



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Implementación de un trapiche artesanal a través del accionamiento de un motor eléctrico que hace girar dos rodillos para la extracción de jugo de caña de azúcar en la provincia de Napo, cantón Tena, parroquia Cotundo.

Guamán Pineda, Eulices Geovanny

Departamento de Eléctrica y Electrónica

Carrera de Tecnología en Electromecánica

Monografía, previo a la obtención del título de Tecnólogo en Electromecánica

Ing. Culqui Tipán, Javier Fernando

Latacunga

8 de Marzo del 2021



**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA DE TECNOLOGÍA EL ELECTROMECAÁNICA**

CERTIFICACIÓN

Certifico que la monografía, **“Implementación de un trapiche artesanal a través del accionamiento de un motor eléctrico que hace girar dos rodillos para la extracción de jugo de caña de azúcar en la provincia de Napo, cantón Tena parroquia Cotundo”** fue realizado por el señor **Guamán Pineda, Eulices Geovanny** la cual ha sido revisada y analizada en su totalidad por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Latacunga, 6 de Marzo del 2021



Culqui Tipán, Javier Fernando

C.C.: 0503006454

Document Information

Analyzed document EULICES GUAMAN TESIS 1.pdf (D97028066)

Submitted 3/2/2021 9:55:00 PM






Submitted by

Submitter email egguaman1@espe.edu.ec

Similarity 5%

Analysis address jfulqui.espe@analysis.arkund.com

Sources included in the report

W	URL: https://docplayer.es/60822555-Universidad-nacional-del-altiplano.html Fetched: 6/19/2020 5:27:48 AM	 1
W	URL: https://docplayer.es/78691187-Escuela-politecnica-nacional.html Fetched: 12/14/2019 8:03:10 AM	 3
W	URL: https://www.slideshare.net/JhOnArDilaB/15-t00406 Fetched: 1/25/2021 4:51:38 AM	 2
W	URL: https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/objetos/figutut121/Correas_Dunlo Fetched: 3/2/2021 9:56:00 PM	 3
W	URL: https://core.ac.uk/dowland/pdf/200329581 Fetched: 7/21/2020 4:22:02 AM	 1



Firmado electrónicamente por:
**JAVIER
FERNANDO
CULQUI TIPAN**

Ing. Javier Fernando Culqui Tipán

C.C.:0503006454



**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA DE TECNOLOGÍA EN ELECTROMECAÁNICA**

RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA

Yo, **Guamán Pineda, Eulices Geovanny**, con cédula de ciudadanía n° 1104310758, declaro que el contenido, ideas y criterios de la monografía: **“Implementación de un trapiche artesanal a través del accionamiento de un motor eléctrico que hace girar dos rodillos para la extracción de jugo de caña de azúcar en la provincia de Napo, cantón Tena parroquia Cotundo”** es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Latacunga, 6 de Marzo del 2021

Guamán Pineda, Eulices Geovanny

C.C.: 1104310758



**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA DE TECNOLOGÍA EN ELECTROMECAÁNICA**

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Yo **Guamán Pineda, Eulices Geovanny** autorizó a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar la monografía: **“Implementación de un trapiche artesanal a través del accionamiento de un motor eléctrico que hace girar dos rodillos para la extracción de jugo de caña de azúcar en la provincia de Napo, cantón Tena parroquia Cotundo”** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Latacunga, 6 de Marzo del 2021

Guamán Pineda, Eulices Geovanny

C.C.: 1104310758

Dedicatoria

A mi padre Kilver, ya que sin el no habría podido culminar mis estudios superiores, por su cariño, consejos y sacrificio, velando porque no me faltara nada a lo largo de mi formación como profesional y persona.

A mi madre Carmen que supo darme las palabras de ánimo, cariño y brindarme su apoyo cuando más lo necesitaba.

A mis hermanos Michael, David y Patricio que, a través de su alegría, y cariño me contagiaban de entusiasmo.

EULICES GEOVANNY GUAMÁN PINEDA

Agradecimiento

Agradezco a Dios por darme salud y cuidarme en los momentos difíciles del transcurso de mi carrera y mi vida.

A mi Padre, madre y hermanos por el cariño, sacrificio, y comprensión que me mostraron.

A la Universidad de las fuerzas Armadas ESPE, por prestarme sus instalaciones para aprender y desarrollarme como profesional.

A todos los buenos amigos que hice en la universidad, con los que compartí momentos valiosos.

A mis profesores por compartir sus conocimientos teóricos y prácticos a desempeñar en el campo laboral.

EULICES GEOVANNY GUAMÁN PINEDA

Tabla de contenidos

Carátula.....	1
Certificación.....	2
Reporte de verificación.....	3
Responsabilidad de autoría.....	4
Autorización de publicación.....	5
Dedicatoria.....	6
Agradecimiento	7
Tabla de contenidos.....	8
Índice de tablas	11
Índice de figuras.....	12
Índice de ecuaciones	14
Resumen	15
Abstract.....	16
Capítulo I.....	17
Introducción.....	17
Tema	17
Antecedentes	17
Planteamiento del Problema	18
Justificación.....	19
Objetivos	19
<i>Objetivo general</i>	19
<i>Objetivos específicos</i>	19
Alcance.....	20
Capítulo II.....	21
Marco teórico.....	21

Trapiche.....	21
<i>Clasificación de los trapiches</i>	21
Masas o Rodillos.....	23
<i>Configuración de las masas</i>	23
Sistemas de Transmisión en trapiches	24
<i>Sistemas de transmisión de potencia por poleas</i>	24
Sistemas de transmisión de potencia por cadenas	25
Sistemas de transmisión de potencia por engranes	26
Caja Reductora de Velocidad.....	28
<i>Beneficios de los reductores de velocidad</i>	29
Capítulo III.....	30
Cálculo y dimensionamiento	30
Cálculo y selección de la potencia del motor	30
<i>Cálculo de la potencia del motor</i>	30
<i>Selección del motor</i>	32
Cálculo y selección de la caja reductora de velocidad	33
Cálculo y Selección de la transmisión	34
<i>Cálculo y selección de la correa</i>	34
<i>Cálculo y selección de la catalina y cadena</i>	38
Cálculo y selección de ejes y masas.....	39
<i>Cálculo de los ejes de transmisión</i>	39
<i>Selección de las masas extractoras de jugo</i>	42
Cálculo y Diseño de la transmisión de los engranes	43
<i>Cálculo de engranes</i>	43
<i>Diseño transmisión de velocidad entre engranes</i>	46
Selección y dimensionamiento de protecciones eléctricas.....	47

<i>Fusible</i>	47
<i>Interruptor magnetotérmico</i>	47
<i>Cables de conexión</i>	47
<i>Diagrama eléctrico en Cadesimu</i>	48
Capítulo IV	50
Análisis estático del trapiche	50
Análisis estático de la mesa de soporte.....	50
Análisis estático de la masa superior	55
Análisis estático del rodamiento 6005	59
Capítulo V	65
Funcionamiento y pruebas	65
Funcionamiento del Trapiche	65
<i>Funcionamiento eléctrico y mecánico</i>	65
<i>Funcionamiento de agarre de las masas</i>	66
Pruebas de Capacidad de Producción	66
Capítulo VI	68
Conclusiones y recomendaciones	68
Conclusiones	68
Recomendaciones	68
Bibliografía.....	69
Anexos	70

Índice de tablas

Tabla 1 Torneado de las masas.....	24
Tabla 2 Tipos de engranes.....	27
Tabla 3 Carga necesaria para aplastar la caña de azúcar.....	30
Tabla 4 Fibra presente en la caña de azúcar según peso en gramos.....	32
Tabla 5 Factor de corrección de la potencia.....	35
Tabla 6 Capacidad de amperaje máximo según la sección de cable THW.	48
Tabla 7 Pruebas de capacidad de producción de trapiche.	67

Índice de figuras

Figura 1	Trapiche horizontal.	22
Figura 2	Trapiche vertical.	23
Figura 3	Sistema de transmisión de potencia por poleas.	25
Figura 4	Sistemas de transmisión de potencia por cadenas.	26
Figura 5	Caja reductora de velocidad internamente.	28
Figura 6	Placa del motor.	33
Figura 7	caja reductora de velocidad.	34
Figura 8	Sección de la correa.	37
Figura 9	Piñón y catalina conectados mediante la cadena.	39
Figura 10	Transmisión de potencia del motor hacia las masas del trapiche.	40
Figura 11	Masas del trapiche.	43
Figura 12	Distancia entre centros en los ejes.	44
Figura 13	Engranajes creados con toolbox.	45
Figura 14	Relación de transmisión de potencia entre engranes.	46
Figura 15	Diagrama conexión eléctrica del trapiche realizado en cadesimu.	49
Figura 16	Trapiche de dos masas diseñado en SolidWorks.	50
Figura 17	Peso en conjunto de masas, engranes, catalina, pernería y recipiente.	51
Figura 18	Aplicación del peso sobre la mesa de soporte.	52
Figura 19	Análisis estático de límite elástico en la mesa de soporte.	53
Figura 20	Análisis estático del desplazamiento en la mesa de soporte.	54
Figura 21	Análisis estático del factor de seguridad en la mesa de soporte.	55
Figura 22	Torsión aplicada a la masa superior.	56
Figura 23	Análisis estático de límite elástico en masa superior.	57
Figura 24	Análisis estático de desplazamiento en la masa superior.	58
Figura 25	Análisis estático del factor de seguridad en la masa superior.	59

Figura 26	Peso a soportar en el rodamiento 6005.	60
Figura 27	Fuerza aplicada en el rodamiento 6005.	61
Figura 28	Análisis estático de límite elástico en el rodamiento 6005.....	62
Figura 29	Análisis estático de desplazamiento en el rodamiento 6005.	63
Figura 30	Análisis estático del factor de seguridad en el rodamiento 6005.	64
Figura 31	Encendido del trapiche.	65
Figura 32	Cañas triturada gracias a los surcos torneados en las masas.....	66

Índice de ecuaciones

Ecuación 1	Fórmula general de la potencia de los molinos.	30
Ecuación 2	Carga fibrosa del molino.	31
Ecuación 3	Carga sobre el cilindro superior en toneladas.	31
Ecuación 4	Longitud de la correa.	37
Ecuación 5	Velocidad angular en el eje.	40
Ecuación 6	Torque en el eje.	41
Ecuación 7	Momento polar de inercia en un eje sólido.	41
Ecuación 8	Esfuerzo cortante permisible máximo.	41

Resumen

Esta monografía se desarrolló en base a la automatización del proceso de molienda de la caña de azúcar, el cual se lo realizaba de forma manual en la finca de la familia Guamán a través de métodos rústicos como era el ingreso de la caña de azúcar en dos rodillos metálicos los cuales debían ser girados por dos personas para así lograr la extracción del jugo de caña de azúcar, al ser un proceso demoroso y forzado se dañaban o no se las procesaba a las cañas de azúcar. Se logró implementar un trapiche artesanal de dos masas automatizado a través del uso de interruptores, y pulsadores para el control de un motorreductor monofásico que a su vez hace girar dos rodillos o masas a bajas velocidades y alto torque por medio de la transmisión de potencia de banda-polea y catalina - cadena. Se utilizó materiales en acero inoxidable para las partes que estaban en contacto directo con la caña de azúcar, como son las masas y el recipiente para el guarapo, para lo estructural se usó acero negro común, y para ubicar los pulsadores mdf. Este proyecto de monografía permitió acelerar el proceso de extracción de guarapo, así como disminuir esfuerzos y ahorro de recurso humano.

Palabras clave:

- **TRAPICHE DE DOS MASAS**
- **MOLIENDA DE CAÑA DE AZÚCAR**
- **EXTRACCIÓN DE GUARAPO**

Abstract

This monograph was developed based on the automation of the sugar cane milling process, which was carried out manually on the Guamán family farm through rustic methods such as the entry of sugar cane in two Metal rollers which had to be rotated by two people in order to extract the sugar cane juice, as it was a time-consuming and forced process, the sugar cane was damaged or not processed. An automated two-mass artisanal mill was implemented through the use of switches and pushbuttons to control a single-phase gear motor that in turn rotates two rollers or masses at low speeds and high torque through the transmission of power from belt-pulley and chain-chain. Stainless steel materials were used for the parts that were in direct contact with the sugar cane, such as the masses and the container for the guarapo, for the structural, common black steel was used, and to locate the MDF push buttons. This monograph project allowed speeding up the guarapo extraction process, as well as reducing efforts and saving human resources.

