



**Diseño de un Prototipo de Desgranadora para Cacao de 130 kg/h en Fincas
Menores a 3 Ha de Gigante (Huila)**

Felipe Cárdenas Prada

20451718429

Sergio Alejandro Molano Romero

20451718666

Universidad Antonio Nariño

Programa Ingeniería Mecánica

Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica

Neiva, Colombia

2021

**Diseño de un Prototipo de Desgranadora para Cacao de 130 kg/h en Fincas
Menores a 3 Ha de Gigante (Huila)**

Felipe Cárdenas Prada

Sergio Alejandro Molano Romero

Proyecto de grado presentado como requisito parcial para optar al título de:

Ingeniero Mecánico

Director (a):

Msc Ing. Martha Lucia Solano

Línea de Investigación:

Research in Energy and Materials REM.

Universidad Antonio Nariño

Programa Ingeniería Mecánica

Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica

Neiva, Colombia

2021

NOTA DE ACEPTACIÓN

El trabajo de grado titulado

_____ ,

Cumple con los requisitos para optar

Al título de _____ .

Firma del Tutor

Firma Jurado

Firma Jurado

Neiva, 2 de noviembre de 2021.

Contenido

	Pág.
Lista de Figuras.....	VIII
Lista de tablas.....	X
Lista de Símbolos y Abreviaturas.....	XI
Preliminares.....	XIII
Resumen.....	13
Abstract.....	14
Introducción	15
Capítulo 1: Marco Referencial	24
1.1. Estado del arte	24
1.2. Características de la fruta	31
1.3. Proceso	35
1.4. Estado actual	35
Capítulo 2: Marco Teórico	39
2.1. Métodos de desgranado.....	39
2.2. Matriz morfológica para selección de prototipo	40
2.2.1. <i>Pesos por factor</i>	41
2.2.2. <i>Escala de evaluación</i>	42
Capítulo 3: Caracterización mecánica estándar de máquinas desgranadoras de cacao.....	43
3.1. Eje.....	43
3.2. Cadena.....	44
3.3. Rodamientos de rodillos cilíndricos.....	46
3.4. Chasis o sistema estructural	46

3.5.	Motorreductor.....	47
3.6.	Tolva.....	48
3.7.	Sistema de corte de frutas.....	48
3.8.	Desarrollo conceptual.....	49
3.8.1.	<i>Requerimientos</i>	49
3.8.2.	<i>Alternativas</i>	50
3.8.3.	<i>Cruce de criterios</i>	54
3.8.4.	<i>Definición del concepto</i>	57
3.8.5.	<i>Materiales para el diseño del concepto</i>	58
3.8.6.	<i>Costos promedio prototipo</i>	60
Capítulo 4: Cálculos y diseño.....		61
4.1.	Transmisión por correa y poleas	61
4.1.1.	<i>Distancia entre Ejes de Poleas</i>	65
4.1.2.	<i>Longitud de la correa</i>	66
4.1.3.	<i>Velocidad lineal de la correa</i>	67
4.2.	Cálculo del Eje	67
4.3.	Cálculo eje tractor de la banda	71
4.4.	Cálculo eje tensor del cilindro.....	73
Capítulo 5: Simulación		76
5.1.	Tensión en la estructura.....	76
5.2.	Análisis de desplazamiento	77
5.3.	Factor de seguridad	78
5.4.	Análisis de Fatiga Cuchilla	79
5.5.	Análisis de Fatiga Chasis	81
Conclusiones		84
Recomendaciones		85
Anexos		87
Referencias Bibliográficas.....		92

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1-1.Fruta y semilla de cacao	31
Figura 1-2.Corte de mazorca y desgranado	36
Figura 3-1. Variables de velocidad del eje.....	43
Figura 3-2.Componentes de una cadena	44
Figura 3-3.Esquema de una transmisión por cadena	45
Figura 3-4.Rodamiento de una hilera de rodillos cilíndricos de diseño N (Básico).....	46
Figura 3-5.Chasis rectangular	47
Figura 3-6.Tipos de cuchillas de disco empleadas en máquinas desgranadoras para corte de fruta	49
Figura 3-7: Bosquejo de prototipo inicial como concepto de diseño.....	57
Figura 4-1. Selección de factor de servicio k.....	63
Figura 4-2. Tabla de relación R.P.M Y factor de servicio para selección de correa	64
Figura 4-3. Diagrama de cuerpo libre del eje	69
Figura 4-4. Diagrama de cuerpo libre del eje tractor	72
Figura 4-5. Diagrama de cuerpo libre eje tensor.....	74
Figura 5-1. Chasis Desgranadora de cacao.	76
Figura 5-2. Análisis de tensión.	76
Figura 5-3.Análisis de desplazamiento en la estructura.....	78
Figura 5-4.Análisis de factor de seguridad.	79
Figura 5-5. Parametrización carga para Análisis de fatiga.....	80
Figura 5-6. Fatiga por tensión de la cuchilla.....	80

Figura 5-7. Desplazamiento por fatiga de la cuchilla.	81
Figura 5-8. Parametrización de carga para análisis de fatiga en chasis.	82
Figura 5-9. Fatiga por tensión del chasis.	82
Figura 5-10. Desplazamiento por fatiga de la cuchilla	83

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 1-1. Promedios de medidas de la fruta y semilla	32
Tabla 1-2. Geometría de las semillas muestra 1	33
Tabla 1-3. Geometría semilla muestra 2	34
Tabla 1-4. Estado actual proceso desgranado en municipio de Gigante (Huila)	37
Tabla 1-5. Tecnologías comerciales de máquinas desgranadoras	38
Tabla 2-1. Métodos de desgranado	39
Tabla 2-2. Peso factores de decisión	41
Tabla 2-3. Criterios de evaluación	42
Tabla 3-1. Caracterización de factores según sistema propuesto	53
Tabla 3-2. Matriz de consolidación de evaluación factores	54
Tabla 3-3. Cuadro de valoración de aspectos en alternativas	56
Tabla 3-4. Costos estimados fabricación prototipo	60

Lista de Símbolos y Abreviaturas

Símbolos con letras latinas

Símbolo	Término	Unidad SI	Definición
A	Área	m^2	πr^2
F	Fuerza	$N.m$	M^*a
N	Normal	$N. m$	
RPM	Revoluciones por minuto	V/min	n/t
D	Diámetro	r	$2r$

Símbolos con letras griegas

Símbolo	Término	Unidad SI	Definición
μ_r	coeficiente de pérdida de potencia del sinfín corona (0.65)	$\frac{m^2}{g}$	
μ_r	coeficiente de pérdida de potencia del sinfín corona (0.65)	1	
μ_c	coeficiente de pérdida de potencia de piñón y cadena	1	
Me	Momento equivalente	1	
P_c	Potencia corregida de cálculo	1	
D_W	Diámetro primitivo		

Subíndices

Subíndice	Término
fs	Factor de seguridad
σ	Esfuerzo del material
V_t	Velocidad tangencial
i	Relación de transmisión
E	Experimental

Abreviaturas

Abreviatura Término

<i>kg</i>	Kilogramos
<i>g</i>	Fuerza de gravedad
<i>gr</i>	Gramos
<i>mm</i>	milímetros

Preliminares

(Dedicatoria)

A Dios por darme perseverancia y sabiduría para lograr esta meta tan importante en mi formación profesional.

A mi madre que desde el cielo me cuida y me protege, gracias por su apoyo angelical e incondicional que me brindo durante todo este proceso universitario, por ser quien estuvo ahí para darme ánimos y poder lograr cada una de mis metas.

Felipe Cárdenas Prada

A Dios por ser mi principal guía y apoyo en mi vida y todo este proceso, brindándome la fuerza necesaria para lograr cumplir esta meta soñada.

A mi padre Jael Molano Avila, a mi madre Erika Romero Falla, por haberme brindado todo el apoyo y la motivación durante esta etapa tan importante en mi vida, los amo demasiado.

Sergio Alejandro Molano Romero

Agradecimientos

Queremos de antemano, dar un agradecimiento sincero a nuestra directora de tesis la Msc Ing. Martha Lucia Solano por su dedicación y aporte técnico, conceptual a este proyecto de investigación; por su paciencia y por estar siempre pendientes de nosotros; a la Universidad Antonio Nariño por permitirnos ser parte de esta gran familia, por educarnos, por darnos conocimiento, por enseñarnos una parte de la realidad que se vive a nivel profesional, la cual se construye desde una mirada educativa.

Resumen

El cacao es un cultivo de alta incidencia en el municipio de Gigante (Huila); es un producto de exportación; el proceso de desgranado es manual; para mejorar esta problemática, se diseñó un prototipo de desgranadora para Cacao de 130 kg/h en fincas menores a 3 Ha de Gigante (Huila); la metodología aplicada es la de Ulrich & Eppinger, la cual comprende 3 fases (Identificación criterios, diseño y Simulación); los resultados fueron el diseño de un prototipo de máquina desgranadora con un monochasis en acero AISI 410; un sistema de transmisión de potencia con un motor de 3hp a 1800 R.P.M, un mono chasis, cuyo esfuerzo máximo soportado es de 78 MPa, empleando para el desgranado un método centrífuga. Se concluye que el prototipo establecido, según condiciones de tensión, desplazamiento y factor de seguridad cumple, lo que la hace confiable y funcional para el desgranado.

Palabras clave: Cacao, desgranado, Fuerza de corte, potencia.

Abstract

Introduction: Cocoa is a high incidence crop in the municipality of Gigante (Huila); it is an export product; the processes related to harvesting and shelling are manual. Objective: To design a prototype of a 130 kg/h cocoa shelling machine for farms of less than 3 ha in Gigante (Huila). Materials and methods: Taken from Ulrich & Eppinger, it comprises 3 phases (Identification criteria, design and Simulation). Results: A prototype of a shelling machine was designed with a monochassis in AISI 410 steel. A power transmission system with a 3hp motor at 1800 R.P.M and whose maximum supported effort is 78 MPa, using for shelling a centrifugal method. Conclusions: The Prototype established according to the load conditions to which it will be subjected is below the limits of stress, displacement and safety factor, which makes it reliable and functional for shelling.

Key words: Cocoa, shelling, shear force, power.

Introducción

El siguiente proyecto de investigación refiere al tema de “Diseño de un Prototipo de Desgranadora para Cacao de 130 kg/h en Fincas Menores a 3 Ha de Gigante (Huila)”.

En América, el cacao se cultiva desde México hasta Brasil; este último es el más importante en área sembrada, ya que representa el 40% del total de la región; los países que le siguen en cantidad de hectáreas sembradas son Ecuador (24%), Colombia (9%), República Dominicana (9%), Perú (6%) y Venezuela (4%) (INAP, 2019).

El cacao en su mayoría es exportado como materia prima para la elaboración de chocolates; a nivel regional durante el 2020, el Huila produjo 4.197 toneladas de cacao, lo cual representa un aumento del 3,4% en su producción anual frente al consolidado del 2019, cuando el departamento totalizó 4.051 toneladas (Diario la nacion del Huila, 2020).

El Huila aportó con un 7% a ese total nacional y continúa siendo uno de los departamentos con mayor participación; se ubica quinto, después de Santander (26.315 toneladas), Antioquia (5.974 toneladas), Arauca (5.082 toneladas), y Tolima (4.312 toneladas) (Diario la nacion del Huila, 2020).

El cacao es un árbol que puede alcanzar una altura de 6 a 8 m, posee un sistema radicular principalmente pivotante el cual busca las capas inferiores del suelo hacia los mantos freáticos, posee a la vez raíces primarias y secundarias que crecen horizontalmente, con respecto a la fruta o drupa; generalmente se le conoce como mazorca (CATIE, 2011).

El tamaño y la forma dependen en gran medida de las características genéticas de la planta, el medio ambiente, así como el manejo de la plantación; El fruto es una baya

grande denominada mazorca, de forma ovoide, de unos 25 centímetros de largo por 15 centímetros de ancho, aproximadamente; una vez madura la fruta se inicia el proceso de recolección para luego ser desgranado para su posterior fermentación, secado y venta (GEM, 2008).

El corte de las frutas debe ser transversal y sobre una plataforma de corte sin filo, este es un método seguro para el productor, ya que evita que se dañe el grano el cual puede ser susceptible a la infección por hongos y a contribuir con la seguridad del recolector (NUTRESA, 2019) (Alcantara V, Nogueira, & Pereira, 2014); de igual forma el desgranado consiste en extraer el grano y su importancia radica en que al no separar la placenta o vaina de los granos, se da lugar a granos aglomerados (múltiples) que dificultan el secado, además, se pierde tiempo para la separación de éstos granos y origina una pérdida de calor en la masa en fermentación y por ende la pérdida del mismo (Nogales, 2020).

Dentro de los métodos para desgranados empleados, está el manual, cuyo corte se realiza mediante herramientas cortopunzantes, ejemplo de estas son los cuchillos, machetes o herramientas fijas filosas en donde se lleva la fruta por golpe mecánico contra la cara de hoja afilada, el desgrane se realiza de forma manual empuñando la mano sobre la vaina del cacao y ejerciendo una fuerza de deslizamiento para desprender el grano de la vaina de la fruta o mazorca (Consumer, 2012).

El corte circular con cortadora Eléctrica, es usada para cortar todo tipo de productos como por ejemplo frutas, vegetales, queso, nueces, etc., su proceso es de forma

circular, pero puede llegar a realizar diferentes formas de corte, ya sea tipo cubo, rebanadas, triturar o rallar; utilizan un motor eléctrico de ½ hp de potencia.

De acuerdo a la evolución de este tipo de equipos o herramientas empleadas para dicha tarea, algunas de los antecedentes relacionados con máquinas diseñadas para pelado de cacao describen las siguientes características, como el caso de Castilla, (2018), quien diseño y construyo una máquina quebradora de mazorcas de cacao como se indica en la figura 6, cuyas características es la de tener un sistema de alimentación de 1357 kg/h en mazorcas de cacao y haciendo un separado promedio de 475 kg/h de granos de cacao, con una eficiencia global de un 75% y un costo operativo de 8 horas de S/ 150.00 a condiciones normales, construido de material de acero inoxidable (contacto con el cacao) y acero (estructura), principalmente actuado por un motor a gasolina ya que en el campo no se cuenta con fluido eléctrico, con sistema de transmisión de una caja reductora de salida de 60 RPM, conectadas con engranajes y poleas que hacen posible el movimiento de la banda transportadora, discos de corte y el trómel, con un peso total aproximado de 450 kg, con llantas incorporadas para su fácil traslado; el costo de la máquina es superior a los 12 millones (Yucra C, 2018)

Rosero (2008), diseño y construyo una máquina separadora para semilla de cacao como se muestra en la figura 7, El prototipo diseñado comprende un sistema de alimentación mediante banda transportadora la cual conduce al cacao a una cámara de pre almacenamiento en donde se realiza el corte del cacao, opera con un motor de 1,5 hp mediante una fuente de alimentación eléctrica, pesa 525 kg y es ideal para procesos industrializados: el costo de la máquina es mayor a 9 millones. (Rosero L, 2019)

Ochoa (2015). la máquina dispone de un sistema de alimentación con forma de tolva, con movimiento intermitente propio que ayuda a la disposición del fruto dentro del dispositivo de corte, y se encuentra perpendicular a la posición del tambor; con una transmisión de potencia que implementa el centrífugado como forma principal de separación , a partir de piñones y cadenas que generan la relación de movimiento; el tambor con diseño hexagonal realiza el proceso de separación del fruto luego de ser cortado; continuo a esto, la salida del sistema está dividida en dos secciones, la primera es una superficie laminar inclinada que recibe únicamente las semillas, se encuentra localizada bajo toda la sección del tambor, la segunda sección es el extremo final del cilindro por donde se retira la cáscara del sistema como se indica en la figura 8; el costo de esta máquina es mayor a 14 millones (Ochoa, 2015).

A nivel nacional se han realizado desarrollos de prototipos de máquinas Separadoras como la propuesta por Parra & Calderón (2018), los cuales diseñaron y construyeron un prototipo de máquina para la obtención de semillas de cacao a partir del despulpado del fruto y la separación de sus componentes como se indica en la figura 9; los costos de este tipo de equipos son mayores a 15 millones (Agamez P, 2020).

La problemática tratada plantea entonces al cacao como uno de los cultivos con mayor número de actividades manuales realizadas desde su proceso de siembra, comparado con cultivos como el café en donde las tecnologías desarrolladas son amplias por ser el producto de mayor exportación en Colombia; de acuerdo con el SIR (Huila), se estima que más del 80 % de los productores del departamento son pequeños productores (> 3 Ha), los cuales se concentran en los municipios de Gigante, Garzón y La Plata; las

prácticas del cultivo son de tipo tradicionales, ya que los procesos de recolección, desgranado y secado son de forma manual (SIR (Huila), 2019).

Para realizar el proceso de desgranado, se debe hacer previamente un corte de la fruta para luego retirar el grano; esta actividad la realizan los mismos trabajadores que hacen la recolección, al final de la tarde, el procedimiento incluye la fractura de la fruta mediante un corte por herramienta cortopunzantes; es decir la fuerza ejercida es regulada por el operador; una vez se da este paso, el trabajador toma el racimo de granos que queda sobre una de las partes de la fruta partida y ejerce una presión sobre esta para desgranar; ambas actividades son de carácter manual y representan un alto riesgo de cortes y amputaciones, a lo cual se suma que el estándar de tiempos estimados en la finca los cuales son del orden de 90 minutos promedio para corte y 45 minutos para el desgranado por cada 100 kg de cacao recolectado, infieren una productividad muy baja frente a los datos técnicos de Fedecacao que establece 25 min por cada 125 kg/ día.

Otra problemática identificada en los propietarios de la fincas, muestra que las soluciones comerciales existentes, son de alto costo (< 10 millones datos tomado de alibaba), lo que imposibilita la compra, adicional a ello son equipos de grandes dimensiones (1.5m²) y de un peso promedio de 450 kg lo que dificulta su traslado en las áreas de recolección o en su defecto obliga al mismo a tener la disponibilidad de un vehículo para su transporte; estas propuestas comerciales van dirigidas a grandes productores (<10 ha); por otro lado al no contar con equipos, los altos costos de mano de obra para la realización del proceso de recolección y la baja productividad en el desgrane

implican menos ganancia, ya que normalmente para cubrir la recolección se requieren de 20 jornales cuyo valor es de \$1.934.000

De acuerdo con el contexto anterior se formula la siguiente pregunta de investigación: ¿El diseño de un prototipo de máquina desgranadora puede disminuir los tiempos de proceso y aumentar la producción del grano para el proceso de desgranado, y a su vez mitigar los riesgos de contaminación del producto, de seguridad y optimizar los costos de mano de obra vs el costo promedio esperado de 5 millones del mismo?

Para poder desarrollar este proyecto se definió como objetivo general “Diseñar un prototipo de desgranadora para Cacao de 130 kg/h en fincas menores a 3 Ha de Gigante (Huila)”; de acuerdo con lo anterior este objetivo se compone de unos objetivos específicos los cuales comprenden:

- Determinar los criterios de diseño de la máquina.
- Diseñar los elementos y seleccionar los materiales que componen el prototipo.
- Simular en el Software Autodesk Inventor versión 2021, el comportamiento chasis de la máquina, a nivel estático y dinámico de fatiga cuando es sometida a cargas máximas.

