5.3.3.12 Resistencia estructural del cilindro trillador .....	59
5.3.4 Sistema de transmisión.....	59
5.3.4.1 Elección de los diámetros primitivos de las poleas.....	60
5.3.4.2 Longitud primitiva de la correa.....	60
5.3.4.3 Determinación del arco de contacto .....	60
5.3.4.4 Velocidad de la correa.....	60
5.3.4.5 Potencia efectiva por correa.....	61

5.3.5 Sistema de limpieza.....	61
5.3.6 Diseño de la estructura de la máquina.....	61
<b>6. PRESUPUESTO .....</b>	<b>62</b>
6.1 Análisis financiero .....	62
6.1.1 Costos Directos .....	62
6.1.1.1 Costos de materiales .....	62
6.1.1.2 Costos de elementos para el accionamiento de la máquina .....	64
6.1.1.3 Costos por utilización de equipos .....	64
6.1.2 Costos de equipos de protección personal.....	64
6.1.3 Costos de mano de obra.....	65
6.1.4 Consumo combustible .....	65
6.1.5 Costos indirectos.....	65
6.1.5.1 Costos de transporte .....	66
6.1.5.2 Costos de diseño.....	66
6.1.6 Costos Ingenieril .....	66
En la tabla 6.9 se puede apreciar la inversión total de la máquina .....	66
6.1.7 Análisis del tir y el van.....	66
6.2 Análisis de impactos .....	68
6.2.1 Impacto práctico.....	68
6.2.2 Impacto ambiental.....	68
6.2.3 Impacto social .....	68
<b>7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>69</b>
7.1 Conclusiones.....	69
7.2 Recomendaciones .....	69
<b>8. REFERENCIAS.....</b>	<b>71</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>74</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 2.1.</b> Beneficiarios del proyecto.....	4
<b>Tabla 2.2.</b> Sistema de tareas por objetivos.....	7
<b>Tabla 3.1.</b> Clasificación taxonómica del amaranto.....	9
<b>Tabla 3.2.</b> Clasificación de los sistemas de trilla y características generales.....	15
<b>Tabla 4.1.</b> Operacionalización de las variables.....	21
<b>Tabla 4.2.</b> Parámetros en el factor de la condición superficial.....	33
<b>Tabla 4.3.</b> Parámetros en el factor de modificación de carga.....	34
<b>Tabla 5.1.</b> Resultados de la casa de la calidad.....	44
<b>Tabla 5.2.</b> Matriz de selección del sistema de accionamiento.....	46
<b>Tabla 5.3.</b> Matriz de selección del sistema de alimentación.....	47
<b>Tabla 5.4.</b> Matriz de selección del sistema de trillado.....	47
<b>Tabla 5.5.</b> Matriz de selección del sistema de limpieza.....	48
<b>Tabla 6.1.</b> Costos de materiales.....	62
<b>Tabla 6.2.</b> Costo de elemento de accionamiento.....	64
<b>Tabla 6.3.</b> Costo de uso de equipos.....	64
<b>Tabla 6.4.</b> Costo de equipos de seguridad.....	65
<b>Tabla 6.5.</b> Costo de mano de obra.....	65
<b>Tabla 6.6.</b> Costo de combustible.....	65
<b>Tabla 6.7.</b> Costo transporte.....	66
<b>Tabla 6.8.</b> Costo de diseño.....	66
<b>Tabla 6.9.</b> Costo ingenieril.....	66
<b>Tabla 6.10.</b> Flujo de caja anual.....	67

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 2.1.</b> Matriz causa-efecto.....	5
<b>Figura 3.1.</b> Trillado manual de amaranto.....	10
<b>Figura 3.2.</b> Trilla mecanizada de amaranto.....	11
<b>Figura 3.3.</b> Cilindro de dientes o dedos rígidos.....	16
<b>Figura 3.4.</b> Cilindro de barras.....	17
<b>Figura 3.5.</b> Cilindro trillador se flujo axial.....	18
<b>Figura 3.6.</b> Trilladora tubular.....	18
<b>Figura 4.1.</b> Función global.....	23
<b>Figura 4.2.</b> Numero de revoluciones vs. el número de dientes.....	28
<b>Figura 4.3.</b> Diagrama de sensibilidad a las ranuras para aceros y aleaciones de aluminio sometidos a cargas flexionantes o axiales invertidas alternativamente.....	34
<b>Figura 5.1.</b> Casa de la calidad resuelta.....	45
<b>Figura 5.2.</b> Tolva de alimentación.....	49
<b>Figura 5.3.</b> Numero de conjunto de dientes.....	50
<b>Figura 5.4.</b> Dientes del cilindro trillador.....	51
<b>Figura 5.5.</b> Diagrama de cuerpo libre del cilindro trillador.....	53
<b>Figura 5.6.</b> Diagrama de fuerzas en el plano.....	53
<b>Figura 5.7.</b> Diagrama de fuerza cortante en el plano.....	54
<b>Figura 5.8.</b> Diagrama de momento flector en el plano.....	54
<b>Figura 5.9.</b> Ubicación y forma del tándem.....	61



**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS  
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

**TITULO:** “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA TRILLADORA DE AMARANTO, PARA EL CAMPUS DE SALACHE EN LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI”

**Autores:**

Iza Niza Johnny Javier  
Porras Lloacana Néstor Alfonso

**RESUMEN**

La propuesta tecnológica que se muestra a continuación fue realizada para el proyecto de granos andinos de la Universidad Técnica de Cotopaxi, en la cual se formuló la implementación de una máquina trilladora para motivar y ayudar en los procesos de investigación del cultivo de la planta de amaranto realizado por parte de los estudiantes en los predios del campus de Salache. Para empezar a desarrollar la propuesta tecnológica se realizó una investigación sobre el Amaranto y los parámetros principales que requiere tener el grano al momento de ingresar la planta a la máquina, como son su grado de madurez y el porcentaje de humedad, posteriormente se procedió a un contexto de diseño mediante herramientas como son la casa de la calidad QFD que es una metodología de toma de decisiones la cual traduce los requerimientos del cliente en parámetros de diseño y mediante criterio de ingeniería da solución a estos, otra herramienta que se empleó fue el método de Análisis de Elementos Finitos FEM-FEA, usando el software de Análisis Estructural ANSYS, en el cual se configura las condiciones a las cuales estará sometido el elemento, para obtener datos que influyen de forma directa en el diseño de la máquina. Los elementos ensayados son los ejes de transmisión del cilindro trillador, donde se simulan los esfuerzos y las cargas a las cuales están sometidos para determinar los problemas que los afectan directamente. Se determinaron los esfuerzos mecánicos de tensión, flexión, torsión y el factor de seguridad, mediante un ensayo de seguridad estructural para garantizar la vida útil. Finalmente se construyó la máquina trilladora de amaranto con una capacidad de 100 Kg por Hora, cumpliendo con los requerimientos de diseño y manufactura utilizando los materiales previamente analizados para que su funcionamiento sea el adecuado y así se generó un costo total relativamente bajo en comparación con las máquinas existentes en el mercado.

**Palabras claves:** Trilladora, Amaranto, Casa de la calidad, Elementos Finitos, Eje de Transmisión, Esfuerzos mecánicos.

**TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI**  
**FACULTY OF SCIENCES OF THE ENGINEERING AND APPLIED**

**TOPIC: "DESIGN AND CONSTRUCTION OF AN AMARANTO THREADING  
MACHINE FOR THE CAMPUS DE SALACHE AT THE TECHNICAL UNIVERSITY OF  
COTOPAXI"**

**Authors:**

Iza Niza Johnny Javier  
Porras Lloacana Nestor Alfonso

**ABSTRACT**

The technological proposal shown below was made for the Andean grains project of the Technical University of Cotopaxi, in which the implementation of a threshing machine was formulated to motivate and help in the investigation processes of the cultivation of the amaranth plant carried out by students in the campus of Salache. To begin to develop the technological proposal, an investigation was carried out on the Amaranth and the main parameters required to have the grain at the moment of entering the plant to the machine, as they are their degree of maturity and the percentage of humidity, then we proceeded to a design context using tools such as the house of QFD quality which is a decision making methodology which translates the customer's requirements into design parameters and by engineering criterion gives solution to these, another tool that was used was the method of Finite Element Analysis FEM-FEA, using the ANSYS Structural Analysis software, in which the conditions to which the element will be subjected are configured, to obtain data that directly influence the design of the machine. The elements tested are the axes of transmission of the threshing drum, where the efforts and the loads to which they are subjected are simulated to determine the problems that directly affect them. The mechanical stresses of tension, bending, torsion and the safety factor were determined by means of a structural safety test to guarantee the useful life. Finally, the amaranth threshing machine with a capacity of 100 Kg per Hour was built, complying with the design and manufacturing requirements using the previously analyzed materials so that their operation is adequate and thus a relatively low total cost was generated in comparison with the existing machines in the market.

**Keywords:** Threshing machine, Amaranth, Quality house, Finite Elements, Transmission Shaft, Mechanical efforts.



## ***AVAL DE TRADUCCIÓN***

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que: La traducción del resumen del PROYECTO TECNOLÓGICO al Idioma Inglés presentado por los señores JOHNNY JAVIER IZA NIZA Y NÉSTOR ALFONSO PORRAS LLOACANA, con título versa **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA TRILLADORA DE AMARANTO, PARA EL CAMPUS DE SALACHE EN LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI”**, lo realizó bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo al peticionario hacer uso del presente certificado de la manera ética que estimaren conveniente.

Latacunga, febrero del 2019

Atentamente,

  
M.sc. Nelson Guagchinga  
**DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS**  
C.C. 0503246415



CENTRO  
DE IDIOMAS

## **1. INFORMACIÓN BÁSICA**

### **1.1 Propuesto por**

Johnny Javier Iza Niza

Néstor Alfonso Porras Lloacana

### **1.2 Tema aprobado**

Diseño y construcción de una máquina trilladora de amaranto, para el campus de Salache en la Universidad Técnica de Cotopaxi.

### **1.3 Facultad**

Facultad de Ciencias de la Ingeniería Y Aplicadas

### **1.4 Carrera**

Ingeniería Electromecánica

### **1.5 Director del proyecto de titulación**

Ing. Héctor Raúl Reinoso Peñaherrera, Ms.C.

### **1.6 Equipo de trabajo**

#### **1.6.1 Asesor Técnico del proyecto tecnológico**

Nombre: Ing. Héctor Raúl Reinoso Peñaherrera, Ms.C.

Correo electrónico: hector.reinoso@utc.edu.ec

Cédula: 050215089-9

Celular: 0987294435

### **1.7 Lugar de ejecución**

Región Sierra, Provincia de Cotopaxi, Cantón Latacunga.

## **1.8 Tiempo de duración de la propuesta**

Cinco meses

## **1.9 Fecha de entrega**

Febrero del 2019

## **1.10 Línea y sublíneas de investigación**

### **1.10.1 Línea de investigación**

De acuerdo a lo establecido por el departamento de investigación de la Universidad Técnica de Cotopaxi, línea 4: Procesos industriales.

### **1.10.2 Sublíneas de investigación**

De acuerdo a lo establecido por la carrera de Ingeniería Electromecánica, sublínea 1: Diseño, construcción y mantenimiento de elementos, prototipos y sistemas electromecánicos.

## **1.11 Tipo de propuesta tecnológica**

Lo que se pretende desarrollar con la propuesta es una tecnología conducente a una máquina trilladora de amaranto, que satisfaga las necesidades del departamento de granos andinos de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

## **2. DISEÑO INVESTIGATIVO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA**

### **2.1 Título de la propuesta**

Diseño y construcción de una máquina trilladora de amaranto, para el campus de Salache en la Universidad Técnica de Cotopaxi.

### **2.2 Tipo de alcance**

En este numeral del proyecto tecnológico se detalla el tipo del proyecto y el alcance del mismo.

#### **2.2.1 Tipo de proyecto**

La propuesta tecnológica se presenta como un proyecto experimental mismo que permitirá promover la cosecha de amaranto del departamento de granos andinos de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

#### **2.2.2 Alcance**

El presente proyecto dimensiona una máquina trilladora de amaranto con una capacidad de 100 kg por hora, con una jornada de trabajo de 8 horas seguidas, mediante alimentación continua manual de la materia prima.

### **2.3 Área del conocimiento**

Según la norma CINE-UNESCO, la presente propuesta se encuentra establecida en el área de Ingeniería, industria y construcción, y su sub área de conocimiento 52, la cual es Ingeniería y profesiones afines, ya que dicha propuesta corresponde al diseño, construcción e implementación de una trilladora, empleando conocimientos en sistemas mecánicos, contribuyendo así al uso de maquinaria específica para el trillado, reduciendo tiempo y costos de producción.

### **2.4 Sinopsis de la propuesta**

El presente proyecto se centra en la etapa de trillado de los procesos de producción del amaranto, para lo cual se diseña una máquina teniendo en cuenta que, las trilladoras en condiciones iniciales presentan modelos robustos de gran magnitud, lo cual ha motivado a diseñar una máquina de menor volumen, optimizando la selección de materiales para su fabricación, y optimizando su productividad.

El beneficiario directo será la carrera de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Técnica de Cotopaxi por el proyecto “Rescate de granos andinos”, los beneficiarios indirectos serán los estudiantes de dicha carrera la utilizar la máquina como instrumentos de prácticas y de darse la oportunidad también serán beneficiarios los pequeños agricultores que se encuentran vinculados con el proyecto.

**Tabla 2.1. Beneficiarios del proyecto**

<b>Directos</b>	Carrera de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Técnica de Cotopaxi.
<b>Indirectos</b>	Estudiantes de la carrera de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

## **2.5 Objeto de estudio y campo de acción**

### **2.5.1 Objeto**

Máquina trilladora de amaranto.

### **2.5.2 Campo de acción**

Diseño y construcción de una máquina trilladora de amaranto.

## **2.6 Situación problémica y problema**

### **2.6.1 Situación problémica**

Actualmente la trilladora más comercial en el mercado tanto nacional como internacional es de origen brasileño, dicha máquina tiene dimensiones relativamente grandes que redondean los 2,5 m de largo por 1,5 m de alto y con una cantidad de producción de 12 quintales por hora la cual resulta ser superior a la producción con la que se cuenta actualmente en nuestra región, en la cual una máquina que produzca de uno a dos quintales por hora lograría satisfacer la necesidad de producción.

La adquisición de una máquina que se encuentra actualmente en el mercado generaría un gasto innecesario ya que nunca se aprovecharía al máximo el rendimiento de esta máquina. Por lo cual se necesita una máquina adecuada para satisfacer las necesidades que se requiere en esta región, reduciendo dimensiones y adaptándola a la producción con la que se cuenta.

Los pequeños agricultores no disponen del tiempo necesario o suficiente para todo el proceso del cultivo del amaranto además de los costos que el mismo genera, sumándose está que no

muchas personas conocen el amaranto y los beneficios que nos proporcionan por lo cual les dificulta la venta de su cosecha, es por esto que es necesario reducir las dimensiones y tomar las mejores características de las máquinas existentes en el mercado puesto que en la actualidad se intenta reintroducir a mayor escala el cultivo de amaranto en los pequeños sistemas agrícolas de nuestra región.

Es por tal motivo que sabiendo la necesidad de un grupo económico productor de este alimento se define el diseñar y construir una máquina trilladora de amaranto, para el campus de Salache en la Universidad técnica de Cotopaxi, mejorando el proceso de trillado que al momento es artesanal.

### 2.6.2 Problema

Máquinas robustas que sobredimensionan la producción actual del departamento de granos andinos.

### 2.6.3 Matriz causa-efecto

La presente matriz causa-efecto muestra las causas reales y potenciales del problema. Ayudando así a comprender de una manera más adecuada la problemática encontrada, a visualizar las razones, motivos o factores principales y secundarios, identificar posibles soluciones, tomar decisiones y, organizar actividades que logren solucionar el problema como fin principal.

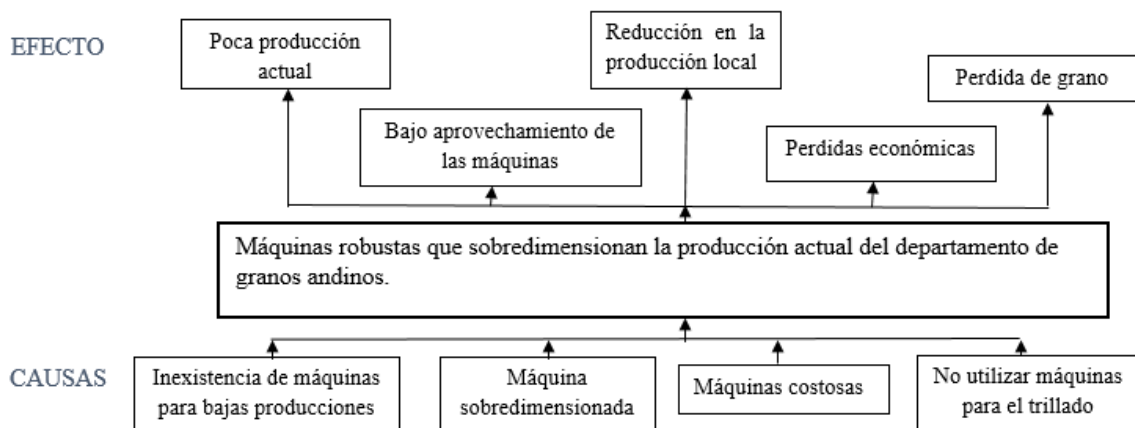


Figura 2.1. Matriz causa-efecto.



## **2.7 Hipótesis**

La implementación de la máquina trilladora de amaranto de 100kg/h reducirá el tiempo de producción en un 80% aproximadamente mediante el ingreso continuo de la materia prima y mejorará el resultado final del grano trillado.

## **2.8 Objetivos**

### **2.8.1 Objetivo general**

Implementar una máquina trilladora de amaranto que cumpla con las especificaciones y necesidades de producción, tomando en cuenta sus principales factores de funcionamiento para un trillado adecuado.

### **2.8.2 Objetivos específicos**

- Identificar las variables mecánicas que intervienen en el proceso de trillado de amaranto.
- Diseñar la trilladora en base a criterios técnicos del procesamiento de alimentos que permitan obtener una buena calidad del grano de amaranto.
- Construir una máquina trilladora de amaranto que tenga un costo significativamente inferior en relación con las máquinas existentes en el mercado local.

## **2.9 Descripción del desarrollo de las actividades y tareas propuestas con los objetivos establecidos**

Es de gran importancia realizar la descripción del desarrollo de las actividades y tareas propuestas con los objetivos establecidos para encaminar el proceso de cumplimiento del proyecto, cada actividad a realizar cumple un papel importante en la consecución del proyecto tecnológico.

La tabla 2.3 muestra el sistema de tareas en base a los objetivos planteados.

**Tabla 2.2.** Sistema de tareas por objetivos.

Objetivo	Tareas por objetivo	Resultado de la actividad	Descripción de la actividad
Identificar las variables mecánicas que intervienen en el proceso de trillado de amaranto	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Documentar información de libros, artículos científicos o toda fuente científica-técnica para el presente proyecto.</li> <li>▪ Realizar un estudio de las máquinas trilladoras utilizadas actualmente en la provincia de Cotopaxi.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Identificación de los principales sistemas que proporcionan el funcionamiento adecuado a la máquina trilladora.</li> </ul>	Investigación documental y de campo
Diseñar la trilladora en base a criterios técnicos del procesamiento de alimentos que permitan obtener una buena calidad del grano de amaranto.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Dimensionar y caracterizar el alcance de la máquina trilladora.</li> <li>▪ Conceptualizar los criterios técnicos y ambientales establecidos para la construcción de la trilladora.</li> <li>▪ Realizar una memoria de cálculos y selección de materiales y equipos.</li> <li>▪ Implementación del diseño en detalle.</li> <li>▪ Validación estructural de la máquina por el método de los elementos finitos [FEM].</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Selección del tipo de trilladora a diseñar por medio de un cuadro comparativo de los diferentes tipos de trilladoras.</li> <li>▪ Diseño de los planos mecánicos con las dimensiones reales de la máquina.</li> <li>▪ Determinación de los materiales adecuados para la construcción de la máquina.</li> </ul>	Investigación documental y de campo
Construir una máquina trilladora de amaranto que tenga un costo significativamente inferior en relación con las máquinas existentes en el mercado local.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Escoger los procesos de manufactura que permitan la minimización de costos y la optimización en la producción.</li> <li>▪ Control de calidad y verificación de operación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Máquina trilladora de amaranto funcionando adecuadamente.</li> </ul>	Investigación experimental Metodología cuantitativa

### **3. MARCO TEÓRICO**

Los siguientes numerales de la propuesta tecnológica detallan el argumento científico y técnico del desarrollo de la máquina trilladora de amaranto.

#### **3.1 Argumentación**

Existen diferentes tipos de trilladoras de acuerdo al tipo de grano y a las necesidades de los agricultores, por lo que en esta sección se determinan las ventajas y desventajas, para escoger cuál es la máquina que cubre las expectativas del proyecto. Además, es importante conocer las características y propiedades de la planta y del grano de amaranto el cual está destinada la máquina trilladora.

#### **3.2 Generalidades del amaranto**

El cultivo de amaranto *Amaranthus spp*, es originario de América y, conocido en Ecuador como “ataco”, “sangorache” o “quinua de castilla”, el cual ha sido desplazado de los campos de cultivo, hasta casi desaparecer como especie alimenticia. A partir de los años 80 aparecen las primeras investigaciones en donde hubo un redescubrimiento del cultivo, el cual fue justificado principalmente por su valor nutritivo y potencial agronómico [1].

##### **3.2.1 Origen y distribución**

La variedad de amaranto INIAP-Alegría fue obtenida a partir de la selección de la variedad Alan García introducida desde el Cuzco-Perú y seleccionada en la Estación experimental Santa Catalina en el año 1987-1988, por lo que en el banco de germoplasma del INIAP está identificado como Ecu-2210 [1].

Por las características morfológicas dicha variedad pertenece a la especie *Amaranthus caudatus* L., por la denominación popular que se le da al grano en México y al igual su nombre ayudaría a la promoción en la producción y consumo [1].

La variedad de amaranto INIAP-Alegría se entrega oficialmente en 1994, como la primera variedad mejorada de amaranto, y siendo la variedad de amaranto que es cultivada en mayor cantidad por la carrera de agroindustrial de la Universidad [2].

### 3.2.2 Clasificación taxonómica del amaranto

Esta es importante para diferenciar e identificar variedades, formas silvestres y cultivadas, la clasificación la detalla en la tabla 3.1.

**Tabla 3.1.** Clasificación taxonómica del amaranto.

<b>Nombre científico</b>	Amaranthus caudatus L.
<b>Nombre común</b>	Amaranto, INIAP-Alegría.
<b>Reino</b>	Vegetal
<b>División</b>	Fanerógama
<b>Clase</b>	Dicotiledónea
<b>Subclase</b>	Archyclamidae
<b>Orden</b>	Centrospermales
<b>Familia</b>	Amaranthaceae
<b>Genero</b>	Amaranthus
<b>Sección</b>	Amaranthus caudatus

**Fuente:** [3]

### 3.2.3 Características morfológicas del amaranto

INIAP-Alegría es una variedad de amaranto de grano blanco, que revienta con mucha facilidad. Es precoz, se cosecha entre 5 y 6 meses, dependiendo de la altitud y la lluvia. Esta variedad se adapta en localidades comprendidas entre 2000 y 2800 m de altura. Produce de 1 a 3 t/ha, en ambientes favorables (22 a 66 quintales por hectárea). Al ser una planta C4, la variedad, tolera la sequía. El rendimiento promedio de esta variedad de amaranto es de 2000 kg por hectárea (44 qq por hectárea). El Anexo I muestra las características de las variedades de amaranto INIAP-Alegría [2].

#### 3.2.1 Descripción botánica

En el Anexo II se representa la línea de tiempo del proceso de cultivo de amaranto INIAP-Alegría, desde que inicia hasta que se cosecha, tomando en cuenta el periodo de tiempo en el que se realiza cada actividad referente al cultivo (la siembra, el deshierbe, arrime de tierra, aplicación de abono orgánico y su posterior cosecha) al igual que el periodo en cual se debe realizar las curaciones correspondientes para las distintas plagas que pueden afectar el crecimiento de la planta.

### 3.3 Caracterización del proceso de trillado

La trilla tradicional en nuestro país consiste en friccionar a las plantas sobre una piedra plana, sobre cuero seco o estera, o también restregando entre las manos del operario. Otra práctica muy común es la de golpear con tiras de madera a las plantas secas [4].

En otros casos las panojas son almacenadas en parvas o secadas en el campo, en hileras junto a tapiales, cercas o paredes de las viviendas, para luego ser trilladas. Las plantas se ordenan en estos arcos o parvas en forma de techo a dos aguas, luego se cubre con paja, para esperar una o dos semanas hasta que las plantas tengan la humedad conveniente para la trilla.

Un sistema mejorado de cosecha de granos consiste en la utilización de trilladoras estacionarias, aunque la siega y transporte de las gavillas se hace manualmente. Se han creado prototipos específicos para amaranto, todos con aceptable efectividad y rendimiento [4].

#### 3.3.1 Trilla manual

Cuando las semillas están secas se procede a la trilla para separar el grano de la pajonás, para dicho efecto se coloca una lona o nylon sobre la cual se golpean las pajonás con un palo hasta lograr la salida de los granos, o también se puede trillar golpeando las pajonás sobre zarandas en forma horizontal a una altura de 40 a 50 centímetros del suelo [5].



