

NOMBRE DEL TRABAJO

Trabajo de Grado Andrés Villota Sergio Aguirre.pdf

AUTOR

Andres - Sergio Villota - Aguirre

RECUENTO DE PALABRAS

10677 Words

RECUENTO DE CARACTERES

64366 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

106 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

5.3MB

FECHA DE ENTREGA

Jun 2, 2023 6:43 AM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Jun 2, 2023 6:44 AM GMT-5**● 5% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 5% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 1% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● Excluir del Reporte de Similitud

- Base de datos de trabajos entregados
- Material citado
- Material bibliográfico
- Coincidencia baja (menos de 10 palabras)



Diseño y construcción de una herramienta para el afilado de los rodillos de un trapiche R8 para la finca: La Palmira del Municipio de Anzoátegui (Tolima).

Sergio Aguirre García

Código: 20451616311

Andrés Felipe Villota Toro

Código: 20451626367

1 Universidad Antonio Nariño

Programa Ingeniería Mecánica

Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica

Ibagué, Colombia

2023

Diseño y construcción de una herramienta para el afilado de los rodillos de un trapiche R8 para la finca: La Palmira del Municipio de Anzoátegui (Tolima).

Sergio Aguirre García

Andrés Felipe Villota Toro

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

Ingeniero Mecánico

Director (a):

MSc. Luis Fernando Pesca Angulo

Línea de Investigación:

Diseño Mecánico

1 **Universidad Antonio Nariño**

Programa Ingeniería Mecánica

Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica

Ibagué, Colombia

2023

NOTA DE ACEPTACIÓN

El trabajo de grado titulado

_____, Cumple con

los requisitos para optar

Al título de _____.

Firma del Tutor

Firma Jurado

Firma Jurado

Ciudad, Día Mes Año.

Contenido

Pág.

1	Resumen	1
	Abstract	2
1	Introducción	3
2	Antecedentes	6
3	Objetivos	10
3.1	Objetivo General	10
3.2	Objetivos Específicos.....	10
4	Justificación	11
5	Marco Teórico	12
5.1	Arranque de Viruta.....	12
5.2	Máquinas-Herramienta.....	13
5.3	Torno	14
5.4	Parámetros de Seguridad al Operar un Torno	15
5.5	Herramientas de Corte.....	15
5.5.1	Buril de Acero de Alta Velocidad.....	16
5.6	Condiciones de Corte	17
5.7	Resistencia al Corte.....	18
5.8	Fuerza de Corte	19
5.9	Velocidad de Corte.....	19
5.10	Materiales	20
5.10.1	Acero.....	20
5.10.2	Hierro Fundido.....	20
5.11	Mecánica de Materiales	21
5.12	Esfuerzo	22
5.12.1	Esfuerzo Normal	23
5.12.2	Esfuerzo de Torsión.....	24
5.12.3	Esfuerzo de Flexión	25
5.12.4	Esfuerzo Cortante	26
5.13	Diseño Mecánico	27

5.14	Estructura.....	27
5.15	Sujetadores.....	28
5.15.1	Perno	28
5.15.2	Tornillo	29
5.16	Soldadura.....	30
6	Metodología.....	32
7	Alternativas de Diseño	35
7.1	Criterios de Selección de Diseño	40
7.2	Evaluación de alternativas.....	41
8	Calculos de Diseño.....	43
8.1	Fuerza de Corte	43
8.2	Fuerzas que Actúan Sobre el Butil.....	45
8.3	Selección de pernos donde va ubicada la herramienta	46
8.4	Reacciones en los Soportes	47
8.5	Simulación.....	49
8.5.1	Simulación de la Herramienta en el Centro	50
8.5.2	Simulación de la Herramienta Costado Izquierdo	53
9	Construcción y Ensamble	56
10	Puesta a Punto	66
11	Conclusiones.....	71
12	Recomendaciones.....	73
13	Anexos.....	74
R8.	13.1 Anexo A. Planos de Herramienta Para el Afilado de Rodillos de un Trapiche	74
	9 13.1.1 Plano Herramienta Ensamblada.....	74
	13.1.2 Plano Vista Explosionada	75
	13.1.3 Plano Bancada.....	76
	13.1.4 Plano Carro Longitudinal.....	77
	13.1.5 Plano Carro Transversal.....	78
	13.1.6 Plano Guía 1.....	79
	13.1.7 Plano Guía 2.....	80
	13.1.8 Plano Tapa Tuerca	81
	13.1.9 Plano Tapa Soporte de Tornillo	82

13.1.10	Plano Tornillo de Potencia.....	83
13.1.11	Plano Tornillo de Desplazamiento.....	84
13.2	Anexo B. Manual de Operación y Mantenimiento.....	85
13.3	Anexo C. Documento de Entrega de Herramienta para Afilado de Rodillos..	89
14	Referencias Bibliográficas	90

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1 <i>Finca La Palmira, Terreno donde se cultiva la caña de azúcar.....</i>	4
Figura 2 <i>Trapiche panelero R8, finca La Palmira.....</i>	5
Figura 3 <i>Afilado de rodillos en el Torno.....</i>	7
Figura 4 <i>Herramienta utilizada por los operarios.....</i>	8
Figura 5 <i>Operario afilando los rodillos del trapiche</i>	9
Figura 6 <i>Arranque de viruta.</i>	13
Figura 7 <i>Torno</i>	14
Figura 8 <i>Herramientas de corte utilizadas en el torno (Buriles).....</i>	16
Figura 9 <i>Velocidad, avance y profundidad de corte.</i>	17
Figura 10 <i>Corte de Metales</i>	18
Figura 11 <i>Máquina empleada para realizar pruebas de tensión en probeta.</i>	21
Figura 12 <i>Esfuerzo.....</i>	22
Figura 13 <i>Tensión y Compresión</i>	23
Figura 14 <i>Torsión.....</i>	24
Figura 15 <i>Flexión.....</i>	25
Figura 16 <i>Esfuerzo Cortante.....</i>	26

Figura 17 <i>Perno de cabeza hexagonal</i>	29
Figura 18 <i>Tornillo de cabeza de presión hexagonal</i>	30
Figura 19 <i>Metodología</i>	34
Figura 20 <i>Alternativa de Diseño 1</i>	35
Figura 21 <i>Alternativa de Diseño 2</i>	36
Figura 22 <i>Tabla con valores de velocidad de corte y fuerza específica de corte</i>	43
Figura 23 <i>Fuerzas que actúan sobre el buril</i>	45
Figura 24 <i>Especificaciones SAE para pernos de acero</i>	46
Figura 25 <i>Reacciones en los soportes</i>	47
Figura 26 <i>Diagrama de fuerza cortante y momento flector</i>	48
Figura 27 <i>Análisis de tensiones von Mises</i>	50
Figura 28 <i>Análisis de desplazamiento estático</i>	51
Figura 29 <i>Factor de seguridad</i>	52
Figura 30 <i>Análisis de tensiones von Mises</i>	53
Figura 31 <i>Análisis de desplazamiento estático</i>	54
Figura 32 <i>Factor de seguridad</i>	55
Figura 33 <i>Piezas de la herramienta</i>	56
Figura 34 <i>Fabricación de la bancada</i>	57
Figura 35 <i>Carro longitudinal</i>	58
Figura 36 <i>Guías carro transversal</i>	59
Figura 37 <i>Tapa soporte</i>	60
Figura 38 <i>Tuerca y Tornillo de potencia</i>	61
Figura 39 <i>Portaburil</i>	62

Figura 40 <i>Carro transversal</i>	63
Figura 41 <i>Eje roscado para desplazamiento</i>	64
Figura 42 <i>Ensamblaje de la herramienta</i>	65
Figura 43 <i>Puesta a punto de la herramienta para afilado de los rodillos del trapiche R8</i>	67
Figura 44 <i>Afilado de rodillos inferiores</i>	68
Figura 45 <i>Afilado de rodillo superior</i>	69
Figura 46 <i>Arranque de viruta y afilado de rodillos</i>	70

11
Lista de tablas

	Pág.
Tabla 1 <i>Descripción de Alternativas de Diseño</i>	37
Tabla 2 <i>Componentes de Alternativas de Diseño</i>	39
Tabla 3 <i>Criterios de Diseño</i>	40
Tabla 4 <i>Evaluación de Alternativas de Diseño</i>	41

Dedicatoria

Dedico este trabajo a mi Padre Nelson Aguirre Cardona(QEPD), mi madre Johana García Romero, a mi hermana Eliana Aguirre, mi Hijo y mi tía Fanny, quienes fueron mi apoyo durante todo este proceso.

Sergio Aguirre García

Dedico el presente trabajo de grado a mi padre Franco Villota y a mi madre Martha Toro, quienes han sido mi apoyo y motivación a lo largo de los años.

Andrés Felipe Villota Toro

Agradecimientos

Infinitas gracias a nuestra institución Universidad Antonio Nariño, a la facultad FIMEB y a toda su planta de docentes, que desde el primer momento nos compartieron su conocimiento, anécdotas y consejos, que contribuyeron en nuestra formación profesional.

Agradecemos de manera especial a el señor ingeniero Luis Fernando Pesca Angulo quien es nuestro director y asesor de trabajo de grado, quien nos acompañó en cada una de las etapas de este proceso, a la señora ingeniera Sandy Angelina Mosquera Muñoz por su atención y colaboración en nuestro proyecto de grado y a lo largo del pregrado.

Resumen

En este documento se encuentran descritos el diseño, fabricación y puesta a punto de una herramienta para el afilado de los rodillos de un trapiche R8 para la finca “La Palmira” del municipio de Anzoátegui Tolima, la cual cumple con la función de afilar los rodillos del trapiche sin necesidad de desensamblarlo. El objetivo del trabajo fue construir una herramienta que fuera eficiente, duradera, de fácil operación y transporte, ya que los molinos donde se produce la panela se encuentran en lugares de difícil acceso. Primeramente, se realizaron dos alternativas de diseño con el software CAD SolidWorks en donde se tuvieron en cuenta las dimensiones del trapiche y el funcionamiento de la herramienta. Posteriormente se seleccionó el mejor diseño bajo los criterios de fabricación: selección y disposición de material, modo de operación, peso, y demás variables que demuestran que el diseño es viable. Luego de eso se realizaron cálculos y simulación mediante el software SolidWorks el cual somete la herramienta a condiciones reales, dando resultados confiables que nos dan la garantía que la herramienta no va fallar. Se prosiguió con la fabricación de la herramienta, su puesta a punto y su respectivo manual de operación y mantenimiento.

Palabras clave: Diseño mecánico, Herramienta, arranque de viruta, resistencia de materiales, simulación.