Este proyecto es necesario ya que como se identificó, las tecnologías actuales son costosa y están dirigidas a productores con fincas mayores a 3 ha, lo cual deja por fuera del alcance, una posible adquisición por parte del pequeño productor.

A esto se suma que más del 80 % de las unidades productivas o fincas que componen el departamento y el municipio de gigante son pequeños productores, por lo tanto, este proyecto puede servir como una opción de mejora de su proceso de desgranado, optimizando la demanda y costo de mano de obra y por ende la venta del mismo al tener un mayor volumen de grano seco para comercialización.

Desde el punto de vista técnico el proyecto plantea pasar de 100 Kg/2,25 h para corte y desgranado a 135 kg /hora lo que equivale a una reducción del 55% en el tiempo y un aumento del 35% en la productividad de grano, lo cual es representativo para los dueños de las fincas de la zona.

Modificar los sistemas tradicionales empleados para el corte y desgranado de la semilla de cacao, implica un desafío en cuanto al cambio de pensamiento del pequeño productor, ya que siempre asocia máquinas o tecnología a costos elevados; por otro lado implica un desafío y una oportunidad simultanea para poner al servicio el conocimiento teórico-práctico del ingeniero mecánico; ya que esta propuesta no solo impacta a una sola persona, sino a todas aquellas familias que tienen menos de tres hectáreas de tierra y que ven el cacao como única y gran fuente de ingreso.

La ventaja del prototipo propuesto consiste en que emplea un método de corte mecánico para aumentar la capacidad de desgrane (35% más de kg/día), un equipo proyectado con un menor costo de adquisición el cual puede estar por el orden de los 5 millones, de menor peso (>200 kg) para poder movilizarlo en las áreas de recolección.

Este proyecto se encuentra enmarcado en la línea de investigación de “Research and Energy Materials-REM; la metodología empleada para el desarrollo del proyecto, es la

de fases, la cual fue sugerida por Ulrich & Eppinger (2013), y que relaciona los siguientes pasos mostrados a continuación las cuales de definen a continuación (4):

Fase 1: Criterios de diseño

Se pretende establecer las Características de producción, así como las físicas y mecánicas del grano de cacao, los criterios normativos del proceso, el estado del arte sobre Métodos de desgranado y proponer alternativas de funcionamiento, así como la estandarización de criterios.

Fase 2: Diseño

Comprende la realización de Bosquejos, definición de la alternativa escogida, así como el diseño al detalle del prototipo, el estudio ergonómico de seguridad del prototipo, el diseño de planos, la definición mecanismos y sistemas operación y la definición de variables (potencia requerida, cap. Producción/ h, Fuerza de corte, esfuerzo máximo, desplazamiento máximo, factor de seguridad, velocidad de transmisión de potencia, torque) y el análisis dinámico y estático (método Von Mises)

Fase 3: Simulación

Para realizar la simulación se empleará el software Autodesk Inventor versión 2021; comprende el análisis de esfuerzo máximo para los elementos, desplazamiento máximo, factor de seguridad y el análisis de fatiga y vibración

Con el desarrollo de este trabajo se planea conseguir un documento técnico y científico, que permita al lector entender y tomar conceptos técnicos y teóricos para el diseño de nuevas propuestas; así como aumentar la productividad de proceso de

desgranado en cuanto a la reducción de tiempos y aumento de kg procesados, las memorias de cálculo, el diseño de un prototipo funcional, una propuesta de bajo costo, que se ajuste a las condiciones de los productores de la zona y la integración del conocimiento teórico práctico, de tal forma que pueda validarse en la solución de la problemática analizada.

El documento desarrollado se compone de 4 capítulos, los cuales contienen el capítulo 1 en donde se tiene programado establecer la caracterización de la fruta, del proceso y del estado actual, el capítulo 2 que describe el concepto de diseño a partir del uso de la matriz morfológica, cálculo de variables y elaboración de planos, el capítulo 3 en donde se tiene programado el uso de simulación para establecer el comportamiento del esfuerzo, desplazamiento máximo y el factor de seguridad del diseño cuando se someten a cargas, así como los análisis de fatiga y vibración del mismo; el capítulo 4 contiene las conclusiones y recomendaciones de la propuesta.

Capítulo 1: Marco Referencial

El capítulo presentado a continuación contiene una breve descripción del estado del arte del tema de investigación, así como la caracterización de la fruta, del proceso y el estado actual del desgranado de cacao; de acuerdo con lo anterior los siguientes epígrafes desarrollan dichos elementos

1.1.Estado del arte

El cultivo de cacao a nivel nacional sigue siendo en sus actividades de cosecha de carácter manual; el desgranado no es la excepción y a través del tiempo en diferentes países se han desarrollado tecnologías que han llevado a un proceso evolutivo del proceso en países desarrollados; sin embargo, no todas estas prácticas aplican a la realidad de los sistemas productivos a nivel nacional.

Toapanta Et Al (2008), desarrollaron una investigación sobre el diseño de una máquina separadora de semilla de cacao; para ello los autores evaluaron alternativas de corte y separado con cuchillas rectas y cuchillas circulares, obteniendo mejores resultados con las de tipo rectas ya que este diseño cuenta con un sistema de alimentación por banda transportadora la cual códice la fruta al final en donde se encuentra una antecámara de corte; una vez cortada la fruta cae a una canaleta en donde se sujetará por un anillo que contiene un cono de extracción, el cual retira la semilla, depositándola en un tanque de almacenamiento (Toapanta C & Rosero L, 2008)

De igual forma Adzimah Et Al (2010), en su investigación “Design of a Cocoa Pod Splitting Machine”, plantea el diseño de una máquina cortadora de cacao, según el autor es altamente productiva, rentable, ergonómica y amigable con el medio ambiente. La máquina

se compone de unas cuchillas, las cuales son accionadas por una bomba hidráulica de lóbulos de baja potencia o hidrostáticas cuya potencia es de 87,5 kW (65,625 Hp); realizado el corte el cacao es desgranado mediante vibración del tambor horizontal, logrando un desprendimiento total del grano; el costo de esta máquina es superior a los 4500 US (Adzimah & Asiam, 2010)

Sin embargo Aliu & Ebonilu (2011), indican que romper las mazorcas de cacao para desgranar constituye actualmente una tarea difícil para los productores de cacao de Nigeria.; el método tradicional de usar madera y machete para romper las vainas no solo es laborioso y requiere mucho tiempo, sino que también es antieconómico, razón por la cual han diseñado, fabricado y probado una máquina para romper mazorcas de cacao operada eléctricamente; para su operación emplean mecanismos de rodillos los cuales decepcionan la mazorca clasificada por tamaño; aquí la fruta es cortada y por acción del giro vertical el grano es desprendido de la mazorca retirándola por la acción de fuerza centrífuga ; máquina cuyo costo es mayor a los 4.000 US y de fácil mantenimiento (Aliu & Ebonilu, 2011).

El mismo principio de desgranado se aplicó por parte de Ureña (2013), el cual elaboro una máquina para el Proceso de Desgranado de Maíz de la Costa; la máquina posee un sistema formado por un eje con placas soldadas dispuestas en forma de tornillo sin fin, un cilindro perforado alrededor de las placas genera fricción desprendiendo el maíz del zulo comúnmente llamado “tuza”, un ventilador separará el grano de los desperdicios, como resultado se obtiene maíz listo para comercializar; según el autor este mismo prototipo puede emplearse para la extracción de otras semillas cuya resistencias son altas al desprendimiento de la fruta (E & Froilan, 2013).

Sin embargo otros estudios como el de Stadler (2014), consideran que la limpieza del grano de cacao es una etapa esencial en el procesamiento del cacao y, a menudo, incluye separación de aire, vibración y una serie de tamices e imanes giratorios, en donde los granos de cacao se someten a un paso de procesamiento adicional conocido como aventado, el cual implica el secado previo o el tratamiento térmico de los granos de cacao para permitir la separación de las cáscaras de la semilla de cacao, luego las semillas de cacao se rompen en trozos grandes para separar las cáscaras de las semillas; el autor plantea que se deben asegurar las condiciones de calidad del proceso para evitar cambios en su composición (Stadler & Gentil, 2014)

Otros avances para el desgranado los desarrollaron Dakogre Et Al (2015), los cual diseñaron una máquina que parte del ingreso de la mazorca de cacao a la tolva que está montada en una cámara de trituración; esta carcasa contiene dos rodillos (rodillos de entrada y salida), los cuales son impulsados por una cadena acoplada a la transmisión principal; cuando se enciende el motor las mazorcas de cacao son forzadas por el mecanismo de rodillo y por gravedad; aquí los rodillos luego trituran las vainas y se transporta a un tamiz vibratorio en donde se separan los granos de cacao de la cáscara permitiendo que los granos de cacao penetren a través de él y la cáscara se cae del tamiz a través de un canal diferente (Dakogre, Asante, Kwofie, & Bismark, 2015).

De acuerdo con Clarke (2016), en su investigación “Cocoa Pod Splitter Assessment of Prototype and Commercial Equipment”, existen varios prototipos de separadores de semillas, los cuales presentan un alto costo y una disponibilidad de áreas adecuadas para su funcionamiento; por ende se deben buscar equipos cuyos principios mecánicos contemplen un menor consumo energético, y mayor componentes mecánicos ya que se debe considerar

que la mayoría de productores a nivel mundial son pequeños y con menor capacidad de adquisición, por ende urge soluciones más simples que hagan eficaz el proceso sin dañar las características fisicoquímicas del grano y las prácticas culturales que hoy día se han convertido en un método tradicional de trabajo (Clarke, 2016).

Unas de estas propuestas adicionales al desarrollo evolutivo del proceso la hace Owusu (2017), quien diseño una máquina sencilla fabricada en acero dulce para cortar el cacao mediante cuchillas ubicadas al interior de una cámara o tolva y accionada de forma manual; la problemática encontrada es que la fuerza imprimirá depende de la persona, por lo tanto existe una alta tasa de daño del grano si no se controla; el divisor de mazorcas rompe una mazorca a la vez, en cuanto a su diseño ergonómico, el trabajador opera de pie lo cual requiere de pausas para evitar fatigar el sistema muscular del operador. La máquina tiene un espacio de trabajo de 940 cm×700cm. Según los resultados la tasa de división fue de 259 frutas por hora y la fuerza máxima necesaria para romper una fruta fue de 10,42 kN (Owusu, 2017)

Para el mismo año Mayacela (2017), diseño y construyo una máquina para la extracción de la pulpa de cacao, este prototipo admite mazorcas de hasta 31 cm de longitud y 15 cm de diámetro, con una capacidad de procesamiento recomendada, en función de la información recopilada en las pruebas, de 8 mazorcas por minuto; la capacidad de la bandeja de almacenamiento es de 410 mazorcas, es eléctrica y posee un sistema de sensores para el accionamiento de la herramienta de corte, es un equipo de alto costo diseñado para grandes extensiones de cultivo, por ende productores (Mayacela G, 2017).

Otro aporte lo realizo Murtala Et Al (2018, quien estableció que el proceso de corte y extracción es clave para el proceso de cosecha; para ello los autores diseñaron una máquina

la cual se compone de una tolva, la unidad de depuración, el bastidor y la unidad de potencia. Su diseño y funcionamiento se basan en las propiedades mecánicas de la mazorca de cacao; de acuerdo con ello la máquina utiliza un mecanismo de impacto y compresión para las acciones de descascarillado; el mejor rendimiento de la máquina depuradora se obtuvo cuando se operó a una velocidad de 219 rpm con una capacidad de producción de 469,87 kg/h; un daño en el grano del 10,71%, y un motor eléctrico de 2 CV como motor principal (Iyanda, Alhassan, & Adekanye, 2018)

Al igual que Parra & Calderón (2018), diseñaron un prototipo de máquina desgranadora de cacao la cual se compone de un tambor cilíndrico horizontal tipo tamiz, una banda de alimentación que lleva la fruta o mazorca a los discos de corte los cuales aporten la fruta en dos y por efecto de fuerza centrífuga desprende la semilla de la pulpa, la cual cae sobre una bandeja de alimentación; todo el sistema es accionado por un tablero de control eléctrico el cual acciona el motor para iniciar el proceso; esta sistema de alimentación es manual y se debe encarrar la fruta sobre la banda (Parra T & Calderón G, Diaño y construcción de un prototipo de máquina para la obtención de semillas de cacao a partir del despulpado del fruto y la separación de sus componentes, 2018)

Para kumar Et Al (2019), el diseño de una máquina portátil de separación de granos de cacao" debe componerse de dos secciones, la cortadora y el armazón, esto permite al operador un desmonte rápido del equipo; sin embargo el problema radica en que no mejora las condiciones de productividad del desgranado, más si el uso en cualquier terreno por si fácil armado; el sistema emplea dos rodillos por los cuales pasa la fruta, en donde se fragmenta por efecto del giro en sentido contrario a las manecillas del reloj (Pavan V & Naveen, 2019).

Sin embargo a esta propuesta también se une Torres Et Al (2019), quien diseño una máquina cortadora y despulpadora de cacao con capacidad mínima de 2400 mazorcas/hora, este equipamiento agrícola, además de las características y geometría de las mazorcas y semillas de cacao.; las pruebas de funcionamiento comprobaron que el equipo cumple con los parámetros requeridos para un adecuado proceso de corte y despulpado de cacao, superando la capacidad propuesta en un inicio a 3648 mazorcas/hora, además de un bajo porcentaje de perjuicio en el total de granos procesados (torres, 2019)

Otro diseño lo realizo Ames Et Al (2019), quienes diseñaron un prototipo de diseño de descascaradora de cacao la cual cuenta con un motor reductor eléctrico que proporciona dos movimientos principales de la máquina mediante la conexión de engranajes, catarinas y cadenas, el primer movimiento principal es para el sistema de descascarillado que está conformado por dos ejes rodillos que permiten que el cacao se desplace entre estos teniendo como resultado el quiebre de la cascarilla de cacao y el desprendimiento de este gracias a una fuerza transmitida por el motor reductor a estos, existe dos reguladores de separación de los ejes-rodillos, dicha distancia varía dependiendo del tamaño del cacao ya que este no cuenta con dimensiones establecidas. El sistema de los ejes-rodillos se encuentra apoyado en chumaceras, en un extremo cuenta de un juego de engranes que hacen que giren uno hacia el otro, dichos engranajes giran mediante una transmisión de movimiento del motor reductor que se da por medio de catarinas y cadenas. El segundo movimiento que proporciona el motor reductor es a un juego biela- manivela el cual está conectado a un sistema tamizador que permite la separación según el tamaño del cacao que se encuentra sin la cascarilla, además este sistema permite la recolección del cacao descascarillado en costales (Ames P, 2019)

Así mismo Dzudie Et Al (2019), desarrollo un prototipo de máquina cuya técnica de separación de los granos y los restos de cáscara de cacao se hace mediante desprendimiento mecánico de la semilla y compresión mecánica de la fruta o mazorca, cortando los polos de la vaina, lo que facilitará el desprendimiento de los granos dentro de la vaina; de acuerdo con lo anterior era necesario que los materiales se diseñarán en acero inoxidable para evitar la oxidación producto de la fermentación de la pulpa (Dzudie, Ftatsi, & Djeumako, 2020).

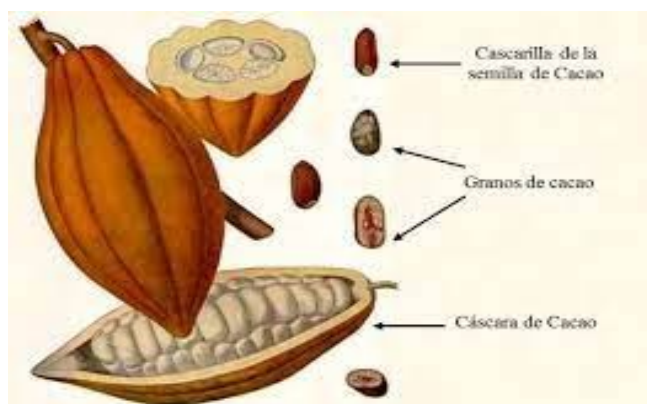
Palakkeel Et Al (2020), también desarrollo una máquina cuyo principio empleaba un sistema de succión para desprender el grano de la fruta con el objeto de secarlo y descascarillarlo; este proceso representa unos ahorros en tiempo y en costos a largo plazo, ya que este tipo de proceso no requiere de secado; el sistema es controlado por un control de mando inteligente que regula las etapas del mismos; es un equipo de alto costo para producciones masivas de grandes cosechas (Palakkeel, Narayannan, & Suresh, 2020)

Sin embargo, Bello Et Al (2021), diseñaron un prototipo de máquina que usa un principio de compresión de mazorcas contra una cuchilla estacionaria para romperla y separar las vainas de los granos. A medida que la cuchilla gira, empuja las vainas hacia la cuchilla estacionaria, que corta las vainas y las transfiere a la cámara de separación. A medida que el tambor gira, los granos se separan de las vainas a través del tamiz giratorio, mientras que la vaina sale por la salida de descarga. La máquina funciona con un motor eléctrico trifásico de 1hp. La máquina tiene un rendimiento del 36% y una capacidad de 500 kg/h (Bello & Diamond, 2021)

1.2. Características de la fruta

El tamaño y la forma dependen en gran medida de las características genéticas de la planta, el medio ambiente, así como el manejo de la plantación; El fruto es una baya grande denominada mazorca, de forma ovoide, de unos 25 centímetros de largo por 15 centímetros de ancho, aproximadamente; una vez madura la fruta se inicia el proceso de recolección para luego ser desgranado para su posterior fermentación, secado y venta (GEM, 2008). Las partes de las que se compone se indican en la Figura 1-1. Fruta y semilla de cacao

Figura 1-1. Fruta y semilla de cacao



Nota: Figura 1-1. Fruta y semilla de cacao, muestra las partes que componen la mazorca o fruta de cacao según datos de Agronet, (Agronet, 1996)

El número de mazorcas promedio por palo es de 15, en variedades nacionales mejoradas como los cultivos en el área de estudio.

Parar efectos de las medidas de la mazorca se tomaron 5 palos con un promedio de 75 mazorcas, de las cuales se tomaron de forma aleatoria, 20 frutas para el cálculo de las dimensiones como peso, largo, ancho, alto, diámetro exterior de la mazorca y diámetro

interior de la mazorca como se indica en la tabla Tabla 1-1. Promedios de medidas de la fruta y semilla, a continuación.

Tabla 1-1. Promedios de medidas de la fruta y semilla

Muestra	Peso (g)	Largo (Cm)	Ancho (Cm)	Alto (Cm)	ø Exterior (Cm)	ø Interior (Cm)
1	1635	30	12	11,5	39	23,5
2	1172	23	12	11,5	37,5	17
3	1142	23	11,5	11	35	19
4	986	25	9	11,7	37	20
5	1015	24	10,5	11,4	35	21
6	1001	27	11,7	10,89	36	22
7	870	28	12	9,7	31	18,7
8	701	21	9	9,5	30	19,6
9	815	22	8	10,4	29,5	17,8
10	870	24	9	11,5	29,2	18,9
11	950	20	11	9,5	30	20,1
12	1110	19	8	9	31	21
13	973	22,5	10,5	10,3	33,5	21
14	648	18	9	9,3	28,5	19,5
15	990	22,5	10	9,5	31,5	19,5
16	1244	25	11	10,5	34,5	18,5
17	646	20,5	9	9,3	30	18
18	920	22	9	9,4	31,7	20,4
19	299	12	8	7,5	25	13,4
20	489	20	8,5	8	26,5	17,5
μ	924	22	10	10	32	19

Nota: Tabla 1-1. Promedios de medidas de la fruta y semilla, describe las dimensiones y pesos de una muestra de 20 frutas para la caracterización de factores geométricos del proyecto necesarios para su diseño

De acuerdo con lo anterior, el peso promedio de una fruta o mazorca de cacao, es de 924 g; en cuanto a las dimensiones promedio de la mazorca según la tabla 1-1, se estima que el largo es de 22 cm, el ancho es de 10 cm y el alto es de 10 cm; estas medidas son importantes ya que permiten determinar la capacidad del cilindro y del sistema centrífugo.