**Figura 3.1.** Trillado manual del amaranto.

**Fuente:** [5].

Ventajas

- Apropriado para pequeñas parcelas.
- Los granos no sufren daños mecánicos considerables
- Las pérdidas son menores
- Se puede usar como semilla

### Desventajas

- Requiere mayor número de jornales
- Necesita mayor tiempo de trabajo
- Aumenta el costo de producción
- Posibilidades de mezcla con la tierra y arena

### 3.3.2 Trilla mecanizada

Se realiza con máquinas agrícolas destinadas a separar el grano de la planta, sea este un cereal (trigo, cebada, arroz, centeno), leguminosa o grano andino (quinua, cañihua, kiwicha o amaranto), facilitan y agilizan esta labor, permitiendo conservar la calidad del producto al no entrar en contacto con el suelo. Se realiza con trilladoras portátiles y/o estacionarias que funcionan con motor propio [6].



**Figura 3.2.** Trilla mecanizada del amaranto.

**Fuente:** [5].

### Ventajas

- Facilita y optimiza el trabajo en la trilla de los granos
- Requiere menos mano de obra y se puede cosechar mayores áreas en menos tiempo
- Reduce las pérdidas de granos y baja los costos en la post cosecha (limpieza, selección, y clasificación)
- Conserva la calidad del producto, mejora le precio y la rentabilidad del cultivo.

### Desventajas

- La humedad del gano debe ser menor a 13 %, con humedades superiores se puede producir el amasamiento

- La regulación inadecuada de la trilladora especialmente del cilindro y del cóncavo, puede producir daños irreversibles en el grano.
- Se requiere de vehículo para su traslado.
- Requiere personal entrenado en la operación de la trilladora

### 3.3.3 Parámetros Funcionales

La operación de trilla depende en mucho de ciertos factores que inciden directamente en el resultado de eficiencia de la misma, siendo estas las siguientes:

#### 3.3.3.1 Propiedades del cultivo

- **Grado de madurez.** El grado de madurez es el índice más usado para la cosecha de granos, pero debe diferenciarse la madurez fisiológica de la madurez comercial. La primera es aquella que se alcanza luego que se ha completado el desarrollo mientras que la segunda se refiere al estado en el cual es requerido por el mercado [7].
- **Humedad.** La trilla de una cosecha no suficientemente seca tiene muchas posibilidades de ser incompleta. Además, el grano trillado demasiado húmedo e inmediatamente almacenado a granel o estibado (en el granero o en sacos) estará mucho más sujeto a los ataques de microorganismos y su conservación será limitada [7].

La humedad que tendrá el grano al momento de ser cosechado será de 15% para posteriormente en el proceso de postcosecha secarlo hasta que llegue a un 12% como especifica la norma NTE INEN 2646 con el cual es considerado amaranto seco para su comercialización [8].

#### 3.3.3.2 Condiciones de ingreso de la materia prima

- **Dirección de alimentación.** La dirección de alimentación influye sobre las pérdidas de trilla, separación de grano a través del cóncavo y rotura de paja. Se tiene una mayor separación de granos a través del cóncavo al introducir primero las espigas que el tallo y una cantidad ligeramente mayor ocurre para todos los niveles de humedad, cuando la alimentación es por las espigas primero que por los tallos. Las pérdidas de trilla se ven incrementadas cuando se introduce primero el tallo y no la espiga y resultan exageradas al tener mayor contenido de humedad.

La alimentación paralela da resultados intermedios, pero requiere de un cilindro más largo y mayor ángulo de envoltura del cóncavo [9].

- **Cantidad de alimentación.** Tiene que ver con la rotura de grano, perdidas de trilla, separación de grano a través del cóncavo y rotura de la paja. El número de revoluciones del mecanismo también intervendrá en la eficacia del proceso de trilla, evitando la perdida de grano, así como su rotura [10].
- Un bajo grado de alimentación ocasiona mayor porcentaje de grano roto y no influye apreciablemente sobre la germinación y se produce un ligero incremento de las pérdidas de trilla al aumentar la cantidad de alimentación al cilindro.

### **3.4 Criterios en diseño de equipos y maquinaria agrícola**

#### **3.4.1 Análisis de trabajos precedentes**

En este literal se presentarán diferentes conclusiones a las cuales han llegado varios autores de sus investigaciones realizadas, las cuales se tomarán como guía sus resultados para la selección del tipo de máquina trilladora más adecuada.

La máquina ha sido diseñada y construida con la finalidad de operar en forma exclusiva en la trilla de quinua con resultados positivos al utilizar como diseño el cilindro trillador de barras. Las características en cuanto al tamaño, facilidad de transporte y forma de operar la máquina son muy versátiles y funcionales [11].

Los principales problemas existentes en las máquinas trilladoras estacionarias de la zona de su estudio, son la existencia de una gran diversidad de trilladoras de fabricación rustica (95,5%), es por esto que los principales problemas son por roturas y desgastes, señalados por los productores, se refieren a: desgaste y fractura de los dientes; desgaste de cojinetes; rotura de rodamientos; rotura y desgaste de cadenas y deterioro de las zarandas, entre otros [12].

En el proyecto “Bean Threshing” se señala que el cuerpo de su trilladora es un tambor de metal reciclado, y las cuchillas de la trilladora tipo cuchilla están hechas de pequeñas tiras de metal que pueden estar hechos de restos de otros trabajos dentro del taller que requieren barras planas. En caso de que la trilladora tipo cuchilla falle, es posible reutilizar varios componentes, como las varillas roscadas, las tuercas, las placas de metal y las cuchillas, así como la malla. Esto reduciría la generación de desechos de la máquina una vez su vida útil haya terminado [13].



La máquina ha sido fabricada con el uso de materiales disponibles localmente en su región. La máquina es simple, menos voluminosa y efectivo con su capacidad de auto limpieza. Las pérdidas de grano y daños mecánicos visibles han sido muy mínimos, la prueba de rendimiento ha revelado que la eficiencia de la máquina es 99,2% la máquina trilla 200 quintales de maíz dentro de una hora. La máquina puede ser alimentada por un motor eléctrico o motor (diésel o gasolina), los asientos del motor eléctrico proporcionan ajuste para que la correa trapezoidal se pueda arreglar fácilmente [14].

La máquina trilladora y trituradora fue diseñada, fabricada y probada. Los resultados obtenidos mostraron que la máquina funcionó bien con bajo contenido de humedad. La mayor eficiencia promedio de la máquina fue 99,01% al 10% de contenido de humedad usando 95 kg de maíz como velocidad de alimentación y la eficiencia promedio más baja fue de 87,07% con 20% de humedad usando 115 kg de maíz como velocidad de alimentación. Se observó que el contenido de humedad afecta el rendimiento de la máquina construida. La tasa de recuperación del maíz molido fue más alta con el 10% de contenido de humedad y más baja con el 20% de contenido de humedad [15].

Es muy importante tener presente normas de seguridad cuando se manipulan máquinas trilladoras, por tal razón la longitud de la tolva es larga para evitar el ingreso de los brazos, manos y dedos por parte del operador cuando esté en funcionamiento la máquina [16].

### **3.4.2 Tipos de equipos y maquinaria agrícola**

La trilla se reduce a desgranar las espigas para obtener el grano limpio, se practica de cuatro modos distintos: a golpes, con varas, palos y palas; por el pisoteo de las reses de varios ganados, yeguas, caballos, mulas, bueyes, cabras, etc. [4].

Los elementos de trilla convencionales, los cuales se basan en la operación que realizan los elementos del sistema de trilla de una cosechadora es la separación del grano de la espiga [17].

**Tabla 3.2.** Clasificación de los sistemas de trilla y características generales

<b>Sistema</b>	<b>Función que realiza</b>	<b>Principio físico de separación</b>	<b>Elementos</b>	<b>Posición de los cilindros</b>	<b>Movimiento de la mies en relación con los elementos</b>	<b>Rotación</b>
Trilla convencional	Trilla	Fricción, gravedad	Cilindro desgranador, cóncavo.	Transversal a la máquina	Tangencial al cilindro (sector de circunferencia)	Entre cilindro desgranador y cóncavo
Separación convencional	Separación	Sacudida, gravedad	Sacudidores	(no tiene)	Lineal sobre los sacudidores	(ninguna)
Trilla mejorada	Trilla	Fricción, gravedad	Cilindros desgranadores múltiples, cóncavos	Transversal a la máquina cilindros	Tangencial a los sectores de circunferencia	Entre cilindros múltiples y sus cóncavos
Separación rotativa transversal	Trilla y separación	Fricción, fuerza centrífuga	Cilindros trilladores-separadores múltiples, cóncavos	Transversal a la máquina	Tangencial a los cilindros, (sector de circunferencia)	Entre cilindros múltiples y sus cóncavos
Separación rotativa longitudinal	Separación (a veces, trilla)	Fuerza centrífuga	Rotores	Longitudinal a la máquina	Helicoidales.	Entre el eje de los rotores y su carcaza enrejillada

**Fuente:** [17].

Existen diferentes sistemas de trilla de los cuales se ha considerado dos sistemas más importantes y más utilizados:

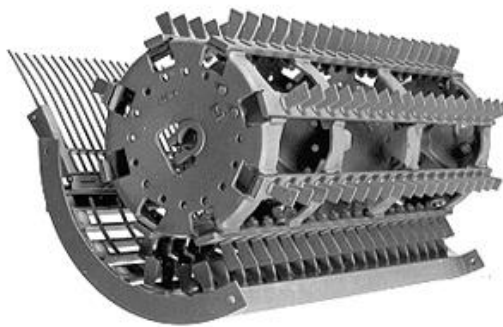
#### **3.4.2.1 Sistema de trilla y limpia con cilindro y cóncavo.**

El cilindro trillador es un órgano de gran masa que gira a una elevada velocidad, por lo que es necesario estabilizarlo no solo estáticamente, sino también dinámicamente de este modo se protege la vida útil de los cojinetes y apoyos, así como se evita la presencia de fuerzas perturbadoras causantes de vibraciones y de ruidos molestos [11].

Existen dos tipos de cilindros trilladores de tipo transversal:

##### **a) De dientes o dedos rígidos**

Llamado también cilindro americano, en este sistema de trillado el cilindro lleva sujeto un número de dientes de acero o barras metálicas montadas en la circunferencia exterior de una serie de discos, el cóncavo tiene dientes sujetos a barras sometidos en su lugar por barras curvas laterales, los dientes trituran y rasgan el material en lugar de friccionarlo, es una técnica más agresiva utilizada en trillados de arroz. Ya no es muy utilizado en la actualidad [18].



**Figura 3.3.** Cilindro de dientes o dedos rígidos.

**Fuente:** [19].

##### **a) De barras**

Es más utilizado, está constituido por seis u ocho barras de acero que presenta una forma exterior redondeada y cubierta de estrías oblicuas. Este tipo es el "europeo", y sus características son: diámetro  $D$  comprendido entre 400 y 600 mm; la longitud es variable entre los 0,8 y 1,8 m y su velocidad generalmente regulable entre 400 y 1600 rev/min [17].

Las dos regulaciones que se pueden hacerse se refieren a la velocidad del cilindro y a la separación del cilindro y cóncavo. Cuando el grano este húmedo es conveniente aumentar la velocidad  $v$ , mientras que cuando está seco conviene disminuirla [17].

Asimismo, si se parte el grano es mejor separar el cóncavo, mientras que si se pierde con la paja es necesario acercarlo.



**Figura 3.4.** Cilindro de barras

**Fuente:** [20].

### **3.4.2.2 Cilindro trillador de flujo axial**

Son sistemas más moderados. El material a cosechar se ubica sobre la bandeja de alimentación donde se entrega a la abertura de suministro. Desde ahí fluye el cilindro y el cóncavo hasta el descargador de paja [21].

Los dientes del cilindro golpean el material, separando de este modo el grano de a paja. La mayoría del grano se trilla con el primer impacto, pero una nueva trilla se efectúa cuando el material se mueve axialmente, como un tornillo sin fin, hasta que la paja es descargada en el extremo final [21].

El grano trillado, incluyendo impurezas como hojas y trozos de tallos, pasan a través de las aberturas del cóncavo y caen sobre la zaranda, donde se separan las impurezas mayores por medio de un sistema de arneros. Los granos de los arneros caen sobre la salida del ventilador donde el aire que sale del soplador remueve la cascara, granos vanos y otras impurezas livianas [21].

Este diseño permite un conjunto mecánico más simple que los sistemas convencionales, así como reducir la longitud de la máquina, también disminuye bastante el ruido y vibraciones.

Además, los procesos de trilla y separación se realizan en la mitad de tiempo que en una trilladora convencional. Basado en un sistema existen dos tipos de máquinas; de rotor único y de rotor doble [11].



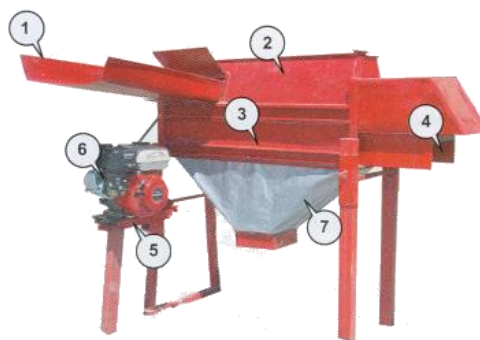
**Figura 3.5.** Cilindro trillador de flujo axial.

**Fuente:** [11].

### 3.4.2.3 Trilladora tubular

La trilladora tubular fue diseñada con el fin de buscar alternativas tecnológicas para agricultores de escasos recursos y que a la vez les permita obtener un producto comercial que responda las exigencias de la demanda.

Antes de iniciar la trilla verificar que las plantas estén secas, con una humedad aproximada del 12% para facilitar la trilla y evitar pérdidas de grano [22].



**Figura 3.6.** Trilladora tubular.

**Fuente:** [22].

#### **Partes de la trilladora tubular:**

1. Plataforma de alimentación
2. Cuerpo de trilla

3. Zaranda de salida de granos
4. Salida de broza
5. Base del motor
6. Motor
7. Colector de grano trillado

**Usos y ventajas de la trilladora tubular:**

- Fácil de transportar a la parcela o lugar de trilla
- Su instalación y manejo es simple
- Para su operación y manejo se requiere únicamente de dos personas
- Menor pérdida de grano
- Separa el grano de la broza, no es necesario realizar el tamizado
- El rendimiento de grano trillado es superior comparado con la trilla tradicional
- Menor contaminación del grano con tierra y piedrecillas
- El costo de la trilladora es bajo comparado con trilladoras similares
- Trilla diferentes tipos de grano
- Adecuado para pequeños y medianos productores.

## **4. METODOLOGÍA PARA EL DISEÑO**

### **4.1 Declaración de variables**

#### **4.1.1 Variable independiente**

- Sistema de abastecimiento.
- Mecanismo de trillado y zaranda.

#### **4.1.2 Variable dependiente**

- Productividad.

### **4.2 Operacionalización de las variables**

La Operacionalización de las variables nos permite evaluar el contenido de del título o del objetivo de la propuesta tecnológica de una manera más detallada en la cual se consideran indicadores, dimensiones, técnicas e instrumentos de cualificación y cuantificación de dichas variables específicas.

La tabla 4.1 muestra la operacionalización de las variables tanto como independiente y dependiente.

### **4.3 Descripción de la máquina**

La trilladora de amaranto, es una máquina que va a ser utilizada en el proyecto de Rescate de Granos Andinos de la Universidad Técnica de Cotopaxi, siendo el principal funcionamiento de esta la trilla o la separación del grano de la pajona, obteniendo así un grano limpio al final del proceso de operación de dicha máquina.

El principio de funcionamiento de esta máquina inicia con la dosificación de la pajona sobre la tolva de alimentación, pasando así al espacio de trilla, entre el cilindro y el cóncavo, los cuales realizan la acción del desgrane del grano. Los restos de pajona que sale del cilindro trillador será empujado hacia afuera, los granos que atraviesan la malla desbrozadora caerán en una nueva malla la cual la cual detendrá los restos del bagazo permitiendo únicamente el paso de los granos. Los granos una vez que atraviesen esta zaranda caerán hacia fuera de la máquina en su respectivo recipiente.

**Tabla 4.1.** Operacionalización de variables.

<b>Variable Dependiente</b>	<b>Definición conceptual</b>	<b>Definición operacional</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Unidad de medida</b>
Productividad	Es la cantidad y calidad de grano obtenido optimizando los mecanismos de abastecimiento y de clasificación del producto	Es la cantidad de grano que se obtiene en base a los kilogramos por hora y al volumen de los recipientes.  El porcentaje de impurezas que se tendrá será de entre 7 a 10 % por quintal de grano, el cual busca satisfacer las necesidades del cliente.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Peso</li> <li>• Volumen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Peso</li> <li>• Volumen</li> <li>• % impurezas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• kg/h</li> <li>• m<sup>3</sup></li> <li>• %</li> </ul>
<b>Variable Independiente</b>	<b>Definición conceptual</b>	<b>Definición operacional</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Unidad de medida</b>
Sistema de abastecimiento	Conjunto de elementos que nos permita abastecer de materia prima constantemente a la máquina.	Conjunto de elementos que permitan mantener el volumen constante de la materia prima que ingresa en la máquina.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Volumen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Volumen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• m<sup>3</sup></li> </ul>
Mecanismo de trillado y zaranda	Conjunto de elementos que nos permite optimizar con la menor cantidad de grados de libertad la obtención de la máxima cantidad de grano.	Conjunto de elementos que determinan la cantidad de grano medido en kilogramos cuyo diámetro variara entre los 0,9 a 1,7 mm, el cual va a obtenerse después del proceso que realice la máquina.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Peso</li> <li>• Diámetro</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Peso</li> <li>• Diámetro</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• kg</li> <li>• mm</li> </ul>



#### **4.4 La casa de la calidad**

La casa de la calidad es una metodología que traduce la Voz del Cliente en parámetros de diseño para que estos puedan desplegarse, de forma horizontal, dentro de los departamentos de planeación, ingeniería, ensamblaje y servicio [23].

##### **4.4.1 Voz del usuario**

De acuerdo a las consideraciones del Ingeniero Marco Rivera, director del programa de rescate de granos andinos, la máquina trilladora de amaranto debe contar con las siguientes características:

- Bajo peso.
- Bajo costo.
- Transportable.
- Resistente al ambiente.
- Que no contamine.
- Limpieza del grano.
- Fácil de arreglar.
- Regulable.

##### **4.4.2 Voz del ingeniero**

Una vez establecido lo que requiere el usuario, la información se procesa para obtener especificaciones y características técnicas:

- Densidad del material de la máquina.
- Disponibilidad del material en el mercado.
- Proceso de manufactura.
- Caracterización del material.
- Factor de seguridad.
- Mantenibilidad.
- Sistemas de funcionamiento.

En el Anexo III se muestra la matriz de la casa de la calidad la cual se utilizó para la selección de las características más importantes a considerar.

## 4.5 Definición y diseño conceptual

### 4.5.1 Análisis funcional

Con el propósito de describir y resolver los problemas de diseño, es útil aplicar el concepto de función, que es cualquier transformación (en el sentido de realización de una tarea) entre unos flujos de entrada y de salida, tanto si se trata de funciones estáticas (invariables en el tiempo) como de funciones dinámicas (que cambian con el tiempo). La función es, pues, una formulación abstracta de una tarea, independientemente de la solución particular que la materializa [24].

La función global representa la tarea global que debe realizar el producto que se va a diseñar y se establece como una caja negra que relaciona los flujos de entrada y los de salida. Sin embargo, esta presentación es muy esquemática y, para obtener una representación más precisa, hay que dividir la función global en subfunciones (correspondientes a subtareas) y a la vez, establecer las relaciones de flujos entre estas subfunciones [24].

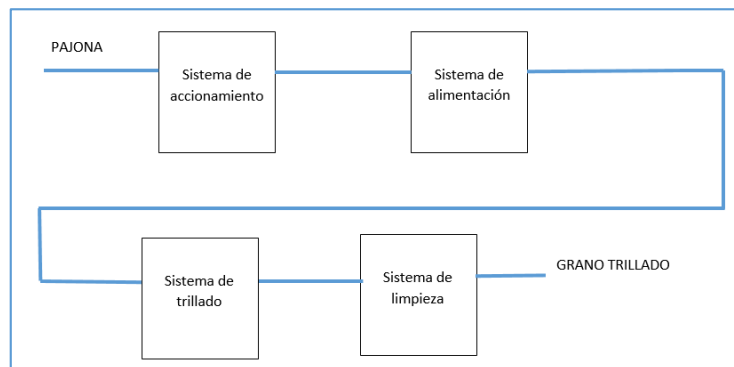
La representación del conjunto de subfunciones con las entradas y salidas, así como las interrelaciones de flujos entre ellas se denomina análisis funcional [24].

### 4.5.2 Análisis funcional de la máquina trilladora

#### 4.5.2.1 Definición del análisis funcional

El objetivo principal de la máquina trilladora de amaranto es el desprender de la pajona los granos de amaranto, además posteriormente realiza la limpieza del grano eliminando el mayor porcentaje de impurezas y entregando de esta manera un grano limpio al final del proceso.

La función integral del sistema se representa en la siguiente figura:



**Figura 4.1.** Función global.

#### **4.5.2.2 Solución a módulos**

En un proceso la toma de decisiones tiene que ser objetiva y lógica, adoptando la alternativa que cumpla con los requerimientos para el diseño e implementación de cualquier sistema, por lo que el planteamiento de diferentes alternativas permitirá analizar factores principales para establecer la mejor opción para cada subsistema que conforma la máquina trilladora, de esta manera obtendremos el óptimo desempeño de la misma.

Las alternativas se deben evaluar y seleccionar de la mejor opción, proceso que se realiza mediante una matriz de selección lo cual evalúa los factores más importantes a través de un factor de ponderación (FP) igual a 1, el valor es asignado a cada factor de selección dependiendo la importancia del mismo. Se analiza cada factor de selección y se marca con una X la mejor opción y al final se suman los factores de ponderación, estableciendo con el mayor puntaje la alternativa más adecuada para el sistema.

##### **a) Sistema de accionamiento**

Dentro de las alternativas consideradas para la selección del mejor tipo de accionamiento se ha considerado solamente 2 opciones que nos permiten transformar la trilla manual por la mecánica como son el motor de combustión interna y el motor eléctrico, estas dos alternativas serán puestas en comparación mediante varios factores de selección que nos permitirán optar por el más adecuado.

##### **b) Sistema de alimentación**

Dentro de las alternativas principales para el sistema de alimentación se maneja tres alternativas que son la tolva prismática, tolva cilíndrica y la tolva rectangular, los cuales nos permiten mantener alimentada de materia prima a la máquina trilladora, estas serán comparadas bajo diversos factores permitiéndonos seleccionar la más adecuada.

##### **c) Sistema de trillado**

El sistema de trillado representa la parte principal de la máquina trilladora puesto que es el lugar en el cual se separan los granos de la planta, para la selección de este sistema se manejará tres opciones que representan las más adecuadas para el tipo de grano con el que se va a trabajar

como son el cilindro de dientes o dedos, de barras y el de flujo axial, las cuales serán comparadas para determinar la más adecuada.

#### **d) Sistema de limpieza**

El proceso final del trillado lo comprende el sistema de limpieza, el cual separara en el mayor porcentaje posible las impurezas que se generen por el proceso mismo de la trilla, para este sistema se ha tomado en cuenta tres principales alternativas, las cuales ofrecen las mejores características para el proceso que se va a llevar a cabo.

### **4.6 Diseño de máquina trilladora**

Después de haber analizado todas las alternativas de diseño anteriormente especificadas, procedemos al diseño final de la máquina, cálculos de los componentes mecánicos, así también los planos de construcción para la máquina.

#### **4.6.1 Sistema de accionamiento**

Para determinar el sistema de accionamiento más adecuado se considera el resultado obtenido de la solución de módulos, ya que en este se toma en consideración los requerimientos que debe cumplir la máquina, ya sea motor de combustión interna o motor eléctrico.

#### **4.6.2 Sistema de alimentación**

##### **Volumen de la tolva**

Para el diseño de la tolva no hay especificaciones, el tamaño varía dependiendo de su aplicación o cantidad de producción. Para ello se plantea la siguiente fórmula para el cálculo del volumen total.

En el 2016, Siuce [25] menciona que para el cálculo de la tolva se utilizara la siguiente ecuación:

$$V_{TOLVA} = V_{PS} + \frac{1}{2}V_{PI} \quad (4.1)$$

Donde:

$V_{TOLVA}$ : Volumen de la tolva; (m<sup>3</sup>).

$V_{PS}$ : Volumen del paralelepípedo superior; (m<sup>3</sup>).

$V_{PI}$  : Volumen del paralelepípedo inferior; ( $m^3$ ).

Para el volumen del paralelepípedo superior y el inferior se utilizará la ecuación general para volumen que es la siguiente:

Volumen del paralelepípedo superior:

$$V_{PS} = b \cdot l \cdot h_1 \quad (4.2)$$

Donde:

$V_{PS}$  : Volumen del paralelepípedo superior; ( $mm^3$ ).

$b$  : Base de la tolva; (mm).

$l$  : Largo de la tolva; (mm).

$h_1$  : Altura exterior de la tolva; (mm).

Volumen del paralelepípedo inferior:

$$V_{PI} = b \cdot l \cdot h_2 \quad (4.3)$$

Donde:

$V_{PI}$  : Volumen del paralelepípedo inferior; ( $mm^3$ ).