Abstract

This document describes the design, manufacturing and fine tuning of a tool for sharpening the rollers of an R8 sugar mill for the “La Palmira” farm in the municipality of Anzoátegui Tolima, which has the function of sharpening the rollers of the trapiche without the need to disassemble it.

¹³ The objective of the work was to build a tool that was efficient, durable, easy to operate and transport, since the mills where panela is produce are located in places that are difficult to access. Firstly, two design alternatives were made with the CAD SolidWorks Software where the dimensions of the trapiche and the operation of the tool were taken into account. Subsequently, the best design, was selected under the manufacturing criteria: Selection and arrangement of material, mode of operation, weight, and other variables that show that the design is viable. After that, calculations and simulation were carried out using the SolidWorks software, which subjects the tool to real conditions, giving reliable results that give us the guarantee that the tool will not fail. The manufacture of the tool, its tuning and its respective operation and maintenance manual continued.

Keywords: Mechanical design, Tool, chip removal, resistance of materials, simulation.

1 Introducción

El sector panelero presenta una alta demanda en nuestro país, actualmente Colombia ocupa el segundo lugar en producción de panela a nivel mundial, después de la India (Sánchez, 2021). La panela es uno de los principales endulzantes de la canasta familiar colombiana. Para obtener este producto debe hacerse un largo y arduo proceso, inicialmente la caña debe ser triturada por unos rodillos o “masas”, parte fundamental del trapiche para el proceso productivo de la panela, dada la dureza y la forma de los tallos de la caña, los rodillos del trapiche tienden a desgastarse y es necesario afilarlos periódicamente para garantizar una óptima producción. Este mantenimiento y afilado ocupa tiempo, mano de obra, y demás recursos económicos, ya que las moliendas suelen estar ubicadas en lugares remotos y con difícil acceso (generalmente acceso a pie y a caballo) y la solución que generalmente se da a este problema en Colombia y otros países productores de panela es el desmonte de los rodillos y su traslado a un torno en donde se realiza el afilado de cada uno ellos (ver figura 3). Sin embargo, en este caso: la zona rural del municipio de Anzoátegui Tolima, Finca: La Palmira, (ver figura 1) para hacer el mantenimiento respectivo a los rodillos del trapiche, se tendría que hacer un desplazamiento de los mismos desde zona rural del municipio de Anzoátegui al casco urbano de la ciudad de Ibagué (4 horas aproximadas de viaje) siendo esta la ciudad más cercana donde hay acceso a un torno. Teniendo en cuenta que el afilado debe realizarse de manera periódica, esta solución no se considera rentable para el productor.

Figura 1

Finca La Palmira, Terreno donde se cultiva la caña de azúcar



Nota: *Autores.*

Los operarios del molino optaron por realizar el proceso de afilado de los rodillos del trapiche (ver figura 2) utilizando herramientas rudimentarias, como acoplar un buril a una varilla o tubo metálico y realizar el afilado manualmente mientras los rodillos giran (ver figura 5) lo cual genera riesgo para su integridad física, por ende se decide implementar el diseño y fabricación de una herramienta que brinde seguridad al momento de afilar los rodillos, no tener que desmontar el trapiche y no invertir con los tiempos de producción.

De esta manera la creación de la herramienta proporciona una solución inmediata al afilado de los rodillos en zonas remotas, garantiza la seguridad de los operarios, evita su desmonte y reduce costos de mantenimiento y transporte.

Figura 2

Trapiche panelero R8, finca La Palmira.



Nota: Autores.

2 Antecedentes

En la industria panelera como en diversos procesos industriales se requiere de maquinaria para poder tener una producción eficiente, para que la producción sea eficiente se requiere que la maquinaria este en óptimas condiciones y por tal motivo se debe hacer inspecciones periódicas y su debido mantenimiento, el presente proyecto se centra en el mantenimiento de rodillos; puntualmente en el afilado de ellos. Para poder tener una producción de panela, se deben de triturar los tallos de la caña de azúcar, por medio de los rodillos, lo cual genera un desgaste periódico, debido a que el lugar donde se produce panela (moliendas) se encuentra ubicado en sectores remotos, en donde el acceso la mayoría de veces es difícil, y solo se puede ingresar a pie, a caballo o mulas, su mantenimiento es complicado, debido al peso exagerado de los componentes del trapiche, su desmonte y transporte genera costos elevados.

Realizando una búsqueda en diversas plataformas académicas, en repositorios institucionales de universidades internacionales y nacionales no encontramos una solución similar a la que planteamos. La cual es ¹⁴ el diseño y construcción de una herramienta para el afilado de los rodillos de un trapiche R8.

La solución que han venido implementando cuando se presenta un desgaste en los rodillos de un trapiche, es desmontar los rodillos y llevarlos a un torno en donde se le hace su respectivo afilado a cada uno de los rodillos (ver figura 3).

Figura 3

Afilado de rodillos en el Torno



Nota: Jorge Milton Valladares Quiche. (10 de abril de 2019). *Rectificado masa superior de trapiche* [Archivo de video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=thfLsKprYHU>

Debido al esfuerzo físico y al costo que genera el desmonte, transporte y afilado de los rodillos, los operarios de diversas moliendas han estado empleando un método de afilado riesgoso en donde emplean una varilla o tubo de metal en donde le acoplan un buril (ver figura 4) y realizan el afilado manualmente, ejerciendo fuerza con sus extremidades superiores (ver figura 5) hasta lograr un afilado, debido a este método rudimentario, se han presentado diversos tipos de accidentes, en algunos casos han perdido partes de sus extremidades; por tal motivo se plantea una solución que beneficie a los operarios y dueños de las moliendas, donde se garantiza su seguridad al momento de afilar los rodillos y se reducen costos en mantenimiento.

Figura 4

Herramienta utilizada por los operarios



Nota: Autores.

Figura 5

Operario afilando los rodillos del trapiche



Nota: *Autores.*

19 3 Objetivos

3.1 Objetivo General

Diseñar y construir una herramienta para el mantenimiento y afilado de los rodillos de un trapiche R8.

3.2 Objetivos Específicos

- Investigar acerca de los diferentes tipos de herramientas para afilar rodillos.
- Analizar las necesidades industriales y de seguridad industrial del trapiche R8.
- Diseñar estructuras teniendo en cuenta las medidas del trapiche.
- Evaluar y seleccionar diferentes alternativas de solución identificando y analizando las diferentes variables que permitan llegar al mejor diseño.
- Realizar cálculos y planos para el modelo seleccionado utilizando software CAD.
- Construir herramienta para el afilado de rodillos y puesta a punto.
- Realizar manuales de operación y mantenimiento.

4 Justificación

Este proyecto se hace con el fin de beneficiar el sector panelero de la parte baja del municipio de Anzoátegui Tolima en la finca: La Palmira. Después de realizar una investigación de posibles soluciones a nivel internacional y nacional en tanto a la producción de panela, en específico para el afilado de rodillos de un trapiche de caña, se evidencio que no hay un diseño o una herramienta que permita el afilado sin que se desmonte las masas del trapiche R8 en su totalidad.

Se diseña una herramienta mediante la utilización de programas de diseño CAD (Diseño y Dibujo Asistido por Computadora) y posterior a ello, la selección de materiales adecuados para la fabricación del instrumento que finalmente se acopla al trapiche brindando mayor seguridad y optimo desempeño al momento de realizar la actividad.

5 Marco Teórico

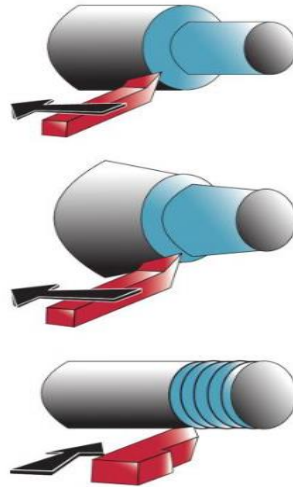
A continuación, se presentan algunos conceptos teóricos que resultan fundamentales a la hora de entender la orientación y sentido del proyecto de diseño y construcción de una herramienta de afilado para los rodillos de un trapiche R8. En el diseño y construcción de la herramienta, se tienen en cuenta principios y conceptos básicos obtenidos en gran parte de libros, normas técnicas y artículos científicos que resultan de gran utilidad a la hora de desarrollar el proyecto. En el presente trabajo se pueden identificar como fuentes primarias de la investigación obras de ingeniería tales como Mecánica de materiales de Hibbeler, Diseño en ingeniería mecánica de Shigley, Diseño de elementos de máquinas de Robert L. Mott, entre otros.

5.1 Arranque de Viruta

El proceso de arranque de viruta consiste en la fabricación o modificación de piezas de diversos materiales, por eliminación o arranque de material, este proceso es posible gracias al movimiento rotativo de la materia prima y al movimiento de avance y profundidad de la herramienta de corte, que gracias a su filo suprime material que se convierte en viruta, estas herramientas de corte denominadas buriles juegan un papel fundamental en este proceso, su dureza siempre será superior a la del material a modificar para que su corte sea más limpio y preciso. Se debe operar a unas condiciones de corte establecidas: velocidad de corte, avance y profundidad de pasada. (Krahmer, 2008). (Ver figura 6).

Figura 6

Arranque de viruta.



Nota: adaptada de *Fabricación por arranque de viruta* (p.5), por Millán, 2012, Paraninfo.

5.2 Máquinas-Herramienta

La definición de máquinas herramienta hace referencia a cierto tipo de herramientas que emplean una fuente de energía diferente al movimiento realizado por el hombre, un ejemplo de esto es la energía eléctrica como fuente de energía. La máquina herramienta se utiliza para dar forma a materiales sólidos utilizados en la industria como lo son principalmente los metales. Una característica de este tipo de máquinas, es que se ha denominado por distintos autores como “industria de industrias”, ya que actúa como proveedor de herramientas en la producción de otras industrias tales como la agricultura y manufactura, siendo considerada de gran apoyo en el avance tecnológico de la producción en los distintos ámbitos de la economía. (Kolaric et al. 2013).

5.3 Torno

¹² El torno mecánico es la máquina herramienta más común y más antigua utilizada en la industria, es una máquina eléctrica que permite mecanizar diferentes tipos de material como: aluminio, acero, bronce y otros tipos de metales empleados a nivel industrial. El torno puede ser utilizado para operaciones de torneado, refrentado, taladrado, esmerilado, taladrado y pulido. Estas operaciones se realizan a partir de un principio básico donde una ² pieza a la cual se le va dar forma se sitúa sobre un eje que la hace girar sobre sí misma, mientras que la herramienta de corte se sitúa sobre los carros que realizan movimientos de avance y profundidad para así modificar el material. (Jacome Lozada, 2015). (Ver figura 7).