Las medidas de los diámetros exterior de la mazorca, son en promedio de 32 cm y del diámetro de la misma es de 19 cm.

En cuanto a las medidas de la semilla, de acuerdo con el trabajo de campo son:

Muestra 1

Corresponde a una mazorca de 135 gr de peso con 41 semillas, de las cuales se tomaron 10 semillas de forma aleatoria, para determinar las dimensiones de peso, diámetro y largo, arrojando los siguientes resultados indicados en la Tabla 1-2. Geometría de las semillas muestra 1.

Tabla 1-2. Geometría de las semillas muestra 1

Muestra	Peso (g)	Diámetro (cm)	Largo (cm)
1	4	4	3
2	4	3,5	3
3	3	3,8	2,7
4	4	4	3,3
5	3	4,3	3
6	4	5	3,2
7	3	4	2,5
8	4	3,9	3
9	4	4,1	3
10	3	3,7	2,8
Promedio	3,6	4,0	3,0

Nota. La Tabla 1-2. Geometría de las semillas, muestra la media aritmética de una semilla de cacao, la cual es de 3,6 g, el diámetro es de 4,0 y el largo de 3 cm.

Muestra 2

Corresponde a una mazorca de 125 g, con 46 semillas de las cuales se tomaron de forma aleatoria 11 semillas, arrojando los siguientes resultados:

Tabla 1-3.Geometría semilla muestra 2

Muestra	Peso (g)	Diámetro (cm)	Largo (cm)
1	4	4,1	3
2	4	3	3
3	3	3,9	2,8
4	3	3,7	3,2
5	4	4	3
6	3	4	2,9
7	4	4,2	3,1
8	4	3,7	2,9
9	4	4,1	3
10	3	3,6	2,7
11	3	3,9	3
Promedio	3,5	3,8	3,0

Nota. La Tabla 1-3.Geometría semilla muestra 2, muestra la media del peso de una semilla de cacao a partir de una muestra de 11 semillas, la cual es de 3,5 g, el diámetro es de 3,8 y el largo de 3 cm.

En cuanto a las propiedades mecánicas se tienen:

Resistencia a la rotura: De acuerdo con estudios realizados a nivel experimental por Parra & Quevedo (2018), quienes emplearon un método experimental basados en donde se llevó a cabo una prueba de fuerza cortante sobre 20 mazorcas de cacao en la máquina Universal de Ensayos Serie UH-A C, a la cual se le acoplo una cuchilla de acero inoxidable con resorte, para simular el corte, el cual era medido en unidades de Newton, arrojo que la fuerza promedio necesaria que se debe imprimir, es de 512 N para un peso promedio de 1 kg (Parra T & Calderón G, Diseño y construcción de un prototipo de máquina para la obtencio de semillas de cacao a partir del despulpado del fruto y la separació de sus componentes, 2018).

1.3. Proceso

El proceso de extracción de la semilla consta de tres partes fundamentales; la primera parte es la recolección y almacenamiento temporal de la fruta o mazorca; actividad que da inicio al proceso de cosecha o recolección para su posterior etapa.

La segunda etapa constituye el corte de la mazorca, el cual se realiza mediante un machete a través de un corte longitudinal para abrir la mazorca.

La tercera etapa constituye el desgrane de la semilla, la cual se efectúa manualmente mediante una fuerza de arrastre sobre la cavidad de la mazorca de tal forma que permite el desprendimiento de la semilla hasta llevarla al depósito o balde para su almacenamiento y posterior fermentación y secado.

1.4. Estado actual

El corte de las frutas actualmente se hace de forma transversal y sobre una plataforma de corte sin filo como se indica en la figura 1-2, este es un método seguro para el productor, ya que evita que se dañe el grano el cual puede ser susceptible a la infección por hongos y a contribuir con la seguridad del recolector (NUTRESA, 2019) (Alcantara V, Nogueira, & Pereira, 2014); de igual forma el desgranado consiste en extraer el grano y su importancia radica en que al no separar la placenta o vaina de los granos, se da lugar a granos aglomerados (múltiples) que dificultan el secado, además, se pierde tiempo para la separación de éstos granos y origina una pérdida de calor en la masa en fermentación y por ende la pérdida del mismo (Nogales, 2020).







Figura 1-2.Corte de mazorca y desgranado



Nota: La Figura 1-2.Corte de mazorca y desgranado ilustra la actividad que se realiza una vez cosechada la mazorca, al final del turno se realiza el corte y desgranado para lo cual se emplea una plataforma filosa.

De acuerdo a visita de campo realizada en la zona de desarrollo del proyecto se identificaron las siguientes prácticas relacionadas en la Tabla 1-4.Estado actual proceso desgranado en municipio de Gigante (Huila):

Tabla 1-4. Estado actual proceso desgranado en municipio de Gigante (Huila)

ítem	Finca	Evidencia	Área cosechada (Ha)	Kg/día	Corte	tiempo corte	Desgranado	Tiempo desgrane	observaciones
1	EL Retiro		2,5	125	Machete	95	A mano	50	pagan jornales adicionales por corte, se suma tiempo de transporte a casa de la finca cuando se hace esta operación en el cultivo
2	Villa isabela		3	120	Machete	80	A mano	40	corte profundo por machete
3	Los almendros		3	90	Machete	75	A mano	35	tiempos largos para venta de cacao seco
4	Casa blanca		7	25	Cortador de filo fijo	40	Manual	20	contaminación ambiental
5	La delicia		4	145	Machete	120	Manual	60	contaminación, tiempos largos de actividades de corte y extracción
6	La dulce		2	100	Machete	90	Manual	45	daño de semilla
7		Entrevista dueño	2	75	Machete	85	Manual		daño de semilla
8		Entrevista dueño	2,8	60	Machete	70	Manual		costos elevados en jornales recolección
9		Entrevista dueño	3,5	105	Machete	40	Manual		Equipos muy costosos para el proceso a pequeños productores
10		Entrevista dueño	2	120	Machete	50	Manual		costos elevados en jornales recolección
Promedios			3	97		75		42	

Nota: Visita de campo que recoge el estado del proceso en 10 fincas cuyas de siembra van de 2 a 7 Ha

En cuanto a las tecnologías actuales empleadas a nivel comercial para realizar el proceso de corte y desgranado se tienen las indicadas en la Tabla 1-5. Tecnologías comerciales de máquinas desgranadoras.

Tabla 1-5. Tecnologías comerciales de máquinas desgranadoras

Máquina desgranadoras comerciales	Precio (COP)	Capacidad	Peso	Máquina	Fuente
Indonesia 25Kg Cacao en polvo a pequeña escala Línea de maquinaria Planta de equipos Máquinas de procesamiento de cacao para cacao	10'812.720	100-500 kg / h	630 kg		https://www.alibaba.com
Línea de procesamiento de granos de cacao a pequeña escala Línea de producción de cacao Máquina para fabricar polvo de cacao para procesar cacao	10'812.720	200 kg / h	400 kg		
Máquina de rotura de mazorca de cacao fresco Separador de mazorca de cacao Peladora	18'021.200	800 kg / h	500 kg		

Nota: Tabla 1-5. Tecnologías comerciales de máquinas desgranadoras describe las máquinas que se consiguen actualmente en el mercado.

Capítulo 2: Marco Teórico

El desgranado es un proceso que consiste en separar la semilla de una fruta o la operación que consiste en partir las mazorcas y extraer los granos o haba fresca, los cuales, separados de la placenta y pasan a la fermentación. El desgrane se efectúa por regla general a mano.

2.1. Métodos de desgranado

Dentro de los métodos de desgranado usados con mayor frecuencia en el diseño de máquinas desgranadoras y que pueden servir para el diseño de la propuesta se tienen:

Tabla 2-1. Métodos de desgranado

Métodos de desgranado	Principio	Ventajas	desventajas
Manual	Acción de desgrane es realizado por movimientos de la mano	bajo costo	Riesgo accidente
Herramientas manuales	Acción es realizada por una herramienta manual que desgrana por acción de la fuerza ejercida a la misma sobre el producto	Bajo costo, fácil fabricación, no mantenimiento	baja capacidad, bajos niveles de productividad
Método disco dentado.	Producto es tocado de manera tangencial por un disco dentado, el cual desprende el grano	Bajo costo	Daño del producto, Costo más elevado, mayor mantenimiento de los discos
Método de rodillos	Producto es sometido por dos discos que por abrasión desprende el grano de la fruta	Alto costo	Desgaste, peso, Amor consumo energía

Nota: Tapia & Arla, (Tapia Z, Tapia Z, & Arla O, 2017)

De la Tabla 2-1. Métodos de desgranado, se puede indicar, que el método más utilizado en la industria corresponde a los de disco y rodillos.

2.2. Matriz morfológica para selección de prototipo

Para la selección del prototipo se deben contemplar factores acordes a los requerimientos concertados por parte de los productores de cacao de la zona de influencia.

Estos requerimientos corresponden a:

Costo: De acuerdo con la visita de campo inicial los productores de cacao consideran que el costo de la máquina debe ser económico o por lo menos estar en el rango de equipos entre el \$ 1.500.000 y los \$3.000.000.

Capacidad de desgrane: Estas características se refiere al número de mazorcas que puede cortar y desgranar por hora la máquina; en este caso 130 Kg/h, sin embargo, algunos productores estiman que esta productividad puede estar en el orden de 200 kg/h; cualquier valor superior a estos parámetros implica un ahorro en costo/ jornal.

Peso de la máquina: El peso es un factor importante, ya que se parte de la base de que todas las áreas cultivadas se encuentran en terrenos montañosos con pendientes superiores a 40°, por ende, se requiere que sea liviana para poder desplazarla manualmente en pendientes, para lo cual se considera un sistema de rodamiento.

Mantenimiento: Este factor, según los planteamientos de los productores indica que la máquina no represente un costo adicional por este factor, es decir que la máquina debe desarrollarse en función de las recomendaciones técnicas de acuerdo a su vida útil y no presentar fallas fuera de los preventivos o correctivos por desgaste de la pieza.

Sistema de funcionamiento: Este criterio es clave para el diseño, hace referencia a la disponibilidad de fuentes de alimentación en la zona, debido a que se consideran sistemas hidráulicos, neumáticos y mecánicos que de acuerdo a la disponibilidad de la fuente pueden hacer viable o no la máquina.

Limpieza e higiene: Es un factor crítico para la calidad del cacao, una vez efectuado el desgrane, ya que terminada la operación, el equipo debe ser de fácil aseo en sus piezas críticas como las de contacto con el grano o la mazorca, ya que como se sabe, la miel resultante de este proceso contiene un Ph alto que puede generar hongos cuyo efecto terminaría en una contaminación cruzada y por ende pérdida del producto; de aquí la importancia de que las piezas y materiales de fabricación permitan un aseo y desinfección rápida y completa.

Sistema de alimentación: Este factor se centra en poder establecer un sistema en donde no se corra el riesgo de un accidente de trabajo; ya que la idea de la recogida con los productores, se basa en un depósito que almacene temporalmente la fruta, previa al corte para que facilite el proceso.

2.2.1. Pesos por factor

Los pesos por factor se emplean para el proceso de ponderación; cada factor tiene un peso según su importancia de acuerdo con los requerimientos del productor; de acuerdo con lo anterior se tiene:

Tabla 2-2. Peso factores de decisión

Factores	Costo	Capacidad de desgrane	Peso de la máquina	Mantenimiento	Sistema de funcionamiento	Limpieza e higiene	Sistema de alimentación
Criterios de evaluación	Materiales comerciales	Menor al requerimiento	Menor a 150 kg	Matto según manual y desgaste	Hidráulico	No permite desmonte de piezas y requiere de sustancias especiales para aseo y limpieza	Manual
	Valor comercial	Igual al requerimiento, pero no permite cambios	entre 151 y 200 Kg	Matto fuera del manual (preventivo) Matto que requieren cambios en funcionamiento	Mecánico	Aseo y limpieza con agua sin desmonte de piezas	automático
		Mayor al requerimiento	Mayor a 250 Kg	(Correctivos)	neumático	Piezas desmontables y de fácil aseo	No tiene sistema de alimentación

Peso (%)							
Factor	S 10%	S 40%	S 13%	S 12%	S 10%	S 7%	S 4%

Nota. Tabla 2-2. Peso factores de decisión, describe los factores empleados para establecer criterios de decisión en cuanto al prototipo.

2.2.2. Escala de evaluación

Establecidos los factores con sus pesos, es importante identificar los criterios de evaluación que se aplican con los pesos de los factores; de acuerdo con lo anterior la mayor sumatoria de los factores es el prototipo a diseñar.

Tabla 2-3. Criterios de evaluación

Calificación	Criterio de evaluación
0	No cumple con el criterio
5	El criterio está condicionado por otros factores
10	Cumple con todo el criterio

Nota. Tabla 2-3. Criterios de evaluación, parte de la calificación dada por cada criterio que compone el factor, el cual se multiplica por el peso del mismo; la sumatoria total de los criterios da el valor final del mismo factor, el prototipo que obtenga el factor total mayor es el considerado para el desarrollo.

Capítulo 3: Caracterización mecánica estándar de máquinas desgranadoras de cacao.

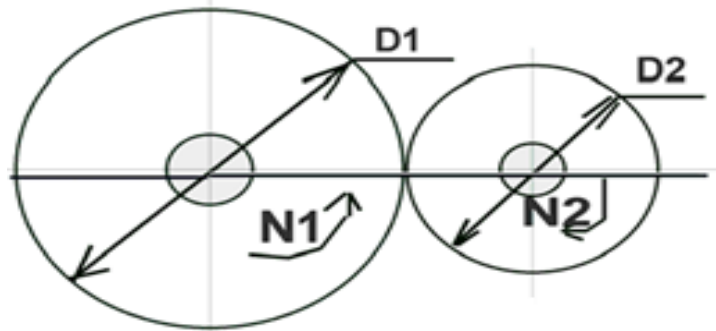
3.1. Eje

Es un elemento sobre el que se apoya un eje giratorio, cuya función es la de transmitir movimiento por medio de un conjunto de elementos unidos por un eje que sirve para transmitir movimiento por medio de diferentes piezas que están unidos al eje de rotación para dirigir otros componentes que permitan aumentar o disminuir la velocidad de avance. (Garcia, 1985)

Un aspecto un importante a tener en cuenta es la velocidad de giro o rpm con el fin de establecer las características del motor, engranajes y dimensiones las cuales vienen dadas por la ecuación

$$N1 * D1 = N2 * D2 \quad (\text{Ecuación 1.1})$$

Figura 3-1. Variables de velocidad del eje



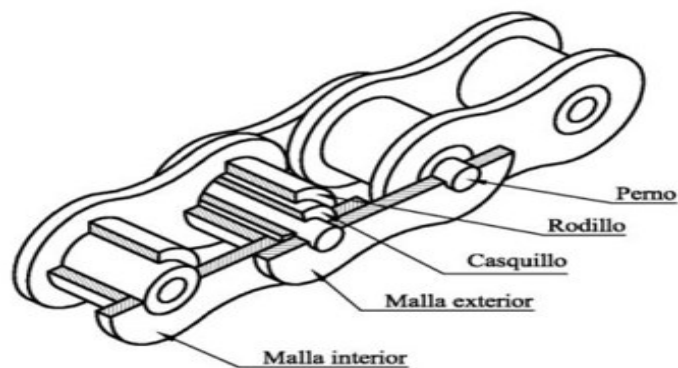
Nota: Los parámetros de los rodamientos cilíndricos, que se deben tener en cuenta se indica en la Figura 3-1. Variables de velocidad del eje– Bavaresco

La cual aplica cuando se tiene N1 (RPM) del motor o del mecanismo impulsor, D1 y D2 diámetros de las poleas o engranajes.

3.2. Cadena

Formada por eslabones, las cuales están unidos por pernos y se encarga de transmitir potencia, a partir del giro del engranaje sobre el cual va montada., está formada por un perno, rodillo, casquillo, malla exterior y malla interior como lo muestra la Figura 3-2. Componentes de una cadena. (Meneses B, 2014)

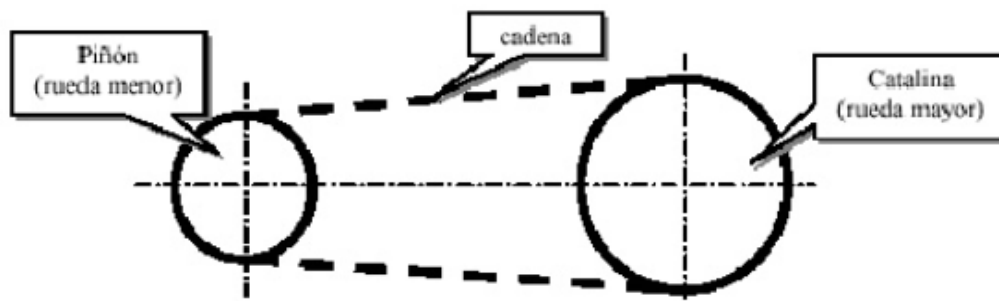
Figura 3-2. Componentes de una cadena



Nota: descripción de componentes tomada de “Mecapedia”

Los sistemas de transmisión por cadena se emplean para transmitir movimiento entre dos ejes que se encuentran alejados entre sí. Para transmitir el movimiento se montan ruedas dentadas sobre los ejes y se enlazan con una cadena, que encaje con los dientes de las ruedas), de manera que al girar una de ellas arrastra a la otra, como se indica en la Figura 3-3. Esquema de una transmisión por cadena.

Figura 3-3. Esquema de una transmisión por cadena



Nota: descripción de un sistema de transmisión por cadenas

Una de las variables a tener en cuenta al momento de seleccionar la cadena está relacionada con el paso más adecuado para ajustarse a la velocidad de operación; cuando el paso es pequeño se consideran aptas para altas velocidades; con respecto a la longitud de la cadena se determina de acuerdo a l número de dientes en ambas ruedas dentadas o engranajes y de la distancia entre centro de estas, debe ser un número entero de pasos, preferiblemente par la fórmula para calcular la longitud de la cadena es:

$$2c = \frac{s}{2} + \frac{k}{s} \quad (\text{ecuación 1.2})$$

Donde

C: Es la división entre los centros de los ejes (en pulgadas) multiplicado por el paso de la cadena; S: Es la suma de los dientes del piñón pequeño con la de los grandes: Se haya en una tabla restando del número de dientes del piñón pequeño al número de piñón del grande esto se designa con la letra D.