$h_2$  : Altura inferior de la tolva; (mm).

### **4.6.3 Sistema de trillado**

#### **4.6.3.1 Volumen de trillado**

Para hallar esta velocidad partimos de la cantidad de pajona que se debe trillar, es decir la capacidad de la máquina.

El volumen promedio de la pajona seca corresponde a:

$$V_{paj} = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \cdot h \quad (4.4)$$

Donde:

$V_{paj}$  : Volumen por pajona; ( $m^3$ ).

$d$  : Diámetro promedio de la pajona seca; (m).

$h$  : Altura promedio de la pajona seca; (m).

La densidad promedio de la pajona seca se la obtiene con la siguiente ecuación:

$$\delta = \frac{m}{V_{paj}} \quad (4.5)$$

Donde:

$\delta$  : Densidad de la pajona; (gr/cm<sup>3</sup>)

$m$  : Masa de la pajona; (gr)

Para calcular la cantidad de pajona de amaranto que se trilla por hora se utiliza la siguiente ecuación:

$$V_h = \frac{C}{\delta} \quad (4.6)$$

Donde:

$V_h$  : Flujo másico por hora; (m<sup>3</sup>/h)

$C$  : Capacidad de la máquina; (gr/h)

#### 4.6.3.2 Velocidad de ingreso de la pajona

El número de ramas que corresponde a la cantidad de amaranto a picarse por cada hora, el cual es:

$$Amaranto = \frac{V_h}{V_{paj}} \quad (4.7)$$

Donde:

*Amaranto*: Número de ramas de amaranto.

Para determinar la velocidad de ingreso de los tallos tomamos en cuenta la longitud promedio de la pajona de amaranto.

$$v_i = \left( \frac{N^{\circ} \text{ ramas}}{h} \right) \cdot L \quad (4.8)$$

Donde:

$v_i$ : Velocidad de ingreso; (m/s).

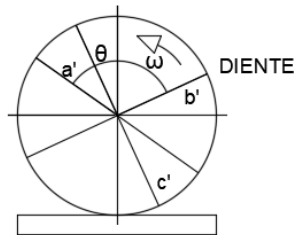
#### 4.6.3.1 Número de conjunto de dientes

Los conjuntos de dientes estarán dispuestos en el cilindro trillador de tal manera que corten un centímetro a la vez por cada dedo.

La consideración que se toma es que habrá 4 grupos de dientes separados uno del otro  $90^\circ$ .

De acuerdo a pruebas realizadas un diámetro adecuado del tambor para sistemas de trilla es de 400mm, entonces se picara la pajona en tramos de 0,05m [26].

Diámetro mayor del tambor: 400 mm



**Figura 4.2.** Número de revoluciones vs. el número de cuchillas.

El volante debe recorrer el tramo  $\overline{b'a'}$  en el mismo tiempo que la pajona recorre el tramo  $\overline{ba}$  para ello tomamos en cuenta que los tiempos son iguales.

Tenemos las siguientes ecuaciones:

$$t_{a'b'} = \frac{\theta}{\omega} \quad (4.9)$$

Donde:

$t_{a'b'}$ : Tramo que recorre el volante.

$\theta$ : Angulo de desplazamiento; (rad).

$\omega$ : Velocidad angular; (rev/min).

$$t_{ab} = \frac{e}{v_i} \quad (4.10)$$

Donde:

$t_{ab}$ : Tramo que recorre la pajona.

$e$  : Tramos de pajona a ser picados; (m).

#### 4.6.3.2 Torque de corte requerido

El torque de corte requerido se determinará mediante la siguiente ecuación:

$$T = F \cdot R \quad (4.11)$$

Donde:

$T$  : Torque de corte; (kgf-m).

$R$  : Radio medio del cilindro trillador; (m).

#### 4.6.3.3 Potencia de corte

Calculamos la potencia de corte en función del torque requerido y la velocidad angular del cilindro trillador.

$$Pc = Fc \cdot N \quad (4.12)$$

Donde:

$Pc$  : Potencia de corte; (Hp).

$Fc$  : Fuerza de corte; (N).

$N$  : Número de revoluciones por minuto; (rev/min).

#### 4.6.3.4 Espesor de los dientes

Utilizando la teoría del esfuerzo cortante máximo, se tiene:

$$S_{Sy} = 0,557 \cdot S_y \quad (4.13)$$

Donde:

$S_{Sy}$  : Esfuerzo cortante máximo (sin factor de seguridad); (N/m<sup>2</sup>).

$S_y$  : Resistencia a la fluencia; (N/m<sup>2</sup>).

Con un factor de seguridad de 8, el esfuerzo cortante máximo será:

$$\tau_{\max} = \frac{S_{Sy}}{n} \quad (4.14)$$



Donde:

$\tau_{\max}$  : Esfuerzo cortante máximo; (N/m<sup>2</sup>).

$n$  : Factor de seguridad; (adimensional).

Para determinar el espesor utilizaremos la ecuación:

$$\tau_{\max} = \frac{Fc}{A} \quad (4.15)$$

Donde:

$A$  : Área del diente; (m<sup>2</sup>).

#### 4.6.3.5 Cálculo del peso de los elementos Qp del cilindro trillador

El peso de los elementos del cilindro trillador se determina mediante la masa de cada elemento que lo conforman.

Para determinar la masa de dichos elementos utilizaremos la ecuación:

$$m_{dientes} = \delta \cdot V \quad (4.16)$$

Donde:

$\delta$  : Densidad del acero; (kg/m<sup>3</sup>).

$V$  : Volumen del elemento; (m<sup>3</sup>)

El peso total del cilindro trillador se lo calcula mediante la siguiente ecuación:

$$Q_p = \frac{g(m_{dientes} + m_T + m_{volante} + m_{barra} + m_{cilindro} + m_{tapas})}{L} \quad (4.17)$$

Donde:

$g$  : Gravedad; (m/s<sup>2</sup>).

$m_{dientes}$  : Masa de los dientes; (kg).

$m_T$  : Masa del perfil T; (kg).

$m_{volante}$  : Masa del volante; (kg).

$m_{barra}$  : Masa de la barra porta dientes; (kg).

$m_{cilindro}$ : Masa del cilindro trillador; (kg).

$m_{tapas}$ : Masa de las bridas; (kg).

$L$ : Longitud del cilindro trillador; (m).

#### 4.6.3.6 Cálculo de la fuerza de trillado $Q_c$ en el cilindro trillador

La fuerza de corte de la panoja de amaranto durante el proceso de trillado se representa como una carga distribuida ( $Q_c$ ) a lo largo de todo el cilindro trillador en ese instante y se calcula con la siguiente ecuación:

$$Q_c = \frac{N \cdot Fc}{L} \quad (4.18)$$

Donde:

$N$ : Número de dientes; (adimensional).

$Fc$ : Fuerza de corte; (N).

$L$ : Longitud del cilindro trillador; (mm).

#### 4.6.3.7 Diseño del cilindro hueco

El  $c$  se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$c = \frac{d}{2} \quad (4.19)$$

Donde:

$d$ : Diámetro del cilindro trillador; (mm).

El momento de inercia se podrá calcular con la siguiente ecuación:

$$I = \frac{\pi}{64} \cdot (d_{ext}^4 - d_{int}^4) \quad (4.20)$$

Donde:

$d_{ext}$ : Diámetro exterior de la tubería estructural; (mm).

$d_{int}$ : Diámetro interior de la tubería estructural; (mm).

El esfuerzo máximo de flexión será calculado con la siguiente ecuación:

$$\sigma_x = \frac{M \cdot c}{I} \quad (4.21)$$

Donde:

$M$  : Momento flector; (N.m).

$I$  : Inercia del cilindro; (m).

El esfuerzo cortante máximo se calcula con la siguiente ecuación:

$$\tau_{xy} = \frac{M \cdot r}{J} \quad (4.22)$$

Donde:

$M$  : Momento flector; (N.m).

$r$  : Radio del cilindro trillador; (mm).

$J$  : Momento polar de inercia; (N.m)

El momento polar de inercia del cilindro trillador de la sección transversal, se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$J = \frac{\pi}{32} \cdot (d_{ext}^4 - d_{int}^4) \quad (4.23)$$

Determinados los esfuerzos  $\sigma_x$  y  $\tau_{xy}$  se calcula el factor de seguridad necesario para evitar que se produzca la falla en el cilindro trillador:

$$\sigma_m = \sqrt{3 \cdot (\tau_{xy})^2} \quad (4.24)$$

El límite de resistencia a la fatiga del cilindro trillador  $S_e$ , se calcula con la siguiente ecuación:

$$S'_e = 0,5 \cdot S_{ut} \quad (4.25)$$

Donde:

$S_{ut}$  : Resistencia mínima a la tensión; (MPa).

Se determina en el cilindro trillador los factores de límite de resistencia a fatiga:

- Factor de acabado superficial (esmerilado):

El factor de modificación depende de la calidad del acabado de la superficie del elemento mecánico y de la resistencia a la tensión. El valor de  $k_a$  es determinado con la siguiente ecuación:

$$k_a = a \cdot S_{ut}^b \quad (4.26)$$

Donde:

Los valores de a y b se encuentran en la tabla 4.2.

**Tabla 4.2.** Parámetros en el factor de la condición superficial

ACABADO SUPERFICIAL	Factor a		Exponente
	S <sub>ut</sub> , [Kpsi]	S <sub>ut</sub> , [MPa]	b
Esmerilado	1,34	1,58	-0,058
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

**Fuente:** [27]

- Factor de tamaño:

El eje puede estar sometido a flexión, torsión o ambos y pueden expresarse con la siguiente ecuación:

$$k_b = 1,189 \cdot d^{-0,097} \quad (4.27)$$

Si  $8 \text{ [mm]} < d < 250 \text{ [mm]}$

Cuando una barra redonda en flexión no está girando, o cuando se utiliza una sección no circular. El método que se utilizara aquí se emplea en una dimensión efectiva  $d_e$  que se obtiene al igualar el volumen de material sometido a esfuerzo igual o superior a 95% del esfuerzo máximo con el mismo volumen en la muestra de viga rotativa.

- Factor de modificación de la carga:

El factor de confiabilidad constituye desviaciones estándar del límite de resistencia a la fatiga de menos del 8% y se determina con la siguiente tabla:

**Tabla 4.3.** Parámetros en el factor de modificación de carga

Confiabilidad	Factor de confiabilidad $k_c$
0,50	1,000
0,90	0,897
0,95	0,868
0,99	0,814
0,999	0,753
0,9999	0,702
0,99999	0,659
0,999999	0,620

**Fuente:** [27]

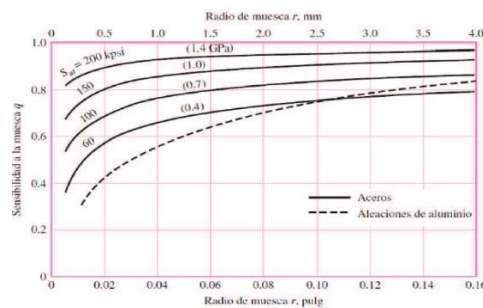
- Factor de temperatura:

Este factor depende de la temperatura a la cual va a estar trabajando.

$k_d = 1$  (Trabaja a temperatura ambiente).

- Factor de efectos diversos:

Por lo general se considera este valor  $k_f = 1$  y para engranajes el valor de  $k_f > 1$



**Figura 4.3.** Diagrama de sensibilidad a las ranuras para aceros y aleaciones de aluminio sometidos a cargas flexionantes o axiales invertidas alternativamente.

**Fuente:** [27]

- Factor de concentración de esfuerzo a la fatiga:

Dependiendo de las cargas (flexión o carga axial y torsión), a la que va a estar sometido el eje cuando esté trabajando.

Para determinar el factor de concentración de esfuerzos se determinan con la siguiente ecuación:

$$k_f = \frac{1}{K_{fs}} \quad (4.28)$$

Donde:

$k_f$  : Factor de concentración del esfuerzo; (adimensional).

- Límite de resistencia a la fatiga del cilindro trillador.

Para determinar el límite de resistencia a la fatiga del cilindro trillador, se calculan ciertos factores (superficie, tamaño, confiabilidad, temperatura, modificación por concentración de esfuerzos y efectos diversos), que afectan el funcionamiento de la máquina trilladora y se utiliza la siguiente ecuación:

$$S_e = k_a \cdot k_b \cdot k_c \cdot k_d \cdot k_e \cdot k_f \cdot S'_e \quad (4.29)$$

Donde:

$S_e$  : Límite de resistencia a la fatiga del elemento mecánico; (adimensional).

$k_a$  : Factor de superficie; (adimensional).

$k_b$  : Factor de tamaño; (adimensional).

$k_c$  : Factor de confiabilidad; (adimensional).

$k_d$  : Factor de temperatura; (adimensional).

$k_e$  : Factor de modificación por concentración de esfuerzos; (adimensional).

$k_f$  : Factor de efectos diversos; (adimensional).

$S'_e$  : Límite de resistencia a la fatiga en la viga rotatoria; (adimensional).

- Factor de seguridad:

Para el cálculo del factor de seguridad se utiliza la siguiente ecuación:

$$n_f = \frac{1}{\frac{\sigma_m}{S_{ut}} + \frac{\sigma_a}{S_e}} \quad (4.30)$$

#### 4.6.3.8 Cálculo de la potencia para la selección del motor

Para calcular la potencia necesaria para vencer la inercia de todos los elementos que conforman la máquina trilladora se hace con el siguiente procedimiento:

##### Cálculo de la inercia de los elementos de la máquina

- Dientes:

La inercia de los dientes se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$I_d = \frac{m \cdot (a^2 + b^2)}{12} \quad (4.31)$$

Donde:

$m$  : Masa del diente; (kg).

$a$  : Ancho del diente; (m).

$b$  : Largo del diente; (m).

- Perfiles en T:

La inercia de los perfiles en T se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$I_T = \frac{m \cdot a^2}{3} \quad (4.32)$$

Donde:

$m$  : Masa del perfil T; (kg).

$a$  : Ancho del perfil T; (m).

- Volantes:

Se considera un volante a la circunferencia formada por perfiles en T y pletinas que sirven de soporte a las barras porta dientes.

Para el cálculo de la inercia del volante se necesita la siguiente ecuación:

$$I_v = \frac{m \cdot d^2}{8} \quad (4.33)$$

Donde:

$m$  : Masa del volante; (kg).

$d$  : Diámetro del volante; (m).

- Barra porta dientes:

Se considera barra porta dientes a la platina en la cual se fijarán los dientes.

El cálculo de la inercia de la barra porta dientes se la realiza mediante la siguiente ecuación:

$$I_{pdt} = \frac{m \cdot a^2}{3} \quad (4.34)$$

Donde:

$m$  : Masa de la platina; (kg).

$a$  : Ancho de la platina; (m).

- Cilindro:

Para calcular la inercia del cilindro es necesario la siguiente ecuación:

$$I_{cilindro} = \frac{m}{8} \cdot (d_{ext}^2 + d_{int}^2) \quad (4.35)$$

Donde:

$m$  : Masa del cilindro trillador; (kg).

$d_{ext}$  : Diámetro exterior del cilindro trillador; (m).

$d_{int}$  : Diámetro interior del cilindro trillador; (m).

- Bridas:

Se considera brida a la tapa del cilindro que será unida mediante pernos al eje.

Para el cálculo de la inercia de la brida se necesita la siguiente ecuación:



$$I_{bridas} = \frac{m}{8} \cdot (d_{ext}^2 + d_{int}^2) \quad (4.36)$$

Donde:

$m$ : Masa de la brida; (kg).

$d_{ext}$ : Diámetro exterior de la brida; (m).

$d_{int}$ : Diámetro interior de la brida; (m).

- Eje motriz:

El cálculo de la inercia del eje motriz se lo realiza mediante la siguiente ecuación:

$$m = \delta_{SAE1018} \cdot \left( \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \cdot l \right) \quad (4.37)$$

Donde:

$\delta_{SAE1018}$ : Densidad del acero; (kg/m<sup>3</sup>).

$d_{ext}$ : Diámetro exterior del eje; (m).

$l$ : Longitud del eje; (m):

$$I_{eje} = \frac{m \cdot d^2}{8} \quad (4.38)$$

Donde:

$m$ : Masa del eje; (kg).

$d_{ext}$ : Diámetro del eje; (m).

- Poleas:

La inercia de cada una de las poleas se calculará con la siguiente ecuación:

$$I_p = \frac{m_1 \cdot d_1^2}{8} \quad (4.39)$$

Donde:

$m_1$ : Masa de la polea mayor; (kg).

$d_1$ : Diámetro de la polea mayor; (m).

$$I_{p2} = \frac{m_2 \cdot d_2^2}{8} \quad (4.40)$$

Donde:

$m_2$ : Masa de la polea menor; (kg).

$d_2$ : Diámetro de la polea menor; (m).

- Rodamientos:

Se calcula la inercia de los rodamientos mediante la siguiente ecuación:

$$I_{rod} = \frac{m}{8} \cdot (d_{ext}^2 + d_{int}^2) \quad (4.41)$$

Donde:

$m$ : Masa del rodamiento; (kg).

$d_{ext}$ : Diámetro exterior del rodamiento; (m).

$d_{int}$ : Diámetro interior del rodamiento; (m).

- Cilindro redireccionador:

Se calcula la inercia del cilindro redireccionador mediante la siguiente ecuación:

$$I_{cred} = \frac{m}{8} \cdot (d_{ext}^2 + d_{int}^2) \quad (4.42)$$

Donde:

$m$ : Masa del cilindro redireccionador; (kg).

$d_{ext}$ : Diámetro exterior del cilindro redireccionador; (m).

$d_{int}$ : Diámetro interior del cilindro redireccionador; (m).

Por lo tanto, la inercia total a vencer se determina con la siguiente ecuación:

$$I_{Total} = I_d + I_T + I_V + I_{pdt} + I_{cilindro} + I_{bridas} + I_{eje} + I_p + I_{p2} + I_{rod} + I_{cred} \quad (4.43)$$

El sistema al momento que empieza a realizar el proceso de trillado parte del reposo ( $w_0 = 0$ ), entonces la aceleración angular es igual a:

$$\alpha = \frac{\omega}{t} \quad (4.44)$$

Donde:

$\omega$ : Velocidad angular; (rad/s).

$t$ : Tiempo; (s).

El torque se lo calcula mediante la siguiente ecuación:

$$T = I_{Total} \cdot \alpha \quad (4.45)$$

Donde:

$I_{Total}$ : Inercia total; (kg.m<sup>2</sup>).

$\alpha$ : Aceleración angular; (rad/s).

La potencia necesaria para mover todos los elementos será determinada mediante la siguiente ecuación que es aquella que se utiliza para determinar la potencia de motores a combustión interna:

$$P = \frac{rev / min \cdot T}{5252} \quad (4.46)$$

Donde:

$T$ : Torque; (N.m).

#### 4.6.4 Sistema de transmisión

Para determinar las poleas y bandas adecuadas para el sistema de transmisión se utilizó el catálogo de Dunlop [28].

Considerando un factor de seguridad de 2

$$F_s = \omega \cdot 2 \quad (4.47)$$

Donde:

$F_s$  : Factor de seguridad; (adimensional).

Procedemos a calcular el coeficiente de corrección de potencia

$$P_c = P \cdot F_{cp} \quad (4.48)$$

Donde:

$P_c$  : Potencia corregida; (Hp).

$P$  : Potencia a transmitir; (Hp).

$F_{cp}$  : Factor de corrección de potencia, revisar Anexo XIII; (adimensional).

Se conoce  $P_c$  y las rev/min de la polea menor, para determinar la sección de la correa utilizamos el Anexo XIII.

#### 4.6.4.1 La relación de transmisión

La relación de transmisión se obtiene con la siguiente ecuación:

$$k = \frac{N}{n} = \frac{D}{d} \quad (4.49)$$

Donde:

$k$  : Relación de transmisión; (adimensional).

$N$  : Cantidad de revoluciones por minuto de la polea menor; (rev/min).

$n$  : Cantidad de revoluciones por minuto de la polea mayor; (rev/min).

$D$  : Diámetro de la polea mayor; (m).

$d$  : Diámetro de la polea menor; (m).

#### 4.6.4.2 Elección de los diámetros primitivos de las poleas

Se verifica el diámetro primitivo de la polea menor, Anexo XIII.

Conociendo el diámetro primitivo de la polea menor ( $d$ ) se obtiene el diámetro primitivo de la polea mayor con la formula siguiente:

$$D = k \cdot d \quad (4.50)$$

Donde:

$D$  : Diámetro primitivo de la polea mayor; (m).

#### 4.6.4.3 Longitud primitiva de la correa

La longitud primitiva de la correa se determina con la ecuación:

$$L = 2 \cdot I + 1,57(D + d) + \frac{(D - d)^2}{4 \cdot I} \quad (4.51)$$

Donde:

$L$  : Longitud primitiva de la correa; (m).

$I$  : Distancia entre ejes; (m).

En el Anexo XIII se elige la longitud primitiva nominal de la correa más próxima al valor calculado.

Siendo la frecuencia con que flexiona la correa sobre las poleas inversamente proporcional a su longitud, se debe establecer un factor de corrección del largo ( $F_{cl}$ ) que compense la prestación base, que se conoce como factor de corrección de la longitud de la correa.

#### 4.6.4.4 Determinación del arco de contacto

El arco de contacto ( $\alpha$ ) de la correa sobre la polea menor se determina con la siguiente formula:

$$\alpha = 180 - 57 \cdot \frac{(D - d)}{I} \quad (4.52)$$

Donde:

$\alpha$  : Arco de contacto; (grados).

Con un arco de contacto de  $180^\circ$  sobre la polea mayor, se obtiene la prestación óptima de la correa, pero como en la práctica este es normalmente menor y afecta la vida útil de la correa, para mantener un correcto nivel de prestación, se debe disminuir la prestación base multiplicándola por un factor de corrección del arco de contacto ( $F_{c\alpha}$ ) menor que 1.

#### 4.6.4.5 Velocidad de la correa

La velocidad tangencial, expresada en metros por segundos, se obtiene de la siguiente formula:

$$V_t = \frac{\pi \cdot d \cdot N}{60 \cdot 1000} \quad (4.53)$$

Donde:

$V_t$  : Velocidad tangencial; (m/s).

La prestación adicional por relación de transmisión que se utilizara es de 0,34

$$P_{bk} = P_b + P_{art} \quad (4.54)$$

Donde:

$P_b$  : Prestación base; (Hp).

$P_{art}$  : Prestación adicional; (Hp).

#### **4.6.4.6 Potencia efectiva por correa**

La potencia efectiva por correa se obtiene de la siguiente formula:

$$P_e = P_{bk} \cdot F_{cl} \cdot F_{c\alpha} \quad (4.55)$$

Donde:

$P_e$  : Potencia efectiva por correa; (HP).

$F_{cl}$  : Factor de corrección de la longitud de la correa; (adimensional).

### **4.7 Procesos de Soldadura**

La soldadura por arco metálico con gas (GMAW) es un método efectivo para unir metales de calibre delgado como acero al carbón y acero inoxidable austenítico. Los materiales de calibre delgado como el acero al carbón de calibre 609,6 a 4,7625 milímetros y acero inoxidable de calibre 457,2 a 4,7625 milímetros, se usan en aplicaciones como calefacción, ventilación y aire acondicionado (HVAC), automotriz, cabinas y guardas móviles para maquinaria, y partes pequeñas, así como equipo de procesado y servicio alimentario en acero inoxidable, aplicaciones sanitarias y ambientes corrosivos

## 5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### 5.1 Resultados de la casa de la calidad

Los resultados de la metodología de la casa de la calidad para el diseño, establecen en su mayoría las características y demandas de los agricultores, pero de manera particular establecen las prioridades de diseño que la máquina trilladora debe tener.

La tabla 5.1 muestra los resultados obtenidos en la casa de la calidad lo cual nos permite dar las siguientes prioridades de diseño.

**Tabla 5.1.** Resultados de la casa de la calidad.

Prioridad de diseño	Importancia
Sistema de manufactura	600,0
Sistema de funcionamiento	375,0
Materiales disponibles	350,0
Acabado superficial	350,0
Mantenibilidad	200,0
Características del material	125,0
Factor de seguridad	125,0
Densidad del material	112,5

#### 5.1.1 Conclusiones de la casa de la calidad

La casa de la calidad es una herramienta que suministra información vital acerca de los parámetros y características técnicas las cuales deben estar plasmadas en el diseño, de esta manera el cliente estará satisfecho.

Los parámetros de diseño son analizados bajo los siguientes factores:

- El proceso de fabricación empleado en la manufactura tiene por finalidad reducir los costos que conlleve este proceso dentro de la construcción de la máquina, y adicionalmente obtener una máquina trilladora que cumpla con las especificaciones propuestas.