Figura 7

Torno



Nota: Autores.

5.4 Parámetros de Seguridad al Operar un Torno

El torno paralelo es una de las maquinas herramientas más empleadas en la industria, es empleado para el mecanizado de diversas piezas. Es necesario tener una especialidad en el área para poder manipularlo, ya que pueden ocurrir accidentes de distintas categorías, se deben de seguir una serie de protocolos al momento de operar el torno y así reducir accidentes laborales, algunos de ellos son: (AECIM, 2018).

- Conocer el funcionamiento del torno (saber operar la maquina).
- Verificar que estén bien sujetas las herramientas y accesorios.
- Operar el torno a una distancia segura.
- Utilizar elementos de protección personal (gafas de seguridad).
- Es recomendable utilizar camisas manga corta y ajustadas.
- No se deben usar accesorios como relojes, anillos, pulseras, cadenas, etc.

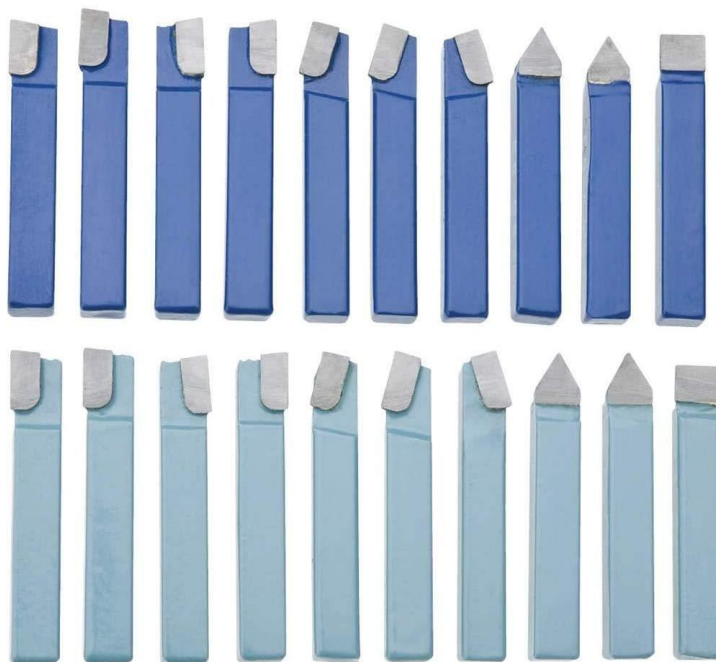
5.5 Herramientas de Corte

Conocidos principalmente como Buriles, son las herramientas de corte utilizadas en el proceso de torneado, cumplen una función importante ya que son los encargados del arranque de viruta en frio. Pueden marcar, cortar, ranurar, devastar diferentes tipos de materiales ya que su dureza siempre será superior al de la materia prima que se va a modificar, están fabricados generalmente en aceros de alta velocidad, cromo, níquel, carburos cementados, etc.

Estos materiales poseen diversas propiedades, las cuales varían dependiendo de la aplicación o de la operación a realizar, también del tipo de material con el que se va trabajar. Poseen diferentes geometrías y esto precisamente para que cada una cumpla una función diferente (ver figura 8). (Krahmer, 2008).

Figura 8

Herramientas de corte utilizadas en el torno (Buriles)



Nota: *BURILES*. Reproducido de Bronces y repuestos industriales, 2023 [Fotografía]

Bronces y repuestos industriales, 2023, <https://www.broncegd.com/nuestros-productos-1/buriles>

5.5.1 Buril de Acero de Alta Velocidad

Los buriles de acero de alta velocidad o también conocidos con el nombre de HSS, hace referencia a las iniciales en inglés de High Speed Steel. Estas herramientas están aleadas a base de tungsteno, molibdeno, cobalto, vanadio y cromo, gracias a ello pueden trabajar a elevadas temperaturas, por ende, pueden utilizarse a mayores velocidades. Estos buriles tienen una excelente resistencia al impacto, también pueden adquirir diversas formas o ángulos con ayuda del esmeril, dependiendo del trabajo a realizar. (Ramirez et al. 1995).

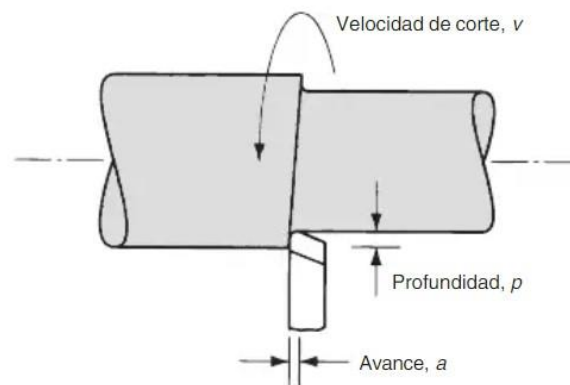
5.6 Condiciones de Corte

En el proceso de maquinado se distinguen tres dimensiones, las cuales constituyen las condiciones de corte. (Ver figura 9).

“Para realizar una operación de maquinado se requiere del movimiento relativo de la herramienta y del trabajo. El movimiento primario se realiza a una cierta **velocidad de corte**. Además, la herramienta debe moverse lateralmente a través del trabajo. Éste es un movimiento mucho más lento llamado el **avance**. La dimensión restante del corte es la penetración de la herramienta de corte dentro de la superficie original del trabajo llamada **profundidad de corte**. Al conjunto de velocidad, avance y profundidad de corte se les llama condiciones de corte. Éstas son las tres dimensiones del proceso de maquinado”. (Groover, 2007, p. 485).

Figura 9

Velocidad, avance y profundidad de corte.



Nota: Obtenida de *Fundamentos de manufactura moderna* (p.486), por Groover, 2007,

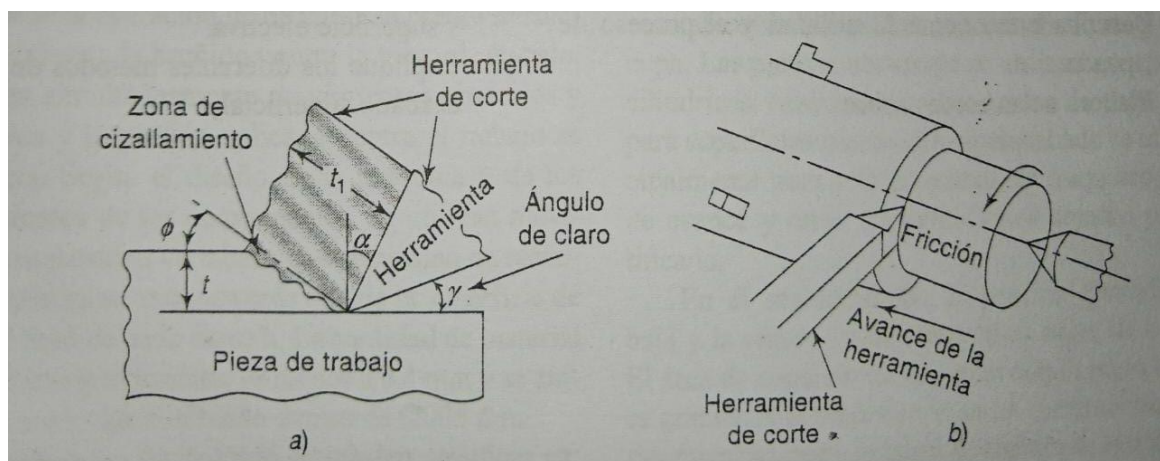
Mc Graw Hill.

5.7 Resistencia al Corte

Las operaciones de corte son de vital importancia en los procesos de manufactura, ya que aumentan la capacidad de producción a nivel industrial, mediante procesos como: torneado, fresado, taladrado, cepillado, etc. Estas operaciones se realizan retirando material en forma de viruta con el apoyo de una herramienta de corte (Butil) (ver figura 10). La herramienta de corte tiene contacto con el material e inicia a desprender viruta, debido a la deformación plástica del material durante el proceso de corte, en este proceso están presentes unas fuerzas, la fuerza de fricción que encuentra la viruta a medida que se desprende sobre la herramienta y la fuerza de cizallamiento que es la requerida para cizallar el material sujeto a la acción de corte, estas fuerzas tienden a oponerse al corte por ello se le denomina resistencia de corte. (H.S. Bawa , 2007).

Figura 10

Corte de Metales



Nota: Obtenida de *Procesos de manufactura* (p.186), por H.S. Bawa, 2007, Mc Graw

Hill.

5.8 Fuerza de Corte

La fuerza de corte se presenta en el momento que la herramienta de corte hace contacto con el material a trabajar, esta fuerza se calcula con la siguiente ecuación. (Jüzt et al. 1984).

$$Fc = a * s * ks$$

a = profundidad viruta en (mm)

s = avance en $\frac{mm}{rev}$

ks = fuerza especifica de corte $\frac{N}{mm^2}$

Fc = fuerza de corte $\frac{N}{mm^2}$

5.9 ⁴ Velocidad de Corte

Es la velocidad con que se genera el movimiento de corte y por ende la velocidad a la que se realiza el corte, se calcula con la siguiente ecuación. (Jüzt et al. 1984).

$$Vc = \frac{\pi * Dm * n}{1000}$$

Vc = velocidad de corte $\frac{m}{min}$

π = Pi es un numero adimensional

Dm = diámetro de la pieza (mm)

n = numero de revoluciones (RPM)

5.10 Materiales

5.10.1 Acero

Los aceros más comúnmente utilizados en estructuras son: Aceros de bajo carbono de baja aleación y aceros de bajo carbono simple. En cuanto a los aceros de bajo carbono de baja aleación, se le adicionan aleaciones con el objetivo de maximizar su resistencia a la corrosión o con el propósito de aumentar la resistencia mecánica. Sobre los aceros de bajo carbono simple son ampliamente utilizados en la industria, y también son denominados aceros estructurales ya que se utilizan en la construcción de puentes, edificios y en la industria de automotores, transporte y alimentos. Estos aceros usualmente son laminados en caliente y posteriormente se utilizan en la forma de varillas, así como también placas y diversos perfiles estructurales. (Mangonon, 2001).

5.10.2 Hierro Fundido

En primer lugar, se puede encontrar el Hierro Fundido Blanco Se trata de un material duro y frágil. Este tipo de fundición por lo general tiene poco carbono y poco silicio. Es resistente al desgaste, a la compresión y adicional a esto tiende a conservar su dureza por periodos limitados cuando es expuesto a elevadas temperaturas.