Keywords:

- **TWO MASS TRAPICHE**
- **MILLING OF SUGAR CANE**
- **EXTRACTION OF GUARAPO**

CAPÍTULO I

1. Introducción

Tema

Implementación de un Trapiche artesanal a través del accionamiento de un motor eléctrico que hace girar dos rodillos para la extracción de jugo de caña de azúcar en la provincia de Napo, cantón Tena parroquia Cotundo.

1.1 Antecedentes

La finca perteneciente a la familia Guamán ubicada en la parroquia Cotundo, cantón Tena, en la provincia del Napo tiene una extensión total de 10000 m², en la cual se encuentran plantaciones de caña de azúcar en la mayoría de sus sembríos.

La caña de azúcar en la finca se cultiva a baja escala de forma casual cada cierto tiempo para consumo propio de la familia.

Existen actualmente sembríos de tres clases distintas de caña de azúcar las cuales son la caña violeta o *Saccharum Violaceum*, la caña cristalina o *Saccharum Lubridatum* y la caña criolla o *Saccharum Offinarum*.

Como antecedentes se tiene dos tesis de construcción de trapiches, en las que se detalla la conclusión y resultado alcanzado de los autores:

1) Trujillo Mauro, Pazmiño Vicente (2008) Tema: "DISEÑO, CÁLCULO Y CONSTRUCCIÓN DE UN TRAPICHE".

Trujillo & Pazmino (2008) concluyeron "Los altos valores del factor de seguridad en el diseño de ciertas piezas, se la ha considerado normal y factibles; debido a que es una máquina que está sujeta a diversos esfuerzos de manera conjunta ya sea por la utilización de diversos tipos de caña o por la mala operatividad del usuario" (p. 158).

Obtuvieron como resultados Trujillo & Pazmino (2008) "Para un mejor funcionamiento es necesario que la máquina esté calibrada de acuerdo a los parámetros de diseño" (p. 158).

2) Valencia Edison, Villacís Santiago (2008) Tema: “DISEÑO DE UN TRAPICHE ACCIONADO MEDIANTE ENERGÍA HIDRÁULICA PARA USO EN FINCAS PRODUCTORAS DE CAÑA”.

Valencia & Santiago (2008) concluyeron “El equipo de molienda se selecciona con base en la capacidad, se podrá operar en forma conveniente para obtener una extracción de jugos y un consumo de potencias aceptables y permitirá moler la caña producida en el área de influencia del trapiche” (p. 208).

Como resultados obtuvieron Valencia & Santiago (2008) “La estructura de la caña de azúcar tiene una marcada influencia sobre los resultados de la molienda” (p. 209).

1.2 Planteamiento del Problema

En la finca de la familia Guamán con el exceso de sembríos de caña de azúcar, la mayoría de ellas se pudren por falta de un método el cual permita el procesado de la caña de azúcar para obtener un producto comercializable como es el guarapo que se obtiene del jugo de caña de azúcar, también al no ser aprovechada la caña se desperdicia el bagazo que se podría obtener para su utilización como abono natural de la tierra para resiembra.

Al no ser cosechado los sembríos de caña de azúcar con frecuencia, se propicia el crecimiento de maleza alrededor de los sembríos, dando apertura a la llegada de animales peligrosos por su picadura como serpientes y avispas que por el clima típico del oriente ecuatoriano habitan entre la maleza de zonas rurales.

Además de que no resulta rentable llevar la caña de azúcar para ser procesada en otro lugar por el costo de transporte hasta el punto de procesado de jugo de caña de azúcar, así como el costo del servicio ya que el producto comercializable tiene que ser competitivo con respecto al del mercado local y de fácil adquisición.

1.3 Justificación

Al realizar este proyecto se va a facilitar la molienda de la caña de azúcar a través de la automatización del proceso por medio de un motor eléctrico que accionara dos rodillos para la extracción del jugo de caña de azúcar. El impacto a corto plazo será de incrementar notablemente la producción de jugo de caña de azúcar para posteriormente ir estabilizándose a su producción máxima.

El trapiche cuenta con una estructura resistente y adecuada anti oxidable adecuada para estar en contacto con el jugo de caña de azúcar, se puede desarmar, beneficiando su limpieza y mantenimiento, así mismo contará con un factor de seguridad y confiabilidad adecuada para su operación.

Como resultados podemos mencionar que se van a aprovechar a través de una mayor producción, facilidad y rapidez de trabajo.

A través de la construcción de este trapiche automatizado se obtiene un mecanismo de obtención de jugo de caña de azúcar diseñado bajo parámetros técnicos y fomenta la implementación de pequeños emprendimientos sin una cantidad importante de inversión.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Implementar un trapiche a través del accionamiento de un motor eléctrico que hace girar dos rodillos para la extracción de jugo de caña de azúcar en la Provincia de Napo, cantón Tena, parroquia Cotundo.

1.4.2 Objetivos específicos

- Dimensionar la potencia necesaria del motor, así como el sistema de transmisión de potencia al sistema de extracción de jugo de caña de azúcar.
- Validar la parte estructural del trapiche para verificar esfuerzos mecánicos en el software SolidWorks.

- Realizar pruebas de funcionamiento de extracción del jugo de caña de azúcar.

1.5 Alcance

Para el accionamiento automático va a contar con una botonera de inicio y paro, un pulsador de emergencia con las respectivas protecciones contra cortocircuito para la protección del motor eléctrico.

Para la estructura se utilizará una combinación de acero inoxidable, acero común y mdf con propósito de estética, limpieza y mantenimiento de la máquina.

Para la transmisión del movimiento se va adquirir un motor eléctrico con caja reductora de velocidad la cual va transferir el movimiento a través de polea-banda y catalina -cadena a las masas.

CAPÍTULO II

2. Marco teórico

2.1 Trapiche

Un trapiche es un elemento, el cual, a través del movimiento de un eje, que está conectado mediante mecanismos como engranes-cadena, engranes-polea a las masas logran la extracción del jugo de caña de azúcar. Este puede ser de madera, aceros u otros materiales resistentes que soporten esfuerzos de compresión, antiguamente eran impulsados por animales, ya en la actualidad tenemos trapiches accionados por motores eléctricos y motores de combustión interna.

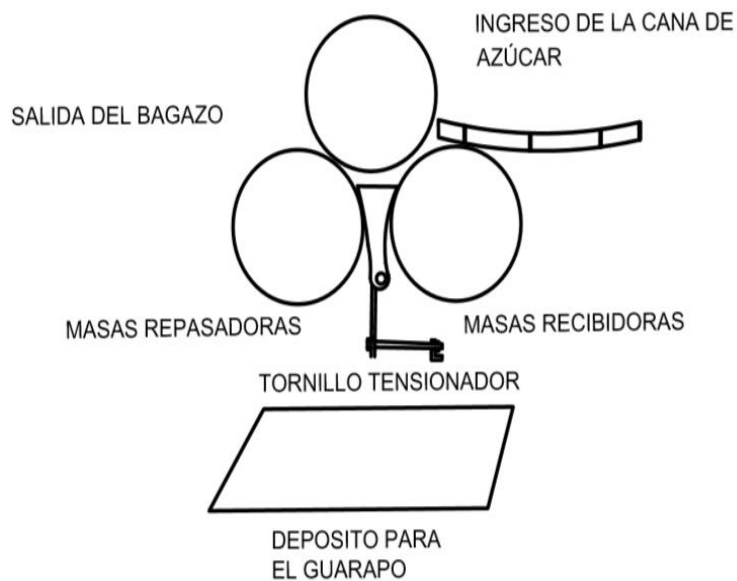
2.1.1 Clasificación de los trapiches

Dentro de la Clasificación general existen dos tipos de trapiches:

1) Trapiche de ingreso de caña de azúcar horizontal (Puede ser de 2 o 3 masas): Este tipo de trapiche se caracteriza por el ingreso en forma vertical de la caña de azúcar hacia las masas para la extracción del jugo de caña de azúcar como se observa en la figura 1, las masas van a estar torneadas para una mejor adherencia y trituración de la caña.

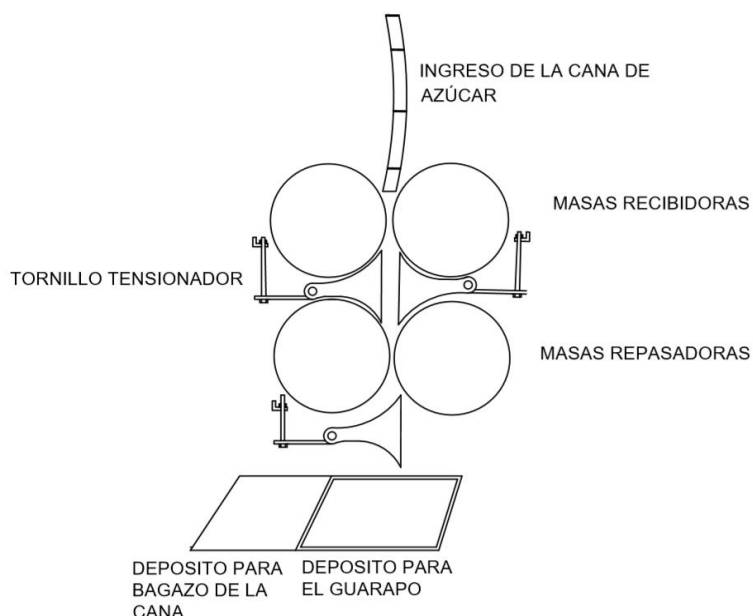
Figura 1

Trapiche horizontal.



Nota: La caña de azúcar pasa a la masa repasadora ya que se coloca entre las masas un tornillo tensionador para evitar que no caiga hacia el depósito de guarapo.

2) Trapiche de ingreso de caña de azúcar vertical: En este trapiche el ingreso de la caña de azúcar se hace de forma vertical, como se aprecia en la figura 2, con igual metodología de extracción que en el trapiche horizontal, cabe recalcar que este tipo de trapiche es poco común.

Figura 2*Trapiche vertical.*

Nota: Este tipo de trapiche puede contar con dos o cuatro masas, cayendo el bagazo en un recipiente de depósito y en otro recipiente el guarapo.

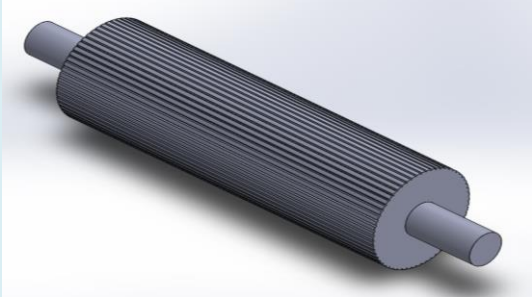
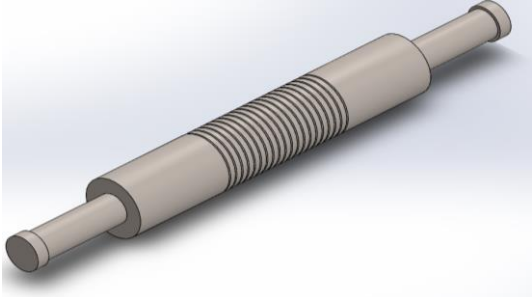

2.2 Masas o Rodillos

Las masas son los cilindros destinados al aplastamiento de la caña de azúcar, se tiene tres masas, una masa superior que en conjunto con la masa recibidora es por donde va a ingresar la caña para ser aplastada y extraer el jugo de la caña, luego con otra masa repasadora que en conjunto con la masa superior va a aplastar aún más la caña para extraer todo el jugo de caña posible, cabe señalar que el material de fabricación de las masas debe ser necesariamente en acero inoxidable ya que van a estar en contacto directo con la caña de azúcar.

2.2.1 Configuración de las masas

Para evitar resbalamientos e ingresos forzosos de la caña de azúcar en las masas se debe realizar una operación de devastado (ya horizontal o vertical) o roscado en el torno en la sección transversal de las masas como se muestra en la tabla 1.

Tabla 1*Torneado de las masas.*

Torneado	Referencia
Desbastado horizontal	
Desbastado vertical	
Roscado	

Nota: Las masas y la operación de desbaste horizontal, vertical y roscado, fueron dibujados en el software SolidWorks.