3.3. Rodamientos de rodillos cilíndricos

Se encargan de asegurar un enlace o acoplamiento entre dos mecanismos; los aspectos a tener en cuenta para su selección en el proyecto son su capacidad para soportar altas velocidades, capacidad de carga radial, rigidez y fricción. (Hern Patiño D, López P, & Santos M, 2017)

Figura 3-4. Rodamiento de una hilera de rodillos cilíndricos de diseño N (Básico)

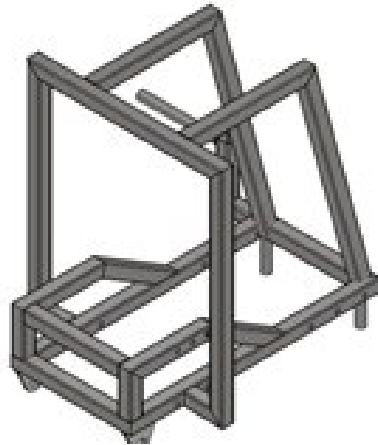


Nota: La Figura 3-4. Rodamiento de una hilera de rodillos cilíndricos de diseño N (Básico), muestra el tipo de rodamiento a usar.

3.4. Chasis o sistema estructural

Sirve como soporte y sujeción de todos los elementos necesarios para la operación de la máquina, es una estructura que puede emplear tubo cuadrado o redondo en acero AISI 304 o 306, así como las dimensiones las cuales se diseñan en función de los requerimientos específicos del cliente, normalmente cuenta con cuatro apoyos como se indica a continuación en la Figura 3-5. Chasis rectangular.

Figura 3-5.Chasis rectangular



Nota. Chasis rectangular para soporte de máquina desgranadora con tolva vertical de alimentación

3.5. Motorreductor

La selección de un reductor para el motor que moverá el cilindro centrífugo de 3 HP, debe considerar los siguientes aspectos para que en el caso de una máquina desgranadora pueda operar sin contratiempos

- Sincronización: Este garantiza un equilibrio entre la velocidad como en la potencia transmitida.
- Potencia: Permite una mayor eficacia para la transmisión de la potencia proporcionada por el motor.
- Costo: Genera una mayor seguridad en la transmisión, para reducir así el coste en el mantenimiento.

3.6. Tolva

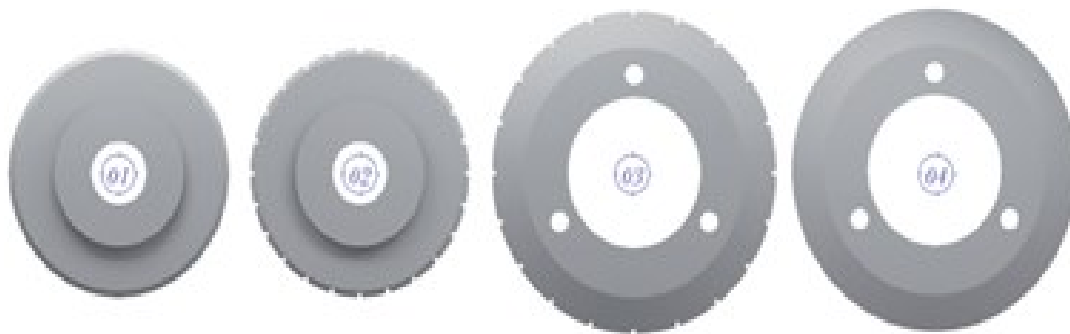
La tolva es un depósito temporal diseñado para realizar un proceso controlado de suministro, normalmente por la acción de la gravedad; los criterios usados normalmente para su diseño tienen en cuenta las siguientes consideraciones:

- Diseño: Su diseño rectangular tipo embudo le da gran capacidad de almacenamiento temporal, así como la facilidad de poder realizar la evacuación del producto.
- Forma: Permite una mayor área de apoyo para su manipulación y adaptabilidad al chasis.
- Material de diseño: Acorde a los requerimientos para máquinas procesadoras de alimentos; el acero inoxidable, es higiénico, anticorrosivo y de fácil aseó e higiene con el fin de evitar contaminación cruzada en el proceso o baches de producción.
- Instalación: debe reducir los tiempos para su instalación, por su tamaño y facilidad de la misma para acoplarse al chasis, por otro lado, el peso no es un valor representativo para la tarea que desarrolla la máquina.

3.7. Sistema de corte de frutas

El sistema de corte es fundamental en las máquinas desgranadoras, ya que determina el rendimiento de producto procesado en función de un tiempo x ; de acuerdo con lo anterior los sistemas de mayor uso en las máquinas desgranadoras emplean cuchillas de discos las cuales realizan cortes profundos, los cuales pueden ser graduados o controlados de forma mecánica o electrónica; algunas de estas cuchillas como se indica en la Figura 3-6. Tipos de cuchillas de disco empleadas en máquinas desgranadoras para corte de fruta.

Figura 3-6. Tipos de cuchillas de disco empleadas en máquinas desgranadoras para corte de fruta



Nota. Cuchillas para máquinas desgranadoras; (01) cuchilla de corte por presión lisa; (02) cuchilla de corte por presión dentada; (03) cuchilla circular plana dentada; (04) cuchilla circular plana lisa.

3.8. Desarrollo conceptual

3.8.1. Requerimientos

Los requerimientos técnicos establecidos por el cliente para el diseño son:

A nivel de producto:

- Corte de la fruta sin afectar la semilla
- La placenta debe estar separada de la semilla en su totalidad.
- La fruta cortada se debe verter en un depósito independiente para evitar contaminación o mancha de la semilla
- Mínima manipulación de la fruta por parte del operario.
- Equipo se pueda desplazar
- Tenga un peso tolerable para el transporte

A nivel de equipo:

- No operar mediante palanca.
- La mayor velocidad de corte posible.

- Cubrir una demanda diaria de fruta mayor a 130/h.
- Materiales inoxidables para cuchillas.
- De bajo costo en cuanto a su construcción
- Fácil funcionamiento y mantenimiento.
- Capacidad de alimentación mayor a la realizada actualmente de forma manual.

3.8.2. *Alternativas*

Para plantear opciones se consideraron todas las clasificaciones de equipos empleados en operaciones unitarias de desgranado consultados; sin embargo, al establecer los requisitos dados por los productores fue necesario delimitar a una desgranadora tipo centrífuga, Así entonces las alternativas a evaluar se referían a la fuente de energía, para las cuales fueron contempladas la eléctrica, la neumática y la hidráulica, con el fin de seleccionar la más adecuada para el proceso de desgranado.

✓ **Alternativa eléctrica**

En esta alternativa se tiene como principio de funcionamiento para el diseño de una máquina desgranadora de cacao un motor eléctrico que será el encargado de proporcionar la fuerza necesaria para el movimiento de corte de la fruta o mazorca, esta máquina estará compuesta de componentes eléctricos y además será necesario la implementación de mecanismos adecuados para que el movimiento rotativo otorgado por el motor se convierta en movimiento lineal o alternativo y así se pueda cortar la mazorca de forma adecuada.

Ventajas

- Funcionan indistintamente con cualquier tipo de corriente.
- Poseen un elevado par de arranque.

- La velocidad se adapta a la carga.
- Ideal para trabajo pesado.

Desventajas

- Mantenimientos periódicos que requieren de un control y monitoreo.
- Costos de consumo de energía.
- Elementos y sistemas más pesados.
- Riesgos en su operación.
- Menos durabilidad de elementos por desgaste.

✓ **Alternativa neumática**

En esta alternativa se tiene como principio de funcionamiento para el diseño de una máquina desgranadora de cacao un cilindro neumático que se encargará de proporcionar la fuerza necesaria para el corte de la mazorca, esta máquina estará compuesta por circuitos y componentes neumáticos (compresor, mangueras, válvulas, unidad de mantenimiento, etc.), además será necesaria una unidad de almacenamiento y filtradora de aire comprimido.

Ventajas

- Disponibilidad del aire.
- Ideal para trabajos repetitivos.
- Facilidad de transporte a grandes distancias a través de tuberías.
- No se afecta por los cambios de temperatura.
- Es posible almacenar en acumuladores para abastecer el sistema.
- No hay riesgos.
- No se ensucia.
- El aire comprimido es un medio de trabajo rápido.

- Sistemas simples y menos costosos.

Desventajas

- El aire comprimido tiene que ser acondicionado, ya que puede producirse un desgaste de los elementos mecánicos neumáticos. Es necesario la eliminación de impurezas y humedad previas a su utilización.

- El aire comprimido es económico solamente hasta 20,000 y 30,000 Newton según la carrera y la velocidad.

- El escape de aire produce ruido.
- Debido a su gran compresibilidad, no se obtienen velocidades uniformes.

✓ **Alternativa hidráulica**

En esta alternativa se tiene como principio de funcionamiento para el diseño de una máquina desgranadora de cacao, un cilindro y una bomba hidráulica que serán las encargadas de proporcionar la fuerza necesaria para el corte de la mazorca, esta máquina estar compuesta por circuitos y componentes hidráulicos (mangueras, válvulas, bombas, etc.), además será necesario un aceite que sirva para esta utilidad y un lugar de almacenamiento con sus respectivos filtros.

Ventajas

- Transmisión de fuerzas.
- Ideal para trabajo pesado.
- Posicionamiento exacto.
- Arranque desde cero con carga máxima.
- Movimientos homogéneos e independientes de la carga.
- Buenas características de mando.

- Protección de sobrecarga.

Desventajas

- Contaminación del entorno por causa de fugas.
- Sensibilidad a la suciedad.
- Dependencia de la temperatura.
- Se obtienen velocidades bajas en los actuadores.
- Por su alta presión exige un buen mantenimiento.
- Costos demasiado elevados.

✓ **Características de las alternativas**

Dentro de los factores o aspectos que diferencian las tecnologías como alternativas para el diseño, se realizó una comparación vía matriz morfológica para evaluarlas y proceder a la selección de la mejor opción como se indica en la Tabla 3-1. Caracterización de factores según sistema propuesto

Tabla 3-1. Caracterización de factores según sistema propuesto

Sistema Hidráulico	Sistema Neumático	Sistema eléctrico
La acción la ejerce un cilindro sobre un eje que acopla un sistema de corte	La acción la ejerce un cilindro sobre un eje que acopla un sistema de corte	La acción la ejerce un motor eléctrico
Costos de mantenimiento elevado	Costo moderado	Costo moderado
Fuerza hidráulica	Fuerza neumática	Fuerza eje engranaje, polea o cremallera
Versatilidad en trabajos pesados	Versatilidad en trabajos repetitivos	Versatilidad en trabajos pesados
No sufre calentamiento	No sufre calentamiento	Motor debe refrigerarse
Accesorios simples	Accesorios son más ligeros y económicos	Accesorios pesados y más costosos
Fugas que impactan a nivel ambiental y el proceso	No hay impacto a nivel ambiental	Impacto ambiental bajo
No genera riesgos de operación	No genera riesgos de operación	No genera riesgos de operación

Fuente: Autor.

Con respecto a la evaluación para la selección de la tecnología más conveniente se empleó el método de valoración por puntos que consiste en asignar una puntuación que va de 1 a 3, siendo 1 la menor valoración (malo) y 3 la mayor puntuación (bueno); la sumatoria que indique un mayor valor acumulado será la tecnología seleccionada para el diseño; la estructura del cuadro de evaluación se indica en la Tabla 3-2. Matriz de consolidación de evaluación factores.

Tabla 3-2. Matriz de consolidación de evaluación factores

Aspecto Evaluado	Sistema Hidráulico	Sistema Neumático	Sistema eléctrico
Sistema de operación.			
Costo mantenimiento.			
Principio mecánico empleado.			
Condición de temperatura motor.			
Versatilidad y uso para el trabajo repetitivo.			
Desgaste en accesorios.			
Impacto ambiental.			
Riesgos en manipulación.			
TOTAL			

Fuente: Autor.

3.8.3. Cruce de criterios

Sistema de operación: La calificación de este criterio en el caso de operación manual es abaja para el caso del sistema manual, ya que se trabaja con volúmenes altos durante un tiempo prolongado, lo que conlleva a un desgaste por parte del operario o trabajador que manipula la máquina; se asigna el valor de 3 a sistemas eléctricos y neumáticos, ya que para este tipo de labores repetitivas y de alto volumen en donde se imprime una fuerza de corte es necesario una operación continua, la cual se puede obtener en los sistemas eléctricos y neumáticos.

Costo de mantenimiento: Claramente el costo del mantenimiento para un sistema manual, es mucho ,más económico que para un sistema eléctrico o neumático; sin embargo hacer una instalación neumática en zonas rurales en donde solo se encuentran redes es más fácil que hacer una instalación neumática la cual puede ser costosa, inviable por que la máquina se debe trasladar a puntos del cultivo, por ende no contara con redes neumáticas; de acuerdo con lo anterior la calificación dada es 3 para sistema manual y eléctrico y 1 para neumático.

Versatilidad y uso en el trabajo: en cuanto a la versatilidad, los prototipos poseen un sistema de enganche para su traslado al cultivo, sin embargo, en cuanto a capacidad de trabajo y uso, el prototipo neumático y eléctrico representan una mayor capacidad y versatilidad en su eficiencia del proceso, ya que pueden procesar un mayor volumen en un menor tiempo, por ende, su calificación es 3 y 2 para el proceso manual.

Impacto ambiental: Indiscutiblemente un prototipo manual impacta de manera positiva el medio ambiente al no usar combustibles, de ahí que su evaluación es de 3, sin embargo, los prototipos eléctricos y neumáticos infieren un uso consumo de recursos naturales para su trabajo; no representan una amenaza para el medio ambiente si se aseguran condiciones ideales de mantenimiento, por ende, su valoración es de 2.

Principio mecánico empleado: Los prototipos establecidos emplean para su funcionamiento sistemas mecánicos eficientes de transmisión de potencia, su diferencia radica es en la fuente que genera la potencia; de acuerdo con lo anterior se valoró con 3 el sistema propuesto.

Condición de temperatura motor: en el caso de temperatura de motor, los modelos actuales alimentados por sistemas eléctricos o energía alternativa, poseen una gran eficiencia

en cuanto al control de temperatura o sistema de refrigeración del mismo, por ende, su evaluación es 3; sin embargo, en el caso del sistema neumático, se debe asegurar que el aire que se trabaja este completamente limpio para asegurar su funcionamiento y evitar calentamiento del mismo, de ahí que su evaluación es 2.

Desgaste de accesorios: hay una mayor durabilidad a nivel de prototipo manual en sus accesorios, comparado con los otros dos prototipos; aspectos como una gran relación de movimiento, alta vibración, fatiga de materiales en función de sus horas de trabajo, disminuyen su vida de servicio.

Riesgos en manipulación: Hay un mayor riesgo en prototipos operados manualmente, comparados en sistemas que pueden ser accionados mediante un botón de inicio, por ende, el riesgo en equipos manuales es alto y se valora con 1, frente a las otras propuestas las cuales se valoran con 3.

Realizada el análisis de evaluación, los resultados obtenidos indican en la Tabla 3-3.

Cuadro de valoración de aspectos en alternativas:

Tabla 3-3. Cuadro de valoración de aspectos en alternativas

Aspecto Evaluado	Sistema Hidráulico	Sistema Mecánico	Sistema Neumático
Sistema de operación	1	3	3
Costo mantenimiento	3	3	1
Versatilidad y uso para el trabajo repetitivo.	2	3	3
Impacto ambiental.	3	2	2
Principio mecánico empleado	3	3	3
Condición de temperatura motor	3	3	1
Desgaste de accesorios	3	1	1
Riesgos en manipulación	1	3	3
	19	21	17

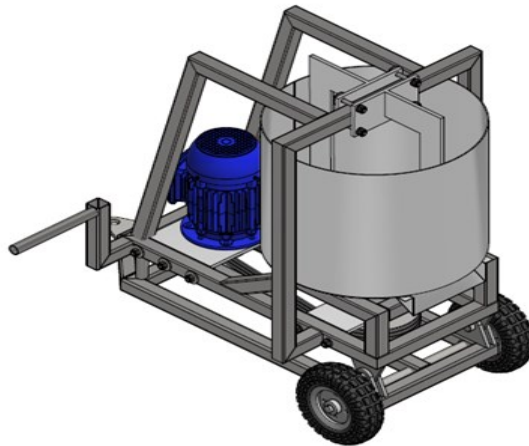
Fuente: Autor.

De lo anterior se puede establecer que la opción de un prototipo eléctrico es la más conveniente para el proyecto, ya que obtuvo la mejor ponderación; aspectos como disponibilidad de fuente de alimentación fue un factor clave, ya que por tratarse de zonas rurales solo hay disponibilidad de energía eléctrica lo cual facilita su operación; adicionalmente este tipo de sistemas de alimentación dan gran confiabilidad para el uso de motores con largas jornadas de trabajo.

3.8.4. Definición del concepto

De acuerdo al resultado descrito en el epígrafe anterior; la selección de la alternativa presente el siguiente desarrollo de concepto, el cual puede ser modificado de acuerdo a criterios de diseño enfocadas en las mejoras de la propuesta como se indica en la Figura 3-7: Bosquejo de prototipo inicial como concepto de diseño.

Figura 3-7: Bosquejo de prototipo inicial como concepto de diseño



Fuente: Autor.

El diseño consta de los siguientes sistemas y elementos:

Sistema de alimentación

Constituye el mecanismo empleado para la operación del prototipo

Motorreductor: Cuya fuente de alimentación eléctrica facilita el proceso de operación del sistema centrífuga para el desgranado.

Sistema de transmisión de potencia

Correa trapezoidal: La correa Trapezoidal conecta la polea del motor (polea damper) con las poleas de los diferentes accesorios.

Eje de transmisión: encargado de transmitir la potencia de trabajo del prototipo a partir de la correa de transmisión de tipo trapezoidal

Polea ranurada: mecanismo sobre el cual va montada la correa trapezoidal, para la transmisión de potencia.

Sistema de desgranado

Recolectora: recipiente diseñado para evacuar el grano que sale del proceso centrífugo

Disco de fijación: base empleada para fijar el sistema de centrífugado para el desgranado del cacao.

Trampas de desgrane: son los elementos que contienen la semilla que se desgrana producto de fuerza centrífuga generada por el movimiento del cilindro

Cilindro: Es el recipiente sobre el cual va acoplado el sistema centrífugo

Sistemas de soportes

Chasis: corresponde a la estructura sobre la cual se acoplan y descansan las piezas del prototipo, se caracteriza por ser una única pieza producto de la soldadura de tubos.

3.8.5. Materiales para el diseño del concepto

Uno de los aspectos importantes en el diseño hace referencia al tipo de materiales empleados para su construcción; los cuales deben cumplir con los parámetros evaluados de resistencia, durabilidad, tipo de trabajo y por último tipo de producto.

De acuerdo con lo anterior los materiales seleccionados para el prototipo son:

Acero inoxidable AISI 304: Material especial para construcción de equipos; posee una alta resistencia mecánica (fatiga y fractura); tiene una muy buena apariencia higiénica, es de bajo coste de mantenimiento, reciclable, además de tener buenas propiedades de mecanizado, doblado y plegado, así como una alta resistente a la temperatura; de acuerdo con el decreto 3075 de Buenas Prácticas de Manufactura (BPM), se recomienda el uso de acero para la construcción de equipos para proceso industriales, en los que se enmarca el desgranado de cacao. Con este material se construye el disco de fijador, placas de soporte de rotación, soporte de trampas,

Acero AISI 410: Es un acero inoxidable martensítico que proporciona buena resistencia a la corrosión más alta fortaleza y dureza. Es magnético en condiciones recocidas y endurecidas. Se puede desarrollar una amplia variedad de propiedades con diferentes tratamientos térmicos, empleado para la construcción del chasis.