Por otro lado, mediante la fundición de Hierro Gris se producen la mayoría de piezas de hierro fundido. Unas de sus más notables características son: capacidad para producir piezas con formas complejas, buena maquinabilidad y una sobresaliente capacidad para amortiguar vibraciones. (Mangonon, 2001).

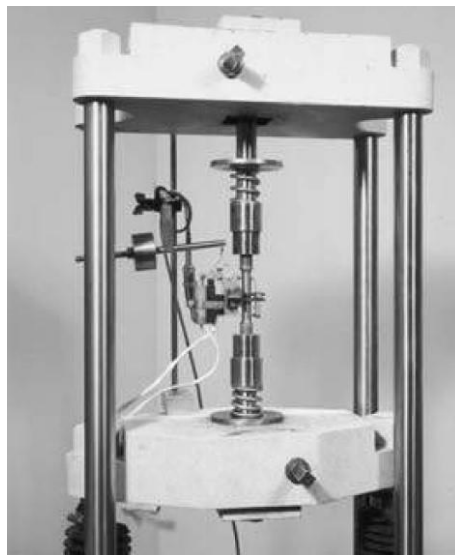
5.11 Mecánica de Materiales

Dentro del estudio de la mecánica se encuentra la mecánica de materiales, la cual se dedica a estudiar los efectos internos del esfuerzo y deformación de un cuerpo sólido que se encuentra sometido a cargas externas. Al referirse al esfuerzo, se asocia a la resistencia del material en específico, ahora bien, si se habla de deformación se refiere a una medida de la elongación que experimenta el cuerpo objeto de estudio (cambios de forma y tamaño).

Esto proporciona las herramientas necesarias a la hora de diseñar y analizar estructuras teniendo en cuenta las posibles cargas que estas deban soportar a lo largo de su vida útil (ver figura 11). (Hibbeler, 2011).

Figura 11

Máquina empleada para realizar pruebas de tensión en probeta.



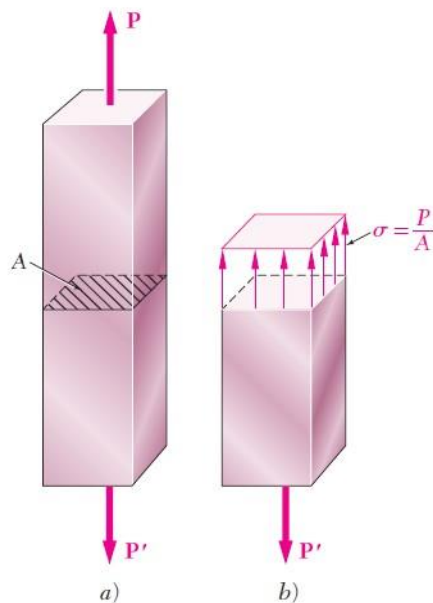
Nota: Obtenida de *MECÁNICA DE MATERIALES* (p.51), por Beer et al ,2010, Mc Graw Hill.

5.12 Esfuerzo

Se llama esfuerzo a la fuerza por unidad de área o a la intensidad de las fuerzas distribuidas a través de una sección. El esfuerzo se representa con la letra griega σ (sigma). Como se muestra en la siguiente figura (ver figura 12) el esfuerzo en un elemento con área transversal A sometido a una carga axial P se obtiene al dividir la magnitud P de la carga entre el área A . (Beer et al. 2010).

Figura 12

Esfuerzo



Nota: Obtenida de *MECÁNICA DE MATERIALES* (p.5), por Beer et al ,2010, Mc Graw Hill.

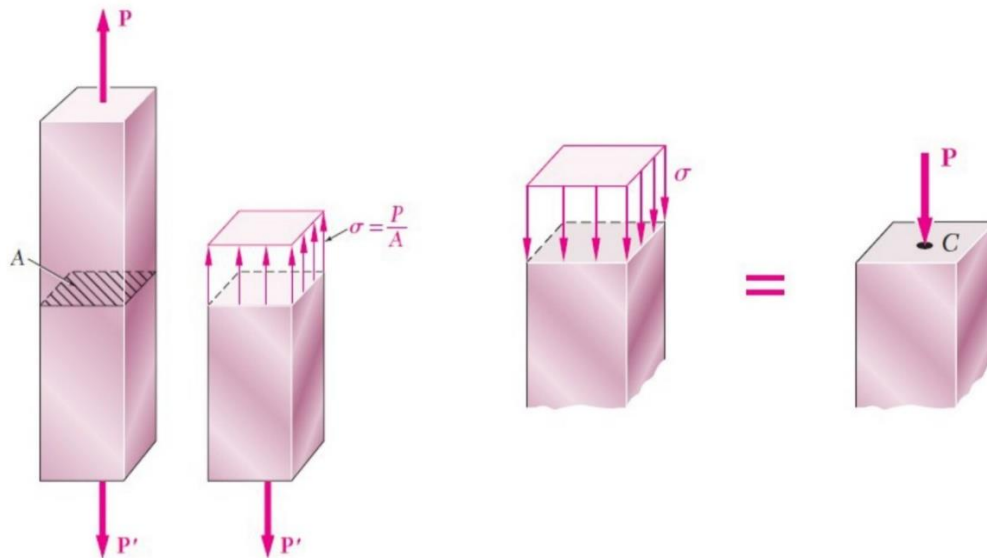
5.12.1 ⁵ Esfuerzo Normal

Es la intensidad de la fuerza que actúa en forma normal a ΔA se define como esfuerzo normal. El esfuerzo normal puede ser esfuerzo de tensión o esfuerzo de compresión según sea el comportamiento frente al elemento, ya sea halando (esfuerzo de tensión) o empujando (esfuerzo de compresión) (ver figura 13). (Hibbeler, 2011, p. 23).

$$\sigma = \frac{P}{A}$$

Figura 13

Tensión y Compresión



Nota: adaptada de *MECÁNICA DE MATERIALES* (pp.5-8), por Beer et al ,2010, Mc Graw Hill.

5.12.2 Esfuerzo de Torsión

“El par de torsión es un momento que tiende a torcer un elemento sobre su eje longitudinal. Su efecto es de gran importancia en el diseño de ejes o arboles de transmisión utilizados en vehículos y maquinaria.” (Hibbeler, 2011, p. 179). (Ver figura 14).

$$\tau_{max} = \frac{Tc}{J}$$

τ_{max} = Esfuerzo cortante maximo.

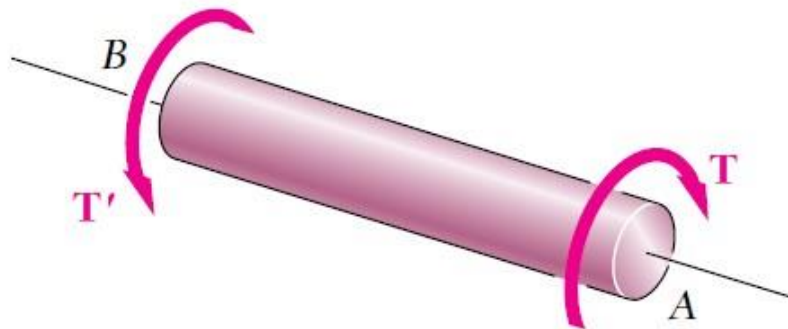
T = Torque.

c = Radio de la sección transversal.

J = Momento centroidal polar de inercia.

Figura 14

Torsión.



Nota: Reproducida de *MECÁNICA DE MATERIALES* (p.132), por Beer et al ,2010, Mc Graw Hill.

5.12.3 Esfuerzo de Flexión

El concepto de flexión es clave a la hora de diseñar componentes estructurales y de máquinas como pueden ser vigas y traveses. “el análisis de elementos prismáticos sometidos a pares iguales y opuestos M y M' que actúan en el mismo plano longitudinal. Se dice que tales elementos están sujetos a flexión pura.” (Beer et al. 2010, p. 209). (Ver figura 15).

$$\sigma = \frac{Mc}{I}$$

σ = Esfuerzo maximo.

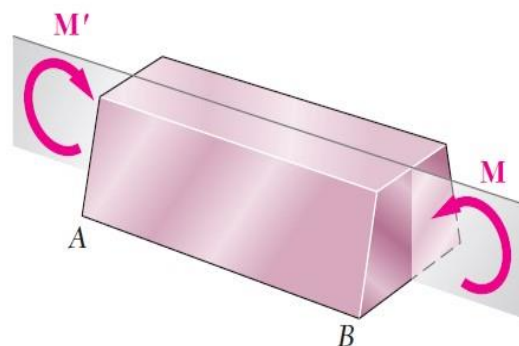
M =Momento flexionante.

c =Mayor distancia del eje neutro a un punto ⁶ de la sección.

I =Momento de inercia de la sección transversal con respecto al eje neutro.

Figura 15

Flexión.



Nota: Obtenido de *MECÁNICA DE MATERIALES* (p.209), por Beer et al ,2010, Mc Graw Hill.

5.12.4 Esfuerzo Cortante

Un sector de una pieza se encuentra sometido a esfuerzo cortante cuando sobre el actúa una resultante de fuerzas paralelas al plano de la sección. También es llamado cizallamiento. Una porción diferencial de una pieza sometida a esfuerzo cortante se encuentra también sometida a flexión, y esto se da porque la existencia de esfuerzo cortante siempre va a implicar la existencia de un momento flector variable (ver figura 16). (Cervera Ruiz & Blanco Díaz , 2014).

$$\tau = \frac{F}{A}$$

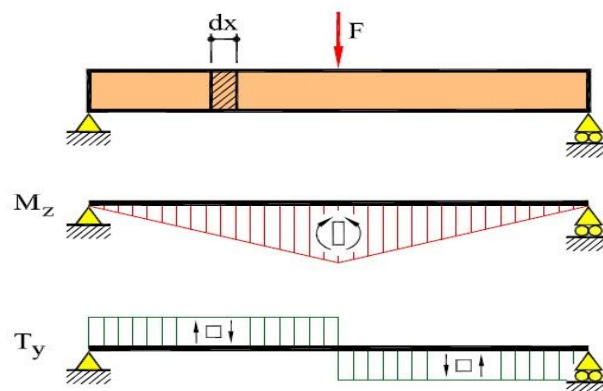
τ = Esfuerzo cortante promedio.

F = Carga externa.

A = Área.

Figura 16

Esfuerzo Cortante



Nota: Obtenido de *Mecánica y Resistencia de Materiales* (p.432), por Cervera Ruiz & Blanco Díaz, 2014, CIMNE.