2.3 Sistemas de Transmisión en trapiches

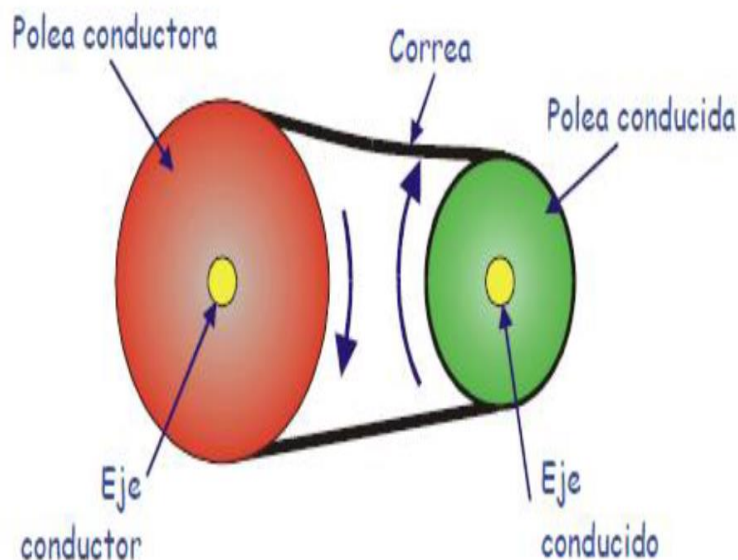
2.3.1 *Sistemas de transmisión de potencia por poleas*

En los sistemas de transmisión de potencia por poleas tenemos que para transmitir el movimiento de rotación de la polea conductora a la conducida se emplea una correa o banda, como se ve en la figura 3, pudiéndose reducir o aumentando la

velocidad de rotación en la polea conducida dependiendo el diámetro de las poleas, este método de transmisión es utilizado frecuentemente en los trapiches.

Figura 3

Sistema de transmisión de potencia por poleas.



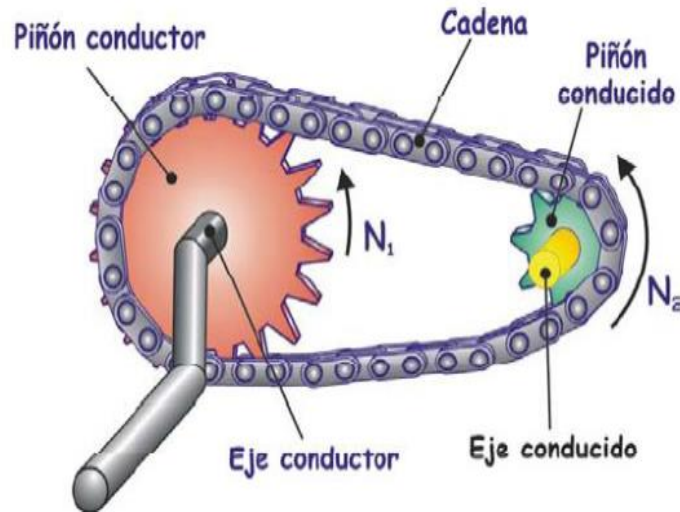
Nota: El movimiento de polea conductora es horario y la conducida antihorario (Carvajal & Rojas, 2010).

2.3.2 Sistemas de transmisión de potencia por cadenas

La forma de transmitir el movimiento del piñón o engrane conductor ya sea por un accionamiento manual o automático al piñón o engrane conducido es una cadena, como se aprecia en la figura 4, la cual debe poseer el mismo paso que los engranes. La velocidad recibida al engrane conducido, aumentará o se reducirá dependiendo del número de dientes de los piñones o engranes. Este tipo de transmisión es ruidoso, pero transmite de mejor manera el torque.

Figura 4

Sistemas de transmisión de potencia por cadenas.



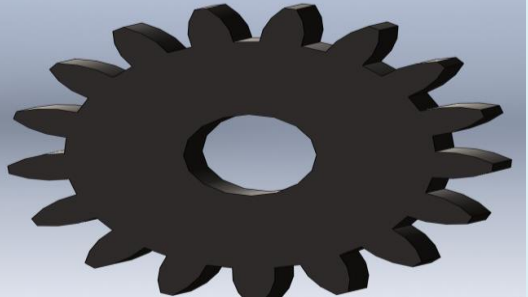
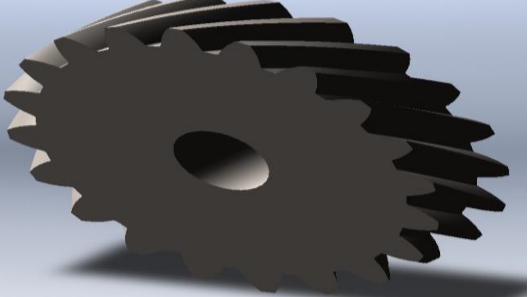
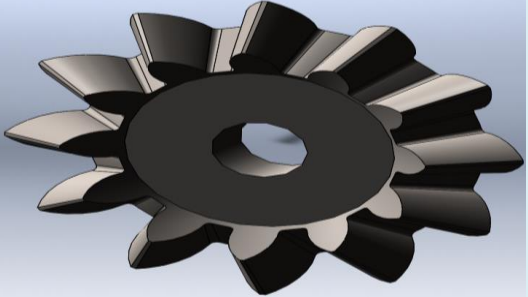
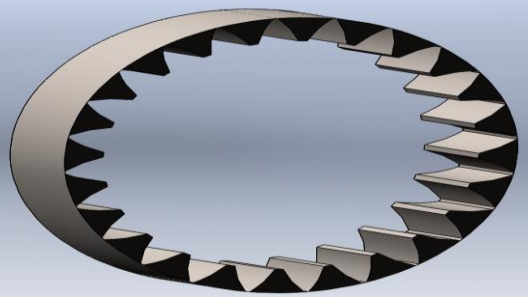
Nota: El sentido de giro en los piñones es en el mismo sentido (Carvajal & Rojas, 2010).

2.3.3 Sistemas de transmisión de potencia por engranes

Según Carvajal & Rojas (2010) “Sistema mecánico basado en ruedas dentadas que sirve para transmitir el movimiento de rotación de un eje a otro, invirtiendo eventualmente sentido o modificando su velocidad angular.” (p. 22).

Dependiendo de la aplicación tenemos cuatro clases de engranes: rectos, helicoidales, cónicos y con interior dentado como se observa en la tabla 2.

Tabla 2*Tipos de engranes.*

Engrane	Referencia
Engrane recto	 A 3D rendering of a spur gear, showing a circular gear with straight teeth. The gear is dark gray with a central hole. The teeth are evenly spaced and have a standard profile.
Engrane helicoidal	 A 3D rendering of a helical gear, showing a circular gear with teeth that are curved along the circumference. The gear is dark gray with a central hole. The teeth are evenly spaced and have a standard profile.
Engrane cónico de dientes rectos	 A 3D rendering of a bevel gear, showing a gear with a conical shape and straight teeth. The gear is dark gray with a central hole. The teeth are evenly spaced and have a standard profile.
Engrane recto interno	 A 3D rendering of an internal gear, showing a gear with a circular shape and teeth that are curved along the circumference. The gear is dark gray with a central hole. The teeth are evenly spaced and have a standard profile.

Nota: Los engranes fueron creados con la herramienta Toolbox, la cual proporciona el Software de SolidWorks.

2.4 Caja Reductora de Velocidad

Una caja reductora de velocidad es un conjunto de elementos formados por engranes , rodamientos y ejes , como se observa en la figura 5, realizando una transmisión de potencia mecánica entre ellos dentro de una carcasa, la cual nos va permitir reducir la velocidad de salida de la caja reductora entregada por el motor eléctrico , consiguiendo incrementar el torque ya que es inversamente proporcional a la velocidad , es decir a medida que disminuya la velocidad incrementara el torque de salida, la velocidad de salida de la caja reductora va depender de la forma de los engranes, cuantos dientes tengan, su disposición y la función para la que este destinado.

Figura 5

Caja reductora de velocidad internamente.



Nota: Para reducir la velocidad se usa una transmisión de movimiento mecánico con engranes helicoidales, los cuales están sobre un eje, que gira gracias a un rodamiento de bolas (García, 2016).

2.4.1 Beneficios de los reductores de velocidad

El uso de una caja reductora de velocidad acoplado a un motor eléctrico es múltiple los cuales son:

- Fácil mantenimiento diario, el cual consiste en revisar el adecuado nivel de aceite.
- Elementos compactos que garantizan durabilidad y resistencia.
- Amplios rangos de velocidad disponibles según el tipo de función a realizar.
- Disponibilidad de cajas abridadas para un rápido balanceo con el eje del motor.
- Aumento del torque conforme disminuye la velocidad perfecta para aplicaciones donde se requiere levantar, mover, aplastar grandes cargas.

CAPÍTULO III

3. Cálculo y dimensionamiento

3.1 Cálculo y selección de la potencia del motor

3.1.1 Cálculo de la potencia del motor

Para calcular la potencia necesaria del motor se referenció con la cantidad de peso necesario para aplastar una caña de un diámetro de 50mm a un espesor de 3mm como se observa en la tabla 3 y en las fórmulas generales de la potencia de los molinos.

Tabla 3

Carga necesaria para aplastar la caña de azúcar.

Diámetro caña (mm)	Carga Q1 (10mm) (kg)	Carga Q2 (3mm) (kg)	Carga Total (kg)
50	780	1210	1990
47	810	1130	1940
47	920	980	1900
41	764	845	1609
47	648	1080	1728

Nota: Sumamos la carga de 780 kg y la de 1210 kg, para obtener una carga total de 1990 kg que se necesita para aplastar la caña de azúcar. Trujillo & Pazmino (2008, p. 25).

Ecuación 1. *Fórmula general de la potencia de los molinos.*

Trujillo & Pazmino (2008, p. 49).

$$P = 0,5 * Q * n * D \sqrt{\frac{\zeta}{\delta * f}}$$

$$P = 0,5 * 1,99(\text{ton}) * 20 (\text{rpm}) * 0,0508(\text{m}) \sqrt{\frac{6,49\left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right)}{850\left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right)*0,131}}$$

$$P = 1,01 (\text{ton} * \text{rpm} * \text{m}) * 0,24$$

$$P = 0,24 (\text{HP})$$

Donde:

P: Potencia del motor en Hp.

Q: Carga sobre el cilindro superior en toneladas = 1990 kg= 1,99 (toneladas).

n: revoluciones a las que giran las masas del trapiche = 20 (rpm)

D: Diámetro de las masas en m = 0,0508 (m).

ϕ: carga fibrosa específica en kg/ m³.

q: carga fibrosa del molino en kg / m².

k: espesor mínimo de bagazo comprimido en m = 0,003 (m).

δ: Densidad del bagazo comprimido en kg/m³ = 850 (kg/ m³).

f: porcentaje de fibra de caña = 0,131. Valor del cual tomamos de la tabla 4.

Ecuación 2. *Carga fibrosa del molino.*

Trujillo & Pazmino (2008, p. 50).

$$\phi = \frac{q}{D}$$

$$\phi = \frac{0,33 (\text{kg}/\text{m}^4)}{0,0508 (\text{m})} = 6,49 (\text{kg}/ \text{m}^3)$$

Ecuación 3. *Carga sobre el cilindro superior en toneladas.*

Trujillo & Pazmino (2008, p. 50).

$$q = k * \delta * f$$

$$q = 0,003 (\text{m}) * 850 (\text{kg}/\text{m}^3) * 0,131$$

$$q = 0,33 \text{ (kg/ m}^4\text{)}$$

Tabla 4

Fibra presente en la caña de azúcar según peso en gramos.

Caña (gr)	Bagazo(gr)	Fibra f (%)
500	134	13
500	135	13,1
500	117	11,3
500	136	13,2

Nota: Se toma un valor medio de 13,1 % de fibra con un peso en bagazo de 135 gramos. Trujillo & Pazmino (2008, p. 46).