Acero AISI 1045 225 recocido: SAE 1045 es un acero grado ingeniería de aplicación universal que proporciona un nivel medio de resistencia mecánica y tenacidad. Este acero puede ser usado en condiciones de suministro; laminado en caliente o con tratamiento térmico (templado en aceite y revenido). Es utilizado para todo tipo de elementos que requieran mediana resistencia mecánica y tenacidad como piñones, cuñas, manivelas, ejes, cadenas, engranajes de baja velocidad, partes de maquinaria, herramientas agrícolas, bases porta moldes y bases porta troqueles.

Llanta polipropileno rígida en PVC: Posee alta resistencia al desgaste, ideal para todo tipo de terreno.

3.8.6. Costos promedio prototipo

De acuerdo con el diseño seleccionado el costo promedio del prototipo seleccionado es de:

Tabla 3-4. Costos estimados fabricación prototipo

Pieza	costo unitario	Cantidad	costo total
Motor 3 Hp	\$ 1.430.000	1	\$ 1.430.000
Motor 0,25 hp	\$ 630.000	1	\$ 630.000
Chasis	\$ 560.000	1	\$ 560.000
Cilindro centrífugo	\$ 415.000	1	\$ 415.000
Tuercas hexagonales y cable conexión eléctrica	\$ 90.000	1	\$ 90.000
Pernos cabeza hexagonal	\$ 60.000	1	\$ 60.000
tornillos arandelas de apriete. Muelle cónico	\$ 35.000	1	\$ 35.000
Llantas Polipropileno rígida PVC	\$ 47.500	2	\$ 95.000
MOD	\$ 650.000	1	\$ 650.000
Total costo			\$ 3.965.000

Nota. La Tabla 3-4. Costos estimados fabricación prototipo, se cotizó partiendo de pieza fabricada y entregada para ensamble; es decir incluyen la mano de obra de fabricación como soldadura, rolado, acabado; la MOD corresponde al proceso ensamble y contempla, armado, acabado, pintado del prototipo.

Los componentes de mayor costo están relacionados a los motores y el chasis, ya que para su acabado se requiere de soldadura tipo Mic; la elaboración del cilindro centrífugo y la mano de obra que interviene en el proceso de corte, armado y acabado es otro ítem de costo elevado; sin embargo, el costo total estimado de fabricar el prototipo propuesto es de \$3.965.000, lo que indica un 63% del valor comercial de máquinas como las de la tabla 1-5, las cuales tienen un valor comercial de \$10.810.720.

Capítulo 4: Cálculos y diseño

4.1. Transmisión por correa y poleas

Para determinar los parámetros de la correa y la polea, se deben identificar las variables de potencia entregada por el motor seleccionado; de acuerdo con lo anterior se tiene:

Para la selección del motor que moverá el cilindro centrífugo, se debe establecer el torque necesario para moverlo el cual viene dado por la ecuación

$$T = F * D \quad \text{Ecu. (1)}$$

De donde

$$F = \text{carga útil} + \text{carga del separador} = 30 \text{ Kg} + 15 = 45 \text{ Kg}$$

$$T = 45 \text{ kg} * \left(\frac{0.5 \text{ m}}{2} \right)$$

$$T = 11.25 \text{ Kg/m}$$

$$T = 110.32 \text{ N/m}$$

Para determinar la potencia a partir de la ecuación dada por Myszcza, como se indica a continuación en la ecuación (2)

$$T = \frac{HP * 716}{n} * i \quad \text{Ecu. (2)}$$

HP= Potencia del motor

n= número de revoluciones por minuto

i= relación de transmisión.

De donde al despejar a potencia se tiene la ecuación (3)

$$HP = \frac{T * n}{716} * i \quad \text{Ecu. (3)}$$

De donde:

$$i = \text{eficiencia del trabajo} = 1800 / 2,5 = 720$$

$$i_s = 80 \%$$

N= Velocidad angular

716= factor de potencia

Al despejar se tiene:

$$HP = \frac{4,01 * n}{716} * 0,8$$

$$HP = 3,2$$

La cual es la potencia requerida para mover el cilindro centrífuga; de acuerdo con lo anterior se selecciona un motor de 3hp, el cual trabaja a 1800 R.P.M cuyo diámetro de salida de la polea fijado por el diseñador es de 84 Mm y que emplea una relación de transmisión 2.5:1

La potencia es una variable fundamental para poder realizar el movimiento de las correas, de acuerdo con lo anterior, Myszcza (Myszcza, Maquinas y Mecanismos, 2012) propone la siguiente ecuación para su cálculo, de donde

Pc= potencia entregada

P= potencia transmitida del motor conductor

K= Factor de corrección de la potencia

$$Pc = P * K \quad \text{Ecu. (4)}$$

Como se conoce el valor de P, se procede a determinar el valor del factor de servicio a partir de la Figura 4-1. Selección de factor de servicio k, para lo cual se tienen

criterios de selección como el tipo de motor eléctrico en horas de trabajo y el tipo de máquina que corresponde a un determinado uso en función de la carga de trabajo.

Figura 4-1. Selección de factor de servicio k

Máquinas motrices	Motores eléctricos cd = 2 cn Motores térmicos multicilindros > 600 rpm			Motores eléctricos c maxi > 2 cn Monocilindro < 600 rpm		
	< 6 h/d	6 a 16 h/d	16 a 24 h/d	< 6 h/d	6 a 16 h/d	16 a 24 h/d
<i>Cargas uniformes ligeras:</i> Agitadores para líquidos, bombas y compresores centrifugos-ventiladores hasta 7,5 Kw Pequeños transportadores	1,0	1,1	1,2	1,1	1,2	1,3
<i>Cargas uniformes medias:</i> Transportadores de cinta (arena, grano) Ventiladores superiores 7,5 Kw Generadores-alternadores, máquinas herramientas Maquinaria artes gráficas, prensas, cizallas, lavadoras, bombas rotativas.	1,1	1,2	1,3	1,2	1,3	1,4
<i>Cargas irregulares con sobrecargas:</i> Maquinaria para ladrillos y cerámica Elevadores con canchilones. Compresores y bombas de pistones. Maquinaria papel. Pulverizadores. Maquinaria textil.	1,2	1,3	1,4	1,4	1,5	1,6
<i>Cargas irregulares y sobrecargas importantes:</i> Molinos, machacadoras, laminadoras, calandras mezcladoras. Gruas, dragas.	1,3	1,4	1,5	1,5	1,6	1,8
<i>Cargas muy irregulares y grandes sobrecargas.</i>	2	2	2	2	2	2

Fuente: Myszcza (Myszcza, Maquinas y mecanismos, 2012)

Por tratarse de un motor eléctrico cuyas prestaciones de desgranado según los dueños de las fincas pueden trabajar entre 6 a 10 horas, el factor de corrección corresponde al seleccionado en el recuadro en rojo de la figura 4-1; dicho valor es:

$K = 1.3$ factor de potencia; al reemplazar estos valores en la ecuación (4), se tiene:

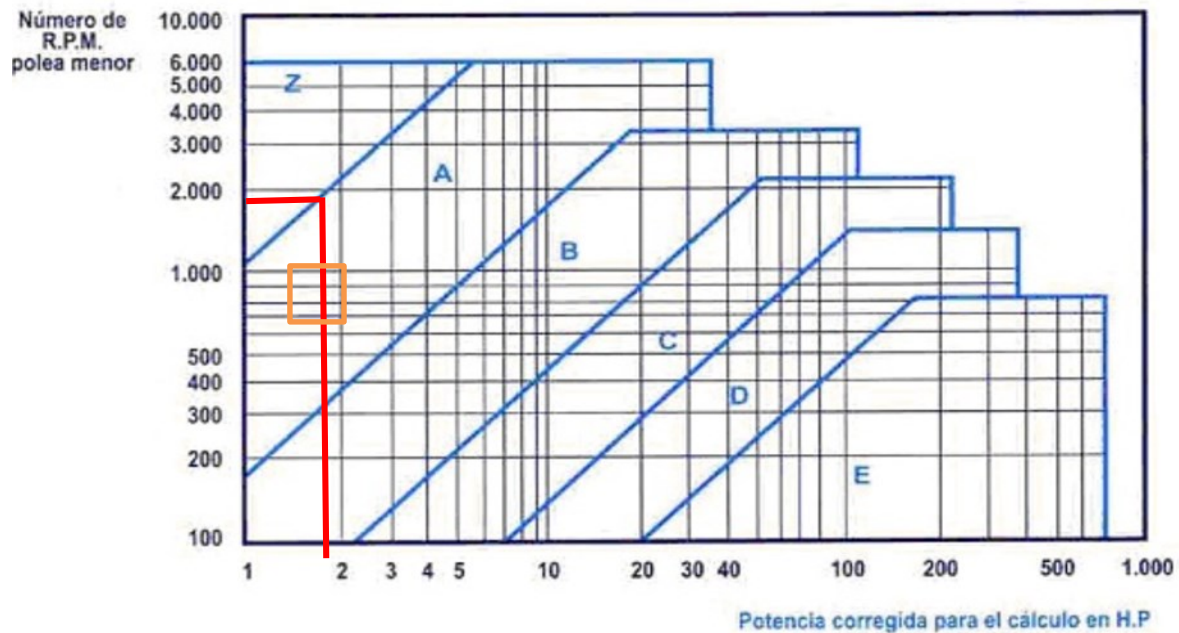
$$P_c = 3HP * 1.3$$

$$P_c = 3.9 HP$$

Una vez calculada la potencia transmitida y conocida la velocidad angular, se selecciona la correa mediante la tabla de Figura 4-2. Tabla de relación R.P.M Y factor de

servicio para selección de correa, los cuales corresponden a los criterios de identificación del tipo de correa que resulta de la intersección de dichas variables cuando se grafican en un plano XY, como se indica a continuación.

Figura 4-2. Tabla de relación R.P.M Y factor de servicio para selección de correa



Nota. La Figura 4-2. Tabla de relación R.P.M Y factor de servicio para selección de correa, muestra una gráfica de relación de RPM va k, para determinar la sección del tipo de correa necesaria.

Fuente: Ingemecánica, (Ingemecanica, 2020)

Con los valores conocidos del diámetro de la correa se determina el diámetro de la polea conducida, como se indica a continuación:

$$D2 = D1 * i$$

$$D2 = 84 * 2.5$$

$$D2 = 210 \text{ mm}$$

De acuerdo con la tabla de la gráfica 4-2, la gráfica nos muestra la intersección entre el número de R.P.M a 1800 R.P.M bajo un factor de servicio de 1,3, el cual según el recuadro de contorno naranja, requiere para su funcionamiento una correa trapezoidal tipo A; las cuales tiene como ventajas su capacidad para transmitir mayor par que la correas planas, gracias al mayor esfuerzo de rozamiento conseguido en sus caras laterales; la posibilidad de deslizamiento es menor, poseen mayor resistencia gracias a sus sección y forma, lo que les permite tener unos mayores puntos de pretensados.

Como se conoce el diámetro de la polea de salida, se puede determinar el diámetro de la correa conducida como lo plantea Molt a partir de la ecuación; de donde $D1$ es diámetro polea de salida e i es la relación de transmisión; de acuerdo con lo anterior se tiene la ecuación 5:

$$D2 = D1 * i \quad \text{Ecu. (5)}$$

$$D2 = 84 * 2.5$$

$$D2 = 210 \text{ mm}$$

4.1.1. Distancia entre Ejes de Poleas

La distancia entre ejes (E) de las poleas suele estar establecida en la transmisión que debe calcularse; sin embargo, cuando no, este debe calcularse como lo establece Molt (Molt, 2006) a partir de la ecuación (6)

$$E \geq \frac{(R + 1) \cdot d}{2} + d \quad \text{Ecu. (6)}$$

De donde:

E la distancia entre ejes de poleas

R la relación de transmisión

d el diámetro de la polea menor

D el diámetro de la polea mayor

Al remplazar estos valores en ecu (6), se tiene:

$$E \geq \left[\frac{(2.5 + 1) \cdot 84mm}{2} + 84mm \right]$$

$$E \geq 231 \text{ mm}$$

Para el caso de la desgranadora se tomará una distancia entre centros por espacio de piezas de la máquina de 460 mm

$$E = 460 \text{ mm}$$

4.1.2. Longitud de la correa

Para Myszca (Myszca, Maquinas y mecanismos, 2012), la longitud primitiva de la correa (L_p) de una transmisión se calcula directamente a partir de la siguiente expresión:

$$L_p = 2E + \frac{\pi}{2}(D + d) + \frac{(D - d)^2}{4E} \quad \text{Ecu. (7)}$$

De donde:

E es la distancia entre ejes de poleas

d es el diámetro de la polea menor

D es el diámetro de la polea mayor o conducida

Al reemplazar estos valores en la ecuación (7), se tiene:

$$Lp = 2(460mm) + \frac{\pi}{2}(210mm + 84mm) + \frac{(210mm - 84mm)^2}{4(460 mm)}$$

$$Lp = 920 mm + 461.81 mm + 8.6282 mm$$

$$Lp = 1390.4 mm$$

4.1.3. Velocidad lineal de la correa

Para el cálculo de la velocidad lineal de la correa se emplea la siguiente expresión propuesta por Myszcza y dada en la ecuación (8)

$$V = \frac{\pi * d * N}{60 * 1000} \quad \text{Ecu. (8)}$$

De donde

v es la velocidad lineal o tangencial de la correa, en m/s

d es el diámetro de la polea menor, en mm

N son las revoluciones por minuto (r.p.m.) de la polea menor

Al reemplazar estos valores se tiene:

$$V = \frac{\pi * 84 * 1800}{60 * 1000}$$

$$V = 7.91 m/s$$

4.2. Cálculo del Eje

El eje está sometido a una carga útil de 30 Kg de cacao (promedio 33 mazorcas cuyo peso promedio es de 914 g) y una carga del separador de 15 Kg, lo que al sumar nos da una carga de 45 Kg (441.45 N).

El trabajo del dispositivo va a ser a carga cíclica por impacto. Ya que el cacao impacta contra las paletas realizando un proceso de separación de la cascara del grano de cacao.

Para determinar el torque generado de esta carga en función del diámetro del cilindro se emplea la ecuación 1 como lo indica Molt.

$$T = F * D \quad \text{Ecu. (1)}$$

$$T = 45kg * \left(\frac{0.5m}{2}\right)$$

$$T = 11.25 Kg/m$$

$$T = 110.32N/m$$

Supuesto para el cálculo: esta carga se determina, asumiendo un atascamiento por problemas de rodadura, lo cual evita que el eje se parta o presente deformación al estar sometido a esta carga.

Como el motor tiene una potencia de 3 HP y trabaja 1800 rpm, con una relación de poleas de $i = 2.5:1$; se puede determinar el torque del eje en ese punto a partir de la ecuación 2.

$$T = \frac{HP * 716}{n} * i \quad \text{Ecu. (2)}$$

HP= Potencia del motor

n= número de revoluciones por minuto

i= relación de transmisión.

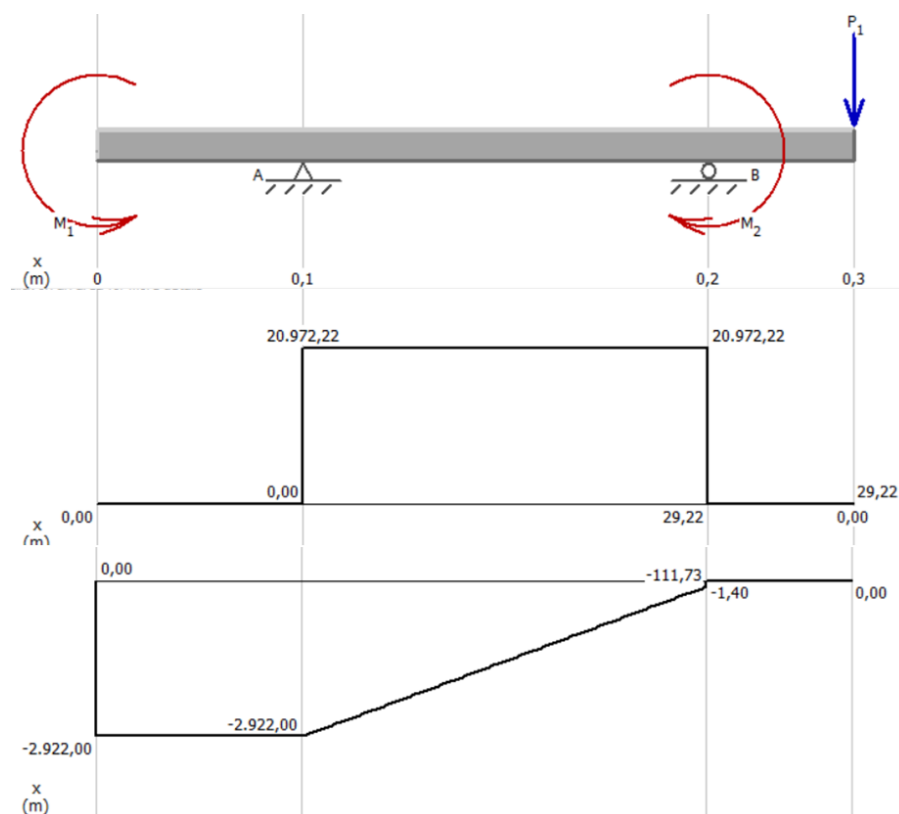
$$T = \frac{3 * 716}{1800} * 2.5$$

$$T = 2.98 \text{ Kg.m}$$

$$T = 29.22 \text{ N.m}$$

Determinadas los valores de los torques y las cargas que actúan sobre el eje, se realiza el diagrama de cuerpo de libre, el cual indica lo siguiente:

Figura 4-3. Diagrama de cuerpo libre del eje



Nota. La Figura 4-3. Diagrama de cuerpo libre del eje, describe el diagrama de cuerpo de libre de los torques que inciden en el eje, así como la carga que actúa sobre el mismo.