5.13 Diseño Mecánico

La actividad de diseñar se refiere en un principio a la formulación de un plan para satisfacer una necesidad o resolver un problema. El diseño debe ser un proceso innovador, donde la finalidad es la creación de un producto funcional, seguro, confiable y útil. Para que el producto final cumpla con las características nombradas anteriormente, el diseñador debe contar con ciertas aptitudes al momento de la toma de decisiones y resolución de problemas. El proceso de diseño inicia con la identificación de una necesidad acompañada de la decisión de resolverlo; seguida de la definición del problema, donde se abordan de manera más específica las características del objeto que va a diseñarse, así como de las circunstancias y especificaciones que se deben tener en cuenta en el diseño tales como: costos, cantidades a manufacturar, vida útil del producto, limitaciones dimensionales y de peso etc. En la fase de síntesis se da una proposición de varios esquemas de soluciones posibles al problema, los cuales se someten a estudios y revisiones con el fin de ser evaluados, los esquemas que arrojen resultados satisfactorios pasan a ser optimizados para determinar el mejor desempeño. Luego de elegir un esquema procede a ser evaluado donde se hacen pruebas del prototipo en el laboratorio, donde se concluye si el diseño satisface las necesidades de competitividad, confiabilidad, funcionalidad, seguridad, utilidad y demás. Por último, se procede a la presentación del diseño final, se le da publicidad a los resultados obtenidos dando solución al problema planteado. (Budynas & Nisbett, 2012).

5.14 Estructura

Desde el punto de vista ingenieril se define por estructura a el conjunto de elementos conectados que resiste a las diversas acciones que actúan sobre ella, como el peso propio,

sobrecargas, movimientos vibratorios, etc. Algunos de los criterios básicos que las estructuras deben satisfacer son: funcionalidad, se refiere a que toda estructura debe satisfacer las necesidades para las que fue creada; el siguiente criterio es la seguridad ya que es de vital importancia que toda estructura soporte las cargas a las que se someterá durante su vida útil; economía ya que toda estructura debe ser construida haciendo uso de los recursos disponibles y estética puesto que se espera que la estructura tenga un aspecto exterior aceptable. (Cervera Ruiz & Blanco Díaz, Mecánica de Estructuras, 2014).

5.15 Sujetadores

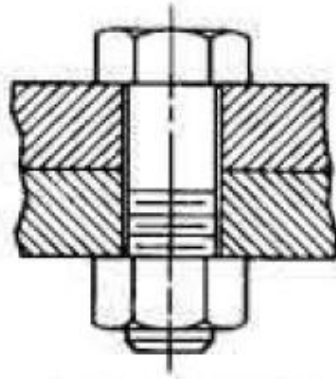
Se define como sujetador a todo objeto que se emplee para unir dos o más componentes con el objetivo de mantener una posición, limitando su movimiento y grados de libertad. Son ampliamente utilizados en la industria, algunas de sus aplicaciones son: al momento de ensamblar maquinas, sostener o unir estructuras, para mantener chapas de metal juntas, etc. (Mott, 2006).

5.15.1 ² Perno

Es un sujetador con rosca, el cual está diseñado para cruzar por orificios en los miembros estructurales unidos y poderse asegurar al ajustar una tuerca en el extremo opuesto a la cabeza del perno (ver figura 17). (Mott, 2006, p. 712).

Figura 17

Perno de cabeza hexagonal



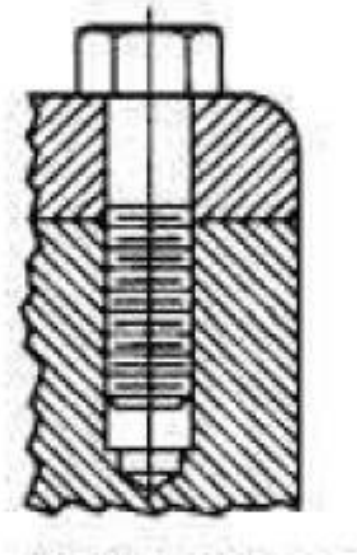
Nota: Obtenido de *Diseño de elementos de máquinas* (p.712), por Mott, 2006, PEARSON EDUCACIÓN.

5.15.2 Tornillo

“Un tornillo es un sujetador con rosca, diseñado para introducirse en un orificio de uno de los elementos que se van unir, y también en un orificio con rosca en el elemento acoplado” (ver figura 18) (Mott, 2006, p. 712).

Figura 18

Tornillo de cabeza de presión hexagonal



Nota: obtenido de *Diseño de elementos de máquinas* (p.712), por Mott, 2006, PEARSON EDUCACIÓN.

5.16 Soldadura

Se trata de un proceso mediante el cual se busca generar conexiones y ensamblajes de piezas de diversos materiales (generalmente metal). En este proceso se puede decir que interactúan diferentes factores de forma compleja, implica transferencia de calor y líquido-metal (altas temperaturas que logran fundir el material de aporte o electrodo, habitualmente generadas mediante corriente eléctrica), implica también reacciones químicas, así como la formación gradual de la junta soldada mediante la deposición del metal en estado líquido para luego proceder a enfriarse y quedar solidificado, es decir que implica una variedad de transformaciones metalúrgicas. (Avallone & Baumeister III, 1996).

A lo largo de la historia se ha empleado el proceso de soldadura en gran variedad de sectores industriales tales como: fabricación de automóviles, maquinaria ferroviaria, hornos, calderas, minería, maquinaria agrícola. Hoy en día se encuentra presente en la fabricación de electrodomésticos, unidades de aire acondicionado, aparatos dentales y hasta satélites de telecomunicaciones. Gran parte de los elementos que se emplean en la vida cotidiana se encuentran ensamblados mediante algún tipo de soldadura. (Larry & CESOL, 2009).

Algunos de los tipos de soldadura utilizados industrialmente son:

SMAW o Soldadura por arco metálico protegido.

GTAW o Soldadura por arco bajo gas protector con electrodo de tungsteno.

GMAW o Soldadura por arco bajo gas protector metálico.

FCAW o Soldadura por arco con hilo tubular con núcleo de fundente.

6 Metodología

El presente trabajo cuyo objeto es el diseño y construcción de una herramienta para el mantenimiento y afilado de los rodillos de un trapiche R8 es de carácter experimental, se parte de una investigación acerca de los diferentes tipos de herramientas que cumplen la función de afilado y del análisis de las necesidades industriales y de seguridad industrial del trapiche R8. Se continuará la evaluación y selección del diseño y posterior construcción de la herramienta.

DISEÑO.

Se diseñará la estructura teniendo en cuenta las medidas del Trapiche R8. Utilizando el software de diseño (Solidworks) se dibujará cada una de las piezas con dimensiones y materiales reales.

EVALUACIÓN Y SELECCIÓN.

Se evaluarán las alternativas de diseño y posteriormente se realizará la selección de la opción más satisfactoria en cuando a funcionalidad y seguridad industrial.

CÁLCULOS.

Se realizarán cálculos y planos correspondientes al diseño seleccionado.

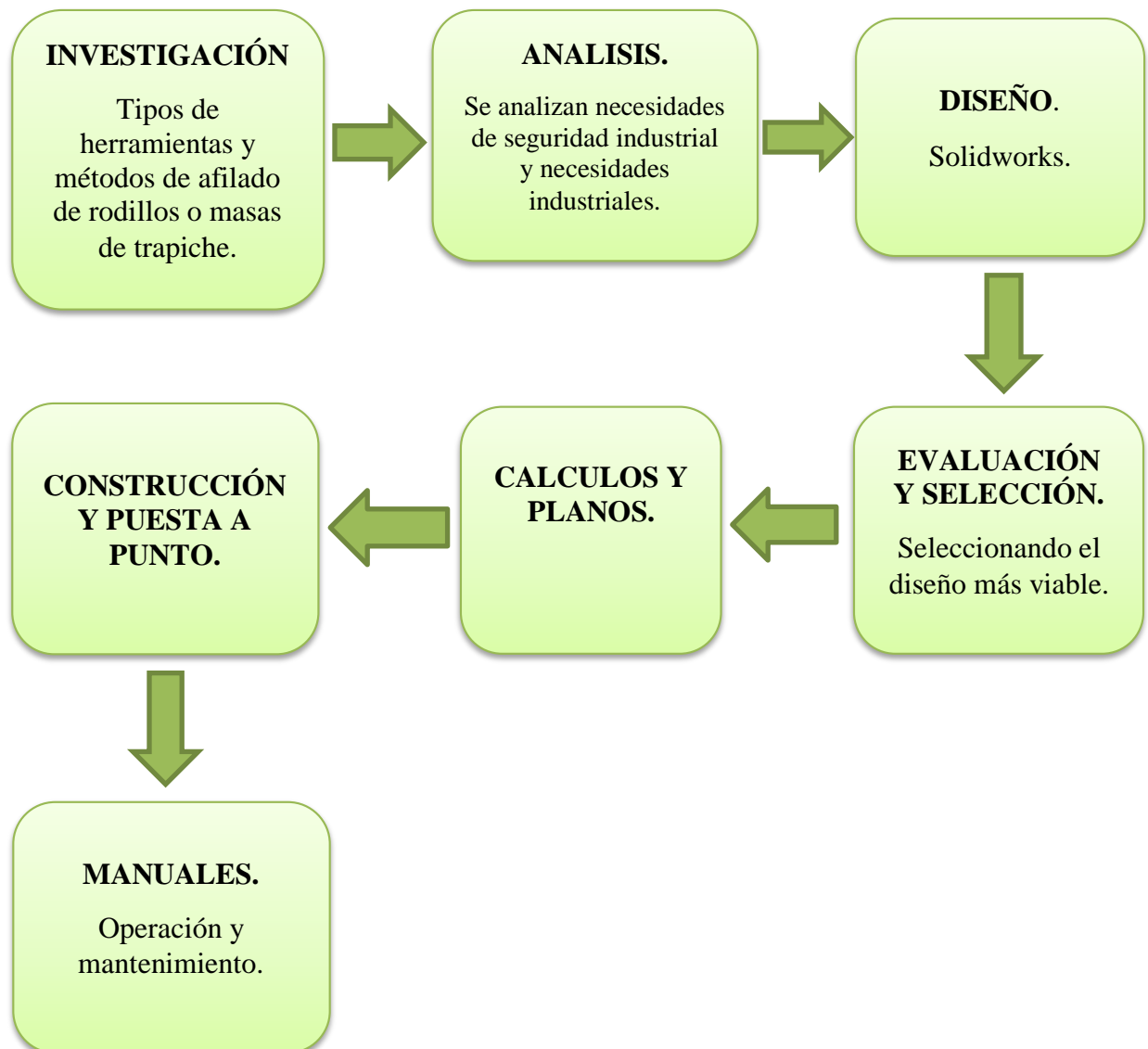
CONSTRUCCIÓN.