Se tenía como diseño que deba moler como máximo 2 cañas de azúcar a la vez, por lo tanto:

$$P = 0,24 \text{ (HP)} * 2 = 0,48 \text{ (HP)}$$

Para pérdidas de potencia por rozamientos mecánicos se calcula el factor de Seguridad:

SF: Factor de seguridad por fatiga = 2.

$$SH = \sqrt{SF}$$

$$SH = \sqrt{2}$$

$$SH = 1,41$$

$$P_m = P * SH$$

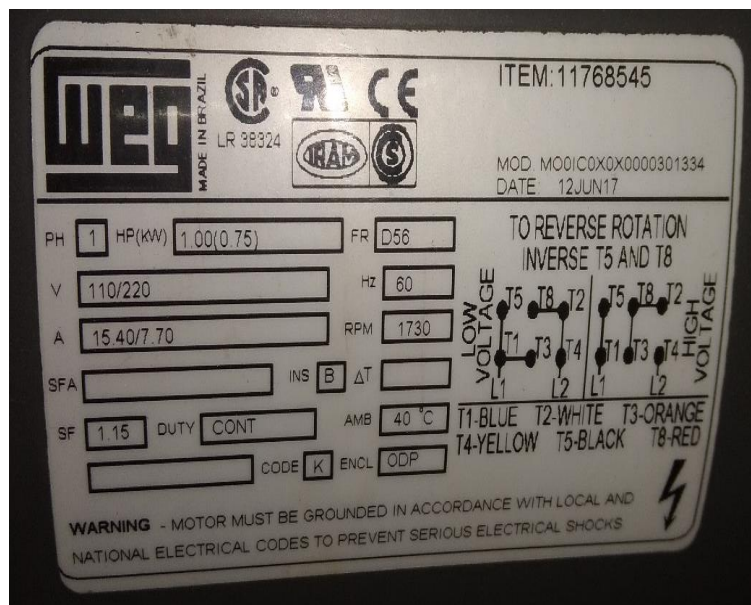
$$P_m = 0,48 \text{ (HP)} * 1,41 = 0,67 \text{ (HP)} = 1 \text{ (HP)}$$

3.1.2 Selección del motor

Dado que se necesitaba un motor de 1 hp de potencia, se seleccionó un motor marca Weg, que trabaja con 110V o 220V monofásico, y 1730 revoluciones por minuto como se aprecia en la figura 6.

Figura 6

Placa del motor.



Nota: El voltaje al cual trabaja el motor es a 220V monofásico, con lo que consume 7.70 amperios.

3.2 Cálculo y selección de la caja reductora de velocidad

Dado que el juego de piñón- catalina calculado en la sección 3.3.2 tiene una relación de transmisión de 0,4545, es decir $1730 \text{ rpm del motor} * 0,4545 = 786,28 \text{ rpm}$ y se requería que la masa superior tenga alrededor de 20 rpm (debido a que comercialmente se encuentran entre bajas velocidades de entre 15-20), se calculó la relación que debe tener la caja reductora de velocidad y la velocidad de salida entregada.

Rpm requerido= 20

Rpm actual= 786,28

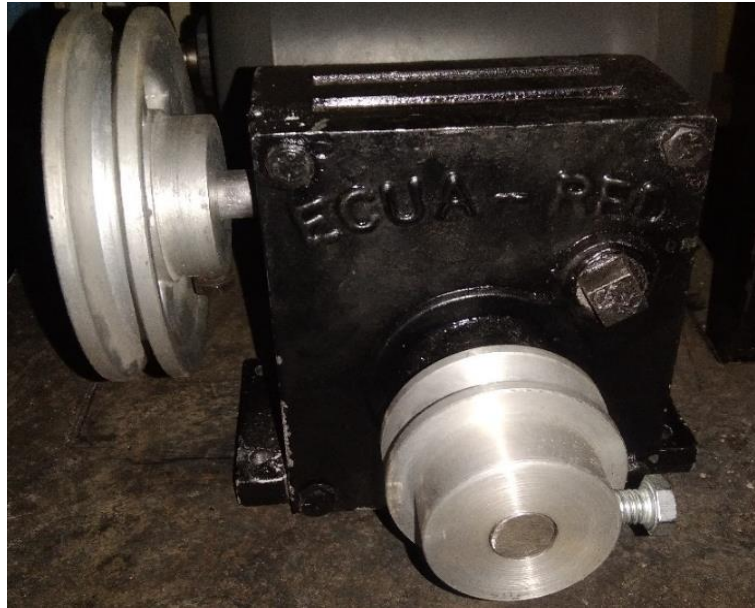
$$\text{Relación de caja reductora} = \frac{\text{Rpm actual}}{\text{Rpm requerido}} = \frac{786,28 \text{ rpm}}{20 \text{ rpm}} = 39,31 = 40$$

$$\text{Velocidad de salida del reductor} = \frac{\text{Rpm motor}}{\text{Relación de transmisión}} = \frac{1730 \text{ rpm}}{40} = 43,25 = 44 \text{ rpm}$$

Por lo tanto, se seleccionó una caja reductora de velocidad con relación de 1-40 como se aprecia en la figura 7.

Figura 7

caja reductora de velocidad.



Nota: La polea superior es la que conecta con la polea del motor y la inferior es la salida de velocidad reducida en relación de 1 a 40.

3.3 Cálculo y Selección de la transmisión

3.3.1 Cálculo y selección de la correa

Se seleccionó la correa a usarse en función del coeficiente de corrección de la potencia, tomando como valor el factor de corrección dependiendo la aplicación, como se muestra en la tabla 5.

Tabla 5

Factor de corrección de la potencia.

Tipo de máquina conductora	Motores de corriente alterna, torque normal, a jaula de ardilla, sincrónicos, fase partida.			Motores de corriente Alternada, alto torque, alto deslizamiento, bobinado en serie y anillado colector.		
Tipo de máquina conducida	Motores de corriente continua, bobinado en shunt. Máquinas de combustión interna, cilindros múltiples.			Motores de corriente continua, bobinado en serie y bobinado compound. Máquina a combustión interna, monocilíndrica. Ejes en línea. Arranque directo y con embrague.		
Tiempo de servicio	Servicio intermedio hasta 7 horas diarias	Servicio normal 8 a 15 horas diarias	Servicio continuo más de 16 horas diarias	Servicio intermedio hasta 7 horas diarias	Servicio normal 8 a 15 horas diarias	Servicio continuo más de 16 horas diarias
Trituradoras (giratorias, mandíbulas, bolas) molinos (bolas, laminadoras, barras)	1.3	1.4	1.5	1.5	1.6	1.8

Nota: Los parámetros se toma en cuenta para la potencia corregida son el tipo de máquina conductora, el tipo de máquina conducida, el tiempo de servicio y la función del equipo. (Dunlop Argentina S.A.).

El trapiche es una máquina trituradora giratoria, como máquina conductora un motor de corriente alterna de alto torque, como máquina conducida ejes en línea y con un servicio de hasta 7 horas diarias, corresponde un factor de corrección de potencia de 1.5.

$$P_c = P_N * F_s = 0,746 \text{ KW} * 1.5 = 1,119 \text{ Hp}$$

Donde:

P_c: Potencia corregida

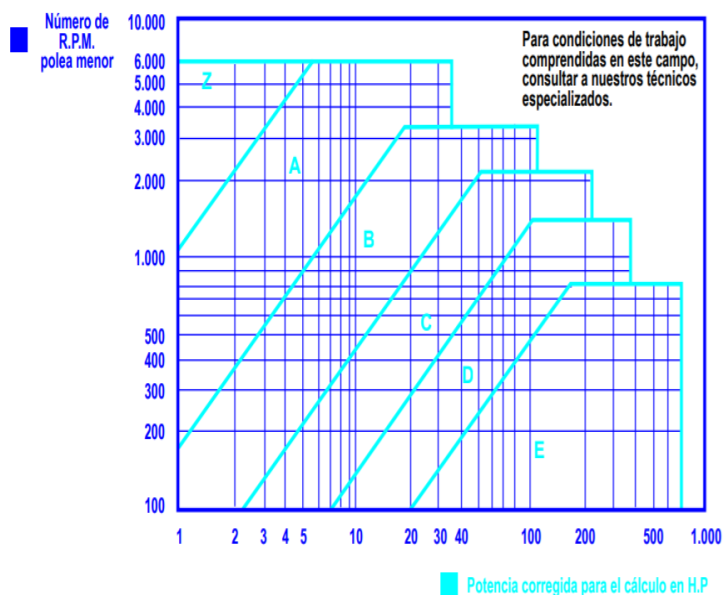
P_N: Potencia nominal del motor

F_s: Es el factor de corrección.

Con el valor de potencia corregida de 1,119 Hp y el valor de rpm de la polea del motor que es de 1730 rpm se seleccionó de la figura 8, la sección de la correa necesaria.

Figura 8

Sección de la correa.



Nota: Se cruza los datos de la potencia corregida que es 1,119 hp y de 1730 rpm en la polea menor y nos da una sección de correa tipo Z a utilizarse. (Dunlop Argentina S.A.).

La longitud de la correa se calculó en función de la distancia entre centros de las poleas, y del diámetro de las poleas, ya que no se necesitaba modificar la velocidad, debido que esta función la realiza la reductora de velocidad, las poleas son del mismo diámetro, ya que el fabricante del reductor y del motor incluía dos poleas de 70 mm, se adecuó esas dos poleas.

Ecuación 4. Longitud de la correa.

$$L = (2 * C) + \frac{\pi}{2} * (D1 + D2) + \frac{(D2 - D1)^2}{4 * C}$$

$$L = (2 * 300\text{mm}) + \frac{\pi}{2} * (70\text{mm} + 70\text{mm}) + \frac{(70\text{mm} - 70\text{mm})^2}{4 * 300\text{mm}}$$

$$L = 819.91 \text{ mm} = 0,81 \text{ m}$$

Comercialmente la banda que más próximo se encuentra al valor calculado es la de 822 mm o 31 pulgadas.

Donde:

C: Distancia entre centros de las poleas.

D1: Diámetro de la polea menor.

D2: Diámetro de la polea mayor.

3.3.2 Cálculo y selección de la catalina y cadena

Comercialmente se encontró el piñón de 17 dientes y la catalina de 38 dientes, usados para transmisión de motocicletas. La velocidad de salida del reductor es de 44 rpm, se calculó la velocidad entregada a las masas y la relación de transmisión.

$$Z1 * N1 = Z2 * N2$$

$$17 * 44 \text{ rpm} = 38 * N2 \text{ rpm}$$

$$N2 = \frac{17 \text{ dientes} * 44 \text{ rpm}}{38 \text{ rpm}} = 19,68 = 20 \text{ rpm}$$

$$\text{Relación de transmisión} = \frac{N2}{N1} = \frac{20 \text{ rpm}}{44 \text{ rpm}} = 0,4545$$

Con lo cual la relación de transmisión es de 17 dientes del piñón a 38 dientes de la catalina enlazados mediante una cadena como se aprecia en la figura 9.

Figura 9

Piñón y catalina conectados mediante la cadena.



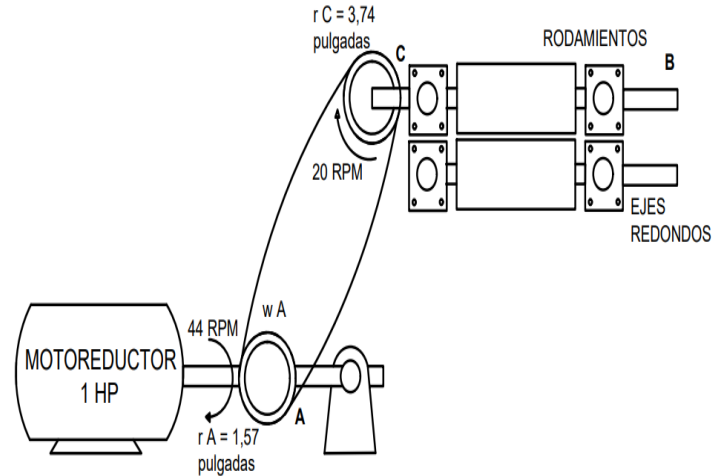
Nota: El movimiento de la salida del reductor es en sentido horario, para transmitir la misma dirección de giro a la masa superior a través del juego de piñón-cadena-catalina.

3.4 Cálculo y selección de ejes y masas**3.4.1 Cálculo de los ejes de transmisión**

La transmisión de movimiento se la realizó por medio de piñón – cadena-catalina, del motorreductor hacia las masas del trapiche, como se observa en la figura 10, tenemos en cuenta que el esfuerzo cortante permisible para el acero es de 12 Ksi y se realizó el estudio en el punto CB, para determinar el diámetro mínimo a utilizar en los ejes de transmisión de movimiento.