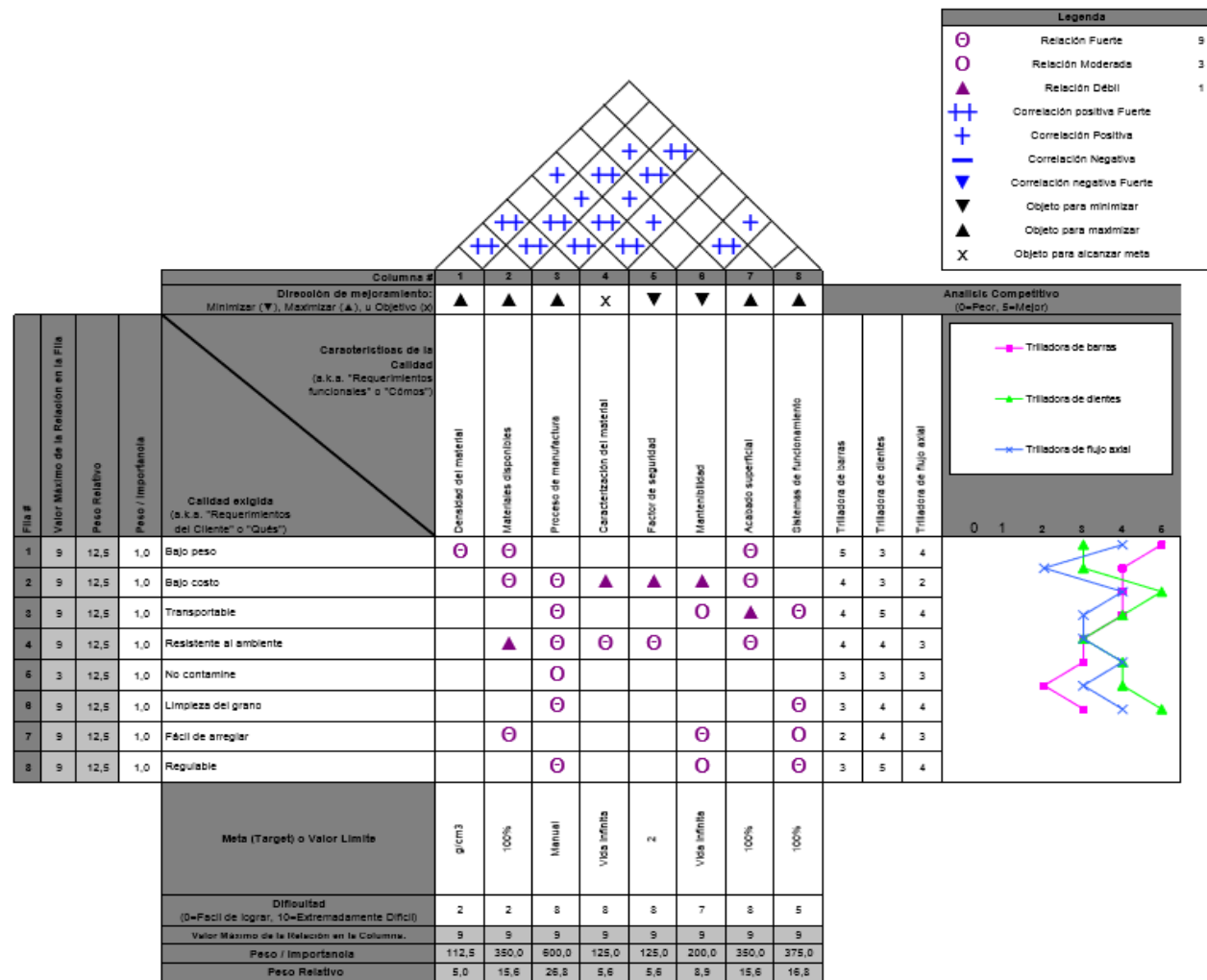


Figura 5.1. Casa de la calidad.



- Para la construcción de la máquina los procesos de manufactura deben ser estudiados cuidadosamente ya que esta es la característica más importante en la elaboración de la misma, considerando los requerimientos que el cliente ha planteado.
- El amaranto está presente en varios sectores de la provincia, los cuales poseen diversos factores (humedad, temperatura) los mismos que se tomaron en cuenta para la selección de materiales y el proceso de manufactura en el diseño de la trilladora.
- Los materiales a utilizarse para la construcción de la máquina trilladora se caracterizan por su baja densidad lo cual aporta enormes ventajas tanto desde el punto de vista de economía, facilidad de transporte y facilidad de montaje sin olvidar la significativa reducción de cargas muertas.
- La durabilidad de una máquina de estas características es a menudo difícil de valorar y requiere un juicio justo de aquello que constituye una duración suficiente y una ejecución adecuada que implica periodos de mantenimiento preventivo.

## 5.2 Análisis funcional de la máquina trilladora

### 5.2.1 Sistema de accionamiento

La tabla 5.2 muestra la comparativa de las alternativas según las características de cada uno de los dos tipos de accionamiento principales, estableciendo una ponderación donde se selecciona el sistema de accionamiento más adecuado.

**Tabla 5.2.** Matriz de selección del sistema de accionamiento.

Factores de selección	FP	Motor de combustión interna	Motor eléctrico
Bajo costo de adquisición	0,35	X	-
Mantenibilidad	0,25	-	X
Facilidad de instalación	0,15	X	-
Movilidad	0,15	X	-
Bajo peso	0,10	-	X
	$\Sigma$	0,65	0,35

Al ponderar los factores en la matriz de selección, la alternativa óptima de este módulo, es un motor de combustión interna.

### 5.2.1 Sistema de alimentación

La tabla 5.3 muestra la matriz comparativa realizada para la selección del sistema de alimentación de la máquina tomando en cuenta las principales características que cada una de estas cumplen.

**Tabla 5.3.** Matriz de selección del sistema de alimentación.

Factores de selección	FP	Tolva prismática	Tolva cilíndrica	Tolva rectangular
Bajo costo de fabricación	0,35	-	X	X
Maquinabilidad	0,25	-	X	X
Dirección de Alimentación	0,15	X	-	X
Bajo peso	0,10	X	X	-
Adaptabilidad a la pajona	0,15	-	X	X
	$\Sigma$	0,25	0,85	0,90

Al ponderar los factores en la matriz de selección, la alternativa óptima de este módulo, es una tolva de forma rectangular.

### 5.2.2 Sistema de trillado

A continuación, la tabla 5.5 representa una matriz comparativa de selección para el sistema de transmisión que proporcionara la velocidad y el torque adecuado a los mecanismos móviles.

**Tabla 5.4.** Matriz de selección del sistema de trillado.

Factores de selección	FP	De dientes o dedos	De barras	De flujo axial
Eficiencia	0,30	X	-	X
Facilidad de uso	0,20	X	X	-
Volumen de trabajo	0,15	-	X	X
Mantenimiento	0,15	X	-	-
Potencia	0,10	X	-	-
Fragmentación del grano	0,10	-	X	X
	$\Sigma$	0,75	0,45	0,55

Al ponderar los factores en la matriz de selección, la alternativa óptima de este módulo, es el sistema de trillado de dientes o dedos.

### 5.2.3 Sistema de limpieza

A continuación, la tabla 5.6 representa una matriz comparativa de selección para el sistema de limpieza.

**Tabla 5.5.** Matriz de selección del sistema de limpieza.

Factores de selección	FP	Sacapajas	Tamices	Cribas
Eficiencia	0,40	X	-	X
Espacio	0,30	-	X	X
Resistencia	0,20	x	-	X
Costos	0,10	-	X	-
	$\Sigma$	0,60	0,40	0,90

Al ponderar los factores en la matriz de selección, la alternativa óptima de este módulo, en el sistema de limpieza son las cribas o zarandas.

### 5.2.4 Vida útil

La máquina trilladora de amaranto se estima que tendrá un periodo de funcionamiento de cinco años, debido a que se produce un desgaste abrasivo en los dientes del cilindro trillador los cuales tendrán que ser reemplazados, independientemente del mantenimiento regular que se realiza a los componentes como chumaceras, bandas y motor.

## 5.3 Diseño de la máquina trilladora

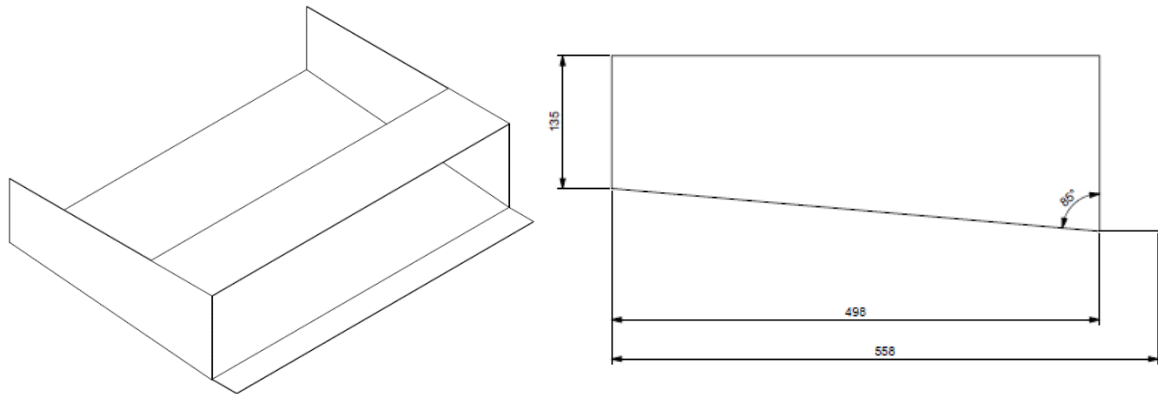
### 5.3.1 Sistema de accionamiento

Para el accionamiento de la máquina se seleccionó un motor de combustión interna debido a que la máquina trilladora de amaranto realiza el trabajo en el campo, es decir se transporta al lugar de la cosecha.

### 5.3.2 Sistema de alimentación

#### Volumen de la tolva

La tolva se encarga de alimentar la máquina con la pajona de amaranto, las dimensiones de la tolva se determinan en función del volumen de almacenamiento, por su forma tiene una base con inclinación de 85° que facilita la caída de material hacia del cilindro trillador.



**Figura 5.2** Tolva de alimentación.

Las dimensiones de la tolva se propusieron como 730 mm de ancho y 135 de alto en la parte exterior, 43,6 en la parte 178,6 en la parte interior, 498 mm de largo. (Anexo XVI)

Para el cálculo del volumen de la tolva se utilizan las ecuaciones:

El volumen del paralelepípedo superior se calcula con la ecuación 4.2 y se obtuvo el siguiente resultado:

$$V_{PS} = 49077900 \text{ mm}^3$$

El volumen del paralelepípedo inferior es el siguiente, y se determinó con la ecuación 4.3:

$$V_{PI} = 15850344 \text{ mm}^3$$

Para obtener el volumen total de la tolva se utilizó la ecuación 4.1:

$$V_{TOLVA} = 0,057 \text{ m}^3$$

Por ende, tenemos que el volumen aproximado de la tolva es de  $0,057 \text{ m}^3$ .

### 5.3.3 Sistema de trillado

#### 5.3.3.1 Volumen de trillado

Luego de obtener el valor promedio de la altura y el diámetro de las muestras de pajona como se especifica en el Anexo IV, se procede a calcular el volumen de la misma con la ecuación 4.4.

$$V_{paj} = 0,00511 \text{ m}^3$$

Del Anexo IV se obtuvo el peso promedio de la pajona seca de amaranto, con el cual obtendremos la densidad de la pajona utilizando la ecuación 4.5.

$$\delta = 0,0256 \frac{gr}{cm^3}$$

El producto a ser trillado por la máquina es de 2 quintales por hora.

$$2qq \cdot \frac{100lb}{1qq} \cdot \frac{1kg}{2,2lb} = 90,909 \frac{kg}{h}$$

El flujo másico por hora a ser trillado por la máquina se determinó con la ecuación 4.6.

$$V_h = 3,55 \frac{m^3}{h}$$

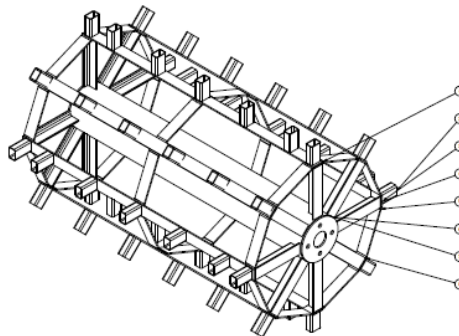
### 5.3.3.2 Velocidad de ingreso de la pajona

Número de pajonas a trillar por hora se obtuvo utilizando la ecuación 4.7.

$$Amaranto = 694,716 \frac{pajona}{h}$$

Para determinar la velocidad de ingreso de los tallos tomamos en cuenta la longitud promedio de la pajona de amaranto, y se reemplazó en la ecuación 4.8, obteniendo una velocidad de ingreso igual a:  $v_i \approx 9,45 \frac{cm}{s}$

### 5.3.3.3 Número de conjunto de dientes



**Figura 5.3** Número de conjuntos de dientes.

Al igualar las ecuaciones 4.9 y 4.10 se obtiene:

$$\frac{\theta}{\omega} = \frac{e}{v_i}$$

Reemplazando los datos tenemos:

$$\omega = 283,019 \text{ rev}/\text{min}$$

### 5.3.3.4 Torque de corte requerido

Mediante pruebas realizadas en el laboratorio se obtuvo un valor de resistencia al corte de 30,81 N (Anexo VI) con el cual se determinó el torque requerido con la ecuación 4.11 siendo igual a:

$$T = 6,16 \text{ kgf} \cdot \text{m}$$

### 5.3.3.5 Potencia de corte

La potencia de corte se obtiene mediante la ecuación 4.12, dando como resultado:

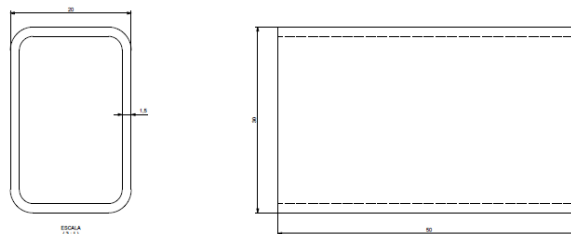
$$Pc = 2,4 \text{ Hp}$$

$$Pc \approx 3 \text{ Hp}$$

El valor de la potencia mecánica para girar el tambor y realizar el corte es de 3 hp puesto que no se están considerando las masas del cilindro trillador y de los dientes.

### 5.3.3.6 Espesor de los dientes

Los dientes están hechos de tubería estructural cuadrada de acero A500, el cual posee una resistencia a la fluencia de  $S_y = 3,20 \cdot 10^8 \text{ N}/\text{m}^2$ .



**Figura 5.4** Dientes del cilindro trillador

Utilizando la ecuación 4.13 del esfuerzo cortante máximo tenemos lo siguiente:

$$S_{sy} = 17,824 \cdot 10^7 \frac{N}{m^2}$$

Considerando un factor de seguridad de 8 el esfuerzo cortante máximo se obtuvo con la ecuación 4.14, teniendo como resultado:

$$\tau_{\max} = 2,22 \cdot 10^7 \frac{N}{m^2}$$

El espesor se calculó mediante la ecuación 4.15, siendo el siguiente:  $e = 0,17\text{mm}$

En el mercado la tubería estructural que se va a utilizar existe espesores de: 1,5, 1,6 y 2 mm. Se toma el espesor de 1,5 mm.

### 5.3.3.7 Cálculo del peso de los elementos Qp del cilindro trillador

Para determinar el peso de los elementos del cilindro trillador se determina la masa de cada elemento con la ecuación 4.16, los cuales son: dientes, perfiles en T, volantes, barra porta dientes, cilindro trillador y las bridas.

Teniendo en cuenta que la densidad del acero es  $\delta = 7850 \frac{kg}{m^3}$

- Masa de los dientes:  $m_{dientes} = 0,052kg \cdot 52 = 2,71kg$
- Masa de los perfiles en T :  $m_T = 0,192kg \cdot 16 = 3,068kg$
- Masa de los volantes:  $m_{volante} = 0,882kg \cdot 3 = 2,644kg$
- Masa de la barra porta dientes:  $m_{barra} = 0,516kg \cdot 8 = 4,125kg$
- Masa del cilindro trillador:  $m_{cilindro} = \left(7850 \frac{kg}{m^3}\right) \left(2,06 \cdot 10^{-3} m^3\right) = 16,22kg$
- Masa de las bridas:  $m_{tapas} = 0,306kg \cdot 2 = 0,612kg$

El peso total del cilindro trillador se obtiene con la ecuación 4.17.

$$Q_p = 388,025 \frac{N}{m}$$

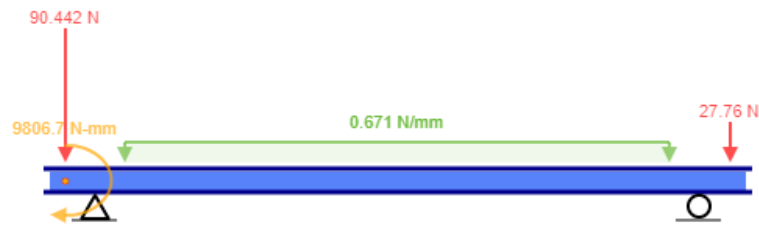
### 5.3.3.8 Cálculo de la fuerza de trillado $Q_c$ en el cilindro trillador

Debido a que los dientes entran en funcionamiento durante todo el proceso de trillado, se asume que trabajaran 8 dientes conjuntamente.

Por tal motivo la fuerza de corte de la panoja de amaranto durante el proceso de trillado se representa como una carga distribuida ( $Q_c$ ) a lo largo de todo el cilindro trillador en ese instante, el resultado obtenido aplicando la ecuación 4.18 es el siguiente:

$$Q_c = 283,018 \text{ N/m}$$

### 5.3.3.9 Análisis de momentos del cilindro trillador

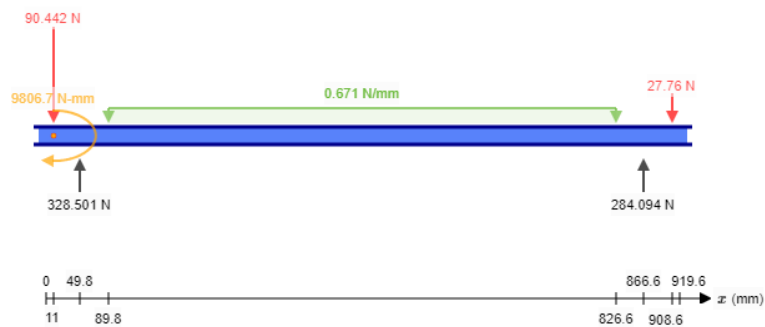


**Figura 5.5** Diagrama de cuerpo libre del cilindro trillador.

En la figura 5.5, se representa las fuerzas a las que se encuentra sometido el cilindro trillador las cuales son: el peso de todos los elementos que conforman el cilindro ( $Q_p$ ), la fuerza necesaria para la trilla ( $Q_c$ ), la fuerza que ejerce la polea y el momento torsor necesario para mover todo el sistema de trilla.

De la figura 5.5, del diagrama de cuerpo libre del cilindro trillador, se calcula las fuerzas y momentos que se presentan con respecto al plano xy:

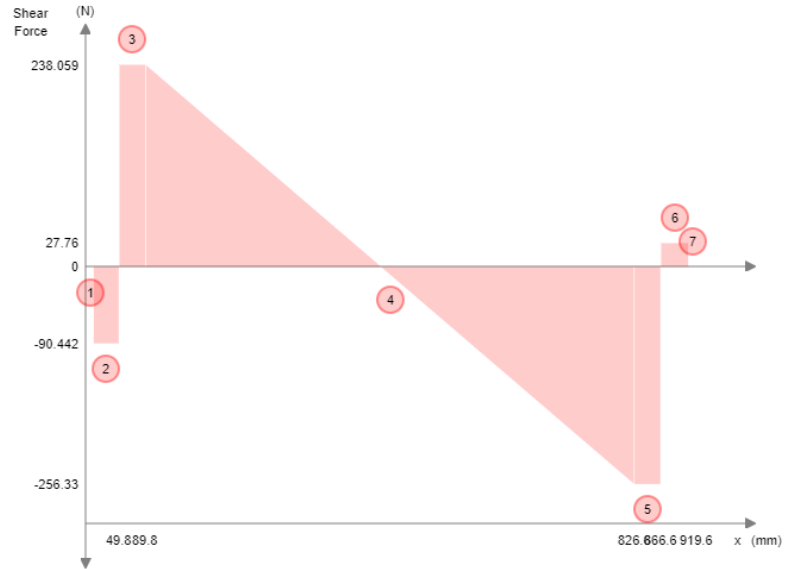
- Se procede a ubicar las fuerzas y se realiza el diagrama de cuerpo libre en el plano como se indica en la figura. 5.6:



**Figura 5.6** Diagrama de fuerzas en el plano.

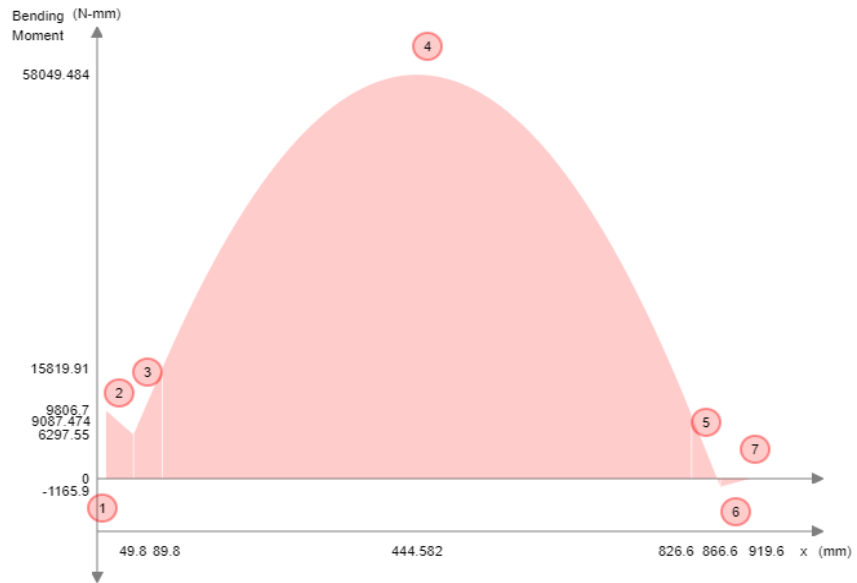


a) El diagrama de fuerza cortante en el plano, se indica en la figura 5.7:



**Figura 5.7** Diagrama de fuerza cortante en el plano.

b) El diagrama de momento flector en el plano, se indica en la figura 5.8:



c) **Figura 5.8** Diagrama de momento flector en el plano.

### 5.3.3.10 Diseño del cilindro hueco

Para una tubería estructural de  $d_{ext} = 114,3mm$  y de  $d_{int} = 106,3mm$  se localiza la sección crítica del cilindro trillador, en donde se tiene que el esfuerzo máximo de flexión será calculado con la ecuación 4.21 respectivamente:

El radio del cilindro hueco se obtiene a partir de la ecuación 4.19.

$$c = \frac{d}{2} = \frac{114,3}{2} = 57,15\text{mm} \cong 0,057\text{m}$$

El momento flector máximo de diseño obtenido en el plano xy según la figura 5.8 es:

$$M = 58,049\text{N} \cdot \text{m}$$

El momento de inercia del cilindro trillador de la sección transversal, se calcula a partir de la ecuación 4.20, obteniendo el siguiente resultado:

$$I = 1,11 \cdot 10^6 \text{mm}^4 \cong 1,11 \cdot 10^{-6} \text{m}^4$$

El esfuerzo máximo de flexión se calcula con los datos obtenidos anteriormente, con la ecuación 4.21, y se obtuvo el siguiente resultado:  $\sigma_x = 2,98\text{MPa}$

El momento polar de inercia del cilindro trillador de la sección transversal, se calcula mediante la ecuación 4.23, obteniendo el siguiente resultado:

$$J = 2,225 \cdot 10^6 \text{mm}^4 \cong 2,22 \cdot 10^{-6} \text{m}^4$$

El esfuerzo cortante máximo se calculó con los datos obtenidos anteriormente, con la ecuación 4.22, y se obtuvo el siguiente resultado:  $\tau_{xy} = 1,337\text{MPa}$

Determinados los esfuerzos  $\sigma_x$  y  $\tau_{xy}$  se calculó el factor de seguridad necesario para evitar que se produzca la falla en el cilindro trillador con la ecuación 4.24:

$$\sigma_m = 2,31\text{MPa}$$

$$\sigma_a = \sigma_x = 2,98\text{MPa}$$

Resistencia de fluencia y tracción del ASTM A 500

$$S_y = 230\text{MPa}$$

$$S_{ut} = 310\text{MPa}$$

El límite de resistencia a la fatiga del cilindro trillador  $S_e$ , se calcula con la ecuación 4.25, obteniendo el siguiente resultado:  $S'_e = 155MPa$

Se determina en el cilindro trillador los factores de límite de resistencia a fatiga:

El factor de acabado superficial el cual es esmerilado se obtiene aplicando la ecuación 4.26:

$$k_a = a \cdot S_{ut}^b = 1,58 \cdot (310)^{(-0,086)} = 0,96$$

El factor de tamaño se calcula mediante la ecuación 4.27:

$$k_b = 1,189 \cdot d^{-0,097} = 1,189 \cdot (168)^{(-0,086)} = 0,76$$

El factor de modificación de la carga se determina mediante la tabla 4.2:  $k_c = 0,868$

Factor de temperatura:  $k_d = 1$  (Trabaja a temperatura ambiente).

Factor de efectos diversos:  $k_e = 1$

El factor de concentración de esfuerzo a la fatiga se obtiene utilizando la ecuación 4.28:

$$k_f = \frac{1}{K_{fs}} = \frac{1}{2,7} = 0,37$$

Con los factores obtenidos se calcula el  $S_e$ , con la ecuación 4.29, obteniendo el siguiente resultado:  $S_e = 36,31MPa$

Mientras que el factor de seguridad, se determinó con la ecuación 4.30, siendo el siguiente:

$$n_f = 11,17$$

### 5.3.3.11 Cálculo de la potencia para la selección del motor

Una vez definidos los diferentes componentes del sistema de trilla, se procede a calcular la potencia necesaria que vence la inercia de la máquina.