Se realizará la construcción de la herramienta a partir de los planos desarrollados en SolidWorks haciendo uso de los diferentes procesos de manufactura para llegar a una óptima fabricación y posterior puesta a punto cumpliendo satisfactoriamente con las necesidades identificadas.

MANUALES.

Se escribirán manuales detallados de operación y mantenimiento de la herramienta. Impresos en físico y digitalmente serán entregados a los operarios del Trapiche R8 de la finca La Palmira del municipio de Anzoátegui Tolima.

Figura 19

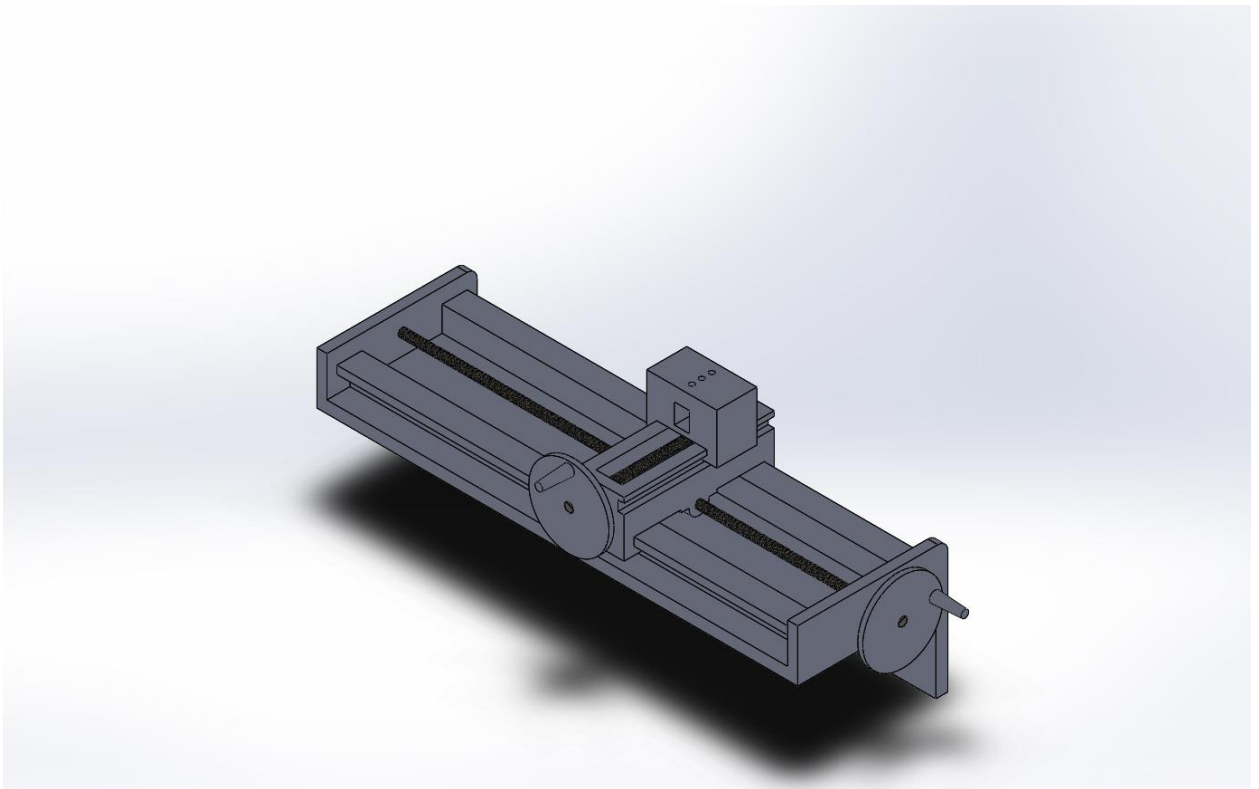
*Metodología***Diseño y construcción de una herramienta para el afilado de los rodillos de un trapiche R8.**

7 Alternativas de Diseño

A continuación, podemos observar dos de las alternativas de diseño realizadas en el software SolidWorks. (ver figuras 20 y 21).

Figura 20

Alternativa de Diseño 1

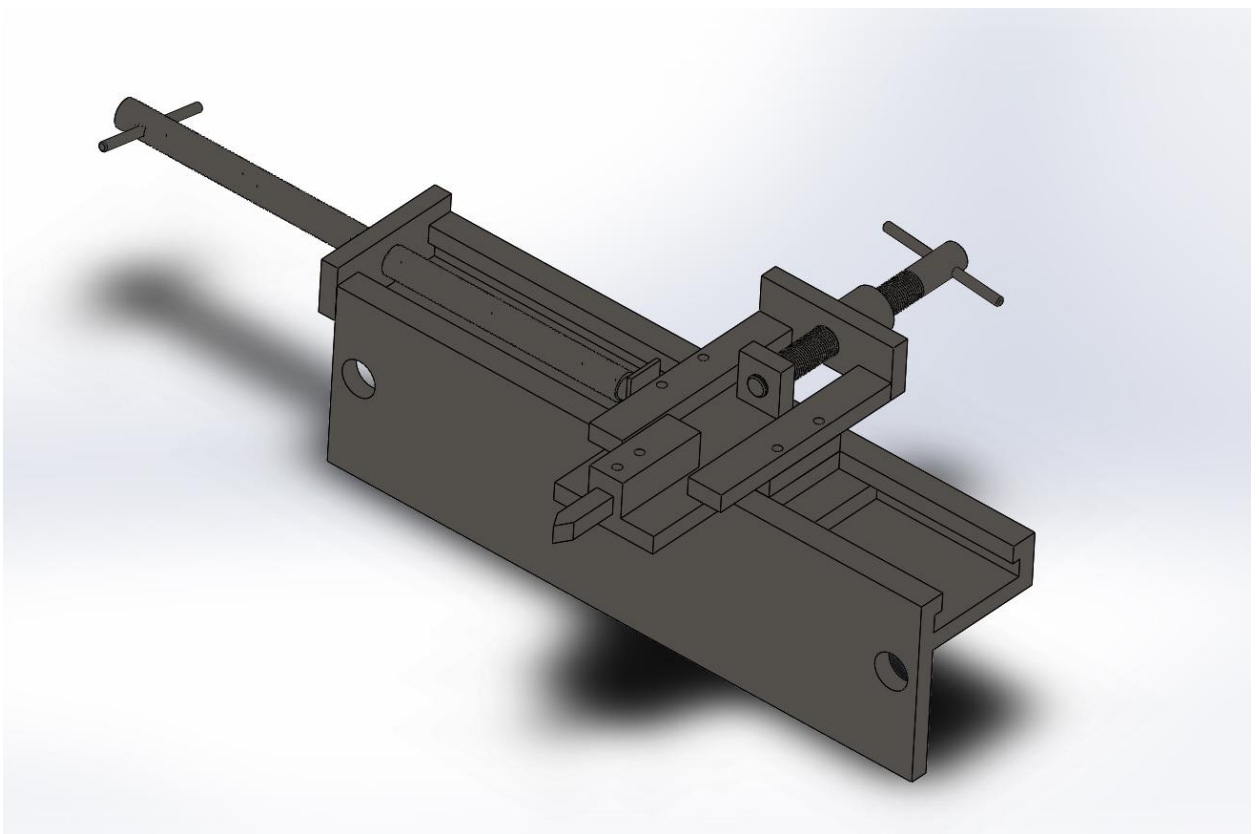


Nota: *Autores* – Tomado del software SolidWorks.

Alternativa de diseño numero dos (ver figura 21) es el diseño seleccionado para el desarrollo del presente trabajo, ya que por sus características de diseño y de selección de materiales lo hacen viable para su construcción.

Figura 21

Alternativa de Diseño 2



Nota: *Autores* – Tomado del software SolidWorks.

Luego de realizar una búsqueda de soluciones para el afilado de rodillos de trapiches paneleros y no encontrar una solución similar a la que planteamos, procedimos a analizar diferentes factores de diseño para posteriormente diseñar estructuras mediante el software solidworks, utilizando como referencia el sistema de operación de un torno, sus componentes, sus guías y desplazamientos, su portaherramientas, el tipo de materiales y demás factores que nos permitieron llegar a elegir el mejor diseño.

¹⁰ En la tabla 1 se pueden observar la descripción de dos de las alternativas de diseño que fueron evaluadas.

Tabla 1

Descripción de Alternativas de Diseño

ALTERNATIVAS	DESCRIPCIÓN
ALTERNATIVA 1	Esta propuesta de diseño consiste en elaborar una herramienta cuya estructura se acople a los tornillos transversales del trapiche, el carro transversal y longitudinal tienen guías cerradas y su forma es en cola de milano, su mecanismo de movimiento es tornillo de avance y tuerca (ambos con eje roscado), cuenta con un portaburil el cual asegura con tornillos, cuenta con manivelas para ambos

	tornillos de desplazamiento, esta herramienta no puede ser desensamblada.
ALTERNATIVA 2	Esta alternativa consiste en elaborar una herramienta que va está posicionada en los tornillos transversales del trapiche, gracias a dos perforaciones que están ubicadas en la bancada de esta herramienta, el carro transversal y longitudinal tienen guías cerradas planas, su mecanismo de movimiento es tornillo de avance y tuerca, (para el carro transversal un tornillo de potencia y para el longitudinal eje roscado) el carro transversal se puede desensamblar, su portaburil asegura con tornillos, se pueden retirar ambos carros para su respectiva limpieza y mantenimiento, el material de la herramienta es acero ASTM-A36, este diseño no cuenta con manivelas.

Nota: *Autores.*

Tabla 2*Componentes de Alternativas de Diseño*

ALTERNATIVA 1	<ul style="list-style-type: none"> • Bancada. • Carro longitudinal. • Guía carro longitudinal. • Carro transversal. • Guía carro transversal. • 2 Tornillos de desplazamiento (eje roscado). • 2 manivelas. • 1 portaburil.
ALTERNATIVA 2	<ul style="list-style-type: none"> • Bancada. • Carro longitudinal. • Guía carro longitudinal. • Carro transversal. • Guía carro transversal. • 1 tornillo de desplazamiento (eje roscado para carro longitudinal). • 1 tornillo de potencia para desplazamiento de carro transversal. • 1 portaburil.