Figura 10

Transmisión de potencia del motor hacia las masas del trapiche.



Nota: Un factor importante para determinar el diámetro mínimo de los ejes de transmisión es el radio del piñón del motorreductor y el radio de la catalina.

Ecuación 5. *Velocidad angular en el eje.*

Hibbeler (2011, p. 199).

$$w_{BC} = \left(\frac{r_A}{r_C}\right) w_A = \left(\frac{r_A}{r_C}\right) * \left(\frac{rev}{min}\right) * \left(\frac{2 \pi rad}{rev}\right) * \left(\frac{1 min}{60 s}\right)$$

$$w_{BC} = \left(\frac{r_A}{r_C}\right) * \left(\frac{rev}{min}\right) * \left(\frac{2 \pi rad}{rev}\right) * \left(\frac{1 min}{60 s}\right)$$

$$w_{BC} = \left(\frac{r_A}{r_C}\right) w_A = \left(\frac{1,57 in}{3,74 in}\right) * \left(\frac{44 rev}{min}\right) * \left(\frac{2 \pi rad}{rev}\right) * \left(\frac{1 min}{60 s}\right)$$

$$w_{BC} = 0,61 \text{ in } \pi \text{ rad/s}$$

$$P = 1 \text{ Hp} \left[\frac{550 \text{ ft} \cdot \text{n/s}}{1 \text{ (Hp)}} \right] = 550 \text{ Hp}$$

Ecuación 6. Torque en el eje

Hibbeler (2011, p. 190).

$$T = \frac{P}{w}$$

$$T = \frac{P}{w} = \frac{550 \text{ ft} \cdot \text{n/s}}{0,61 \text{ in } \pi \text{ rad/s}} = 287 \text{ (lb} \cdot \text{in)}$$

Ecuación 7. Momento polar de inercia en un eje sólido.

Hibbeler (2011, p. 184).

$$J = \frac{\pi}{2} * c^4$$

$$J = \frac{\pi}{2} * \left(\frac{d}{2}\right)^4 = \frac{\pi * d^4}{32}$$

Ecuación 8. Esfuerzo cortante permisible máximo.

Hibbeler (2011, p. 190).

$$T \text{ permisible} = \frac{Tc}{J}$$

$$12 \text{ Ksi} = \frac{287 \text{ (lb-in)} \left(\frac{d}{2}\right)}{\frac{\pi d^4}{32}}$$

$$12000 \text{ psi} = \frac{\frac{287 \text{ (lb-in)} * d}{2}}{\frac{\pi d^4}{32}}$$

$$12000 \text{ psi} = \frac{287 \text{ (lb-in)} * d * 32}{2 * \pi * d^4}$$

$$\frac{d^4}{d} = \frac{287 \text{ (lb-in)} * 32}{12000 * 2 * \pi}$$

$$d^3 = 0,121 \left(\frac{\text{lb-in}}{\text{psi}}\right)$$

$$d = \sqrt[3]{0,121 \left(\frac{\text{lb-in}}{\text{psi}}\right)}$$

$$d = 0,49 \text{ in}$$

$$d = 0,49 \text{ in} \left(\frac{2,54 \text{ cm}}{1 \text{ in}} \right)$$

$$d = 1,24 \text{ (cm)}$$

Por lo tanto, el diámetro de eje acerado mínimo con el que debe realizarse la transmisión de movimiento es de 1,24 cm, sin embargo, por razones comerciales se escogió una barra cilíndrica acerada de 2,54 cm.

3.4.2 Selección de las masas extractoras de jugo

Las masas de acero inoxidable se escogieron en relación a su costo, ya que comercialmente tienen un costo elevado y recordando que el diámetro mínimo calculado en la sección anterior que debe poseer cualquier eje del trapiche es de 1,24 cm, se optó por unas barras de acero inoxidable de 2 pulgadas de diámetro y 27 cm de largo.

El largo del desbastado de las masas se lo realizó en el torno en función al diámetro de la caña de azúcar, el cual suele alrededor de 6 cm y se tenía estipulado que ingresen dos cañas como máximo entonces se tiene:

$$\text{Largo del desbastado} = 2 * 6 \text{ cm} = 12 \text{ cm.}$$

Con lo cual se tiene un desbastado en la zona central de las masas de 12 cm, como se aprecia en la figura 11.

Figura 11

Masas del trapiche.



Nota: La separación entre masa y masa es de 3mm, y un devastado para mejor adherencia de la caña de azúcar.

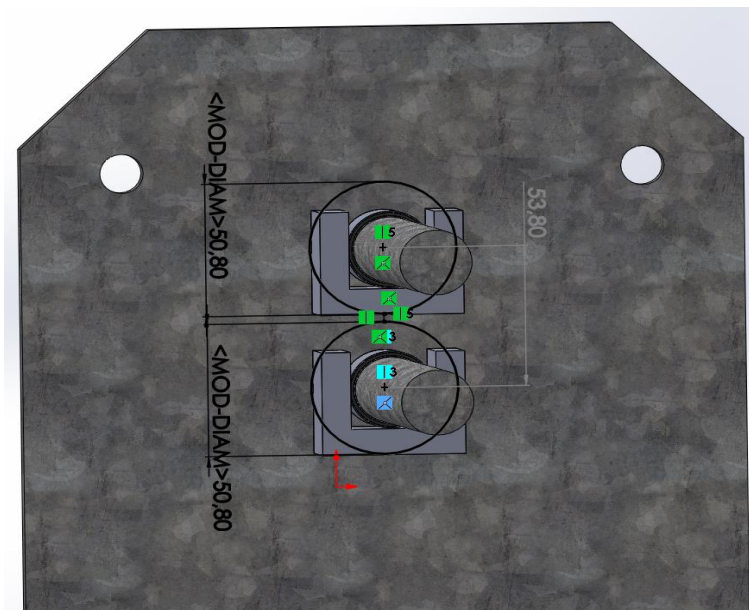
3.5 Cálculo y Diseño de la transmisión de los engranes

3.5.1 Cálculo de engranes

Las masas son de 2 pulgadas de diámetro y los ejes de transmisión de 1 pulgada, hay una separación de 3 mm entre las masas, con lo que da una distancia entre centros de 53,8 mm como se observa en la figura 12, valor con el cual se dimensionó la transmisión entre engranes.

Figura 12

Distancia entre centros en los ejes.

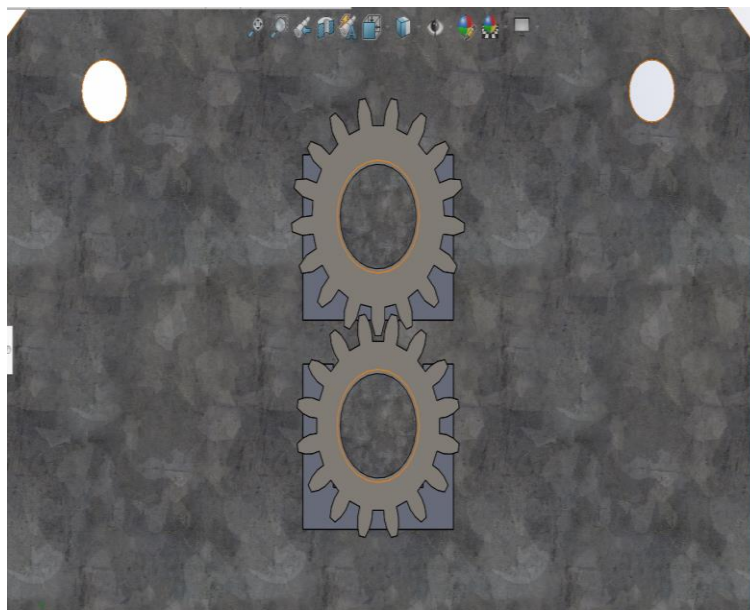


Nota: la circunferencia indicada con color negro con un diámetro de 50,80 mm, representa la ubicación de las masas.

Con la ayuda de la herramienta toolbox, se creó dos engranes con modulo 3, el engrane superior de 17 dientes y el inferior de 16 dientes como se ve en la figura 13.

Figura 13

Engranos creados con toolbox.



Nota: la figura de forma cuadrada que se muestra detrás de los engranes, son los soportes para los rodamientos 6005.

Cálculos engrane superior:

Diámetro exterior = módulo (número de dientes + 2) = 3 (17+2) = 57 mm.

Diámetro inferior = módulo (número de dientes – 2,5) = 3 (17-2,5) = 43,5 mm.

Diámetro primitivo = módulo * número de dientes = 3 * 17 = 51 mm.

Altura de diente = 2,25 * módulo = 2,25 * 3 = 6,75 mm.

Anchura del diente = 10 * módulo = 10*3 = 30 mm.

Paso circular = módulo * π = 3 * 3,1416 = 0,95 mm

Cálculos engrane inferior:

Diámetro exterior = módulo (número de dientes + 2) = 3 (16+2) = 54 mm.

Diámetro inferior = módulo (número de dientes – 2,5) = 3 (16-2,5) = 40,5 mm.

Diámetro primitivo = módulo * número de dientes = 3 * 16 = 48 mm.

Altura de diente = 2,25 * módulo = 2,25 * 3 = 6,75 mm.

Anchura del diente = $10 * \text{módulo} = 10 * 3 = 30 \text{ mm}$.

Paso circular = $\text{módulo} * \pi = 3 * 3,1416 = 0,95 \text{ mm}$

3.5.2 Diseño transmisión de velocidad entre engranes

La catalina transmite una velocidad de rotación a la masa del engrane superior de 20 rpm como se aprecia en la figura 14, con lo cual se calculó la velocidad que se transmite al engrane inferior.

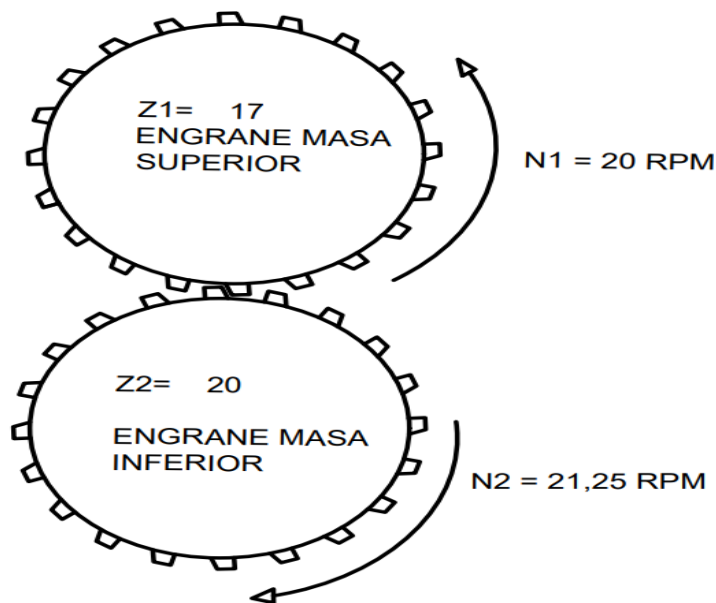
$$Z1 * N1 = Z2 * N2$$

$$17 \text{ dientes} * 20 \text{ rpm} = 16 \text{ dientes} * N2$$

$$N2 = \frac{17 \text{ dientes} * 20 \text{ rpm}}{16 \text{ dientes}} = 21,25 \text{ rpm}$$

Figura 14

Relación de transmisión de potencia entre engranes.



Nota: El engrane de masa superior y el engrane de masa inferior van en sentido contrario para así pueda ingresar la caña de azúcar.

3.6 Selección y dimensionamiento de protecciones eléctricas

3.6.1 Fusible

Se seleccionó el fusible tipo cartucho con una corriente de cortocircuito de:

$$IF = K * IN$$

$$IF = 1,9 * 7,70 \text{ amperios}$$

$$IF = 14,63 \text{ amperios}$$

Donde:

K= Constante de protección comprendida entre (1,8 - 2,1).

IN= Corriente nominal del motor.

Se escogió el inmediatamente superior comercialmente de 15 amperios.

3.6.2 Interruptor magnetotérmico

Se seleccionó el interruptor magnetotérmico de dos polos con una corriente de apertura de:

$$IP = f * IN$$

Donde:

$$IP = 1,25\% * 7,70 \text{ amperios}$$

$$IP = 9,62 \text{ amperios.}$$

f= factor de seguridad de 1,25%.

IN= Corriente nominal del motor.