De acuerdo con la figura 4-3 al realizar la sumatoria de momentos sobre el eje para determinar el momento equivalente se tiene:

$$M_e = \sqrt{Mt^2 + Mf^2}$$

$$M_e = \sqrt{(110320 \text{ N} \cdot \text{mm})^2 + (2922 \text{ N} \cdot \text{mm})^2}$$

$$M_e = 110358.69 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$M_e = 11253.45 \text{ Kg} \cdot \text{mm}$$

Nota. El material recomendado por sus propiedades de alta resistencia para el diseño de equipos es el AISI SAE 8620, cuyo valor de $\sigma = 35 \text{ Kg/mm}^2$

Al despejar el diámetro del eje se tiene:

$n = \text{factor de seguridad}$

$S_y = \text{esfuerzo corregido del amterial}$

$$S_y = \sigma * 0.35$$

$$S_y = 35 \text{ Kg} \cdot \text{mm}^2 * 0.35 = 12.35 \text{ Kg} \cdot \text{mm}^2$$

De acuerdo con Molt la ecuación para el cálculo del diámetro está dada por:

$$d = \left[\frac{32 \cdot n}{\pi * S_y} * M_e \right]^{1/3} \quad \text{Ecu. (9)}$$

Al reemplazar en la ecuación 7, se tiene:

$$d = \left[\frac{32 * 2}{\pi * 12.35 \text{ Kg} \cdot \text{mm}^2} * 11253.45 \text{ Kg} \cdot \text{mm} \right]^{1/3}$$

$$d = 26.77 \text{ mm}$$

Como no se consigue a nivel comercial rodamientos de este diámetro, aproximamos al mayor dicho valor lo cual nos permite establecer una mediada estándar de rodamiento cuyo valor es:

$$d \approx 28 \text{ mm}$$

4.3. Cálculo eje tractor de la banda

Como la banda no requiere de mucha potencia para efectuar el desplazamiento hacia las discos, se parte de un motor cuya potencia de 0.25 HP a 1800 rpm, con una relación de poleas de $i = 20:1$, el cual es el más pequeño que trabaja a 220V y que se consigue a nivel comercial; de acuerdo con estos datos se calcula el torque del eje en ese punto; sometiéndolo a una tensión de banda de 15 Kg (147.15); para el cálculo de la tensión se emplea la ecuación (2).

$$T = \frac{HP * 716}{n} * i$$

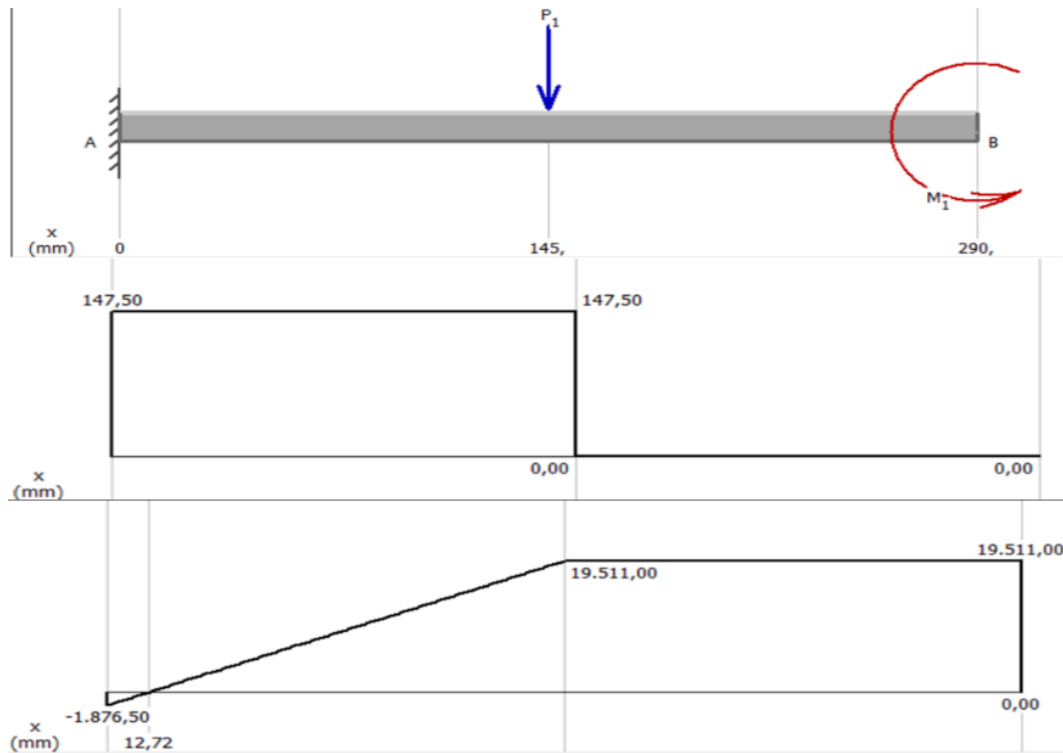
$$T = \frac{0.25 * 716}{1800} * 20$$

$$T = 1.98 \text{ Kg.m}$$

$$T = 19.511 \text{ N.m}$$

Determinadas los valores de los torques y las cargas que actúan sobre el eje, se realiza el diagrama de cuerpo de libre, el cual indica lo siguiente:

Figura 4-4. Diagrama de cuerpo libre del eje tractor



Nota. La Figura 4-4. Diagrama de cuerpo libre del eje tractor, describe el diagrama de cuerpo de libre de los torques que inciden en el eje, así como la carga que actúa sobre el mismo.

De acuerdo con la figura 4-4 al realizar la sumatoria de momentos sobre el eje para determinar el momento equivalente se tiene:

$$M_e = \sqrt{Mt^2 + Mf^2}$$

$$M_e = \sqrt{(19500N, mm)^2 + (19511N. mm)^2}$$

$$M_e = 27584.9 N. mm$$

$$M_e = 2811.9Kg. mm$$

Nota. El material recomendado por sus propiedades de alta resistencia para el diseño de equipos es el AISI SAE 8620, cuyo valor de $\sigma = 35 \text{ Kg/mm}^2$

Al despejar el diámetro del eje se tiene:

Donde:

$n = \text{factor de seguridad}$

$S_y = \text{esfuerzo corregido del amterial}$

$$S_y = \sigma * 0.35$$

$$S_y = 35 \text{ Kg. mm}^2 * 0.35 = 12.25 \text{ Kg. mm}^2$$

De acuerdo con Molt para el cálculo del diámetro se empleará la ecuación 9

$$d = \left[\frac{32 \cdot n}{\pi * S_y} * M_e \right]^{1/3}$$

$$d = \left[\frac{32 * 2}{\pi * 12.25 \text{ Kg. mm}^2} * 2811.9 \text{ Kg. mm} \right]^{1/3}$$

$$d = 16.7 \text{ mm}$$

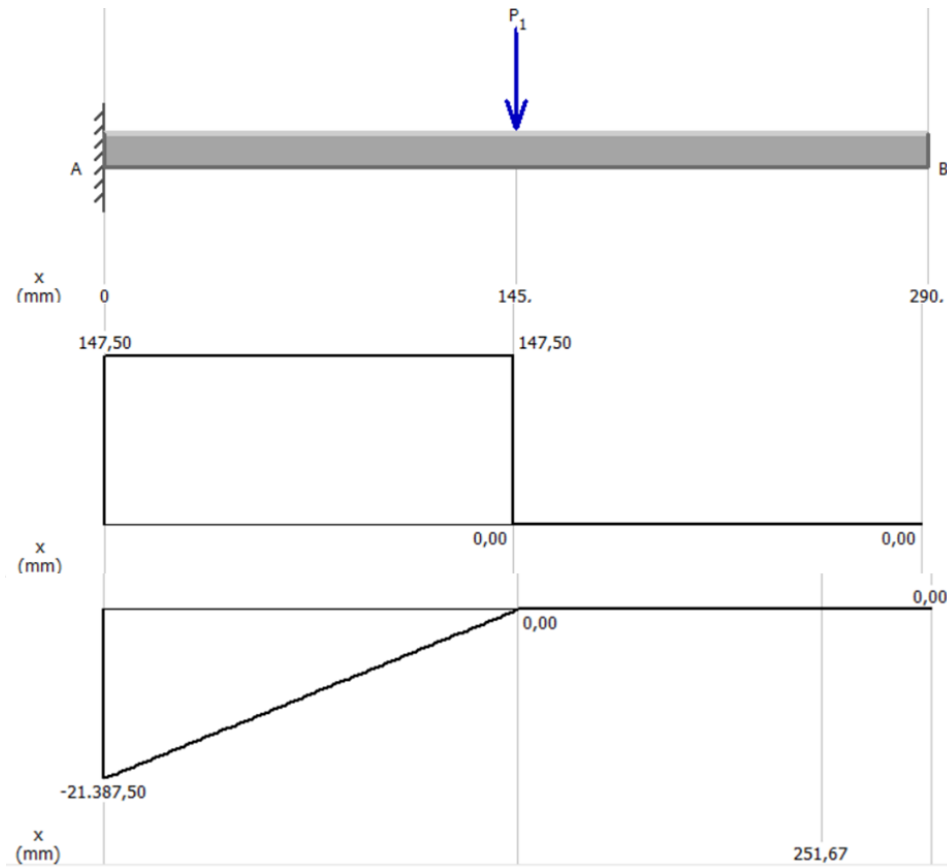
De acuerdo con el resultado obtenido se procedió a aproximar a un valor comercial estándar como se indica a continuación:

$$d \approx 18 \text{ mm}$$

4.4. Cálculo eje tensor del cilindro

Para realizar el respectivo análisis, la tensión a al cual se somete el eje, corresponde a la de tensión de banda cuyo valor es de 15 Kg los cuales equivalen por conversión de unidades a 147.15 N. de acuerdo con lo anterior se tiene el siguiente diagrama de cuerpo libre indicado en la Figura 4-5. Diagrama de cuerpo libre eje tensor.

Figura 4-5. Diagrama de cuerpo libre eje tensor



Fuente: Autor

De acuerdo con la Figura 4-5. Diagrama de cuerpo libre eje tensor, al realizar la sumatoria de momentos sobre el eje para determinar el momento equivalente se tiene:

$$M_e = \sqrt{Mt^2 + Mf^2}$$

$$M_e = \sqrt{(21387N, mm)^2}$$

$$M_e = 21387 N. mm$$

$$M_e = 2180.12 Kg. mm$$

Despejamos el diámetro del eje, el material es acero AISI SAE 8620 $\sigma = 35Kg/mm^2$

Donde:

$n = \text{factor de seguridad}$

$S_y = \text{esfuerzo corregido del amterial}$

$$S_y = \sigma * 0.35$$

$$S_y = 35 \text{ Kg.mm}^2 * 0.35 = 12.25 \text{ Kg.mm}^2$$

Al reemplazar en la ecuación 9, se tiene

$$d = \left[\frac{32 \cdot n}{\pi * S_y} * M_e \right]^{1/3}$$

$$d = \left[\frac{32 * 2}{\pi * 12.25 \text{ Kg.mm}^2} * 2180.12 \text{ Kg.mm} \right]^{1/3}$$

$$d = 12.19$$

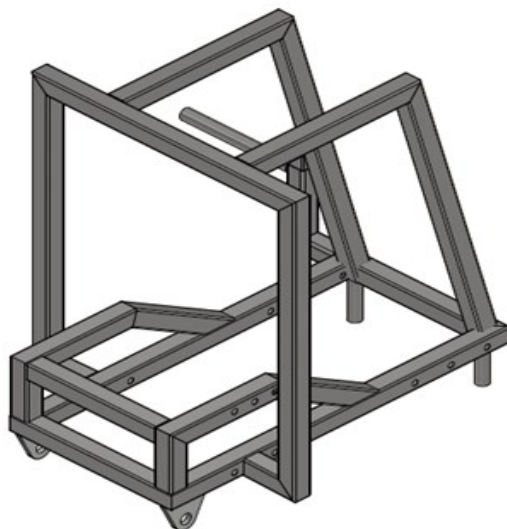
Como no se consiguen rodamientos con esta medida, se aproxima dicho valor a un rodamiento con medida comercial, el cual es de:

$$d \approx 17 \text{ mm}$$

Capítulo 5: Simulación

En este capítulo se presenta un estudio estático de fuerzas en donde apreciaremos el comportamiento del chasis bajo condiciones de carga como se indica en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** . El método empleado para el análisis es el de Von Mises; Los datos para tener en cuenta son, la pieza en un entorno virtual, el material del que se compone la pieza y la carga distribuida.

Figura 5-1. Chasis Desgranadora de cacao.

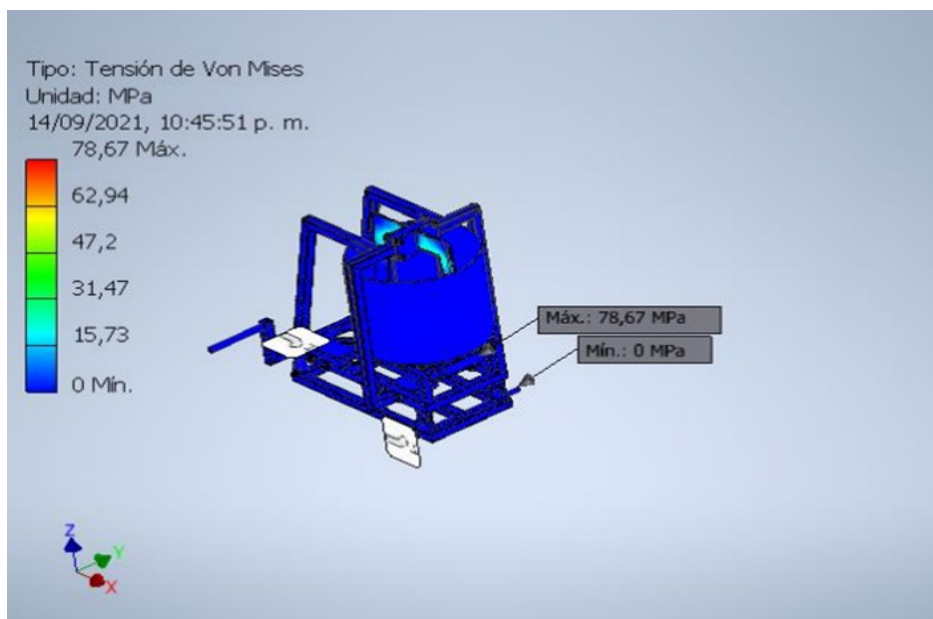


Fuente: Diseño autor bajo Autodesk Inventory, versión 2021.

5.1. Tensión en la estructura

De acuerdo con la Figura 5-2. Análisis de tensión, se puede concluir que, la estructura al ser sometida a la carga establecida, presenta un esfuerzo de tensión muy por debajo del límite máximo del material. Por lo tanto, se deduce que el dispositivo, bajo estas velocidades angulares y bajo estas fuerzas centrífugas, puede realizar el trabajo; Este valor de esfuerzo se encuentra por debajo del esfuerzo máximo permisible del material.

Figura 5-2. Análisis de tensión.



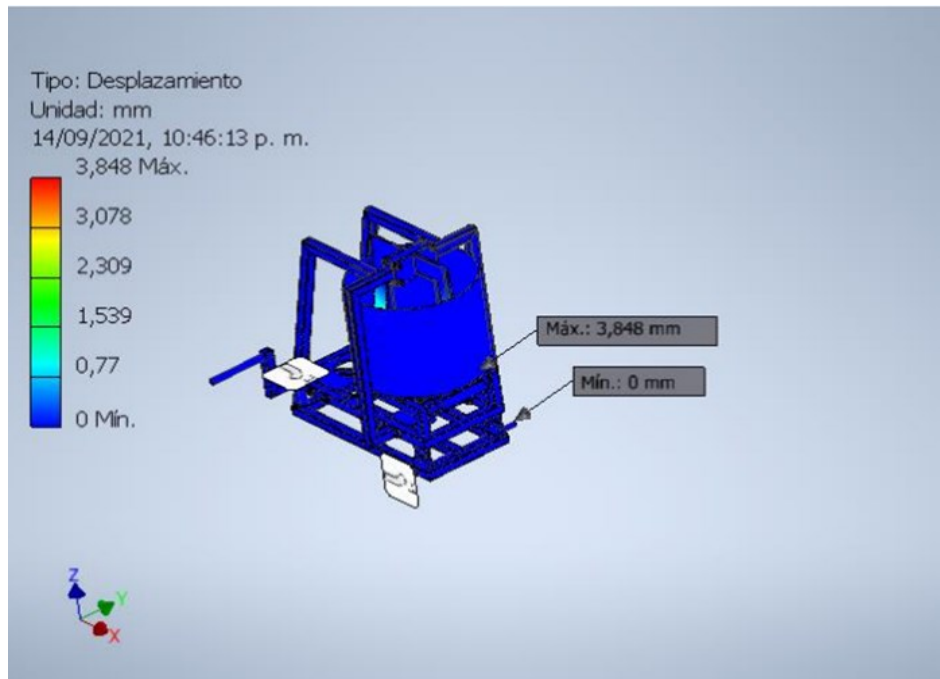
Fuente: Diseño autor bajo Autodesk Inventory, versión 2021.

Este valor de tensión o esfuerzo que soporta la estructura trabajando en condiciones de tensión o esfuerzo máximo es de 78,67 MPa y se concentra como lo indica la figura en los soportes del sistema centrífugo.

5.2. Análisis de desplazamiento

En la Figura 5-3. Análisis de desplazamiento en la estructura, apreciamos el desplazamiento máximo de la estructura, en la sección observamos que tiene un desplazamiento máximo de 3,848 mm, el cual se concentra en el soporte del cilindro centrífugo.

Figura 5-3. Análisis de desplazamiento en la estructura.



Fuente: Diseño autor bajo Autodesk Inventory, versión 2021.

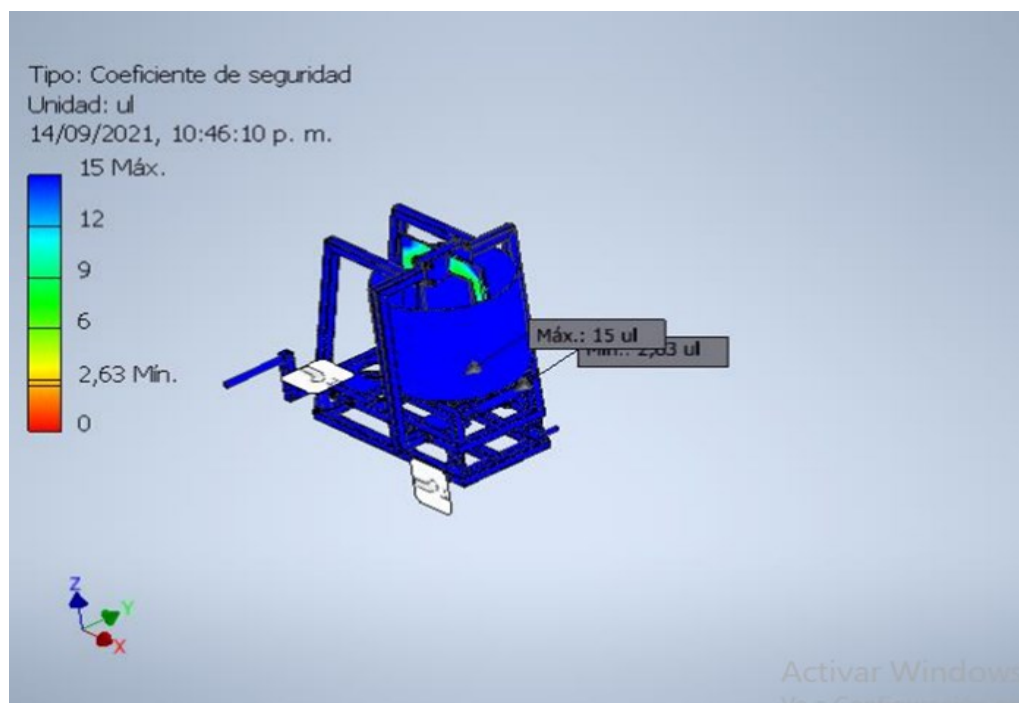
Como se indicó la importancia de este dato, es que permite validar si el prototipo puede llegar a sufrir un desplazamiento de la estructura que modifique su propia configuración o rendimiento del prototipo.

5.3. Factor de seguridad

El factor de seguridad de la pieza se aprecia por encima de 12 MPa, lo cual quiere decir que soporta 12 veces la carga a la que se está sometiendo; en conclusión, podemos decir que la estructura cumple satisfactoriamente las condiciones de carga y puede desempeñar su trabajo sin problemas, y se garantiza la durabilidad que permita, bajo un buen esquema de uso y mantenimiento (limpieza y ajustes preventivos periódicos), alcanzar una vida útil extendida. Figura 5-4. Análisis de factor de seguridad, pretende

presentar la distribución de los menores factores de seguridad, pero se verifica que resultan ser bastante altos, por lo que se ratifica la seguridad de la pieza diseñada.