Se calcula la inercia de los dientes aplicando la ecuación 4.31.

$$I_d = \frac{m \cdot (a^2 + b^2)}{12} = 8,6 \cdot 10^{-6} \text{ kg.m}^2$$

Como se utilizarán 52 dientes en total entonces la inercia será:

$$I_d = 8,6 \cdot 10^{-6} \text{ kg.m}^2 \cdot 52 = 4,5 \cdot 10^{-4} \text{ kg.m}^2$$

Se calcula la inercia de los perfiles en T mediante la ecuación 4.32.

$$I_T = \frac{m \cdot a^2}{3} = 2,304 \cdot 10^{-4} \text{ kg.m}^2$$

Como se utilizarán un total de 16 perfiles en T, la inercia total será:

$$I_T = 2,304 \cdot 10^{-4} \text{ kg.m}^2 \cdot 16 = 0,0036 \text{ kg.m}^2$$

Para determinar la inercia del volante se utiliza la ecuación 4.33.

$$I_V = \frac{m \cdot d^2}{8} = 0,017 \text{ kg.m}^2$$

Como se utilizarán un total de 3 volantes, la inercia total será:

$$I_V = 0,017 \text{ kg.m}^2 \cdot 3 = 0,05 \text{ kg.m}^2$$

La inercia de la barra porta dientes se obtuvo mediante la ecuación 4.34.

$$I_{pdt} = \frac{m \cdot a^2}{3} = 2,752 \cdot 10^{-4} \text{ kg.m}^2$$

Como se utilizarán 8 barras porta dientes, la inercia total será:

$$I_{pdt} = 2,752 \cdot 10^{-4} \text{ kg.m}^2 \cdot 8 = 0,0022 \text{ kg.m}^2$$

Para calcular la inercia del cilindro trillador es necesario la ecuación 4.35, con la cual se obtiene el siguiente resultado.

$$I_{cilindro} = 0,049 \text{ kg.m}^2$$

Para el cálculo de la inercia de la brida se utilizó la ecuación 4.36.

$$I_{bridas} = 5,21 \cdot 10^{-4} \text{ kg.m}^2$$

Como es necesario un total de 8 bridas la inercia total será:

$$I_{bridas} = 0,008 \text{ kg.m}^2$$

El cálculo de la inercia del eje motriz se lo realiza mediante la ecuación 4.37:

Siendo la masa del mismo igual a:  $m = 3,99 \text{ kg}$

$$I_{eje} = 3,2 \cdot 10^{-4} \text{ kg.m}^2$$

Al ser necesario un total de 4 trozos de eje, la inercia total será:

$$I_{eje} = 1,29 \cdot 10^{-3} \text{ kg.m}^2$$

Con los diámetros de las poleas de 77,3 mm y de 256,3 mm, con sus masas de 2,83 kg y de 8,2 kg respectivamente, la inercia de cada una de las poleas se calculará con la ecuación 4.39 y 4.40 respectivamente.

$$I_p = \frac{m_1 \cdot d_1^2}{8} = 0,213 \text{ kg.m}^2$$

$$I_{p2} = \frac{m_2 \cdot d_2^2}{8} = 0,02 \text{ kg.m}^2$$

$$I_{p2} = 0,02 \text{ kg.m}^2 \cdot 2 = 0,04 \text{ kg.m}^2$$

Se calcula la inercia de los rodamientos mediante la ecuación 4.41.

$$I_{rod} = 9,47 \cdot 10^{-5} \text{ kg.m}^2$$

Como son 4 rodamientos ubicados al final del cilindro trillador y del redireccionador, la inercia total será de:

$$I_{rod} = 3,7 \cdot 10^{-4} \text{ kg.m}^2$$

Se calcula la inercia del cilindro redireccionador mediante la ecuación 4.42.

$$I_{cred} = 0,049kg \cdot m^2$$

Se calcula la inercia total con la sumatoria de las inercias de todos los elementos a los que proporcionara movimiento el motor con la ecuación 4.43, siendo esta igual a:

$$I_{Total} = 0,41kg \cdot m^2$$

Ya que el sistema parte del reposo al empezar el proceso de trillado ( $W_0 = 0$ ), entonces su aceleración angular según la ecuación 4.44 será de:  $\alpha = 567,24 \text{ rad/s}$

El torque se calculó mediante la ecuación 4.45, y es de:  $T = 232N \cdot m$

La potencia necesaria para mover todos los elementos será determinada mediante la ecuación 4.46, y es de:

$$P = 6,25Hp$$

#### **5.3.3.12 Resistencia estructural del cilindro trillador**

Se utilizó un acero A500 el cual posee un límite de fluencia de 230 MPa y un esfuerzo máximo cortante de 405 MPa el cual soporta adecuadamente los esfuerzos a los cuales es sometido el conjunto del eje de transmisión, como se muestra en el Anexo VII.

#### **5.3.4 Sistema de transmisión**

Considerando un factor de seguridad de 2 para el funcionamiento de la máquina, utilizamos la ecuación 4.47 para determinar las rev/min adecuadas.

$$F_s = 568 \text{ rev/min}$$

Motor conductor con el que se cuenta tiene las siguientes características:

Torque normal: 6,5 Hp

Revoluciones por minuto: 3600 rev/min

Diámetro polea menos: 71 mm

Distancia entre ejes 600 mm

Al reemplazar los datos del motor en la ecuación 4.48 se calcula el coeficiente de corrección de potencia, el cual es:  $P_c = 7Hp$

Se conoce  $P_c$  y las rev/min de la polea menor y según el Anexo XIII el tipo de correa debe ser del tipo A.

La relación de transmisión se obtiene con la ecuación 4.49, y se obtuvo como resultado:

$$k = 6,34$$

#### **5.3.4.1 Elección de los diámetros primitivos de las poleas**

Se verifica el diámetro primitivo de la polea menor en el Anexo XIII y se obtiene el diámetro primitivo de la polea mayor con la ecuación 4.50, teniendo este un valor de  $D = 450mm$ .

#### **5.3.4.2 Longitud primitiva de la correa**

La longitud primitiva de la correa se determina con la ecuación 4.51, y es de:  $L = 2007,82mm$

Se elige la longitud primitiva nominal de la correa más próxima al valor calculado el cual es 2013 mm que corresponde a la correa sección "A" N° 78. (Anexo XIII)

El factor de corrección de la longitud de la correa se determina de acuerdo al Anexo XIII, para la banda "A" N° 78 la cual nos indica que se utilizara un factor de corrección de la longitud de 1,04.

#### **5.3.4.3 Determinación del arco de contacto**

El arco de contacto ( $\alpha$ ) de la correa sobre la polea menor se determina con la ecuación 4.52:

$$\alpha = 144^\circ$$

El factor de corrección del arco de contacto se obtiene según el Anexo XIII.

Para  $144^\circ$  corresponde  $F_{c\alpha} = 0,90$

#### **5.3.4.4 Velocidad de la correa**

La velocidad tangencial, expresada en metros por segundos, se obtiene de la ecuación 4.53:

$$v_t = 13,4 \frac{m}{s}$$

Se debe agregar una prestación adicional por relación de transmisión, la prestación base en HP por correa para arco de 180° más adicional por relación de transmisión se obtiene a través del Anexo XIII.

$$Pb = 1,22$$

La prestación adicional por relación de transmisión que se utilizara es de 0,34 al reemplazarlo en la ecuación 4.54 se tiene:

$$Pbk = 1,56$$

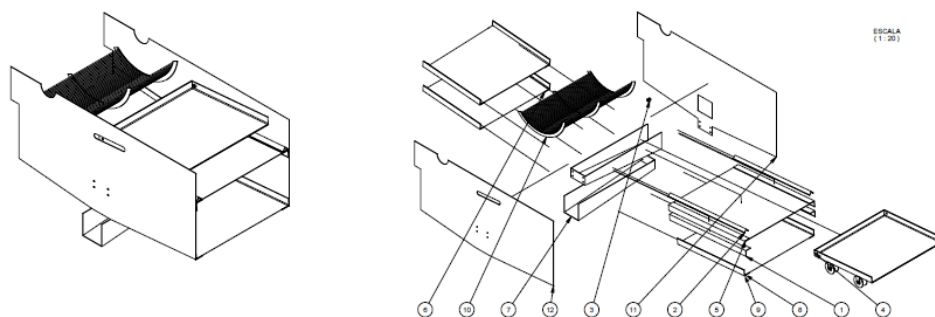
### 5.3.4.5 Potencia efectiva por correa

La potencia efectiva por correa se obtiene de la ecuación 4.55, y es la siguiente:  $Pe = 1,5$

### 5.3.5 Sistema de limpieza

Para el sistema de limpieza se consideró la implementación de 2 cribas o zarandas de perforación de 1,5 mm ya que el diámetro promedio de los granos de amaranto es de 1,12 mm según la tabla 5.7, la zaranda cumple la función de retener la pajona resultante del trillado y permitir el paso del grano de amaranto.

Para este sistema se optó por incluir un sacapajas el cual permita una expulsión de los residuos de pajona más efectiva, la disposición se consideró para estos elementos se observa en la figura 5.9 y las dimensiones detalladas de los mismos se encuentran en el Anexo XVI.



**Figura 5.9** Ubicación y forma de las zarandas.

### 5.3.6 Diseño de la estructura de la máquina

La estructura diseñada y construida está hecha de perfil estructural rectangular de 20 x 40 y de 1,5 mm de espesor. Para el soporte del cilindro trillador se utilizó un perfil rectangular de 175,75 y 4 mm de espesor. Los cuales tienen la distribución mostrada en el Anexo XVI y su respectivo análisis estructural se encuentra detallado en el Anexo VIII.



## 6. PRESUPUESTO

A continuación, se detalla el análisis de precios correspondiente a la construcción de cada sistema que conforma la máquina trilladora, considerando que los costos se clasifican en dos grupos, los cuales son:

- **Costos directos**
- **Costos Indirectos**

Dentro de los costos indirectos se detallan valores como:

- Transporte
- Alimentación
- Gastos operativos

### 6.1 Análisis financiero

#### 6.1.1 Costos Directos

En los costos directos se presentan los siguientes subconjuntos:

- Materiales utilizados para la construcción de la estructura
- Materiales utilizados para la construcción del sistema de trillado
- Materiales utilizados para la construcción del sistema de alimentación
- Materiales utilizados para la construcción del sistema de limpieza
- Materiales utilizados para el sistema de accionamiento

##### 6.1.1.1 Costos de materiales

En la tabla 6.1 se detallan los costos de los materiales que se emplean en la construcción de la máquina trilladora de amaranto.

**Tabla 6.1.** Costos de materiales

<b>RUBRO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>COSTO/UNIDAD</b> <b>(\$)</b>	<b>COSTO TOTAL</b> <b>(\$)</b>
Perfil estructural 40x20x1.5	17,54	M	1,83	32,15
Perfil estructural 40x40x1.5	3,5	m	2,42	8,46

Tubería 114.3x4	1,5	m	11,92	17,88
Perfil estructural T 30x30	2,285	m	2,25	5,14
Platina 30x3	9,583	m	1,08	10,38
Perfil estructural 175x75x3	1,6	m	12,58	20,13
Varilla redonda 5,5	44,53	m	0,33	14,84
Lamina de tol 1.1 mm de espesor	2,44x1,22	m	27,00	108,00
Lamina de tol 3 mm de espesor	2,44x1,22	m	72,00	144,00
Perfil L 50x50x3	4	m	2,92	11,67
Perfil L 30x30x2	3	m	1,66	5,00
Polea tipo A Dp = 71mm	1	c/u	2,80	2,80
Polea tipo A Dp = 250mm	2	c/u	9,47	18,94
Polea tipo A Dp = 450mm	1	c/u	7938	79,38
Eje de 1 pulgada	1,5	m	9,40	14,11
Tandem D1.5mm	2x2	m	2,50	5,00
Rodamientos SFK 6301 D37xd12xe12	1	c/u	4,00	4,00
Chumacera de piso	4	c/u	19,60	78,40
Banda de transmisión en V tipo A 56 pulgadas	1	c/u	5,00	5,00
Banda de transmisión en V tipo A de 92 pulgadas	1	c/u	7,00	7,00
Pernos 3/16x1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	30	c/u	0,06	1,80
Pernos 1/4x1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	10	c/u	0,10	1,00
Eje de acero 1018	0,34	m	34,94	11,88
Cilindro de NYLON	0,176	m	120,45	21,20

Remaches	150	c/u	0,01	1,50
Electrodos	5	Lb	1,80	9,00
Pintura	4	Lt	3,75	15,00
Platina de $\frac{3}{4}$	10	m	0,66	6,66
<b>SUBTOTAL</b>				660.49

### 6.1.1.2 Costos de elementos para el accionamiento de la máquina

En la tabla 6.2 se detalla el precio elemento principal de accionamiento de la máquina.

**Tabla 6.2.** Costo de elemento de accionamiento

RUBRO	DIMENSIÓN	UNIDAD	COSTO/UNIDAD (\$)	COSTO TOTAL (\$)
Motor Honda 6,5 Hp · 3600 RPM	Combustión interna	c/u	180,00	180,00

### 6.1.1.3 Costos por utilización de equipos

En la tabla 6.3 se detalla el costo por uso de los equipos durante el proceso de construcción de la máquina trilladora de amaranto.

**Tabla 6.3.** Costo de uso de equipos

MÁQUINAS	HORAS EMPLEADAS	COSTO/HORA (\$)	COSTO TOTAL (\$)
Cizalladora	6	3,00	18,00
Dobladora de tol	4	5,00	20,00
Suelda	12	8,00	96,00
Torno	4	7,00	28,00
Pulidora	1	3,00	3,00
Amoladora	6	4,00	24,00
Fresadora	3	7,00	21,00
Cepilladora industrial	4	4,00	16,00
<b>SUBTOTAL</b>			226,00

### 6.1.2 Costos de equipos de protección personal

En la tabla 6.4 se detalla el costo por uso de equipos de protección personal.

**Tabla 6.4.** Costo de equipos de seguridad

<b>MÁQUINAS</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>COSTO (\$)</b>	<b>COSTO TOTAL (\$)</b>
Tapones de oído	1	1,30	1,30
Guantes	1	2,50	2,50
Gafas	1	2,00	2,00
Mascarilla	1	0,75	0,75
<b>SUBTOTAL</b>			<b>6,55</b>

### 6.1.3 Costos de mano de obra

En la tabla 6.5 se muestra los costos por mano de obra durante la construcción de la máquina trilladora.

**Tabla 6.5.** Costo de mano de obra

<b>OPERARIO</b>	<b>CARGO</b>	<b>TIEMPO (H)</b>	<b>COSTO HORA (\$)</b>	<b>COSTO TOTAL (\$)</b>
1	Técnico Industrial	100	3,00	300,00
2	Técnico Industrial	10	3,00	30,00
3	Ayudante	100	2,00	200,00
<b>SUBTOTAL</b>				<b>530,00</b>

### 6.1.4 Consumo combustible

Se debe considerar que el costo de operación es la cantidad de combustible que consume la máquina trilladora de amaranto, en la tabla 6.6 se detalla el consumo de combustible.

**Tabla 6.6.** Costo de combustible

<b>DETALLE</b>	<b>CAPACIDAD DEL TANQUE (Lt)</b>	<b>HORAS DE TRABAJO AL MES</b>	<b>LITROS AL MES</b>	<b>COSTO TOTAL (\$)</b>
Motor	3,1	10	31,0	8,18

### 6.1.5 Costos indirectos

Dentro de los costos indirectos se detallan valores como:

- Transporte
- Alimentación
- Gastos operativos

### 6.1.5.1 Costos de transporte

En la tabla 6.7 se muestra los costos realizados por movilización dentro y fuera de la ciudad.

**Tabla 6.7.** Costo de transporte

<b>TRANSPORTE</b>	<b>COSTO TOTAL (\$)</b>
Transporte dentro de la provincia	14,40
Transporte fuera de la provincia	45
<b>SUBTOTAL</b>	<b>59,40</b>

### 6.1.5.2 Costos de diseño

En la tabla 6.8 se muestra los costos indirectos del diseño de la máquina trilladora.

**Tabla 6.8.** Costo de diseño

<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>COSTO TOTAL (\$)</b>
Diseño	600,00
<b>SUBTOTAL</b>	<b>600,00</b>

### 6.1.6 Costos Ingenieril

En la tabla 6.9 se puede apreciar la inversión total de la máquina

**Tabla 6.9.** Costo de inversión

<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>COSTO TOTAL (\$)</b>
Costos directos	1611,22
Costos indirectos	659,40
<b>INVERSIÓN TOTAL</b>	<b>2270,62</b>

Dentro en la tabla 6.9 se puede apreciar que la inversión total del proyecto es de **2266,00 (dos mil doscientos sesenta y seis) dólares**; este costo total es significativamente inferior en relación a las máquinas existentes en el mercado.

### 6.1.7 Análisis del tir y el van

En la tabla 6.10 se muestra la viabilidad que tiene el proyecto en el mercado.

**Tabla 6.10.** Flujo de caja anual.

	Años					
	0	1	2	3	4	5
Ingresos		3.900,00	4.290,00	4.719,00	5.190,90	5.709,99
(-)Costos de producción		2.270,62	2.497,68	2.747,45	3.022,20	3.324,41
=Utilidad Bruta en ventas		1.629,38	1.792,32	1.971,55	2.168,70	2.385,58
(-)Gastos Operacionales		-	-	-	-	-
(-)Depreciación		180,00	180,00	180,00	180,00	180,00
=Utilidad Operacional (UAI)		1.449,38	1.612,32	1.791,55	1.988,70	2.205,58
(-)Intereses (aparece si hay préstamos)		-	-	-	-	-
(=)Utilidad antes de impuestos		1.449,38	1.612,32	1.791,55	1.988,70	2.205,58
(-)Impuestos		536,27	596,56	662,87	735,82	816,06
(=)Utilidad Neta		913,11	1.015,76	1.128,68	1.252,88	1.389,51
(+)Depreciación		180,00	180,00	180,00	180,00	180,00
Inversión Inicial (año 0) valor en negativo	(2.270,62)					
Préstamos (año 0) (+)						
Amortización del préstamo (-)						
<b>CASH FLOW (FLUJO EFECTIVO)</b>	<b>(2.270,62)</b>	<b>1.093,11</b>	<b>1.195,76</b>	<b>1.308,68</b>	<b>1.432,88</b>	<b>1.569,51</b>
					TMAR=	0,0579
					VAN=	\$ 3.265
					TIR=	46%

## **6.2 Análisis de impactos**

### **6.2.1 Impacto práctico**

La máquina trilladora de amaranto está diseñada y construida para cumplir satisfactoriamente con los requerimientos y necesidades estipuladas al momento de la trilla, tanto en el aspecto de seguridad como también en el aspecto ergonómico del operario evitando así accidentes de trabajo y futuras enfermedades profesionales, ya que la altura y el largo de la tolva consideradas para el ingreso de la materia prima es accesible y segura para una persona de altura promedio.

### **6.2.2 Impacto ambiental**

La máquina trilladora de amaranto al tener como elemento principal de accionamiento al motor de combustión interna se verifico que este cumple con la emisión de gases permitida según la Norma EPA (Environmental Protection Agency), lo cual se encuentra registrado en el manual de operación del mismo. A su vez, dicha máquina cumple con límites permisibles de contaminación acústica (nivel de ruido) puesto que esta se encuentra entre 77 a 82 decibeles aproximadamente, lo cual es un valor aceptable para maquinaria agrícola, ya que este nivel de emisión acústica no genera problemas al operario durante todo el proceso de operación los cuales redondean las 8 horas de trabajo continuo.

### **6.2.3 Impacto social**

La implementación de la máquina trilladora de amaranto mejora la interacción de los estudiantes con el proceso de poscosecha del mismo, incentiva el cultivo de amaranto por parte de los agricultores vinculados con la Universidad Técnica de Cotopaxi a través del programa de rescate de granos andinos los cuales redondean las 100 personas y ayuda con los procesos de investigación realizados por parte del departamento de granos andinos el cual está conformado por la carrera de ingeniería agroindustrial y agronomía.

## **7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **7.1 Conclusiones**

Se identificó los distintos tipos de trilladoras que existen actualmente en el mercado y se optó por la más idónea, la misma que se utilizó como guía en el diseño y construcción de la máquina trilladora de amaranto, a la cual se le modificó e incremento distintos elementos los cuales ayudaron a cumplir las especificaciones y requerimientos emitidas por parte del ingeniero encargado en estas actividades en el departamento de granos andinos, para su implementación.

Se determinó los principales sistemas que proporcionan el funcionamiento adecuado a la máquina trilladora como son: el sistema de accionamiento conformado solamente por el motor de combustión interna, el sistema de alimentación conformado por la tolva, el sistema de trillado conformado por el cilindro trillador y las contramuelas, el sistema de limpieza conformado por las zarandas y el saca pajas.

Se determinó mediante el proceso matemático que la velocidad requerida para la capacidad de la máquina propuesta es de 250 rev/min, pero mediante información recopilada de pruebas realizadas se concluyó que la velocidad idónea para un proceso de trillado adecuado de acuerdo al diámetro del cilindro trillador diseñado es de 500 rev/min, ya que una velocidad inferior a esta no produciría un buen trillado, o una velocidad superior podría dañar el grano, cumpliendo así con esta velocidad la capacidad mínima de trillado de la máquina.

La máquina trilladora de amaranto de una capacidad de 100 kg/h tendrá una inversión total de adquisición de \$ 2270,62 lo cual resulta ser un costo significativamente inferior en comparación con las maquinas existentes en el mercado puesto que estas redondean los \$ 12000 de costo de adquisición.

### **7.2 Recomendaciones**

Es necesario considerar la longitud de la tolva para salvaguardar la integridad física del operario de la máquina al momento en el que ingresa la materia prima, ya que el cilindro trillador trabaja con una fuerza elevada y puede producir lesiones considerables.

Es necesario realizar un reajuste de pernos después de cada utilización de la máquina trilladora, ya que con la vibración que causan los elementos de la máquina, provocan que las piezas roscables se aflojen.



EL operario debe constatar el estado de las bandas de transmisión antes de poner en marcha la máquina, puesto que si la banda se encuentra deteriorada podría romperse y causar contratiempos o posibles lesiones al operario.

Encender el motor revisando los niveles tanto de aceite como de gasolina y comprobando que la banda de transmisión no se encuentre completamente templada.

Realizar una limpieza adecuada de la máquina después de finalizar el proceso de trillado, para evitar la acumulación de desperdicios al interior de esta.

Evitar el contacto directo de manos o brazos con los elementos móviles que se encuentren operando durante el proceso de trillado.

Colocar una lona o plástico bajo la maquinaria durante todo el proceso de trillado, para evitar que existan pérdidas de grano o se genere contaminación del grano con tierra u otras impurezas.

Regular por parte del operario el nivel de velocidad del motor para un adecuado proceso de trillado, este no debe sobrepasar el 85% de la capacidad del motor para no forzarlo.

Mantener la máquina trilladora nivelada durante todo el proceso de trillado, evitando así la acumulación de material en un solo lugar, obstruyendo el funcionamiento de las zarandas.

## 8. REFERENCIAS

- [1] C. Monteros , C. Nieto , C. Caicedo, M. Rivera y C. Vimos, INIAP - Alegría, primera variedad mejorada de amaranto para la Sierra Ecuatoriana, Quito, 1994.
- [2] E. Peralta, El amaranto en Ecuador, Estado del Arte, Quito, 2012.
- [3] a. Mujica , M. Berti y J. Izquierdo, El cultivo de Amaranto (*Amaranthus spp.*): Producción, mejoramiento genético y utilización, Puno, 1997.
- [4] N. F. Roma, La Granja, Barcelona: De Gregorio Matas de Roballés, 2001.
- [5] J. Tejerina y R. Arenas, Guía para el cultivo y aprovechamiento del coime o amaranto, Bogotá: Convenio Andrés Bello, 2005.
- [6] Ministerio de Agricultura de Peru, «Equipos mecanizados para trilla,» p. 2009.
- [7] P. Kader, «Food and Agriculture Organization of the United Nations,» Departamento de agricultura, 25 Mayo 2005. [En línea]. Available: <http://www.fao.org/docrep/006/Y48935/y4893s04.htm>. [Último acceso: 16 Noviembre 2017].
- [8] I. E. d. Normalización, *NTE INEN 2646 Granos y cereale, grano de amaranto, requisitos e inspección*, Quito, 2012.
- [9] A. Machado, «Cosechadora de trillas y separación longitudinal,» vol. VII, n° 4, 2009.
- [10] M. Franquesa, «Agroptina,» 25 Enero 2006. [En línea]. Available: <https://www.agroptina.com/blog/como-funciona-una-cosechadora-de-cereal/>. [Último acceso: 17 Noviembre 2017].
- [11] E. Llangari y E. Benalcazar, «Diseño y construcción de una trilladora y limpiadora de quinua,» Riobamba, 2012.
- [12] E. Olivares, E. Garcia, G. Pérez y A. Martinez, «Estudio del estado actual de las máquinas trilladoras destinadas a la producción actual de arroz en Cuba,» *Ciencias técnicas agropecuarias*, vol. XVIII, n° 4, pp. 28-32, 2009.
- [13] R. I. d. I. p. e. Desarrollo, *Bean Threshing*, pp. 1-26, 2014.
- [14] H. Abdulkadir, A. Matthew, O. Olufemi y U. Ikechukwu, «The Desing and Construction of Maize Threshing Machine,» Department of Mechanical Engineering, Federal University Technology, Minna, 2009.