Se escogió el inmediatamente superior comercialmente de 12 amperios.

3.6.3 Cables de conexión

Para los cables de conexión tenemos un consumo de corriente de:

$$IC = In * 1,25 \%$$

$$IC = 7,70 \text{ amperios} * 1,25 \%$$

IC = 9,625 amperios.

El motor demanda una circulación máxima por el cable de 9,6 amperios, con lo cual se selecciona una sección de cable flexible AWG número 14, ya que soporta hasta 20 amperios de corriente como se aprecia en la tabla 6.

Tabla 6

Capacidad de amperaje máximo según la sección de cable THW.

Sección AWG	Sección mm²	Corriente (amperios) 60°C
14	2,08	20
12	3,31	25
10	5,26	30
8	8,37	40

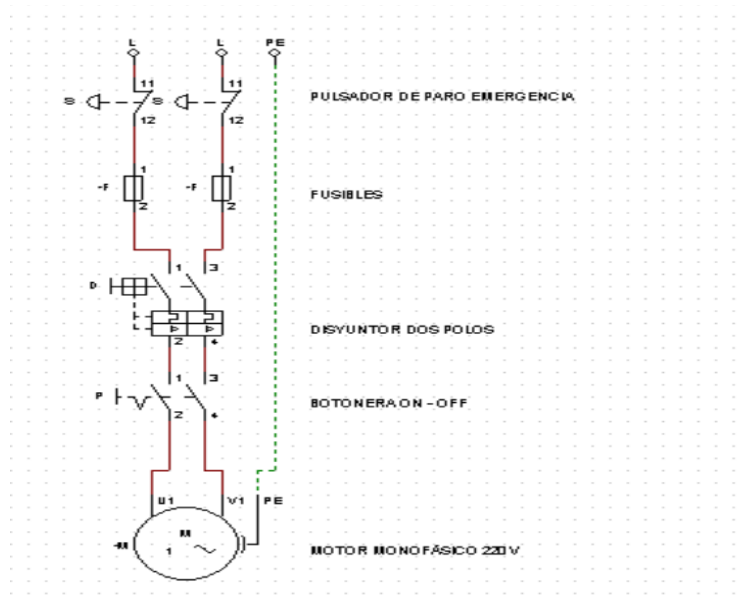
Nota: Según la tabla se seleccionó el cable de sección N14, ya que soporta hasta 20 amperios. Soluciones Prácticas (2011, p. 40).

3.6.4 Diagrama eléctrico en Cadesimu

En el trapiche se necesitaba que el motorreductor se accione en un solo sentido, ya que tiene indicado por donde ingresa la caña de azúcar y por donde sale el bagazo, dado esto se enciende en sentido horario con el botón de encendido de una botonera, y se detiene con el botón de apagado de la misma botonera, también posee un pulsador tipo z de paro de emergencia normalmente cerrado, además de los elementos de protección contra cortocircuitos como son fusibles e interruptor magnetotérmico, como se puede apreciar en el figura 15.

Figura 15

Diagrama conexión eléctrica del trapiche realizado en cadesimu.



Nota: La alimentación para el motor eléctrico está dispuesta para 220V monofásica, también funciona para 110V previo cambio del conexionado del motor eléctrico a bajo voltaje.

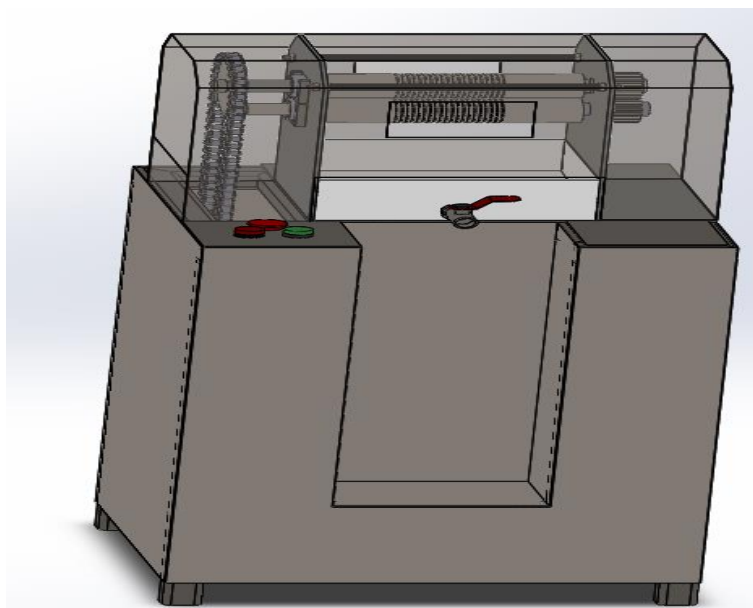
CAPÍTULO IV

4. Análisis estático del trapiche

Para realizar el análisis estático de esfuerzos mecánicos que se van a producir en el trapiche diseñado en el software Solidworks como se aprecia en la figura 16, solo se consideró los elementos que van a estar expuestos a mayores cargas como son la mesa de soporte, la masa superior y los rodamientos.

Figura 16

Trapiche de dos masas diseñado en SolidWorks.



Nota: La guarda de las masas está configurada como cambio de transparencia, para que se pueda visualizar rodamientos, ejes, masas, cadena y engranes.

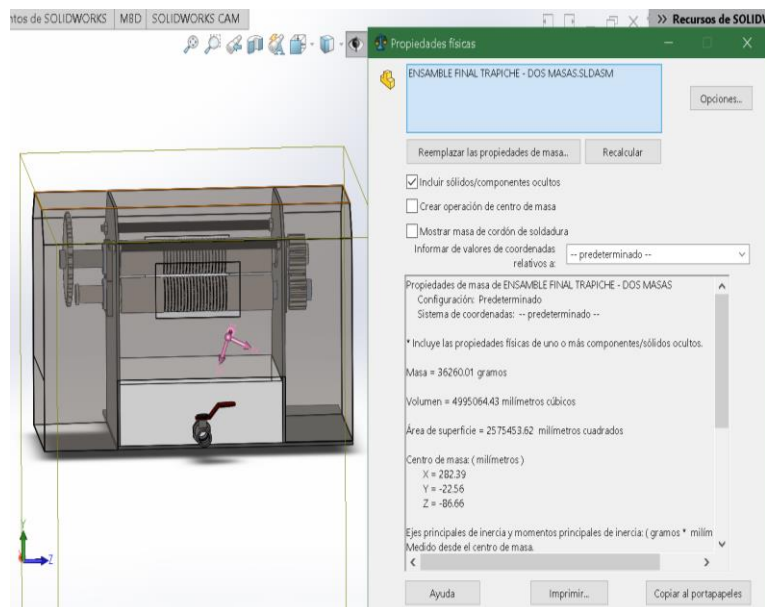
4.1 Análisis estático de la mesa de soporte

Se requería que la mesa pueda soportar una carga de 36260.01 gramos del conjunto de masas, engranes, rodamientos, catalina, recipiente, tornillos, placas separadoras, guarda protectora para los engranes y ejes como se puede apreciar en la figura 17. Para transformar a Kg tenemos:

$$\text{Kg} = 36260.01 \text{ gramos} \left[\frac{0.001 \text{ kg}}{1 \text{ gramo}} \right] = 36,26. \text{ Aproximado el valor a } 40 \text{ Kg.}$$

Figura 17

Peso en conjunto de masas, engranes, catalina, pernería y recipiente.

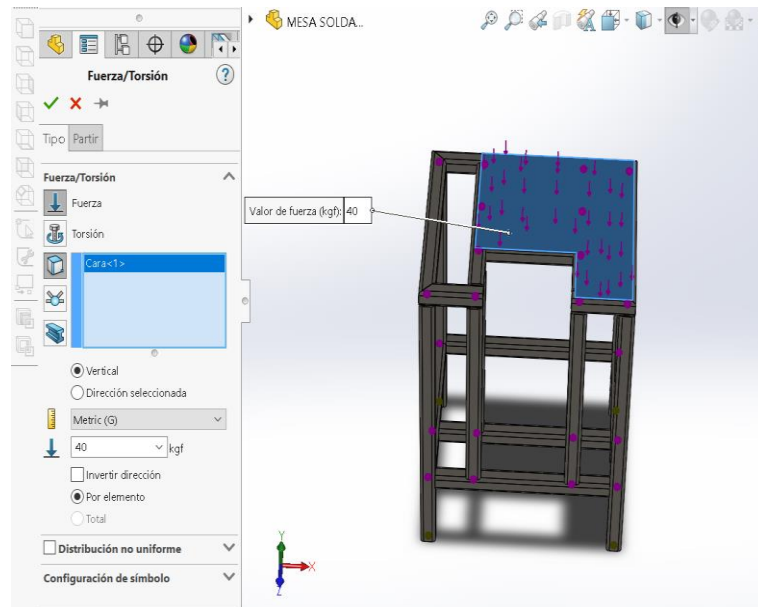


Nota: Se cálculo el peso de los componentes con la función de propiedades físicas del Software Solidworks.

Se realizó el estudio estático con una carga distribuida vertical de 40 kg en la superficie de la mesa de soporte, como se aprecia en la figura 18.

Figura 18

Aplicación del peso sobre la mesa de soporte.

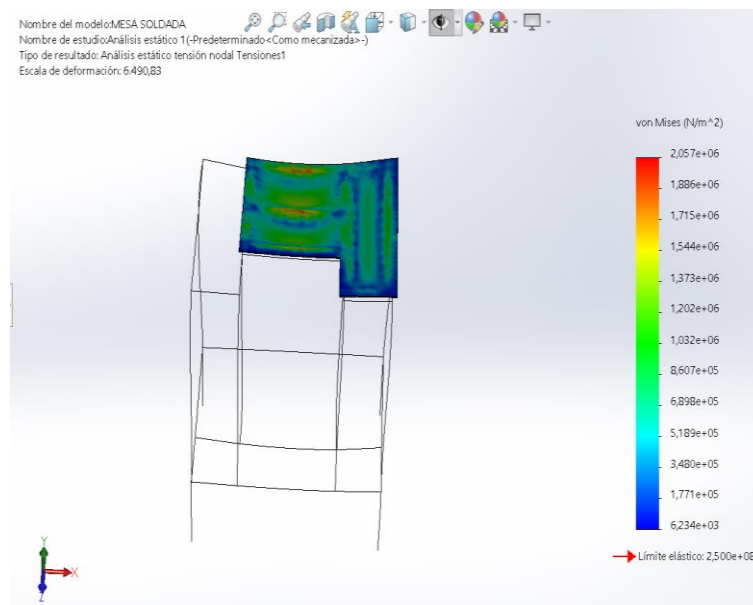


Nota: La mesa se diseñó con perfil cuadrado de 40*40*4, con un material de acero ASTM 30.

A continuación, el software calculó un valor de tensión máxima que soporta la mesa, como se ve en la figura 19, se puede apreciar que con el material ASTM 30 tiene un límite elástico de $2,500e+08$ y el valor máximo alcanzado con una carga de 40 kg en la superficie es de $2,057e+06$, con lo cual se validó el diseño.

Figura 19

Análisis estático de límite elástico en la mesa de soporte.

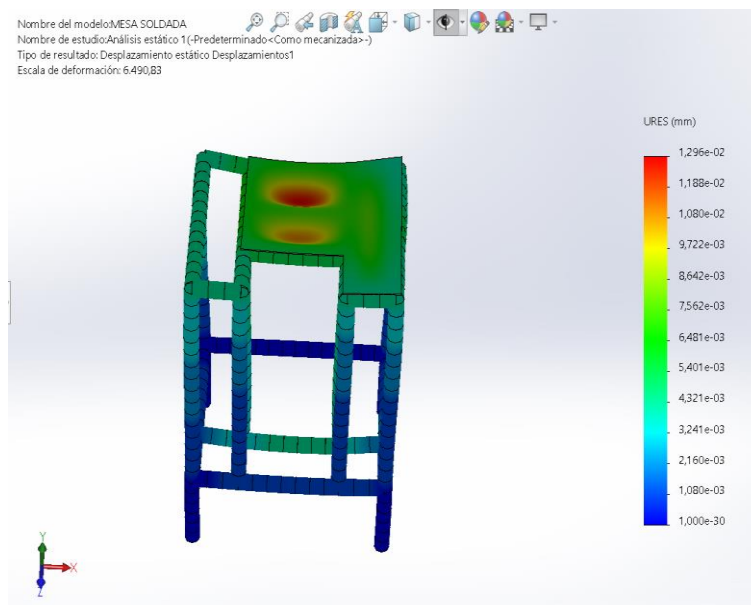


Nota: El rango de límite elástico en la mesa fluctúa mayormente entre $6,234e+03$ y $1,373e+06$.