Figura 5-4. Análisis de factor de seguridad.

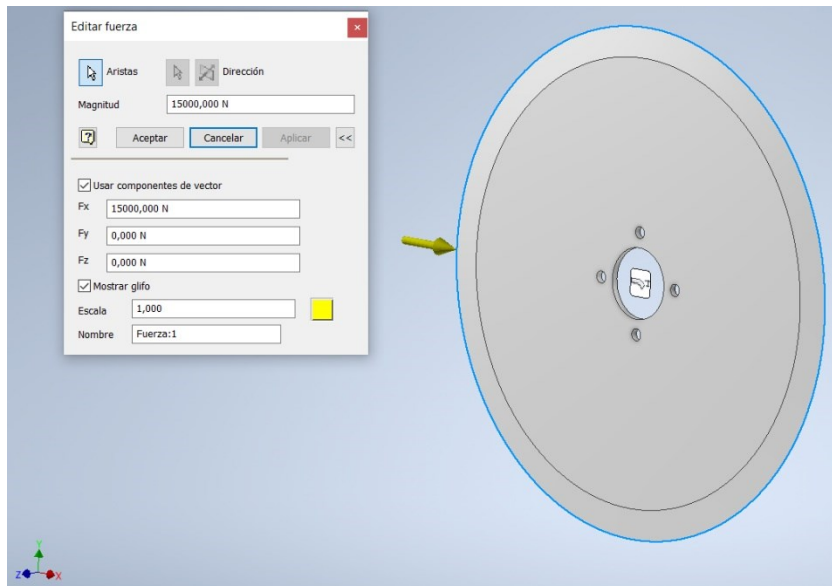


Fuente: Diseño autor bajo Autodesk Inventory, versión 2021.

5.4. Análisis de Fatiga Cuchilla

Al ingresar los datos de fuerzas que actúan sobre el prototipo, el análisis paramétrico de esfuerzo máximo a fatiga cuando se aplica una carga a rotura del material con una magnitud de 15000 Newton se tiene:

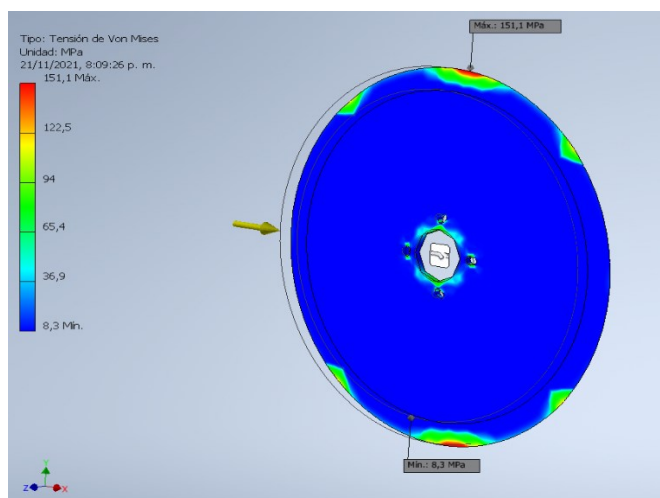
Figura 5-5. Parametrización carga para Análisis de fatiga.



Fuente: Diseño autor bajo Autodesk Inventory, versión 2021.

La figura 5-5 muestra la parametrización en el Software de la fuerza a la que se somete para el análisis de tensión y desplazamiento por fatiga; de acuerdo con lo anterior se tiene:

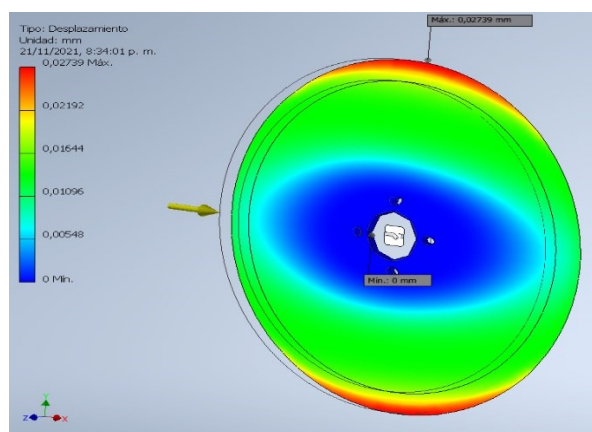
Figura 5-6. Fatiga por tensión de la cuchilla.



Fuente: Diseño autor bajo Autodesk Inventory, versión 2021.

Como se indica en la 5-6 al someter la cuchilla a la fuerza parametrizada, la fatiga se indica en las zonas de color rojo, con un esfuerzo máximo de 151 Mpa; al someterse a esta fuerza como se indica en la figura 5-6, el desplazamiento que sufre este elemento es de 0,027 mm; en el ajuste del centro no se presenta ningún desplazamiento aparente; muestra el siguiente resultado indicado en la figura 5-7 a continuación:

Figura 5-7. Desplazamiento por fatiga de la cuchilla.



Fuente: Diseño autor bajo Autodesk Inventory, versión 2021.

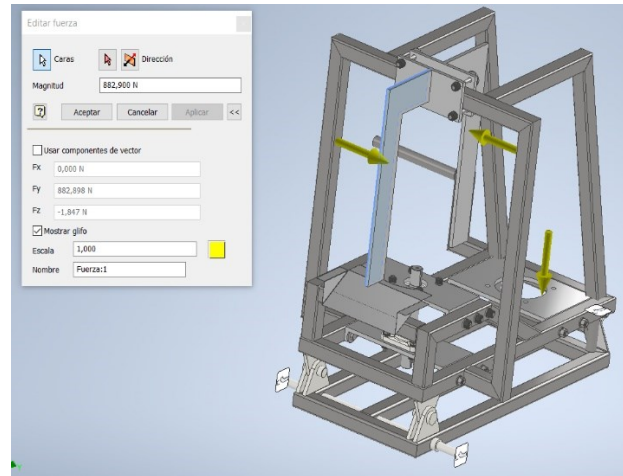
Del análisis anterior y de acuerdo con la simulación realizada se puede establecer que en las zonas de color rojo es donde se presenta más fatiga y corresponden al proceso de cortado; sin embargo, no supera el límite de esfuerzo máximo del material; por lo que se puede indicar que este lento puede desarrollar su función sin comprometer su efectividad de corte en el proceso por cizallamiento o fractura del material.

5.5. Análisis de Fatiga Chasis

Para realizar el análisis, partimos del hecho de simular una carga en sus aletas, cuyo valor de impacto es de 882 Newton, la cual está por encima de la carga nominal de trabajo (3 veces la carga nominal de trabajo), con el fin de poder identificar un

desplazamiento considerable y ver el punto de fatiga de todo el diseño en conjunto.; de acuerdo con lo anterior al parametrizar la carga en el sistema se tiene:

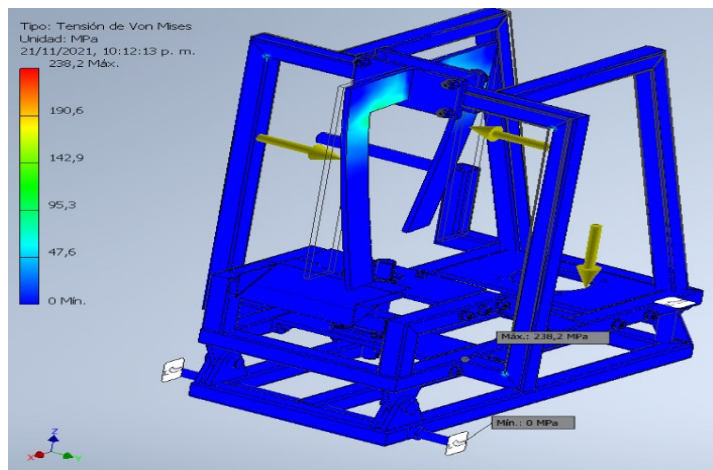
Figura 5-8. Parametrización de carga para análisis de fatiga en chasis.



Fuente: Diseño autor bajo Autodesk Inventor, versión 2021.

La figura 5-8 muestra la parametrización en el Software de la fuerza a la que se somete para el análisis de tensión y desplazamiento por fatiga; de acuerdo con lo anterior se tiene:

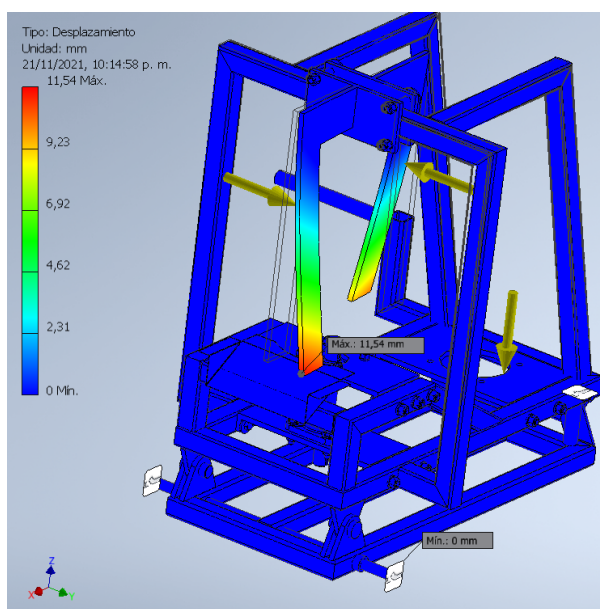
Figura 5-9. Fatiga por tensión del chasis.



Fuente: Diseño autor bajo Autodesk Inventor, versión 2021.

De acuerdo con la figura 5-9, el esfuerzo máximo a fatiga se presenta de color rojo, ubicado en la unión del soporte de la polea con el chasis, la misma que hace girar a la centrifuga, el esfuerzo máximo a fatiga en ese punto es de 238.2 MPa, a simple vista no se aprecia en la figura; el desplazamiento resultante al aplicar este esfuerzo se tiene:

Figura 5-10. Desplazamiento por fatiga de la cuchilla



Fuente: Diseño autor bajo Autodesk Inventory, versión 2021.

El desplazamiento máximo se presenta en las placas de impacto en la zona de color rojo y cuyo valor es de 11.54 mm; El punto donde se presenta el máximo esfuerzo a fatiga corresponde a las placas de impacto, se aprecia esfuerzo en las uniones soldadas del chasis, pero están en los parámetros adecuados de trabajo.

Conclusiones

Los criterios de diseño identificados según los requerimientos de los productores de cacao corresponden a mejorar el sistema de extracción de la semilla, para lo cual se planteó un método centrífugo; tener un equipo el cual se pueda llevar o movilizar hacia otras áreas de trabajo, para lo cual se le adaptó un soporte móvil con llantas; que este prototipo no consumiera combustibles fósiles, para lo cual se contempló un motor eléctrico; que el valor del prototipo fuera de bajo costo frente a equipos comerciales; de lo anterior se concluyó que el prototipo cuesta un 67% menos que el comercial.

Se diseñó un prototipo de máquina desgranadora de cacao, el cual consta de un tanque cilíndrico en acero inoxidable AISI 304, al igual que el disco separador los cuales están acoplados a un chasis rectangular en acero AISI 410, por medio de tornillos hexagonales; un motor de 3 hp a 1800 R.P.M. que lleva la potencia mediante polea y correa trapezoidal al cilindro; el conjunto posee un gancho de arrastre en caso de contar con vehículo o moto para su transporte.

Para simular y validar el correcto funcionamiento del prototipo, se sometió el mono-chasis a esfuerzo, desplazamientos máximos mediante método de Von Mises; los resultados indicaron que el valor de tensión es de 78,67 MPa, con un desplazamiento de 3,848 mm y un factor de seguridad de 12; los elementos analizados pueden trabajar normalmente ya que los valores calculados se encuentran por debajo de los límites permisibles, los cuales son de 90 MPa en cuanto a la tensión, 4 mm para el desplazamiento y 15 para el factor de seguridad, haciéndolos seguros y confiables, lo que indica que estas cumplen satisfactoriamente las condiciones de carga y pueden desempeñar su trabajo sin problemas.

Recomendaciones

Se recomienda desarrollar el programa de mantenimiento preventivo anual; en caso de que decida proyectar la venta gran escala.

Realizar estudios para uso de energía alternativas para poder operar la máquina en áreas en donde no hay red de alimentación eléctrica.

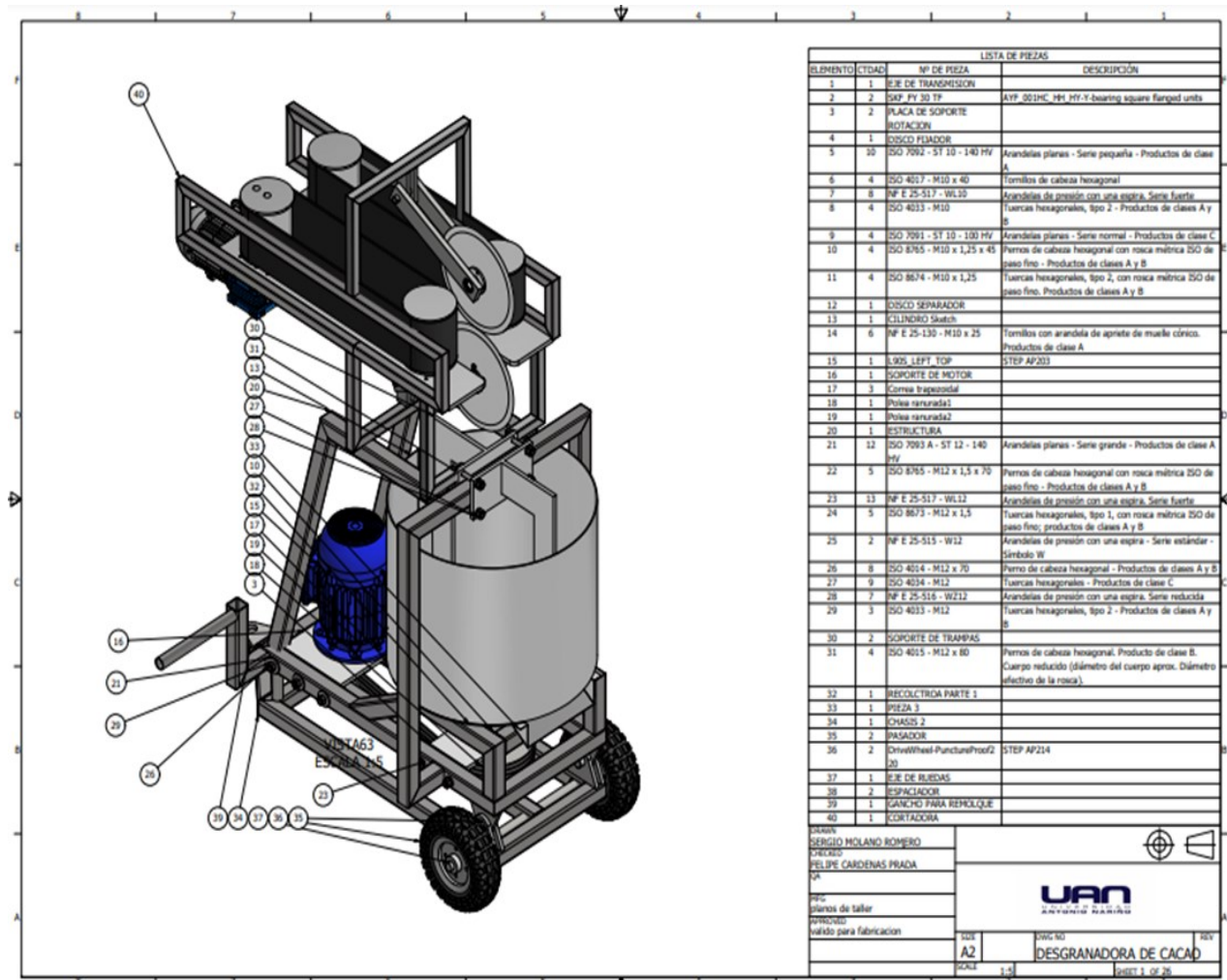
Evaluar la posibilidad de integrar el sistema de secado a partir del actual sistema centrífugo para el descarnado.

Implementar un sistema de paro de emergencia; así como el de evaluar la implementación de un sistema de control y mando en función de tiempos de proceso y secado.

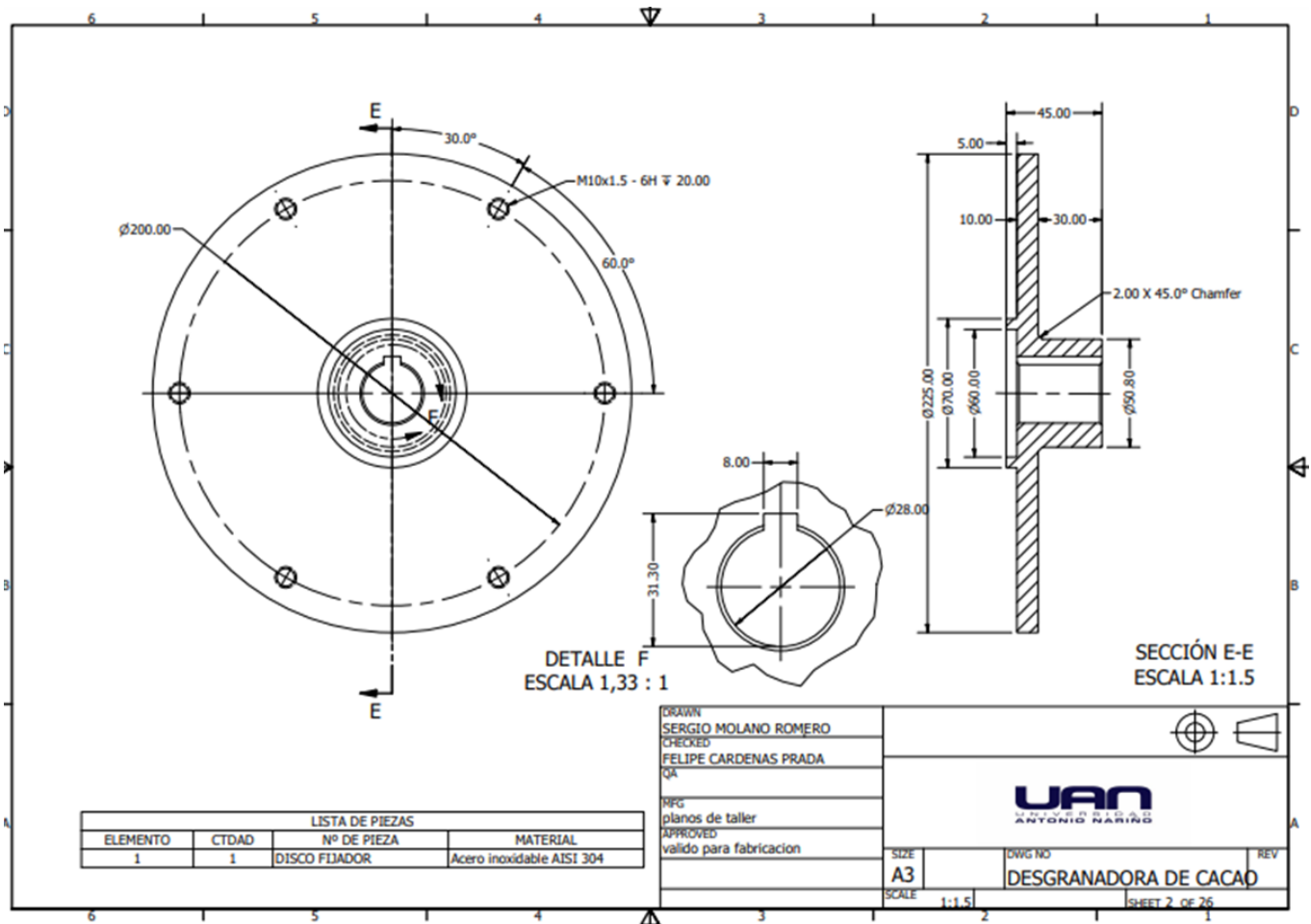
Realizar un estudio de materiales para hacer más liviano el prototipo y por ende su transporte.