- [15] K. Ugwu y A. Omoruyi, «Development and Performance Evaluation of Maize Threshing and Grinding Machine,» *American Journal of Engineering Research (AJER)*, vol. V, n° 10, pp. 24-29, 2016.
- [16] H. Collaguazo y D. Quinapaxi, Diseño u construcción de una máquina trilladora de chochos de 60 (kg/día) de capacidad, Quito, 2015.
- [17] C. Valero, «Sistemas de trilla y separación en cosechadores de cereal,» *Universidad Politécnica de Madrid*, 2001.
- [18] C. Llumipanta y L. Juiña, Diseñ y simulación de una trilladora de quinua de hasta 350 kg/h para el proceso de pos cosecha del sector agrícola, Quito, 2016.
- [19] J. Deere, «JOHN DEERE,» JOHN DEERE, 03 Febrero 2012. [En línea]. Available: <https://www.deere.com/en/our-company/contact-us/>. [Último acceso: 2018 Diciembre 06].
- [20] K. Graham, «Ken Graham Engineering Ltd.,» Ken Graham Engineering Ltd., 15 Abril 2015. [En línea]. Available: <http://kengrahameng.com/product/rasp-bar-drum-bar-cx820-cx840-cx860-cx880-cx8060-cx8070-cx8080-cx8090/>. [Último acceso: 06 Diciembre 2018].
- [21] J. Riquelme y P. Grau, «Nueva trilladora de arroz,» *IPA Quilamapu*, n° 36, pp. 29-33, 1988.
- [22] J. Soto y J. Marconi, Prototipos: Trilladoras de granos (quinua, cañahua, amaranto), La Paz, 2007.
- [23] M. Gonzales, QDF La Función Despliegue de la Calidad; una guía practica para escuchar la voz del cliente, México: McGraw-Hill, 2001.
- [24] C. Riba, Diseño concurrente, Barcelona, 2002.
- [25] R. Siuce, «Diseño de tolvas,» Slideshare, 29 Junio 2016. [En línea]. Available: <https://es.slideshare.net/RamiroSIUCEBONIFACIO1/diseo-de-tolvas-63586969>. [Último acceso: 28 Diciembre 2018].
- [26] M. J. A. Eng., «Development of a local threshinf machine,» *Farm machine and power*, pp. 699-724, 2007.
- [27] SHIGLEY, Diseño de Ingeniería Mecánica, McGraw Hill, 2008.
- [28] Dunlop, «Correas de transmisión industrial,» *Dunlop*.

- [29] E. Peralta, N. Mazón, A. Murillo y D. Rodríguez, Manual Agrícola de Granos Andinos: Choho, Quinoa, Amranto, Ataco. Cultivos, variedades y costo de producción, Quito, 2014.
- [30] I. Malpartida, «Diseño y fabricación de una máquina venteadora de trigo y cebada,» Lima, 2007.
- [31] R. SIUCE , «Slide Share,» 29 Junio 2016. [En línea]. Available: <https://es.slideshare.net/RamiroSIUCEBONIFACIO1/diseo-de-tolvas-63586969>. [Último acceso: 18 Enero 2018].

# ANEXOS

## A. Características de las variedades de amaranto: INIAP-Alegría.

Tabla A.1. Características de las variedades de amaranto: INIAP-Alegría.

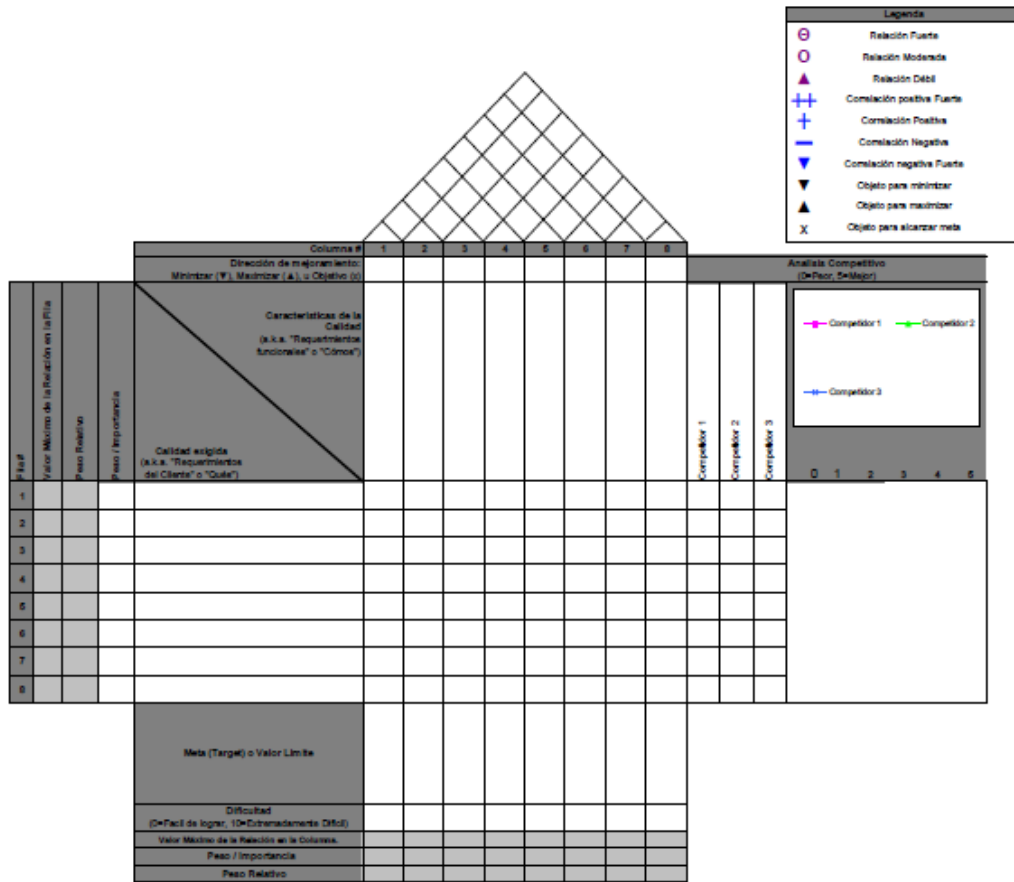
<b>Hábito de crecimiento</b>	Erecto
<b>Tipo de raíz</b>	Pivotante
<b>Tipo de ramificación</b>	Sencillo a ramificado
<b>Forma del tallo</b>	Redondo
<b>Color del tallo juvenil</b>	Verde
<b>Color del tallo a la madurez</b>	Verde-amarillo-rosado
<b>Forma de la hoja</b>	Romboidal
<b>Tamaño de la hoja</b>	Grande (20 x 8 cm)
<b>Borde de la hoja</b>	Entero
<b>Color de la hoja</b>	Verde
<b>Color de la panoja joven</b>	Rosado pálido
<b>Color de la panoja en flor</b>	Rosado
<b>Color de la panoja adulta</b>	Rosado intenso
<b>Tamaño de la panoja (cm)</b>	50 a 80
<b>Tipo de panoja</b>	Amarantiforme
<b>Actitud de la panoja</b>	Erecta o semierecta
<b>Color del grano seco</b>	Blanco a crema
<b>Tamaño del grano</b>	0,7 a 1,4 mm
<b>Forma del grano</b>	Redondo
<b>Peso de 1000 granos</b>	1 g
<b>Peso hectolítrico (kg/hl)</b>	78 a 83
<b>Grano de primera (%)</b>	80 a 90
<b>Altura de planta (cm)</b>	70 a 180
<b>Días al panojamiento</b>	50 a 60
<b>Días a floración</b>	70 a 90
<b>Días de la cosecha en seco</b>	150 a 180
<b>Adaptación</b>	1800 a 3000 m

Fuente: [2]

Tabla A.2. Línea de tiempo del proceso de cultivo de amaranto: INIAP-Alegría.

Desarrollo fenológico	Siembra	Emergencia	Desarrollo vegetativo		Inicia brote de pajona	Antesis o floración	Formación de grano (lechoso)	Grano masoso	Grano maduro	
			Raleo Deshierbe	Arrime de tierra Abono orgánico Deshierbe					Cosecha	
Labores de agricultura	Preparación de semilla para siembra Abono orgánico		Aplicación de follares orgánicos							
Plagas que pueden presentarse en el cultivo de amaranto		Gallina ciega	Chapulín	Gusano de collar negro		Mosca Barrenadora			Reverdecimiento	
			Pulgón							
Variedad del ciclo corto Dorada Amaranteca Revancha	Día 1	6 a 8	25 a 30	30 a 40	55	60	65 a 70	75 a 80	85 a 90	90
Variedad del ciclo largo Nutrisol Arelí	Día 1	6 a 8	25 a 30	30 a 40	85 a 90	120 a 140	150	165	180	180

Fuente: [29]





**A. Medidas tomadas de la pajona seca.**

**Tabla A.3.** Medidas tomadas de la pajona seca.

MEDIDAS DE LA PAJONA SECA			
Planta N°	Diámetro (cm)	Altura(cm)	Diámetro del tallo (cm)
1	11,14	53	1,14
2	13,68	44	1,17
3	13,36	46	1,22
4	8,59	45	0,86
5	9,23	92	0,89
6	7,23	43	0,78
7	10,51	50	1,3
8	9,54	42	0,94
9	11,77	39	1,26
10	12,41	32	1,09
11	12,09	44	1,13
12	10,5	57	0,98
13	11,14	52	1,09
14	14,005	46	1,46
15	12,73	45	1,14
16	13,36	48	1,24
17	11,77	54	1,1
18	12,41	47	1,33
19	11,45	49	1,15
20	13,68	51	1,18
Promedio	11,52975	48,95	1,1225

**B. Características principales de la pajona de amaranto seca.**

**Tabla A.4.** Características principales de la pajona de amaranto seca.

Características	Pajona recién cosechada	Pajona seca
Color característico	Rosado intenso	Rosado amarillento
Peso (kg)	0,421	0,131
Diámetro promedio del grano (mm)	1,432	1,123

A. En el ensayo realizado se tomaron las medidas de los granos de amaranto en el momento de la cosecha así como en el momento en el momento en el cual ya están secos y listos para el proceso de trillado, estos valores se muestran en la tabla A.5.

**Tabla A.5.** Medidas del grano de amaranto.

MEDIDAS DEL GRANO		
MUESTRA	HUMEDO (mm)	SECO (mm)
1	1,38	1,2
2	1,2	0,95
3	1,24	1,25
4	1,44	1,3
5	1,54	1,1
6	1,6	1,25
7	1,5	0,9
8	1	1,05
9	1,74	1,15
10	1,5	0,9
11	1,66	1,2
12	1,44	1,15
13	1,56	1,05
14	1,62	1,15
15	1,2	1,25
16	1,36	1
17	1,5	1,2
18	1,32	1,15
19	1,62	1,2
20	1,2	1,05
21	1,28	1,15
22	1,6	1,1
PROMEDIO	1,432	1,123

**A.** Muestras de tallo de amaranto.

Para este ensayo se procedió a cortar pequeñas muestras de tallo de la pajona de amaranto con el fin de conocer cuál es la fuerza necesaria para cortar los tallos de amaranto.

**B.** Ensayo realizado a las muestras de tallo de amaranto.

El ensayo consistió en utilizar distintos pesos, simulando con cada uno de estos el efecto que tendrá el martillo trillador en el tallo de amaranto, comprobando de esta manera con cuál de estos pesos se produce la rotura, obteniendo así la fuerza de corte requerida. En la figura (A.3.) se muestra como se realizó el ensayo y en la tabla A.3 se detallan

**C. Resultados obtenidos del ensayo a los tallos de amaranto.**

MUESTRA	PESO (KG)	Fuerza (N)
1	0,68	6,664
2	0,68	6,664
3	0,68	6,664
4	0,68	6,664
5	0,68	6,664
6	1,24	12,152
7	1,24	12,152
8	1,24	12,152
9	1,24	12,152
10	1,24	12,152
11	1,478	14,4844
12	1,478	14,4844
13	1,478	14,4844
14	1,478	14,4844
15	1,478	14,4844
16	1,478	14,4844
17	3,144	30,8112
18	3,144	30,8112
19	3,144	30,8112
20	3,144	30,8112
21	3,144	30,8112
22	3,144	30,8112
23	3,144	30,8112
24	3,144	30,8112
25	3,144	30,8112
Promedio	1,87056	18,331488

Se obtuvo un valor promedio de fuerza de corte requerida de 18,33 N pero para garantizar la rotura completa de todos los tallos de amaranto se tomara el valor más alto el cual es 30,81 N.

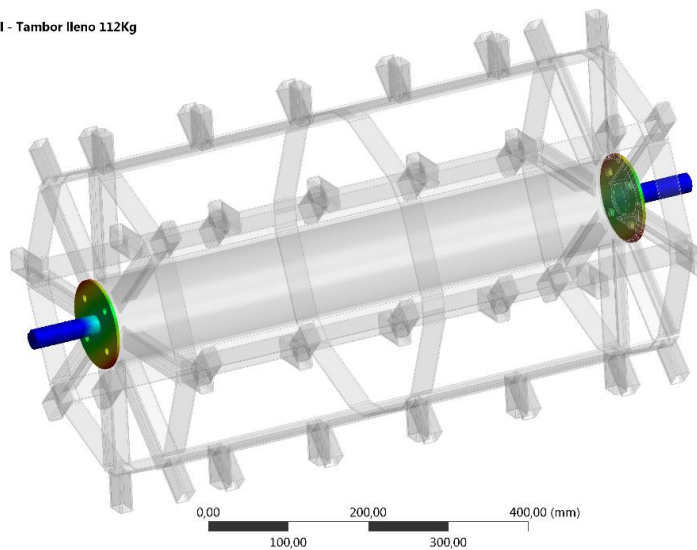
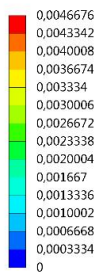
## A. Resistencia estructural del tambor trillador

En el presente punto se describe los resultados obtenidos mediante el ensayo por el método de elementos finitos FEM/FEA, el cual ha sido aplicado en el cilindro trillador ya que este es el elemento principal de la máquina, siendo aquel que realiza el proceso de trillado ejecutando así el mayor esfuerzo a considerar, estos resultados proporcionan datos para el diseño de la máquina trilladora, y se presentan a continuación:

### Deformación total

#### D: 03 Resistencia estructural - Tambor lleno 112Kg

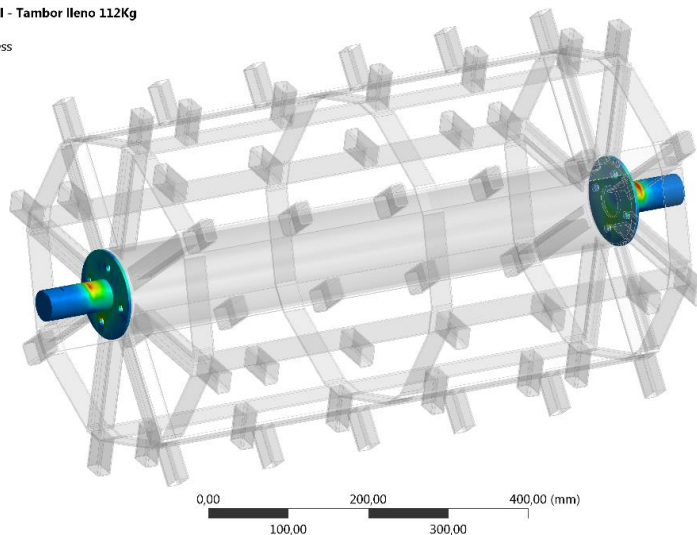
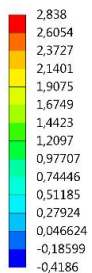
Total Deformation  
Type: Total Deformation  
Unit: mm  
Time: 1  
Custom  
Max: 0,0046676  
Min: 0



### Esfuerzo máximo

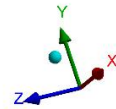
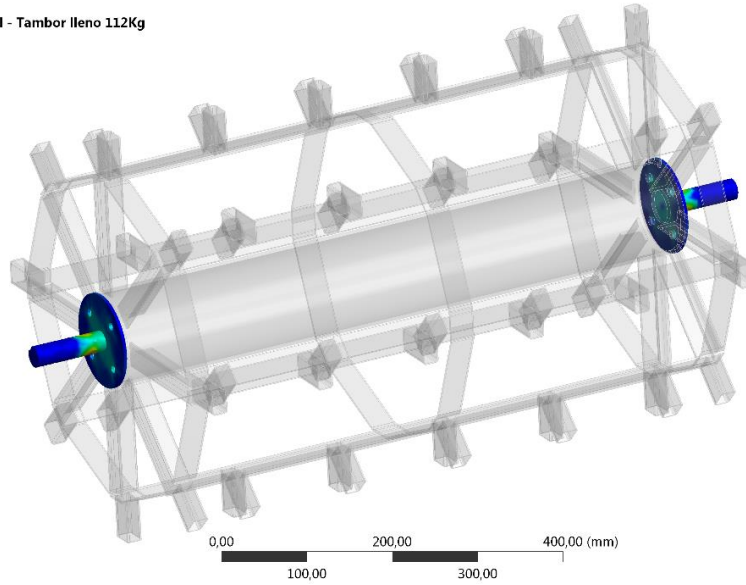
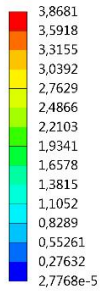
#### D: 03 Resistencia estructural - Tambor lleno 112Kg

Maximum Principal Stress  
Type: Maximum Principal Stress  
Unit: MPa  
Time: 1  
Custom  
Max: 2,838  
Min: -0,4186



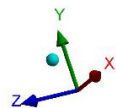
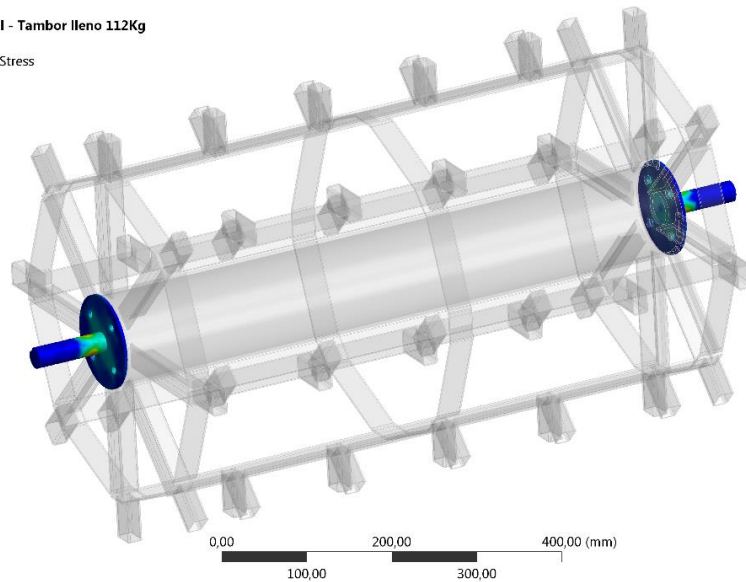
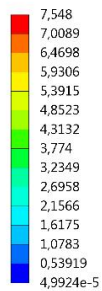
### Esfuerzo cortante máximo

D: 03 Resistencia estructural - Tambor lleno 112Kg  
Maximum Shear Stress  
Type: Maximum Shear Stress  
Unit: MPa  
Time: 1  
Custom  
Max: 3,8681  
Min: 2,7768e-5



### Esfuerzo equivalente de Von-Mises

D: 03 Resistencia estructural - Tambor lleno 112Kg  
Equivalent Stress  
Type: Equivalent (von-Mises) Stress  
Unit: MPa  
Time: 1  
Custom  
Max: 7,548  
Min: 4,9924e-5

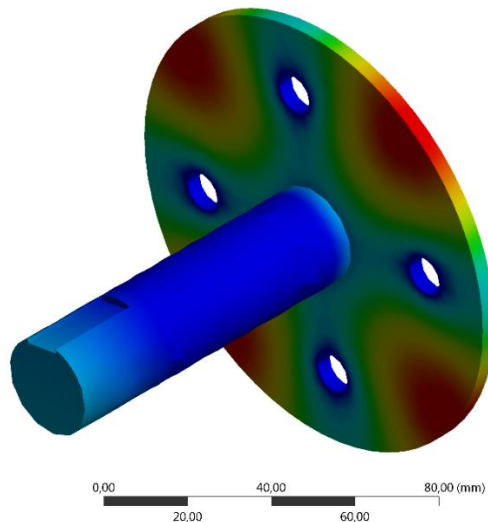
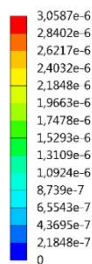


## B. Eje de transmisión de movimiento

Se ha realizado un análisis individual del eje de transmisión de movimiento, ya que este es aquel que transmite la fuerza que necesita el cilindro trillador para ejecutar el proceso de trilla, obteniendo los siguientes resultados:

### Deformación total

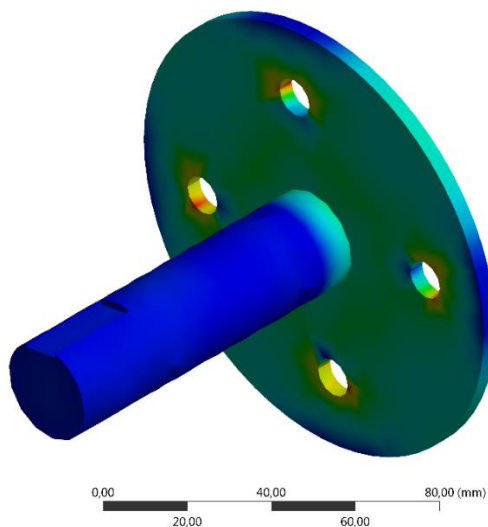
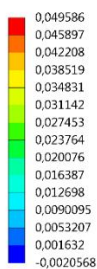
**B: 01 Romper Inercia - Tambor Vacio**  
Total Deformation  
Type: Total Deformation  
Unit: mm  
Time: 1  
Custom  
Max: 3,0587e-6  
Min: 0



El eje de transmisión soporta el peso total de los elementos del cilindro trillador, ya que tiene una deformación máxima de  $3,0587 \cdot 10^{-6}$  mm, el cual es un valor aceptable dentro de los parámetros de deformación.

### Esfuerzo máximo

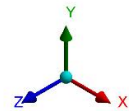
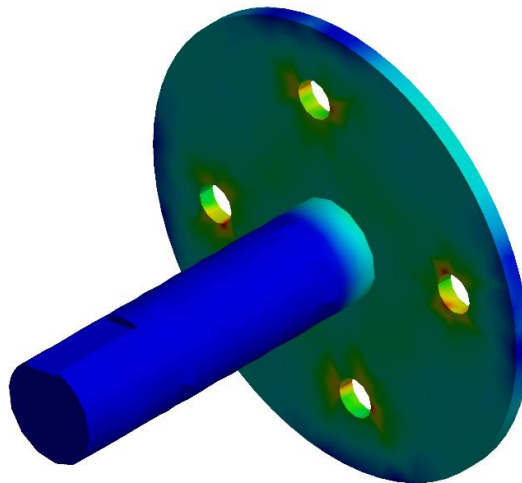
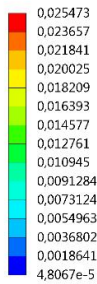
**B: 01 Romper Inercia - Tambor Vacio**  
Maximum Principal Stress  
Type: Maximum Principal Stress  
Unit: MPa  
Time: 1  
Custom  
Max: 0,049586  
Min: -0,0020568



El eje de transmisión tiene un esfuerzo máximo de 0,049586 MPa, siendo 230 MPa el esfuerzo máximo que soporta el acero A500, cumpliendo de esta manera con las condiciones requerías para los esfuerzos de deformación.

**Esfuerzo cortante máximo**

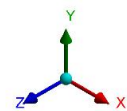
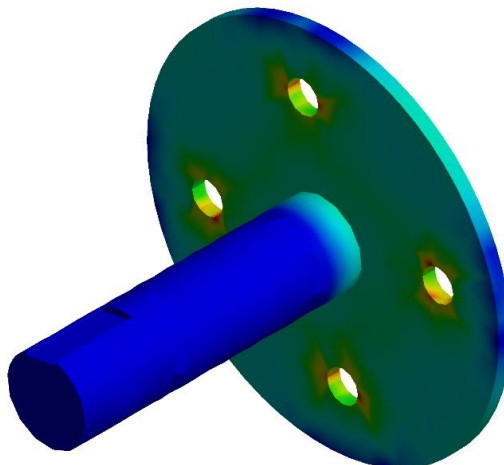
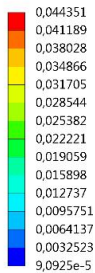
**B: 01 Romper Inercia - Tambor Vacio**  
 Maximum Shear Stress  
 Type: Maximum Shear Stress  
 Unit: MPa  
 Time: 1  
 Custom  
 Max: 0,025473  
 Min: 4,8067e-5



El eje de transmisión tiene un máximo esfuerzo de corte de 0,0254 MPa, siendo 405 MPa el máximo esfuerzo cortante que soporta el acero A500, cumpliendo de esta manera satisfactoriamente con los parámetros requeridos para los esfuerzos máximos de corte.