El siguiente parámetro tomado en cuenta es el desplazamiento o pandeo en la parte superior de la mesa indicada en mm, como se puede ver en la figura 20, el valor máximo de desplazamiento se produce en la zona marcada en rojo el cual es $1,296e-02$ mm, lo que es un valor bastante bajo de desplazamiento.

Figura 20

Análisis estático del desplazamiento en la mesa de soporte.

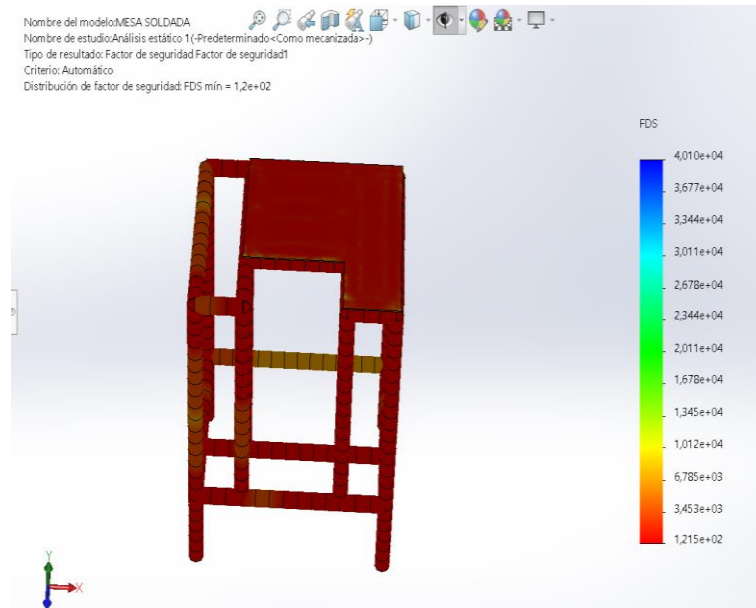


Nota: El mayor rango de desplazamiento se marca en color rojo y el menor rango en color azul.

Por último, se realizó la revisión del factor de seguridad, el cual como se ve en la figura 21, es de $1,2e+02$, considerándose que el valor mínimo aceptable es de 1 se tiene un nivel de seguridad alto ante ruptura, desplazamiento o pandeo.

Figura 21

Análisis estático del factor de seguridad en la mesa de soporte.



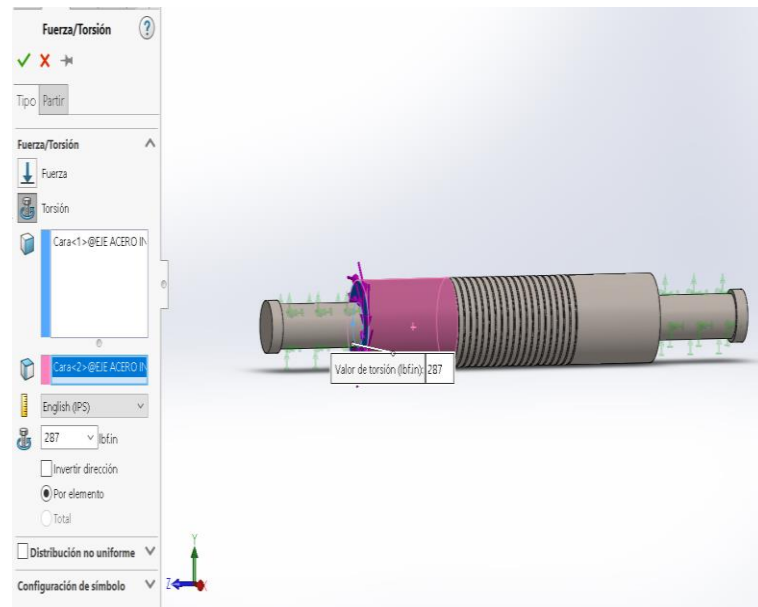
Nota: Debido a que la mesa de soporte es la base principal del Trapiche, se consideró adecuado un nivel de seguridad Alto.

4.2 Análisis estático de la masa superior

Para el análisis estático de las masas se tomó en cuenta solo la masa superior, ya que es donde se produce la mayor torsión, con lo que le aplicamos 287 lb-in como se observa en la figura 22, valor de torsión calculado en la sección 3.4.1.

Figura 22

Torsión aplicada a la masa superior.

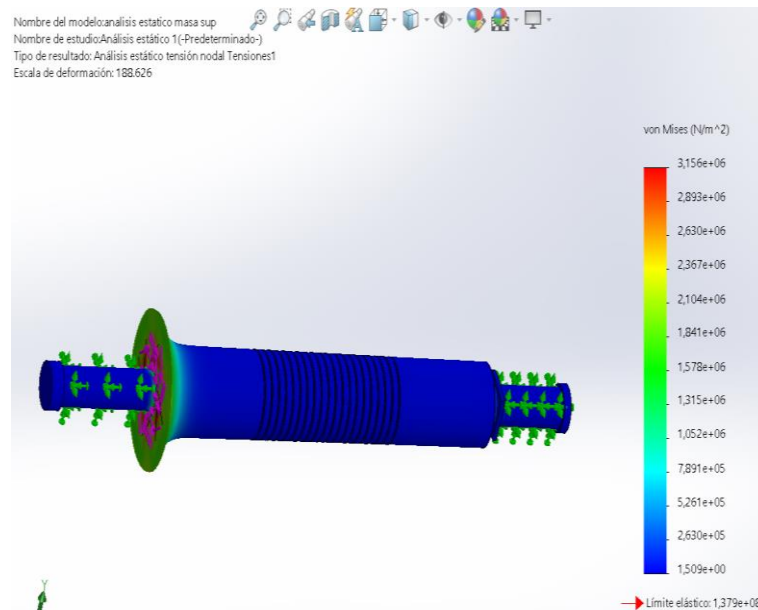


Nota: El material con el que se realizó el análisis en el software SolidWorks es una barra cilíndrica de acero inoxidable.

Luego se ejecutó la simulación de límite elástico máximo que aguanta la masa, como se observa en la figura 23, soporta adecuadamente las cargas de torsión en el eje con el material de barra de acero inoxidable de 2 pulgadas de diámetro.

Figura 23

Análisis estático de límite elástico en masa superior.

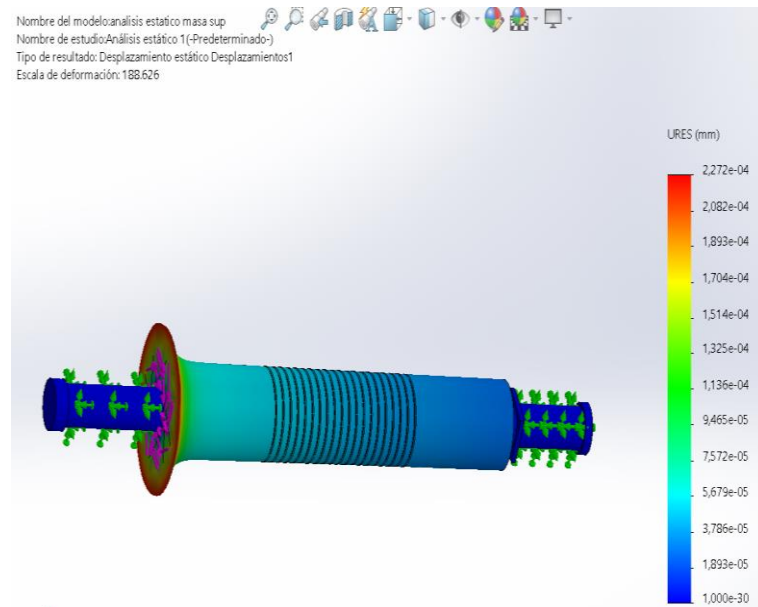


Nota: Los valores más altos de límite elástico se observan graficados en color verde, junto a la masa.

El siguiente estudio realizado es el de desplazamiento o pandeo de la pieza, el mayor desplazamiento es de $2,272e-04$ mm, como podemos observar en la figura 24, lo que no representa un valor significativo de cambio en el elemento.

Figura 24

Análisis estático de desplazamiento en la masa superior.

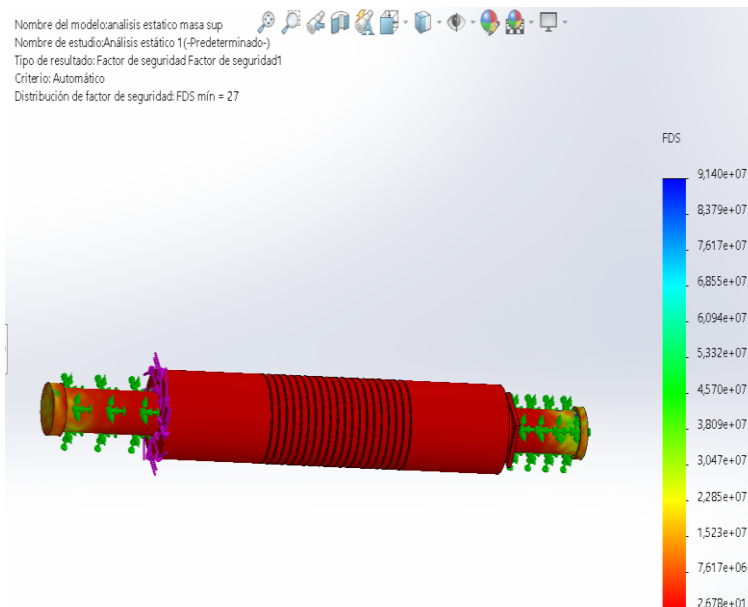


Nota: El mayor desplazamiento se produce en la parte extrema de la masa y los mínimos en las partes centrales de la masa.

El último parámetro de análisis es el factor de seguridad, como podemos observar en la figura 39, el factor de seguridad es de 27, con lo que se validó el diseño de las masas.

Figura 25

Análisis estático del factor de seguridad en la masa superior.



Nota: El valor mínimo aceptable de factor de seguridad es 1, y tenemos un valor de 27, con lo soporta adecuadamente las cargas por torsión.

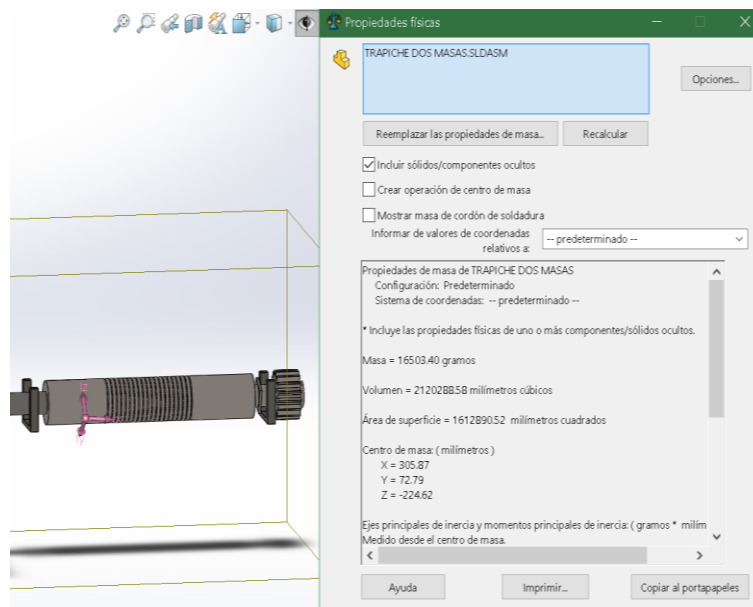
4.3 Análisis estático del rodamiento 6005

Empezamos calculando el peso de la masa que debe soportar el rodamiento 6005, como se puede apreciar en la figura 26, en donde el software nos calculó como 1763,74 gramos. Para convertir a kg:

$$Kg = 16503,40 \text{ gramos} \left[\frac{0,001 \text{ kg}}{1 \text{ gramo}} \right] = 16,50.$$

Figura 26

Peso a soportar en el rodamiento 6005.