Nota: *Autores.*

7.1 Criterios de Selección de Diseño

Luego de describir cada una de las alternativas de diseño y sus componentes, se hace necesario analizar minuciosamente estas propuestas bajo unos criterios de diseño, para finalmente seleccionar una de las alternativas.

Tabla 3

Criterios de Diseño

CRITERIOS	DEFINICIÓN
Disponibilidad de materiales.	Facilidad para adquirir un producto en el mercado.
Costos.	Cantidad de dinero para adquirir materiales para la respectiva construcción.
Construcción.	Tiempos estimados para fabricación, técnicas para llevar a cabo la construcción.
Mantenimiento.	Comodidad y facilidad al momento de realizar el respectivo mantenimiento.
Operación.	Facilidad al momento de operar la herramienta.
Seguridad.	Garantías de seguridad industrial al momento de operar la herramienta.

Confiabilidad.	Garantía de que la herramienta no va fallar.
Comodidad y transporte.	Facilidad de ensamblaje y desplazamientos.
Viabilidad.	Probabilidad de llevar a cabo la construcción.

Nota: *Autores.*

7.2 Evaluación de alternativas

Después de realizar la definición de cada uno de los criterios de diseño, se procede a calificar cada una de las alternativas por medio de una matriz de decisiones, donde se asigna un puntaje a cada criterio y se califica cada alternativa, para al final dar un resultado total de cada diseño y así realizar la elección.

Tabla 4

Evaluación de Alternativas de Diseño

CRITERIOS	PUNTOS POSIBLES	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2
Disponibilidad de materiales.	5	3	4
Costos.	5	2	4
Construcción.	5	3	4
Mantenimiento.	5	3	5

Operación.	5	5	5
Seguridad.	5	4	5
Confiabilidad.	5	5	5
Comodidad y transporte.	5	3	4
Viabilidad.	5	2	4
Total	45	30	40

Nota: Autores.

Luego de realizar la evaluación de cada una de las alternativas, podemos observar que el resultado con mayor puntaje en las calificaciones fue la alternativa número dos, la cual cumple satisfactoriamente con todos los criterios de diseño planteados y evaluados, dando así la tranquilidad de poder realizar la fabricación de la alternativa numero dos la cual será viable y de óptimo funcionamiento para ser operada con el fin para el que fue diseñada, el cual es realizar el afilado de los rodillos de un trapiche R8 para la finca La Palmira en el municipio de Anzoátegui Tolima.

8 Cálculos de Diseño

8.1 Fuerza de Corte

Al conocer el tipo de material que se va a maquinar y con ayuda de las tablas para la industria metalúrgica (Jüzt et al. 1984) se logra obtener la velocidad de corte y la fuerza específica de corte. (Ver figura 22).

Figura 22

Tabla con valores de velocidad de corte y fuerza específica de corte

Material	Util	Ángulos corte		Avance s en (mm rev)							Avance s en mm rev			
		α	β	0,1	0,2	0,4	0,8	1,6	3,2	0,1	0,2	0,4	0,8	
		cc°	γ°	Velocidad de corte v en m/min							Fuerza específica de corte k_s Sección de tensiones N/mm^2			
Acero sin alea St 34, St 37, St 42	SS	8	14		60	45	34	25	19					
	S.	5	10	280	236	200	170	* 67	* 56	3600	2600	1900	1360	
St 50, St 60	SS	8	14		44	32	24	18	14					
	S.	5	10	240	205	175	145	* 50	* 42	4100	2950	2150	1540	
St 70	SS	8	14		32	24	18	13	10					
	S.	5	10	200	170	132	106	* 34	* 27	4400	3150	2300	1640	
Acero moldeado	SS	8	10		34	25	19	14	11					
	S.	5	6	118	100	85	71	* 24	* 20	3600	2600	1900	1360	
Aceros aleados	SS	8	10		24	17	12	8,5	6					
	S.	5	6	150	118	95	75	* 24	* 20	5000	3600	2600	1850	
Ac. Mn, ac. Cr-Ni Ac. Cr-Mo	SS	8	6		16	11	8	(5,6)						
	S.	5	6	95	75	60	50	* 16	* 13	5300	3800	2750	2000	
y otros aceros aleados	SS	8	6		9,5	6								
	S.	5	6	60	48	38	32	* 10	* 8	5700	4100	3000	2150	
Ac. de herramientas	SS	8	6											
	S.	5	6	50	40	32	27	* 8,5	* 6,7	5700	4100	3000	2150	
Ac. duro al Mn	SS													
	S.	5	6	40	32	25	20	* 6,7	* 5,3	6600	4800	3500	2520	
Hierro fundido GG-10, GG-15	SS	8	0		48	27	18	14	9,5					
	G.	5	0	140	118	95	80	67		1900	1360	1000	720	
GG-20, GG-25	SS	8	0		32	18	13	9,5	6,3					
	M.	5	0	100	90	75	60	50		2900	2080	1500	1080	

Nota: Adaptada de *Tablas para la industria metalúrgica* (p.100), por Jüzt et al,1984,

EDITORIAL REVERTÉ.

Con ayuda de la anterior tabla logramos obtener unos valores fundamentales para poder hallar la fuerza de corte, el material de referencia para obtener estos valores es Hierro fundido GG-25; se estima que la fuerza específica de corte es: 1.500 N/mm^2 y la velocidad de corte es 18 m/min .

El avance recomendado para este material con una herramienta de corte de acero de alta velocidad es: 0.4 mm/rev , la profundidad de corte se determinó gracias a operarios de torno quienes recomendaron una profundidad de corte de 2 mm para dicho material.

$$\text{Avance: } a = 0.4 \frac{\text{mm}}{\text{rev}}$$

$$\text{Profundidad de corte: } s = 2 \text{ mm}$$

$$\text{Velocidad de corte: } V_c = 18 \frac{\text{m}}{\text{min}}$$

$$\text{Fuerza específica de corte: } K_s = 1.500 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Fuerza de corte:

$$F_c = K_s * a * s$$

$$F_c = 1.500 * 0.4 * 2$$

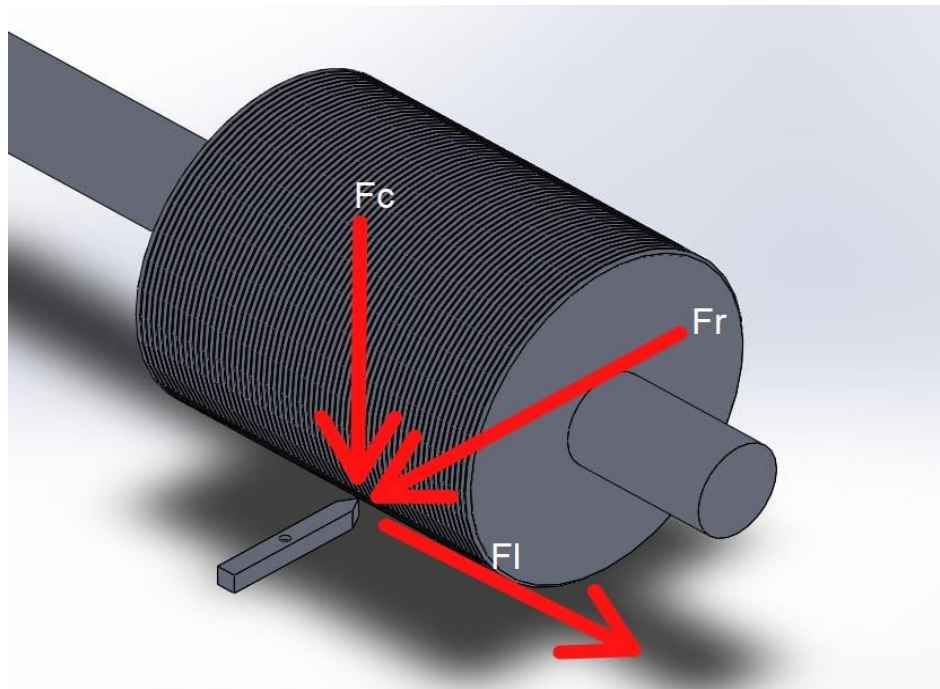
$$F_c = 1.200 \text{ N}$$

8.2 Fuerzas que Actúan Sobre el Buril

En la siguiente imagen (ver figura 23) podemos apreciar las fuerzas que actúan sobre el buril al momento de realizar el afilado de las masas del trapiche R8.

Figura 23

Fuerzas que actúan sobre el buril



Nota: *Autores* – Adaptado del software SolidWorks.

F_c = Fuerza de corte (consume el 99% de potencia).

F_r = Fuerza radial (esta fuerza es despreciable).









F_l = Fuerza longitudinal (no se tiene en cuenta, ya que no se va realizar un avance, solo se ubica el buril en cada una de las ranuras de los rodillos y luego se da la profundidad adecuada para realizar el afilado).

8.3 Selección de pernos donde va ubicada la herramienta

Se tomaron los tornillos transversales del trapiche donde van ubicadas las tapas laterales de cureña, se aprovecharon estos tornillos ya que cuentan con una longitud y diámetro suficientes para soportar la herramienta. Las dimensiones de estos tornillos son de 1 pulgada de diámetro por 31/32 pulgadas de longitud, según las especificaciones SAE para pernos de acero este perno es de grado 5.2 y es suficiente para resistir las cargas. (Ver figura 24). (Budynas & Nisbett, 2012).

Figura 24

Especificaciones SAE para pernos de acero

Grado SAE núm.	Intervalo de tamaños, inclusive, pulg	Resistencia de prueba mínima,* kpsi	Resistencia mínima a la tensión,* kpsi	Resistencia mínima a la fluencia,* kpsi	Material	Marca en la cabeza
1	$\frac{1}{4}$ a $1\frac{1}{2}$	33	60	36	Acero de bajo o medio carbono	
2	$\frac{1}{4}$ a $\frac{3}{4}$ $\frac{7}{8}$ a $1\frac{1}{2}$	55 33	74 60	57 36	Acero de bajo o medio carbono	
4	$\frac{1}{4}$ a $1\frac{1}{2}$	65	115	100	Acero de medio carbono, estirado en frío	
5	$\frac{1}{4}$ a 1 $1\frac{1}{8}$ a $1\frac{1}{2}$	85 74	120 105	92 81	Acero de medio carbono, T y R	
5.2	$\frac{1}{4}$ a 1	85	120	92	Acero martensítico de bajo carbono, T y R	
7	$\frac{1}{4}$ a $1\frac{1}{2}$	105	133	115	Acero de aleación de medio carbono, T y R	
8	$\frac{1}{4}$ a $1\frac{1}{2}$	120	150	130	Acero de aleación de medio carbono T y R	
8.2	$\frac{1}{4}$ a 1	120	150	130	Acero martensítico de bajo carbono, T y R	

* Las resistencias mínimas son resistencias que exceden 99 por ciento de los sujetadores.