**Esfuerzo equivalente de Von-Mises**

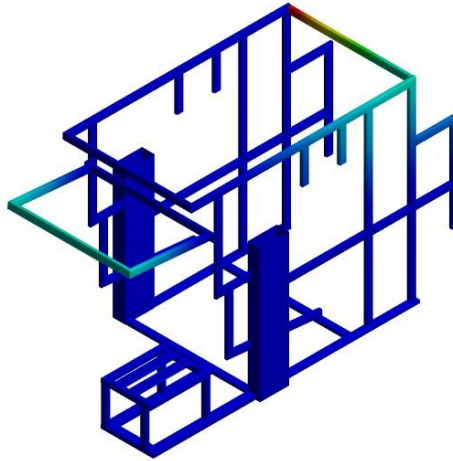
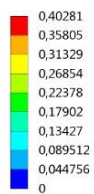
**B: 01 Romper Inercia - Tambor Vacio**  
 Equivalent Stress  
 Type: Equivalent (von-Mises) Stress  
 Unit: MPa  
 Time: 1  
 Custom  
 Max: 0,044351  
 Min: 8,4466e-5





Para el análisis se toman en cuenta los pesos que soportara dicha estructura, para de esta manera determinar si la estructura planteada es capaz de soportar dichos esfuerzos.

**B: Static Structural**  
Total Deformation  
Type: Total Deformation  
Unit: mm  
Time: 1  
Custom  
Max: 0,40281  
Min: 0



La estructura tiene un esfuerzo máximo de 0,40281 MPa, siendo 230 MPa el esfuerzo máximo que soporta el acero A500, cumpliendo de esta manera con las condiciones requerías para los esfuerzos de deformación que tiene que soportar la estructura de la máquina trilladora.

A. Tubería utilizada para el cilindro trillador de diámetro de 114,3 mm.



ESTOY INTERESADO EN ESTE PRODUCTO  
 DESCARGAR ESPECIFICACIONES

Especificaciones:

Largo Normal: 6 metros  
 Recubrimiento: Galvanizado  
 Norma de calidad: ASTM A 500 Gr. A, B ó C  
 Norma de Fabricación: NTE INEN 2415  
 Espesores: Desde 1,50 a 7,11 mm  
 Observaciones: Otras dimensiones y largos, previa consulta

Certificados:

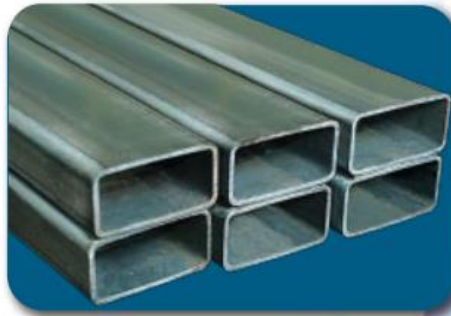


Tubería Estructural Redonda Para Postes

Designaciones		Área	Peso	Propiedades Estáticas			
Diámetro Exterior	Espesor			Flexión			
D	e	A	P	I	W	i	
pulg.	mm	mm	cm <sup>2</sup>	kg/m	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm
1/2	21,20	1,50	0,93	0,73	0,45	0,43	0,70
		2,00	1,21	0,95	0,56	0,53	0,68
3/4	26,70	1,50	1,19	0,93	0,95	0,71	0,89
		2,00	1,55	1,22	1,19	0,89	0,88
1	33,50	1,50	1,51	1,18	1,93	1,15	1,13
		2,00	1,98	1,55	2,46	1,47	1,12
		3,00	2,87	2,26	3,37	2,01	1,08
1 1/4	42,20	1,50	1,92	1,51	3,98	1,88	1,44
		2,00	2,53	1,98	5,11	2,42	1,42
		3,00	3,69	2,90	7,14	3,38	1,39
1 1/2	48,10	1,50	2,20	1,72	5,97	2,48	1,65
		2,00	2,90	2,27	7,71	3,21	1,63
		3,00	4,25	3,34	10,85	4,51	1,60
		4,00	5,54	4,35	13,58	5,65	1,57
2	60,30	1,50	2,77	2,18	11,98	3,97	2,08
		2,00	3,66	2,88	15,58	5,17	2,06
		3,00	5,40	4,24	22,22	7,37	2,03
		4,00	7,07	5,55	28,17	9,34	2,00
3	88,9	2,00	5,46	4,29	51,57	11,60	3,07
		3,00	8,10	6,36	74,76	16,82	3,04
		4,00	10,67	8,38	96,34	21,67	3,00
		5,00	13,18	10,35	116,37	26,18	2,97
4	114,3	2,00	7,06	5,54	111,27	19,47	3,97
		3,00	10,49	8,23	162,55	28,44	3,94
		4,00	13,86	10,88	211,07	36,93	3,90
		5,00	17,17	13,48	256,92	44,96	3,87
		6,00	20,41	16,03	300,21	52,53	3,83

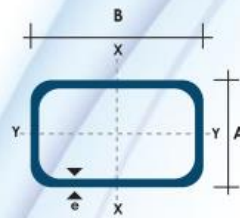
B. Características del tubo estructural para los dientes del cilindro trillador tomado del catálogo de DIPAC.

## TUBO ESTRUCTURAL RECTANGULAR



### Especificaciones Generales

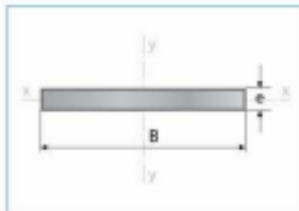
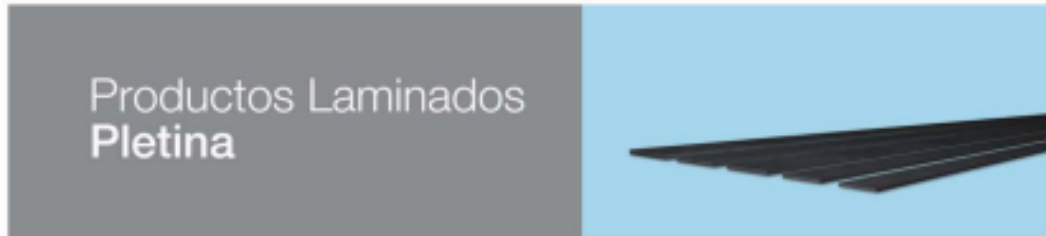
Calidad	ASTM A-500
Recubrimiento	Negro o Galvanizado
Largo Normal	6.00 m
Otros Largos	Previa Consulta
Dimensiones	Desde 12.00 mm x 25 mm a 40.00 mm x 80.00 mm
Espesor	Desde 1.20 mm a 3.00 mm



Dimensiones				Área	Ejes Y-Y			Ejes X-X		
A mm	B mm	Espesor (e) mm	Peso Kg/m	Área cm <sup>2</sup>	I cm <sup>4</sup>	W cm <sup>3</sup>	i cm	i cm <sup>4</sup>	W cm <sup>3</sup>	i cm <sup>3</sup>
20	40	1,2	1,09	1,32	2,61	1,30	1,12	0,88	0,88	0,83
20	40	1,5	1,35	1,65	3,26	1,63	1,40	1,09	1,09	0,81
20	40	2,0	1,78	2,14	4,04	2,02	1,37	1,33	1,33	0,79
25	50	1,5	1,71	2,10	6,39	2,56	1,74	2,19	1,75	1,02
25	50	2,0	2,25	2,74	8,37	3,35	1,75	2,80	2,24	1,01
25	50	3,0	3,30	4,14	12,56	5,02	1,74	3,99	3,19	0,99
30	50	1,5	1,88	2,25	7,27	2,91	1,80	3,32	2,21	1,21
30	50	2,0	2,41	2,94	9,52	3,81	1,80	4,28	2,85	1,21
30	50	3,0	3,30	4,21	12,78	5,11	1,74	5,66	3,77	1,16
30	70	2,0	3,03	3,74	22,20	6,34	2,44	5,85	3,90	1,25
30	70	3,0	4,48	5,41	30,50	8,71	2,37	7,84	5,23	1,20
40	60	1,5	2,29	2,91	14,90	4,97	2,26	7,94	3,97	1,65
40	60	2,0	3,03	3,74	18,08	6,13	2,22	9,81	4,90	1,62
40	60	3,0	4,48	5,41	25,31	8,44	2,16	13,37	6,69	1,57
30	70	1,5	2,34	2,91	18,08	5,17	2,49	4,76	3,17	1,28
30	70	2,0	2,93	3,74	22,20	6,34	2,44	5,85	3,90	1,25
30	70	3,0	4,25	5,41	30,50	8,71	2,37	7,84	5,23	1,20
40	80	1,5	2,76	3,74	31,75	7,94	2,91	10,77	5,39	1,70
40	80	2,0	3,66	4,54	37,32	9,33	2,87	12,70	6,35	1,67
40	80	3,0	5,42	6,61	52,16	13,04	2,81	17,49	8,75	1,63
50	100	2,0	4,52	5,74	74,94	14,99	3,61	25,65	10,26	2,11
50	100	3,0	6,71	8,41	106,34	21,27	3,56	35,97	14,39	2,07
50	150	2,0	6,17	7,74	207,45	27,66	5,18	37,17	14,87	2,19
50	150	3,0	9,17	11,41	298,35	39,78	5,11	52,54	21,02	2,15

TUBERÍA

C. Características de la pletina utilizada para el volante del cilindro tomado del catálogo de IPAC.



Largo normal:  
6 metros  
Recubrimiento:  
Negro  
Espesores:  
Desde 3,00 a 12,00 mm  
Calidad de acero:  
DIN 17100 / ST 37-2 / ASTM A-36  
Norma de fabricación:  
INEN 2222 / ISO 1035  
Observaciones:  
Otras dimensiones y largos previa consulta.

- Aplicaciones**
- Somier camas.
  - Cerrajería en general (puertas, ventanas, rejas).
  - Estructuras en general.
  - Muebles metálicos.
  - Paquete de resortes (Sistemas de suspensión).



Dimensiones	Espesor	Peso
B	e	P
Pulg.	mm	kg/6m
1/2 x 1/8	3,00	1,70
1/2 x 3/16	4,00	2,26
1/2 x 1/4	6,00	3,39
3/4 x 1/8	3,00	2,68
3/4 x 3/16	4,00	3,58
3/4 x 1/4	6,00	5,37
1 x 1/8	3,00	3,53
1 x 3/16	4,00	4,71
1 x 1/4	6,00	7,07
1 x 3/8	9,50	10,59
1 x 1/2	12,00	14,13
1 1/4 x 1/8	3,00	4,24
1 1/4 x 3/16	4,00	5,85
1 1/4 x 1/4	6,00	8,47
1 1/4 x 3/8	9,50	12,71
1 1/2 x 1/8	3,00	5,37
1 1/2 x 3/16	4,00	7,16
1 1/2 x 1/4	6,00	10,74
1 1/2 x 3/8	8,00	16,11
1 1/2 x 1/2	12,00	21,48
2 x 1/8	3,00	7,07
2 x 3/16	4,00	9,50
2 x 1/4	6,00	14,13
2 x 3/8	9,50	21,20
2 x 1/2	12,00	28,26
2 1/2 x 1/4	6,00	18,37
2 1/2 x 3/8	9,50	27,55
2 1/2 x 1/4	6,00	18,37
3 x 1/4	6,00	21,20
3 x 3/8	9,50	31,80
4 x 1/4	6,00	28,26
4 x 3/8	9,50	42,40
4 x 1/2	12,00	56,52

D. Características del eje utilizado para el cilindro tomado del catálogo de DIPAC.

## EJES ACERO DE TRANSMISIÓN



### Especificaciones Generales

**Calidad:** AISI 1018

**Descripción:** Es un acero de cementación no aleado principalmente utilizado para la elaboración de piezas pequeñas, exigidas al desgaste y donde la dureza del núcleo no es muy importante.

**Aplicaciones:** Levas, uniones, bujes, pines, pivotes, pernos grado 3.

**Longitud:** 6 m.

Composición Química				
%C	%Si	%Mn	%P	%S
0 - 0.20	0 - 0.25	0 - 0.70	0 - 0.04	0 - 0.05

Propiedades Mecánicas			
Resistencia Mecánica (N/mm <sup>2</sup> )	Punto de Fluencia (N/mm <sup>2</sup> )	Elongación %Min.	Dureza ROCKWELL B
410 - 520	235	20	143

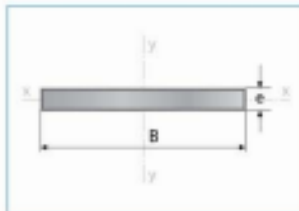
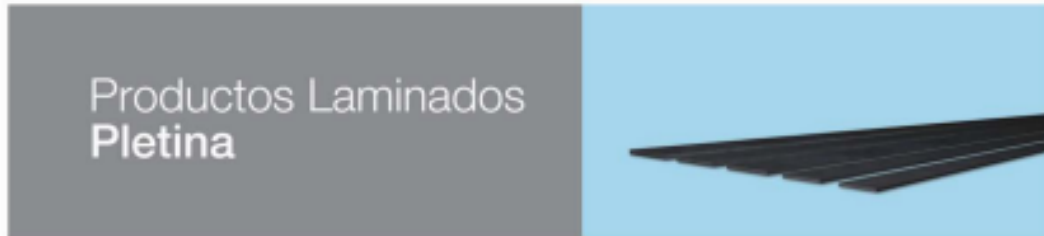
Dimensiones
Díámetro
3/8"
1/4"
5/8"
3/4"
7/8"
1"
1 1/4"
1 1/2"
1 3/4"
2"
2 1/4"
2 1/2"
2 3/4"
3"
4"
5"
6"



**EJES**

[www.dipacmanta.com](http://www.dipacmanta.com)

E. Características de la pletina utilizada para el volante del cilindro tomado del catálogo de IPAC.



Largo normal:  
5 metros  
Recubrimiento:  
Negro  
Espesores:  
Desde 3,00 a 12,00 mm  
Calidad de acero:  
DIN 17100 / ST 37-2 / ASTM A-36  
Norma de fabricación:  
INEN 2222 / ISO 1035  
Observaciones:  
Otras dimensiones y largos previa consulta.

- Aplicaciones
- Somier camas.
  - Cerrajería en general (puertas, ventanas, rejas).
  - Estructuras en general.
  - Muebles metálicos.
  - Paquete de resortes (Sistemas de suspensión).



Dimensiones	Espesor	Peso
B	e	P
Pulg.	mm	kg/6m
1/2 x 1/8	3,00	1,70
1/2 x 3/16	4,00	2,26
1/2 x 1/4	6,00	3,39
3/4 x 1/8	3,00	2,68
3/4 x 3/16	4,00	3,58
3/4 x 1/4	6,00	5,37
1 x 1/8	3,00	3,53
1 x 3/16	4,00	4,71
1 x 1/4	6,00	7,07
1 x 3/8	9,50	10,59
1 x 1/2	12,00	14,13
1 1/4 x 1/8	3,00	4,24
1 1/4 x 3/16	4,00	5,85
1 1/4 x 1/4	6,00	8,47
1 1/4 x 3/8	9,50	12,71
1 1/2 x 1/8	3,00	5,37
1 1/2 x 3/16	4,00	7,16
1 1/2 x 1/4	6,00	10,74
1 1/2 x 3/8	8,00	16,11
1 1/2 x 1/2	12,00	21,48
2 x 1/8	3,00	7,07
2 x 3/16	4,00	9,50
2 x 1/4	6,00	14,13
2 x 3/8	9,50	21,20
2 x 1/2	12,00	28,26
2 1/2 x 1/4	6,00	18,37
2 1/2 x 3/8	9,50	27,55
2 1/2 x 1/4	6,00	18,37
3 x 1/4	6,00	21,20
3 x 3/8	9,50	31,80
4 x 1/4	6,00	28,26
4 x 3/8	9,50	42,40
4 x 1/2	12,00	56,52

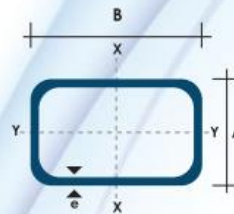
A. Características del tubo estructural para los dientes del cilindro trillador tomado del catálogo de DIPAC.

## TUBO ESTRUCTURAL RECTANGULAR



### Especificaciones Generales

Calidad	ASTM A-500
Recubrimiento	Negro o Galvanizado
Largo Normal	6.00 m
Otros Largos	Previa Consulta
Dimensiones	Desde 12.00 mm x 25 mm a 40.00 mm x 80.00 mm
Espesor	Desde 1.20 mm a 3.00 mm

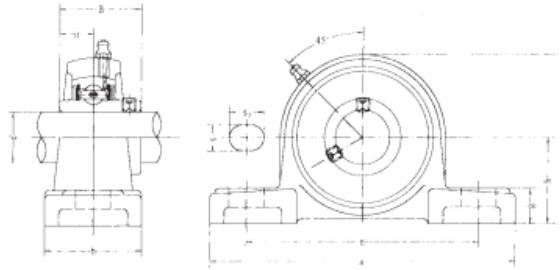


Dimensiones				Área	Ejes Y-Y			Ejes X-X		
A mm	B mm	Espesor (e) mm	Peso Kg/m	Área cm <sup>2</sup>	I cm <sup>4</sup>	W cm <sup>3</sup>	i cm	i cm <sup>4</sup>	W cm <sup>3</sup>	i cm <sup>3</sup>
20	40	1,2	1,09	1,32	2,61	1,30	1,12	0,88	0,88	0,83
20	40	1,5	1,35	1,65	3,26	1,63	1,40	1,09	1,09	0,81
20	40	2,0	1,76	2,14	4,04	2,02	1,37	1,33	1,33	0,79
25	50	1,5	1,71	2,10	6,39	2,56	1,74	2,19	1,75	1,02
25	50	2,0	2,25	2,74	8,37	3,35	1,75	2,80	2,24	1,01
25	50	3,0	3,30	4,14	12,56	5,02	1,74	3,99	3,19	0,99
30	50	1,5	1,88	2,25	7,27	2,91	1,80	3,32	2,21	1,21
30	50	2,0	2,41	2,94	9,52	3,81	1,80	4,28	2,85	1,21
30	50	3,0	3,30	4,21	12,78	5,11	1,74	5,66	3,77	1,16
30	70	2,0	3,03	3,74	22,20	6,34	2,44	5,85	3,90	1,25
30	70	3,0	4,48	5,41	30,50	8,71	2,37	7,84	5,23	1,20
40	60	1,5	2,29	2,91	14,90	4,97	2,26	7,94	3,97	1,65
40	60	2,0	3,03	3,74	18,08	6,13	2,22	9,81	4,90	1,62
40	60	3,0	4,48	5,41	25,31	8,44	2,16	13,37	6,69	1,57
30	70	1,5	2,34	2,91	18,08	5,17	2,49	4,76	3,17	1,28
30	70	2,0	2,93	3,74	22,20	6,34	2,44	5,85	3,90	1,25
30	70	3,0	4,25	5,41	30,50	8,71	2,37	7,84	5,23	1,20
40	80	1,5	2,76	3,74	31,75	7,94	2,91	10,77	5,39	1,70
40	80	2,0	3,66	4,54	37,32	9,33	2,87	12,70	6,35	1,67
40	80	3,0	5,42	6,61	52,16	13,04	2,81	17,49	8,75	1,63
50	100	2,0	4,52	5,74	74,94	14,99	3,61	25,65	10,26	2,11
50	100	3,0	6,71	8,41	106,34	21,27	3,56	35,97	14,39	2,07
50	150	2,0	6,17	7,74	207,45	27,66	5,18	37,17	14,87	2,19
50	150	3,0	9,17	11,41	298,35	39,78	5,11	52,54	21,02	2,15

B. La chumacera que se instala es la UPC 205-16.

**FBJ** FBJ PILLOW BLOCKS  
UCP 2 (normal-duty)

Pillow Blocks



Unit No.	Dimensions mm inch											Bolt Size mm inch	Bearing No.	Housing No.	Weight (kg)
	d	h	a	e	b	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	g	w	B	n				
*UCP 201	12	30.2	127	95	38	13	19	14	62	31	12.7	M10	UC 201	P203	0.69
*UCP 201-8	3/4	1-1/16	5	3-3/4	1-1/2	1/2	3/4	9/16	2-7/16	1.2205	0.500	3/8	UC 201-8		0.69
*UCP 202	15	30.2	127	95	38	13	19	14	62	31	12.7	M10	UC 202	P203	0.69
*UCP 202-9	9/16	1-1/16	5	3-3/4	1-1/2	1/2	3/4	9/16	2-7/16	1.2205	0.500	3/8	UC 202-9		0.69
*UCP 202-10	5/8												UC 202-10		0.69
*UCP 203	17	30.2	127	95	38	13	19	14	62	31	12.7	M10	UC 203	P203	0.68
*UCP 203-11	11/16	1-1/16	5	3-3/4	1-1/2	1/2	3/4	9/16	2-7/16	1.2205	0.500	3/8	UC 203-11		0.67
*UCP 204	20	33.3	127	95	38	13	19	14	65	31	12.7	M10	UC 204	P204	0.66
*UCP 204-12	3/4	1-5/16	5	3-3/4	1-1/2	1/2	3/4	9/16	2-9/16	1.2205	0.500	3/8	UC 204-12		0.66
*UCP 205	25	36.5	140	105	38	13	19	15	71	34.1	14.3	M10	UC 205	P205	0.81
*UCP 205-13	13/16												UC 205-13		0.85
*UCP 205-14	7/8	1-7/16	5-1/2	4-1/8	1-1/2	1/2	3/4	19/32	2-29/32	1.3425	0.563	3/8	UC 205-14		0.83
*UCP 205-15	15/16												UC 205-15		0.82
*UCP 205-16	1												UC 205-16		0.81
*UCP 206	30	42.9	165	121	48	17	20	17	84	38.1	15.9	M14	UC 206	P206	1.24
*UCP 206-17	1-1/16												UC 206-17		1.27
*UCP 206-18	1-1/8	1-11/16	6-1/2	4-3/4	1-7/8	43/64	25/32	21/32	3-5/16	1.5000	0.626	1/2	UC 206-18		1.26
*UCP 206-19	1-3/16												UC 206-19		1.24
*UCP 206-20	1-1/4												UC 206-20		1.23
*UCP 207	35	47.6	167	127	48	17	20	18	93	42.9	17.5	M14	UC 207	P207	1.58
*UCP 207-20	1-1/4												UC 207-20		1.64
*UCP 207-21	1-5/16	1-7/8	6-9/16	5	1-7/8	43/64	25/32	45/64	3-21/32	1.6890	0.689	1/2	UC 207-21		1.61
*UCP 207-22	1-3/8												UC 207-22		1.58
*UCP 207-23	1-7/16												UC 207-23		1.55
*UCP 208	40	49.2	184	137	54	17	20	18	100	49.2	19	M14	UC 208	P208	1.89
*UCP 208-24	1-1/2	1-15/16	7-1/4	5-13/32	2-1/8	43/64	25/32	45/64	3-15/16	1.9370	0.748	1/2	UC 208-24		1.93
*UCP 208-25	1-9/16												UC 208-25		1.90
*UCP 209	45	54.0	190	146	54	17	20	20	106	49.2	19	M14	UC 209	P209	2.14
*UCP 209-26	1-5/8												UC 209-26		2.24
*UCP 209-27	1-11/16	2-1/8	7-15/32	5-3/4	2-1/8	43/64	25/32	4-11/64	1.9370	0.748	1/2	UC 209-27	2.20		
*UCP 209-28	1-3/4												UC 209-28		2.14
*UCP 210	50	57.2	206	159	60	20	23	21	113	51.6	19	M16	UC 210	P210	2.66
*UCP 210-29	1-13/16												UC 210-29		2.78
*UCP 210-30	1-7/8	2-1/4	8-1/8	6-1/4	2-3/8	25/32	29/32	53/64	4-29/64	2.0315	0.748	5/8	UC 210-30		2.73
*UCP 210-31	1-15/16												UC 210-31		2.68



A. Características de la lámina de tol utilizada para la fabricación de las tapas lateral derecha, lateral izquierda, inferior, superior, frontal y posterior tomado del catálogo de DIPAC.



## PLANCHAS GALVANIZADAS



### Especificaciones Generales

**Acero base:** Calidad Comercial o según tabla de Laminado al Frío

**Norma:** ASTM A653 (Norma de recubrimiento)

**Espesores:** 0,30mm a 2,90mm

**Rolls:** X 1219mm y por flejes

**Planchas:** 4 X 8 pies y medidas especiales.

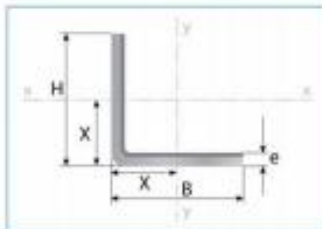
**Flar:** Regular  
Mínimo  
Zero

Recubrimiento (Total ambas caras)		
Tipo	oz / pie <sup>2</sup>	gr / m <sup>2</sup>
G-40	40	120
G-60	60	180
G-90	90	270

Producto / Mercado	Comercial, Construcción y Edificios	Industrial	Línea Blanca	Automotriz
Lámina Galvanizada	Techos y paredes, periferia y tubería en general, poleas, soportes de cielo falso, ductos de aire, silos para almacenar granos, accesorios para construcción, cortinas metálicas, señalizaciones de camión, estructuras, techos y soportes de establecimientos.	Aire acondicionado, ventiladores de techo y ventana, tapas, extractores de humo, casas móviles, ductos, bisagras, recipientes, cajas eléctricas, pizarrones electrónicos, molinos, líneas, etc.	Respaldo de refrigeradores, estufas y lavadoras, soportes, bases, uniones, esquineros y accesorios de fijación y otras partes no expuestas, etc.	Moldes, uniones, soportes, pisos, carter, guantera, portabastidores, cinchos y otras partes no expuestas, etc.