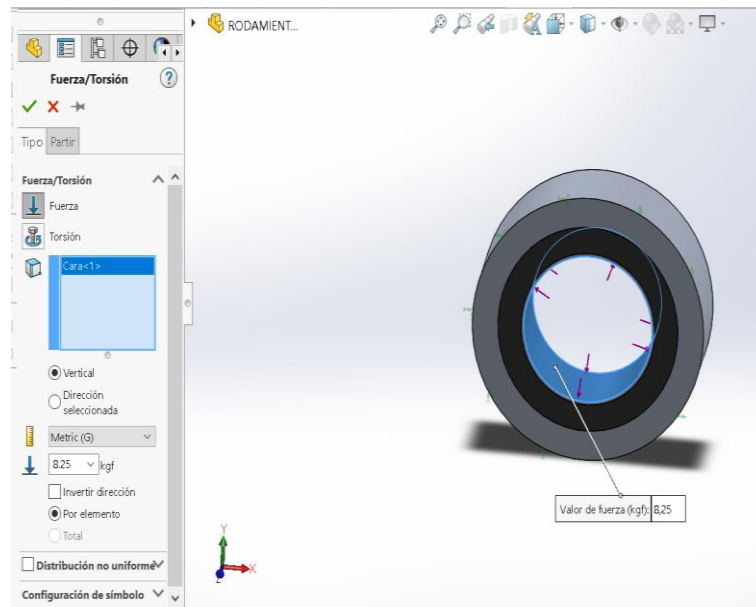


Nota: El material seleccionado en el software para las masas es una barra de acero inoxidable recocido (SS) AISI 316.

Luego se procedió a realizar el análisis estático en el rodamiento, donde se aplicó una fuerza a soportar de 8,25 kg como se puede ver en la figura 27.

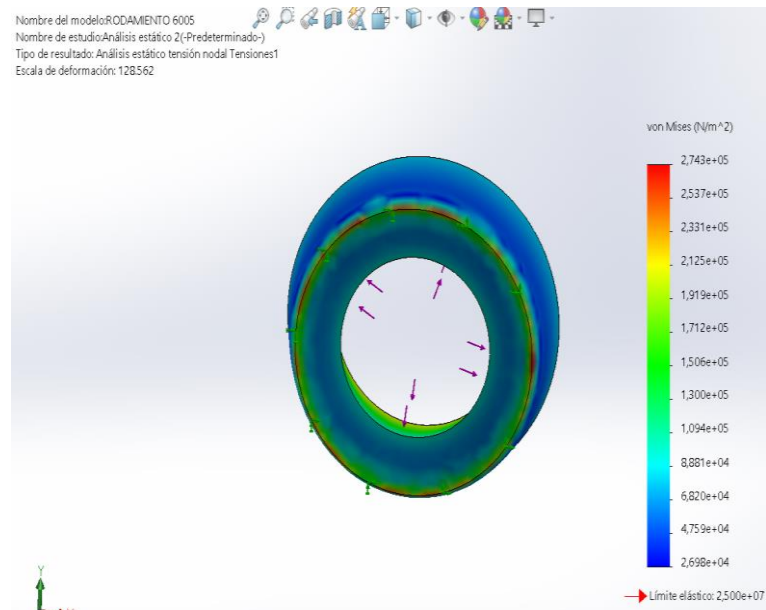
Figura 27

Fuerza aplicada en el rodamiento 6005.



Nota: El peso total de la masa fue de 16,50 kg, dado que son dos rodamientos que soportan el peso, se procedió a repartir la carga entre los dos, resultando los 8,25 kg.

Se realizó el análisis, el cual nos indicó que el límite elástico del rodamiento es $2,500e+07$ y el límite elástico máximo que soportaría con la carga de 8,25 kg es $2,743e+05$ como se aprecia en la figura 28, con lo que resiste el peso.

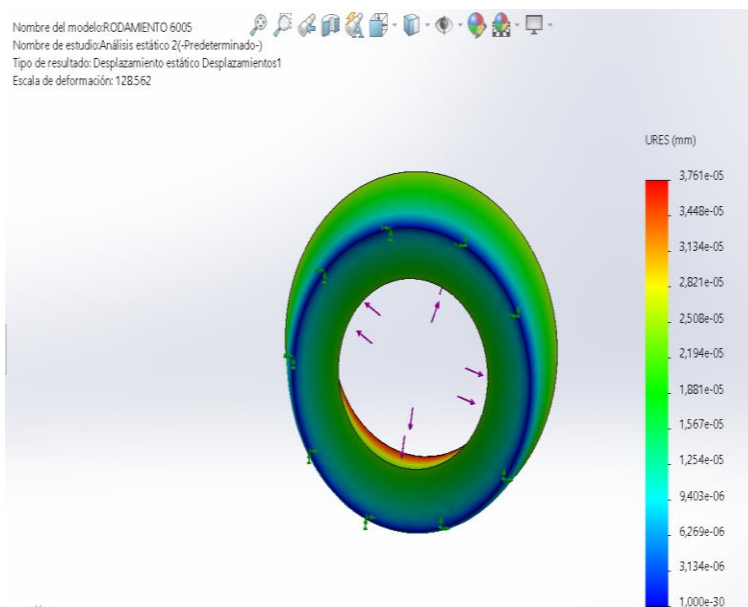
Figura 28*Análisis estático de límite elástico en el rodamiento 6005.*

Nota: El material seleccionado del rodamiento en el Software es acero inoxidable AISI 316L.

Después hacemos el análisis estático de desplazamiento o pandeo, que nos da como resultado un desplazamiento máximo de $3,761e-05$ mm, como se observa en la figura 29, lo que refleja casi nulo movimiento, y se continua con el análisis.

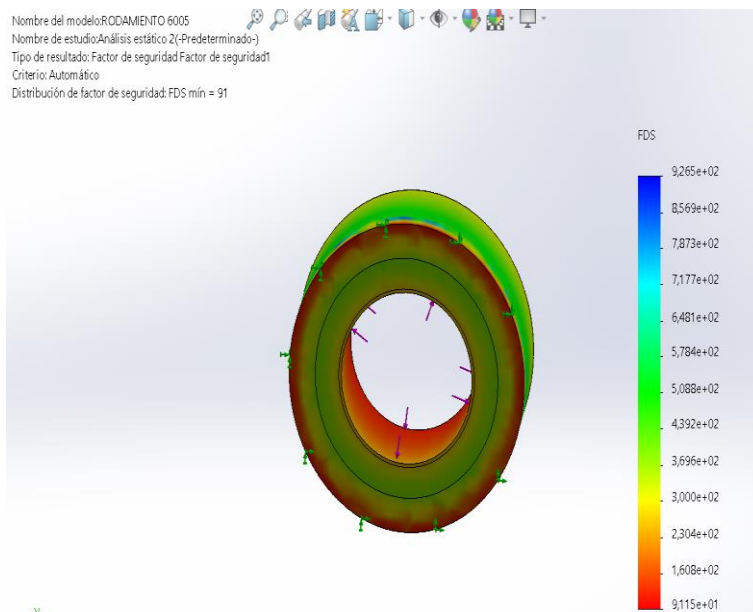
Figura 29

Análisis estático de desplazamiento en el rodamiento 6005.



Nota: El mayor desplazamiento que refleja esta señalado en color rojo al extremo del rodamiento para el soporte del eje.

Finalmente está el parámetro de análisis estático de factor de seguridad, el software nos dio como efecto un factor de seguridad de 91 como se aprecia en la figura 30, el cual es un valor elevado de seguridad, con ello se validó el tipo de rodamiento para un peso de 8,25 kg.

Figura 30*Análisis estático del factor de seguridad en el rodamiento 6005.*

Nota: El valor aceptado de factor de seguridad es 1, considerando que tenemos 91, tenemos un factor de seguridad elevado.

CAPÍTULO V

5. Funcionamiento y pruebas

5.1 Funcionamiento del Trapiche

Se realizó el funcionamiento de encendido y apagado del trapiche y pruebas de agarre de las masas.

5.1.1 Funcionamiento eléctrico y mecánico

Se efectuó el encendido del trapiche a través de la botonera de inicio, como se aprecia en la figura 31, verificando que no hubiera interferencias mecánicas entre las distintas partes del Trapiche, correcto trabajo de los engranes y cadena, finalmente se apagó el equipo con lo que se comprobó el apropiado conexionado eléctrico.

Figura 31

Encendido del trapiche.



Nota: El pulsador tipo Z, junto a la botonera, se presenta para activarlo en caso de presentarse una emergencia o situación de peligro del operario.

5.1.2 Funcionamiento de agarre de las masas

Debido a los surcos torneados de 12 cm de largo, se obtiene un buen agarre en las cañas, como se observa en la figura 32, y se evita resbalamientos.

Figura 32

Cañas triturada gracias a los surcos torneados en las masas.



Nota: Exprime bien la caña sin triturlarla en pedazos, haciendo un proceso más limpio y rápido.

5.2 Pruebas de Capacidad de Producción

Se determinó la capacidad de molienda del trapiche con las pruebas de eficiencia en función de la cantidad de cañas de azúcar que puede moler en determinado tiempo como se aprecia en la tabla 7.

Tabla 7*Pruebas de capacidad de producción de trapiche.*

Número de cañas ingresadas	Litros obtenidos	Tiempo(minutos)
5	3 litros, 750 ml	4
10	8 litros	9
15	11 litros 500 ml	12
20	14 litros 825 ml	16

Nota: Los resultados obtenidos varían en relación de la variedad del diámetro de las cañas de azúcar, así como su longitud.

CAPÍTULO VI

6. Conclusiones y recomendaciones

6.1 Conclusiones

- Se validó los esfuerzos mecánicos permisibles en la mesa de soporte, rodamientos y masa, así como un factor de seguridad de 1.2×10^2 , 91 y 27, respectivamente, valores adecuados ya que son elementos que van a estar sometidos a cargas dinámicas.
- Se dimensionó la potencia necesaria que requiere el motor para moler dos cañas de azúcar a la vez como máximo, así como el número de dientes, módulo, y demás parámetros de los engranes y la catalina para la transmisión de potencia mecánica.
- Se realizó pruebas de funcionamiento de molienda, donde se determinó que se exprime 5 cañas de azúcar en un promedio de 3 a 5 minutos, lo que refleja un buen rendimiento.

6.2 Recomendaciones

- El trapiche puede moler dos cañas a la vez, sin embargo, se recomienda que se ingrese individualmente y partidas por la mitad para no forzar al motor.
- Realizar la limpieza de las masas una vez terminado el proceso de molienda.
- Realizar la lubricación de la cadena semanalmente para un mejor desempeño.
- Revisar que la banda se encuentre bien tensada y realizar el cambio cuando presente desgaste visible.

7. Bibliografía

Carvajal, D., & Rojas, M. (2010). *Banco de pruebas de sistemas de transmisión de potencia*. repository.upb.edu.co. Recuperado el 23 de Diciembre de 2020.

https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/1095/digital_19134.pdf?sequence=1

Dunlop Argentina s.a. (s.f.). *Correas de transmisión industrial*. ingemecánica.com. Recuperado el 10 de Enero de 2021.

https://ingemecánica.com/tutorialsemanal/objetos/figutut121/Correas_Dunlop.pdf

García, E. (2016). *Diseño y simulación de una caja reductora de velocidad*. repositorio.uisek.edu.ec. Recuperado el 26 de Diciembre de 2020.

<https://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/1612/1/proyecto%20titulación%20esteban%20garcía.pdf>

Hibbeler, R. (2011). *Mecánica de materiales* (Vol. VIII). Pearson educación.

Soluciones Prácticas (Abril de 2011). *Electricidad guía práctica para viviendas*. agngroup.net. Recuperado el 15 de Enero de 2021.

https://agngroup.net/papers/Guía_básica_de_electricidad.pdf

Trujillo, M., & Pazmino, V. (2008). *Diseño, cálculo y construcción de un trapiche*. studylib.es. Recuperado el 15 de Diciembre de 2020.

<https://studylib.es/doc/8854988/diseño-cálculo-y-construcción-de-un-trapiche>

Valencia, E., & Santiago, V. (Enero de 2008). *Diseño de un trapiche accionado mediante energía hidráulica para uso en fincas productoras de caña*.

bibdigital.epn.edu.ec/. Recuperado el 15 de Diciembre de 2021.

<https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/847/1/CD-1257.pdf>

8. Anexos