Anexos

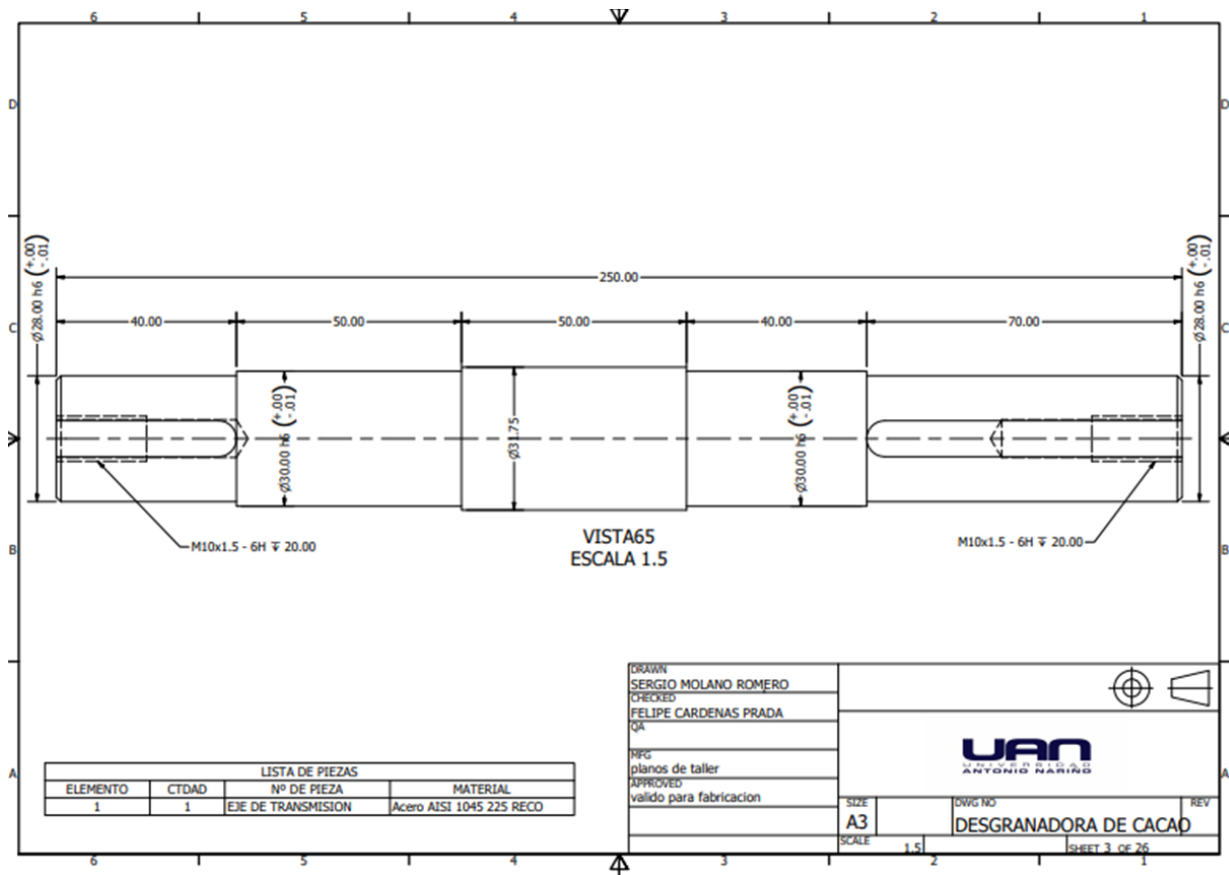
Anexo 1- Vista general isométrica del prototipo de máquina desgranadora de cacao



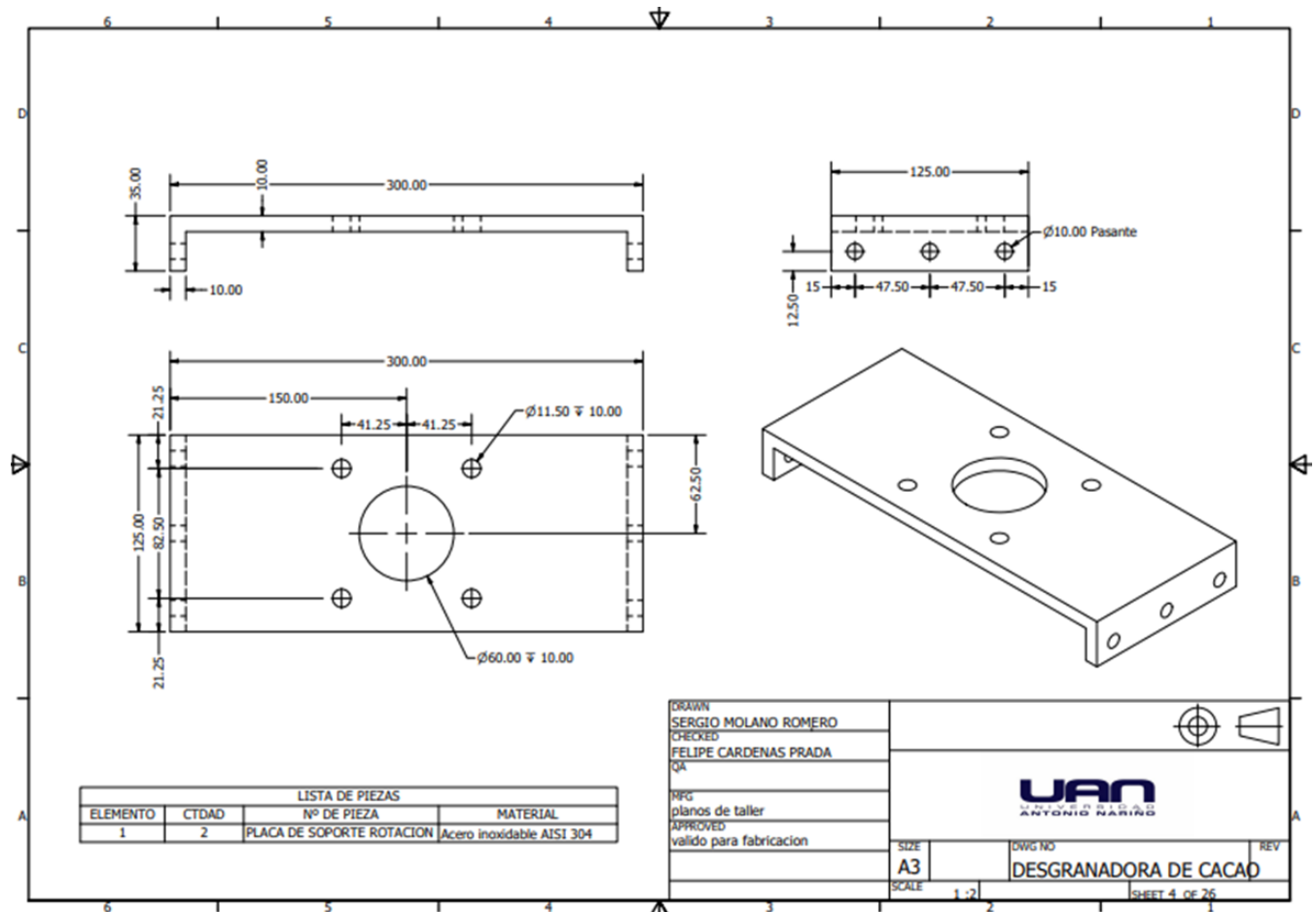
Anexo 2. Disco fijador

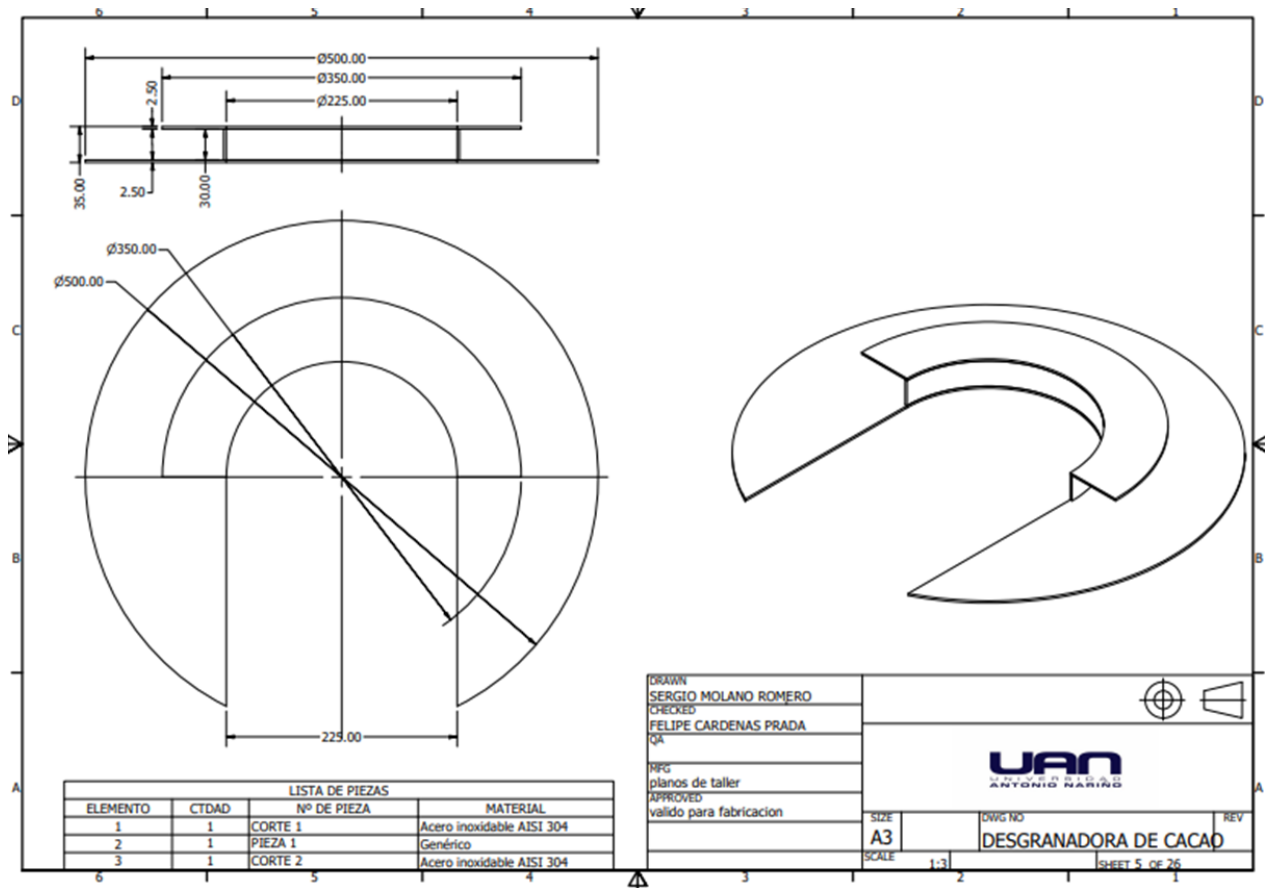


Anexo 3. Eje de transmisión





Anexo 4. Placa de soporte de rotación





LISTA DE PIEZAS			
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA	MATERIAL
1	1	CORTE 1	Acero inoxidable AISI 304
2	1	PIEZA 1	Genérico
3	1	CORTE 2	Acero inoxidable AISI 304

DRAWN SERGIO MOLANO ROMERO		
CHECKED FELIPE CARDENAS PRADA		
QA		
MFG planos de taller		
APPROVED valido para fabricacion		
SIZE A3	DWG NO DESGRANADORA DE CACA0	REV
SCALE 1:3	SHEET 5 OF 25	

Referencias Bibliográficas

- Adzimah, S., & Asiam, E. (2010). *Design of a Cocoa Pod Splitting Machine*. Acra (Ghana): Researchgate.
- Agamez P, J. A. (2020). *DISEÑO DE UN SECADOR CONVECTIVO PARA EL SECADO DEL GRANO DE CACAO*. Medellín: U. Antioquia.
- Agronet. (12 de febrero de 1996). *El Cultivo de chontaduro*. Recuperado el 18 de febrero de 2021, de <http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11348/4909/2/EI%20cultivo%20de%20chontaduro.pdf>
- Alcántara V, M., Nogueira, M., & Pereira, I. (2014). *Pelado*. Bogotá: USM.
- Aliu, S., & Ebunilo, P. (2011). *Development and Performance Evaluation of a Cocoa Pod Breaking Machine*. Benín Cyti (Nigeria): Ibadode.
- Ames P, J. p. (2019). *Diseño de prototipo de máquina descascaradora de cacao*. Huancayo (Perú): UC.
- Bavarezco, G. (2013). *Procedimiento para el diseño de ejes*. Bogotá: GAP.
- Bello, O., & Diamond, B. S. (2021). *Design, Fabrication and Testing of a Cocoa Depodding Machine*. Auchí (Nigeria): NTC.
- CATIE. (2011). *Guía técnica del cultivo de cacao manejado con técnicas agroecológicas*. San Salvador (El Salvador): CATIE.
- Clarke, M. (2016). *Cocoa Pod Splitter: Assessment of Prototype and Commercial Equipment*. Sydney (Australia): AgEconPlus.
- Consumer. (2012). Ciencia y tecnología al servicio de las frutas y verduras. *Consumer*, 3(25), 4-7.
- Dakogre, F., Asante, E., Kwofie, F., & Bismark, P. (2015). *Cocoa Pod Breaking Machine and Separating Unit*. Kumasi (Ghana): UKCT.
- Diario la nación del Huila. (2020). *Producción de cacao huilense creció 3,4% durante 2020*. Neiva (Huila9: La Nación.
- Dzudie, J., Ftatsi, M., & Djeumako, B. (2020). *Design and development of cocoa pod breaking and beans extraction machine*. Kumba (Cameroon): University of Buea.

- E, U., & Froilan, J. (2013). *Diseño y construcción de una máquina para el proceso de desgranado de maíz*. Riobamba (Ecuador): ESPC.
- García, G. (1985). *Una teoría general de análisis en el diseño de máquinas*. Bogotá: U. Nacional.
- GEM. (2008). *MANUAL DE BENEFICIO*. Bogotá: GEM.
- Hern Patiño D, á. D., López P, L. M., & Santos M, E. (2017). *Metodología del diseño y modelado de un accionamiento mecánico*. Pereira: UTP -Pereira.
- INAP. (2019). *La cadena de valor del cacao en América latina y del caribe*. México D.F.: IANP.
- Ingemecánica. (12 de enero de 2020). Recuperado el 29 de septiembre de 2021, de <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn121.html>
- Iyanda, M. O., Alhassan, E. A., & Adekanye, T. A. (2018). *Design, Fabrication and Testing of Cocoa Depodding Machine*. Omu Aran, Nigeria: University Landmark.
- Mayacela G, C. A. (2017). *Diseño y construcción de una máquina para la extracción de pulpa del fruto de cacao*. Quito (Ecuador): UIDE.
- Meneses B, J. A. (2014). *Diseño y construcción de una máquina estampadora*. Quito (ecuador): Scielo.org.
- Molt, R. (2006). Diseño de Elementos de Máquina. En *Diseño de ejes* (págs. 540-551). Dayton: Pearson.
- Myszca, D. (2012). *Máquinas y mecanismos*. México D.f.: Pearson, 4 ta edición.
- Myszca, D. (2012). *Máquinas y Mecanismos*. MEXICO D.F.
- Nogales, J. R. (12 de enero de 2020). poscosechacacao.blogspot.com/. (poscosechacacao.blogspot.com/) Recuperado el 12 de marzo de 2021, de poscosechacacao.blogspot.com/: <https://poscosechacacao.blogspot.com/2017/08/cosecha-y-desgrane-del-cacao.html>
- NUTRESA. (2019). *Cosecha, beneficio y calidad del grano de cacao*. Medellín: NUTRESA.
- Ochoa, J. (2015). *Diseño de una despulpadora de cacao*. Lima (Perú): U. Católica.
- Owusu, D. (2017). *KNUST Cocoa Pod Splitter*. Atobiase (Ghana): TP.

- Palakkeel, A., Narayanan, A., & Suresh, A. (2020). *Development and performance evaluación of a cocos beach sheller cum winnower*. MALAPPURAM KERALA, INDIA: KAU.
- Parra T, J. A., & Calderón G, J. A. (2018). *Diseño y construcción de un prototipo de máquina para la obtención de semillas de cacao a partir del despulpado del fruto y la separación de sus componentes*. Bogotá: U distrital.
- Parra T, J. A., & Calderón G, J. A. (2018). *Diseño y construcción de un prototipo de máquina para la obtención de semillas de cacao a partir del despulpado del fruto y la separación de sus componentes*. Bogotá: UD, Francisco José de Caldas.
- Pavan V, P. k., & N. K. (2019). *Design and Fabrication of portable cocos vean separati6n machine*. Mauri (India): Researchgate.
- Rosero L, A. M. (2019). *Diseño de una máquina separadora de semillas de cacao*. Quito (Ecuador): UPN.
- SIR (Huila). (12 de marzo de 2019). Recuperado el 8 de junio de 2020, de SIR (Huila): <http://sirhuila.gov.co/index.php/estadisticas/economicas/agropecuario/2039-agropecuario-2019>
- SKF. (12 de ABRIL de 2017). *SKP-Rodamientos de rodillos cilíndricos*. Recuperado el 14 de febrero de 2020, de <https://www.skf.com/co/products/bearings-units-housings/roller-bearings/cylindrical-roller-bearings/index.html>
- Stadler, R., & Gentil, G. (2014). *Encyclopedia of Food Safety*. Abiyán (Costa de Marfil): UCA.
- Tapia Z, M. E., Tapia Z, E., & Arla O, S. (2017). *DESIGN AND CONSTRUCTION OF A LOW PRICE CORN PEELING MACHINE FOR SOFT DRY VARIETY*. Pichincha (Ecuador): El sevier.
- Toapanta C, R. F., & Rosero L, A. M. (2008). *Diseño de una máquina separadora de la semilla del cacao*. Quito (Ecuador): EPN.
- torres, G. (2019). *Diseño y construcción de una máquina cortadora y despulpadora de cacao con una capacidad de 2400 mazorcas por hora para mejorar la productividad del agricultor*. Sidney (Australia): Scielo.
- Yucra C, R. (2018). *Diseño y construcción de una máquina quebradora de mazorcas de cacao para optimizar el tiempo de extracción*. AYACUCHO (PERÚ): UNSC.