PLANCHAS

A. Características del ángulo que forma el soporte para los rieles del saca pajas tomado del catálogo de IPAC.



**Largo Normal:**  
6 metros.  
**Recubrimiento:**  
Negro o Galvanizado  
**Calidad de Acero:**  
ASTM A 36 / ASTM A 572 Gr. 50  
**Norma de Fabricación:**  
NTE INEN 1623  
**Espesores:**  
Desde 1,50 a 6,00 mm  
**Observaciones:**  
Otras dimensiones y largos,  
previa consulta

- Aplicaciones**
- Conformación de elementos estructurales (cerchas).
  - Torres.
  - Estanterías.
  - Cerrajería en general (ventanas, puertas, camas).
  - Vitrinas.
  - Cerramientos.
  - Vallas publicitarias.
  - Chasis de camiones.
  - Remolques.



Designaciones	Esp.	Peso	Propiedades Estáticas								
			Eje x-x			Eje y-y			Distancia de eje a superficie		
			Momento de inercia	Módulo de resistencia	Radio de giro	Momento de inercia	Módulo de resistencia	Radio de giro			
H	B	e	P	P	I	W	i	I	W	i	X=Y
mm	mm	mm	kg/m	kg/m	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm	cm
20	20	1,50	0,44	2,61	0,21	0,15	0,47	0,21	0,15	0,47	0,54
		2,00	0,58	3,46	0,28	0,20	0,62	0,28	0,20	0,62	0,59
		3,00	0,83	4,96	0,38	0,28	0,80	0,38	0,28	0,80	0,64
25	25	1,50	0,55	3,32	0,42	0,24	0,59	0,42	0,24	0,59	0,67
		2,00	0,73	4,38	0,56	0,32	0,78	0,56	0,32	0,78	0,72
		3,00	1,06	6,36	0,79	0,45	0,76	0,79	0,45	0,76	0,77
30	30	1,50	0,67	4,03	0,75	0,35	0,71	0,75	0,35	0,71	0,79
		2,00	0,89	5,34	1,00	0,46	0,94	1,00	0,46	0,94	0,84
		3,00	1,30	7,78	1,41	0,67	0,92	1,41	0,67	0,92	0,89
40	40	1,50	0,91	5,44	1,83	0,83	0,85	1,83	0,83	0,85	1,04
		2,00	1,21	7,23	2,44	0,84	1,26	2,44	0,84	1,26	1,09
		3,00	1,77	10,61	3,50	1,22	1,25	3,50	1,22	1,25	1,14
		4,00	2,31	13,83	4,46	1,58	1,23	4,46	1,58	1,23	1,19
50	50	1,50	1,14	6,85	3,65	1,00	1,19	3,65	1,00	1,19	1,29
		2,00	1,52	9,11	4,86	1,33	1,99	4,86	1,33	1,99	1,34
		3,00	2,24	13,43	7,03	1,95	1,57	7,03	1,95	1,57	1,39
		4,00	2,93	17,60	9,04	2,54	1,56	9,04	2,54	1,56	1,44
75	75	2,00	2,36	14,13	24,02	4,42	1,77	24,02	4,42	1,77	2,01
		4,00	4,71	28,26	32,03	5,89	2,36	32,03	5,89	2,36	2,06
		5,00	5,57	33,42	39,08	7,25	2,35	39,08	7,25	2,35	2,11
		6,00	7,07	42,39	45,76	8,57	2,33	45,76	8,57	2,33	2,16
100	100	2,00	3,14	18,84	58,35	7,95	2,38	58,35	7,95	2,38	2,52
		4,00	6,28	37,68	77,80	10,60	3,17	77,80	10,60	3,17	2,57
		5,00	7,53	45,18	95,47	13,13	3,16	2,73	4,01	1,94	2,62
		6,00	9,42	56,52	113,00	15,60	3,14	113,00	15,60	3,14	2,67

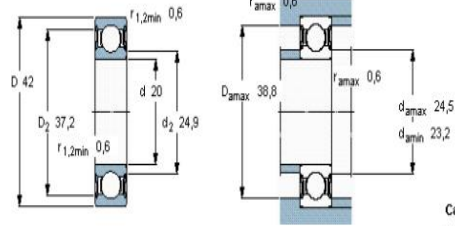
X, Y= Distancia entre el eje x-x; y-y a la superficie exterior del perfil

**B. Características de los rodamientos utilizados en los brazos del saca pajas tomado del catálogo de SKF.**

Deep groove ball bearings, single row, seal on both sides



Principal dimensions			Basic load ratings		Fatigue load limit $P_u$	Speed ratings		Mass	Designation
d	D	B	dynamic	static		Reference speed	Limiting speed		
mm			kN		kN	r/min		kg	* - SKF Explorer bearing
20	42	12	9,95	5	0,212	-	11000	0,069	6004-2RSH *

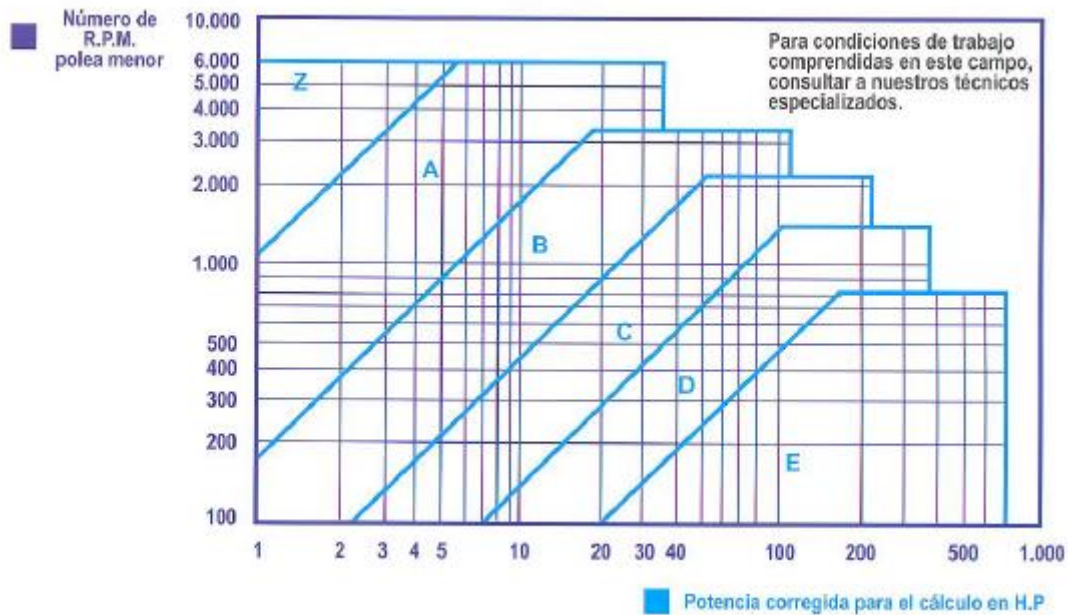


Calculation factors  
 $k_f$  0,025  
 $f_0$  14

## A. Tabla del coeficiente de corrección de potencia.

Tabla N° 3 - Coeficiente de corrección de la potencia						
Tipo de máquina conductora Tipo de máquina conducida	Motores de corriente alterna, torque nominal, a jaula de ardilla, sincrónicos, fase partida. Motores de corriente continua, bobinado en shunt. Máquinas de combustión interna, cilindros múltiples.			Motores de corriente alternada, alto torque, alto deslizamiento, bobinado en serie y anillado colector. Motores de corriente continua, bobinado en serie y bobinado compound. Máquina a combustión interna, monocilíndrica. Ejes en línea. Arranque directo y con embrague.		
	Servicio intermedio hasta 7 horas diarias	Servicio normal 8 a 15 horas diarias	Servicio continuo más de 16 horas diarias	Servicio intermedio hasta 7 horas diarias	Servicio normal 8 a 15 horas diarias	Servicio continuo más de 16 horas diarias
Agitador para líquidos y semilíquidos, ventiladores y aspiradores, compresores y bombas centrífugas. Sopladores hasta 10 HP. Transportadores livianos.	1.0	1.1	1.2	1.1	1.2	1.3
Cintas transportadoras para arena, granos, etc. Mezcladores de panadería. Sopladores de más de 10 HP, generadores. Línea a ejes (ejes principales), máquinas de lavaderos, máquinas herramienta, punzadoras, prensa, guillotinas, bombas rotativas positivas. Máquinas de imprenta, zarandas vibradoras y giratorias.	1.1	1.2	1.3	1.2	1.3	1.4
Máquina de ladrillos y cerámicas, elevadores a cangilones. Generadores y excitatrices. Compresores a pistón, transportadores, molinos a martillos, molinos batidores para papel, bombas a pistón, sopladores positivos. Pulverizadores, desmenuzadoras, sierras y máquinas para elaboración de madera, máquinas textiles.	1.2	1.3	1.4	1.4	1.5	1.6

B. Cuadro de la potencia corregida para el cálculo en H.P.



C. Tabla para la selección de la polea menor.

Tabla N° 1							Tabla N° 1						
Ø mm	Z	A	B	C	D	E	Ø mm	Z	A	B	C	D	E
50							315	••	••	••			
53							355	•	•	•	••		
56							375		•	•	•	••	
60	•						400	••	••	••	••		
63	••						425				••	••	
67	•						450	•	•	•	•	••	
71	••	•					475				•	••	
75	•	•					500	••	••	••	••	••	
80	••	•					530					•	•
90	•	••					560	•	•	•	•	••	••
95		•					600		•	•	•	•	••
100	••	••					630	••	••	••	••	••	••
106		•					670					•	•
112	•	••	•				710	•	•	•	•	•	••
118		•	•				750		•	•	•	•	•
125	••	••	•				800		••	••	••	••	••
132		•	•				900		•	•	•	•	•
140	•	••	••				1000		••	••	••	••	••
150	•	•	•				1060					•	•
160	••	••	••				1120				•	•	•
170			•				1250			••	••	••	••
180	•	••	••	•			1400		•	•	•	•	•
200	••	••	••	••			1500				•	•	•
212				•	••		1600		••	••	••	••	••
224	•	•	•	••			1800				•	•	•
236				•			1900					•	•
250	•	••	••	••			2000				••	••	••
265				•			2240					•	•
280		•	•	••			2500					••	••
300		•	•	•			3000						

Según normas BS 3790

• Diámetro especificado.

•• Diámetro especialmente recomendado.

## D. Tabla de la longitud primitiva de la correa.

Tabla N° 6		Longitud primitiva nominal				
Correa (in)	Sección Z (mm)	Sección A (mm)	Sección B (mm)	Sección C (mm)	Sección D (mm)	Sección E (mm)
41	1066	1075	1086	-	-	-
42	1092	1106	1100	-	-	-
43	1117	1134	1140	-	-	-
44	1143	1153	1156	1191	-	-
45	1168	1186	1184	1217	-	-
46	1193	1199	1204	1242	-	-
47	1219	1232	1237	1267	-	-
48	1244	1262	1268	1293	-	-
49	1270	1280	1288	1318	-	-
50	1295	1306	1318	1344	-	-
51	1320	1330	1328	1357	-	-
52	1346	1354	1367	1394	-	-
53	1371	1381	1392	1429	-	-
54	1397	1405	1410	1442	-	-
55	1422	1429	1443	1460	-	-
56	1447	1459	1460	1497	-	-
57	1473	1492	1491	1527	-	-
58	1498	1507	1512	1550	-	-
59	1524	1532	1541	1576	-	-
60	1549	1556	1556	1598	-	-
61	-	1584	1601	1623	-	-
62	-	1605	1626	1648	-	-
63	-	1633	1641	1674	-	-
64	-	1658	1674	1699	-	-
65	-	1683	1695	1725	-	-
66	-	1714	1724	1745	-	-
67	-	1742	1743	1775	-	-
68	-	1767	1770	1788	-	-
69	-	1785	1794	1826	-	-
70	-	1813	1818	1847	-	-
71	-	1841	1846	1877	-	-
72	-	1862	1878	1897	-	-
73	-	1887	1900	1928	-	-
74	-	1913	1924	1953	-	-
75	-	1937	1947	1979	-	-
76	-	1963	1973	1989	-	-
77	-	1989	1999	2015	-	-
78	-	2013	2024	2042	-	-
79	-	2033	2043	2068	-	-
80	-	2065	2075	2094	-	-
81	-	2093	2103	2119	-	-
82	-	2116	2126	2145	-	-
83	-	2133	2151	2170	-	-
84	-	2167	2177	2196	-	-
85	-	2193	2203	2221	-	-
86	-	2220	2230	2247	-	-
87	-	2245	2256	2273	-	-
88	-	2273	2283	2299	2313	-
89	-	2299	2304	2326	2339	-

## E. Tabla para el factor de corrección.

Tabla N° 5	Factor de corrección	
	Arco de contacto sobre polea menor	Poleas acanaladas
180°	1.00	0.75
175°	0.99	0.76
170°	0.98	0.77
167°	0.97	0.78
164°	0.96	0.79
160°	0.95	0.80
157°	0.94	0.81
154°	0.93	0.81
150°	0.92	0.82
147°	0.91	0.83
144°	0.90	0.83
140°	0.89	0.84
137°	0.88	0.85
134°	0.87	0.85
130°	0.86	0.86
127°	0.85	0.85
124°	0.84	0.84
120°	0.82	0.82
118°	0.81	0.81
115°	0.80	0.80
113°	0.79	0.79
110°	0.78	0.78

F. Sección A.

Tabla Nº 2 - Sección A																							
Nº R.P.M. De la polea menor	Prestación Base (en HP)												Prestación adicional por relación de transmisión (en HP)										
	Diámetro primitivo de la polea menor (mm)												1.00 al 1.01	1.02 al 1.04	1.05 al 1.08	1.09 al 1.12	1.13 al 1.18	1.19 al 1.24	1.25 al 1.34	1.35 al 1.51	1.52 al 1.99	2.00 y score	
	56	71	76	81	88	91	96	102	107	112	117	122	127										
1160	0.54	0.69	0.84	0.99	1.13	1.28	1.42	1.56	1.70	1.84	1.98	2.12	2.26	0.00	0.02	0.04	0.07	0.09	0.11	0.13	0.15	0.17	0.20
1750	0.68	0.90	1.11	1.32	1.53	1.73	1.93	2.13	2.33	2.53	2.72	2.91	3.10	0.00	0.03	0.07	0.10	0.13	0.16	0.20	0.23	0.26	0.29
3450	0.85	1.21	1.57	1.91	2.25	2.57	2.88	3.19	3.48	3.76	4.02	4.28	4.52	0.00	0.06	0.13	0.19	0.26	0.32	0.39	0.45	0.52	0.58
200	0.16	0.19	0.22	0.25	0.28	0.31	0.34	0.37	0.40	0.43	0.46	0.48	0.51	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03
400	0.26	0.32	0.38	0.43	0.49	0.55	0.60	0.66	0.71	0.77	0.82	0.88	0.93	0.00	0.01	0.01	0.02	0.03	0.04	0.04	0.05	0.06	0.07
600	0.35	0.43	0.52	0.60	0.68	0.76	0.84	0.92	1.00	1.08	1.16	1.23	1.31	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.06	0.07	0.08	0.09	0.10
800	0.43	0.53	0.64	0.75	0.85	0.95	1.06	1.16	1.26	1.37	1.47	1.57	1.67	0.00	0.01	0.03	0.04	0.06	0.07	0.09	0.10	0.12	0.13
1000	0.49	0.62	0.75	0.88	1.01	1.14	1.26	1.39	1.51	1.64	1.76	1.88	2.00	0.00	0.02	0.04	0.06	0.07	0.09	0.11	0.13	0.15	0.17
1200	0.55	0.71	0.86	1.01	1.16	1.31	1.46	1.60	1.75	1.89	2.04	2.18	2.32	0.00	0.02	0.04	0.07	0.09	0.11	0.13	0.16	0.18	0.20
1400	0.61	0.78	0.96	1.13	1.30	1.47	1.64	1.81	1.97	2.14	2.30	2.46	2.62	0.00	0.03	0.05	0.08	0.10	0.13	0.16	0.18	0.21	0.24
1600	0.65	0.85	1.05	1.24	1.43	1.62	1.81	2.00	2.18	2.37	2.55	2.73	2.90	0.00	0.03	0.06	0.09	0.12	0.15	0.18	0.21	0.24	0.27
1800	0.69	0.91	1.13	1.34	1.56	1.77	1.97	2.18	2.38	2.58	2.78	2.97	3.17	0.00	0.03	0.07	0.10	0.13	0.17	0.20	0.24	0.27	0.30
2000	0.73	0.97	1.21	1.44	1.67	1.90	2.12	2.35	2.57	2.78	2.99	3.20	3.41	0.00	0.04	0.07	0.11	0.15	0.19	0.22	0.26	0.30	0.34
2200	0.76	1.02	1.28	1.53	1.78	2.02	2.26	2.50	2.74	2.97	3.19	3.42	3.64	0.00	0.04	0.08	0.12	0.16	0.21	0.25	0.29	0.33	0.37
2400	0.79	1.07	1.34	1.61	1.88	2.14	2.39	2.65	2.89	3.14	3.38	3.61	3.84	0.00	0.04	0.09	0.13	0.18	0.22	0.27	0.31	0.36	0.40
2600	0.81	1.11	1.40	1.69	1.97	2.24	2.51	2.78	3.04	3.29	3.54	3.78	4.02	0.00	0.05	0.10	0.15	0.19	0.24	0.29	0.34	0.39	0.44
2800	0.83	1.14	1.45	1.75	2.05	2.34	2.62	2.90	3.17	3.43	3.69	3.94	4.18	0.00	0.05	0.10	0.16	0.21	0.26	0.31	0.37	0.42	0.47
3000	0.84	1.17	1.49	1.81	2.12	2.42	2.72	3.00	3.28	3.55	3.81	4.07	4.31	0.00	0.06	0.11	0.17	0.22	0.28	0.34	0.39	0.45	0.50
3200	0.85	1.19	1.53	1.86	2.18	2.49	2.80	3.09	3.38	3.66	3.92	4.18	4.42	0.00	0.06	0.12	0.18	0.24	0.30	0.36	0.42	0.48	0.54
3400	0.85	1.21	1.56	1.90	2.24	2.56	2.87	3.17	3.46	3.74	4.01	4.26	4.50	0.00	0.06	0.13	0.19	0.25	0.32	0.38	0.44	0.51	0.57
3600	0.85	1.22	1.59	1.94	2.28	2.61	2.93	3.23	3.52	3.80	4.07	4.32	4.56	0.00	0.07	0.13	0.20	0.27	0.34	0.40	0.47	0.54	0.61
3800	0.84	1.23	1.60	1.96	2.31	2.65	2.97	3.28	3.57	3.85	4.11	4.36	4.58	0.00	0.07	0.14	0.21	0.28	0.36	0.43	0.50	0.57	0.64
4000	0.83	1.22	1.61	1.98	2.33	2.67	3.00	3.31	3.60	3.87	4.13	4.38	4.58	0.00	0.07	0.15	0.22	0.30	0.37	0.45	0.52	0.60	0.67
4200	0.81	1.22	1.61	1.99	2.35	2.69	3.01	3.32	3.61	3.87	4.12	4.34	4.54	0.00	0.08	0.16	0.24	0.31	0.39	0.47	0.55	0.63	0.71
4400	0.78	1.20	1.60	1.98	2.35	2.69	3.01	3.31	3.59	3.85	4.08	4.29	4.47	0.00	0.08	0.16	0.25	0.33	0.41	0.49	0.58	0.66	0.74
4600	0.75	1.18	1.58	1.97	2.33	2.68	3.00	3.29	3.56	3.80	4.02	4.21	4.37	0.00	0.09	0.17	0.26	0.34	0.43	0.52	0.60	0.69	0.77
4800	0.72	1.15	1.56	1.95	2.31	2.65	2.96	3.25	3.50	3.73	3.93	4.09	4.23	0.00	0.09	0.18	0.27	0.36	0.45	0.54	0.63	0.72	0.81
5000	0.67	1.11	1.53	1.91	2.27	2.61	2.91	3.19	3.43	3.64	3.81	3.95	-	0.00	0.09	0.19	0.28	0.37	0.47	0.56	0.65	0.75	0.84
5200	0.63	1.07	1.48	1.87	2.23	2.55	2.84	3.10	3.33	3.51	3.66	-	-	0.00	0.10	0.19	0.29	0.39	0.49	0.58	0.68	0.78	0.88
5400	0.57	1.02	1.43	1.81	2.16	2.48	2.76	3.00	3.20	3.36	-	-	-	0.00	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.61	0.71	0.81	0.91
5600	0.51	0.96	1.37	1.75	2.09	2.39	2.65	2.87	3.05	3.18	-	-	-	0.00	0.10	0.21	0.31	0.42	0.52	0.63	0.73	0.84	0.94
5800	0.44	0.89	1.30	1.67	2.00	2.28	2.53	2.72	2.87	-	-	-	-	0.00	0.11	0.22	0.33	0.43	0.54	0.65	0.76	0.87	0.98
6000	0.37	0.81	1.21	1.57	1.89	2.16	2.38	2.55	-	-	-	-	-	0.00	0.11	0.22	0.34	0.45	0.56	0.67	0.79	0.90	1.01





## Leiten | Motor a explosión 6,5 hp • Honda GX200

**HONDA****Especificaciones técnicas**

	<b>POTENCIA</b>	6,5 hp
	<b>DIMENSIONES</b>	321x376x346 mm • (13x15x14 in)
	<b>PESO SECO</b>	16,1 kg • (35,5 lbs)
	<b>ARRANQUE</b>	Manual
	<b>COMBUSTIBLE</b>	Nafta de 86 octanos o superior
	<b>TANQUE COMBUSTIBLE</b>	3.1 lt
	<b>POTENCIA NETA MÁX.</b>	4,1 kW @ 3.600 rpm
	<b>TORQUE NETO MÁX.</b>	12,4 Nm @ 2.500 rpm

**Anexo XV.**

**Tema:** Fotografías de la construcción de la maquina trilladora de amaranto

**1 de 8**

**A.** Cilindro hueco, parte del cilindro trillador.



**B.** Construcción del cilindro trillador.



**Anexo XV.**

**Tema:** Fotografías de la construcción de la maquina trilladora de amaranto

**2 de 8**

**C.** Trazo de elementos de lámina de tol.



**D.** Cincelado de la lámina del sacapajas.

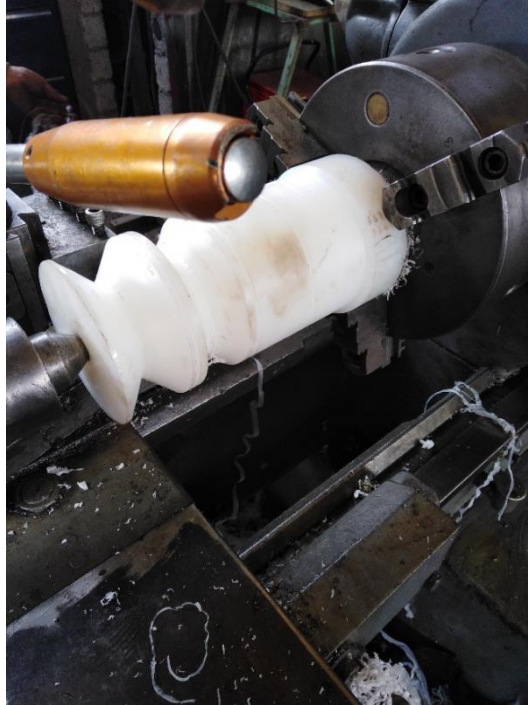


**Anexo XV.**

**Tema:** Fotografías de la construcción de la maquina trilladora de amaranto

**3 de 8**

**E.** Torneado de las ruedas del sacapajas.



**F.** Construcción de la parrilla.



**Anexo XV.**

**Tema:** Fotografías de la construcción de la maquina trilladora de amaranto

**4 de 8**

**G.** Corte de la tubería de la estructura.



**H.** Construcción de la estructura de la máquina.



**Anexo XV.**

**Tema:** Fotografías de la construcción de la maquina trilladora de amaranto

**5 de 8**

**I.** Montaje de las contramuelas en la estructura de la máquina.



**I.** Ensamblaje de los elementos de la máquina trilladora.



**Anexo XV.**

**Tema:** Fotografías de la construcción de la maquina trilladora de amaranto

**6 de 8**

**J.** Montaje del sacapajas en la estructura de la máquina.



**K.** Ensamblaje del soporte de la máquina.



**Anexo XV.**

**Tema:** Fotografías de la construcción de la maquina trilladora de amaranto

**7 de 8**

**L.** Ensamblaje total de los elementos.



**M.** Pintado de la máquina.





<b>Anexo XV.</b>	<b>Tema:</b> Fotografías de la construcción de la maquina trilladora de amaranto	<b>8 de 8</b>
------------------	--	---------------

**N.** Maquina trilladora terminada, entrega de la máquina.



### **ANEXO XVI. PLANOS**

En el siguiente anexo se detallan los planos de conjunto, de ensamble y de cada uno de los elementos que conforman la máquina trilladora de amaranto que fue diseñada y construida mediante el procedimiento previamente descrito en la presente propuesta tecnológica.