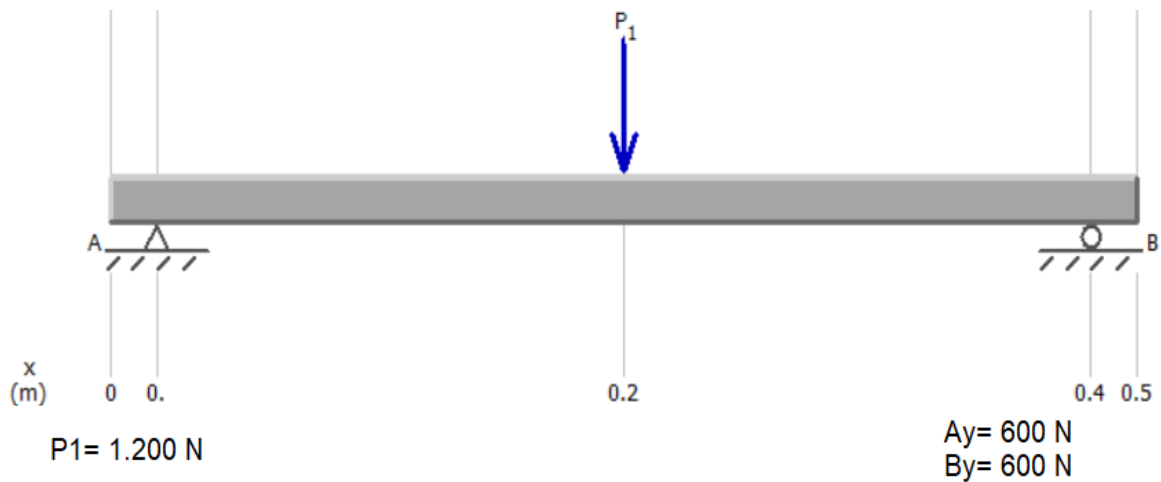
Nota: Adaptada de *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley* (p.414), por Budynas & Nisbett, 2012, Mc Graw Hill.

8.4 Reacciones en los Soportes

Con ayuda del programa MDSolids y realizando los cálculos de forma manual obtenemos la reacción en cada uno de los soportes, es de 600 N. Inicialmente la fuerza aplicada fue de 1.200 N a la distancia de 0.225 m y los soportes estaban ubicados a una distancia de 0.02 m y 0.43m, dicha fuerza es obtenida de las Tablas para la industria metalúrgica (Jüzt et al. 1984) y es denominada Fuerza de Corte, es usada para realizar calculos y simulación. (Ver figura 25).

Figura 25

Reacciones en los soportes



Nota: *Autores* – Adaptado del software MDSolids.

$$\sum M = 0$$

$$-(1.200 \text{ N})(0.205 \text{ m}) + (0.41 \text{ m}) R_{By} = 0$$

$$-(246 \text{ Nm}) + (0.41 \text{ m}) R_{By} = 0$$

$$(0.41 \text{ m}) R_{By} = 246 \text{ Nm}$$

$$RBy = \frac{246 \text{ Nm}}{0.41 \text{ m}}$$

$$RBy = 600 \text{ N}$$

$$\sum Fx = 0$$

$$RAx = 0$$

$$\sum Fy = 0$$

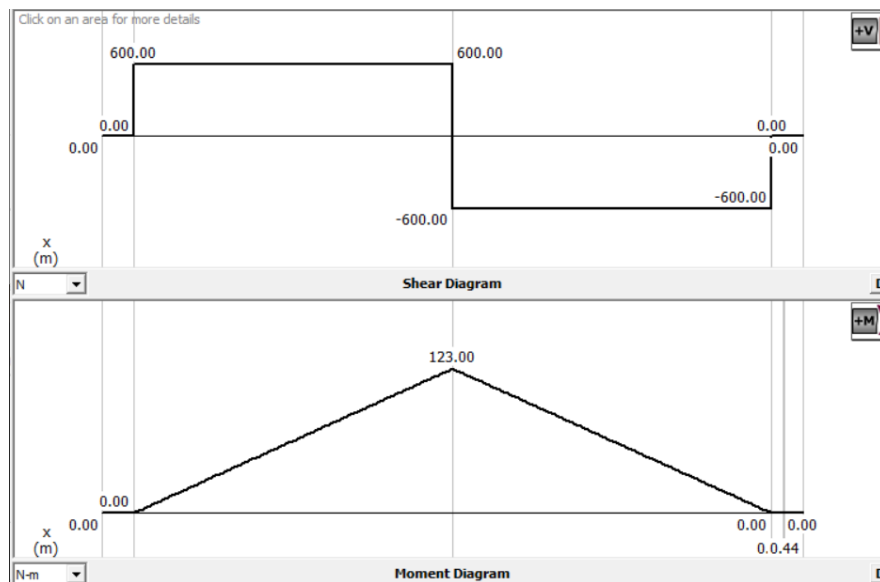
$$RAy - 1.200 \text{ N} + 600 \text{ N} = 0$$

$$RAy = 1.200 \text{ N} - 600 \text{ N}$$

$$RAy = 600 \text{ N}$$

Figura 26

Diagrama de fuerza cortante y momento flector



Nota: *Autores* – Adaptado del software MDSolids.

8.5 Simulación

Las simulaciones mostradas a continuación se realizaron en el software CAD SolidWorks. Luego de tener un diseño seleccionado de una herramienta para el afilado de los rodillos de un trapiche R8, se procede a simular.

Se realiza la simulación en dos posiciones, una a nivel del centro y otra a el costado izquierdo de la bancada de la herramienta, ya que son las dos posiciones en las que se va operar la herramienta al momento de afilar los rodillos. Para simular se reduce el número de piezas del ensamble y solo se dejan las piezas que van a sufrir tensiones al estar sometidas a una fuerza, posteriormente se asigna el material, en este caso: acero estructural (ASTM A-36), luego se asignan sujeciones en las perforaciones de la bancada, estas perforaciones tienen un diámetro de 1 pulgada, las sujeciones simulan los tornillos donde ira sujeta la herramienta en el trapiche. Se aplica una fuerza de 1.200 N sobre el buril, esta fuerza fue hallada gracias a las tablas para la industria metalúrgica (Jüzt et al. 1984) (ver figura 21) y es denominada fuerza de corte.

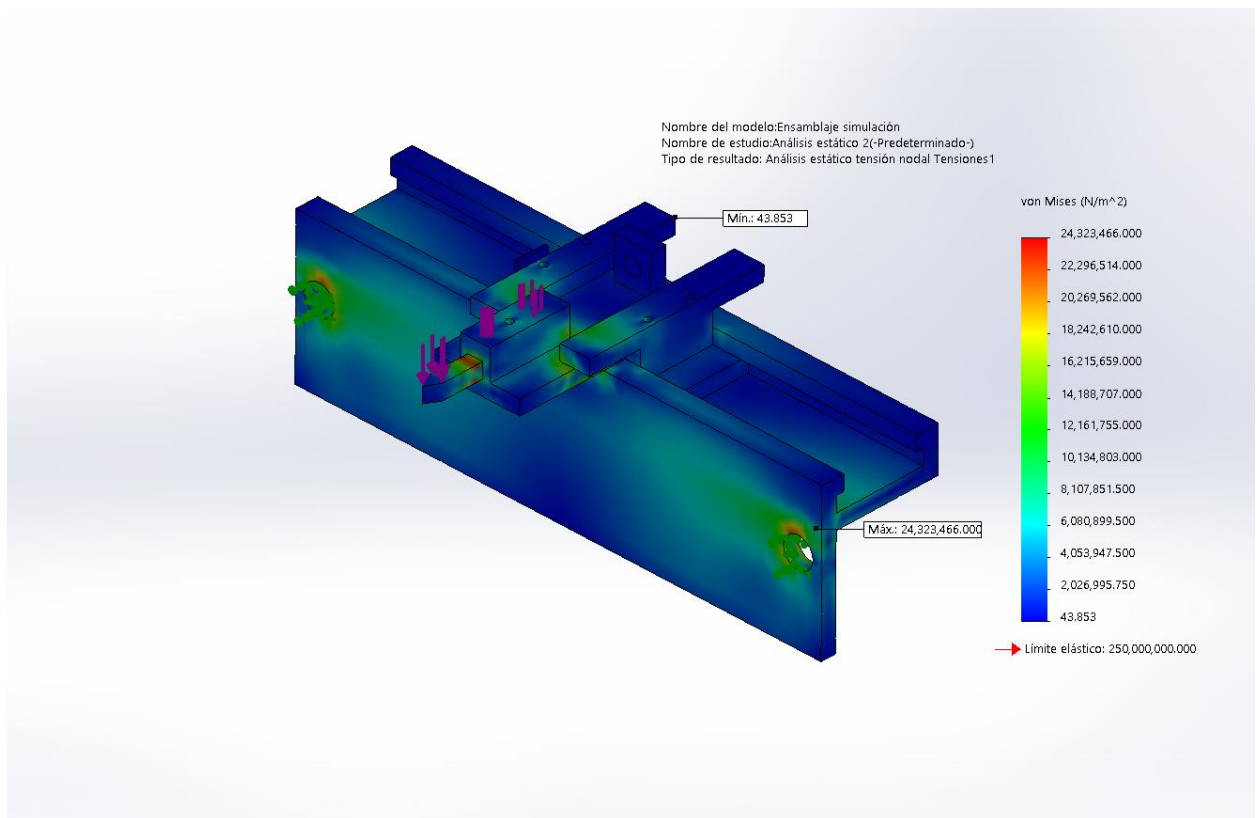
Se ejecuta un análisis estructural por el método de análisis de elementos finitos, en el software SolidWorks, donde se realiza un estudio de análisis estático el cual arroja resultados de gran importancia como: tensiones, desplazamientos, deformaciones unitarias y factor de seguridad, gracias a estos resultados podemos realizar la construcción de la herramienta ya que fueron satisfactorios.

8.5.1 Simulación de la Herramienta en el Centro

En la figura 27 se puede observar la simulación de análisis de tensiones bajo el criterio de von Mises, con esta simulación se puede observar la tensión máxima a la que estará sometido el diseño y se concentrará en un punto crítico, en este caso podemos concluir que el diseño se encuentra en un rango permisible y la pieza no fallará ya que la tensión máxima que sufre el diseño está por debajo del límite elástico.

Figura 27

Análisis de tensiones von Mises

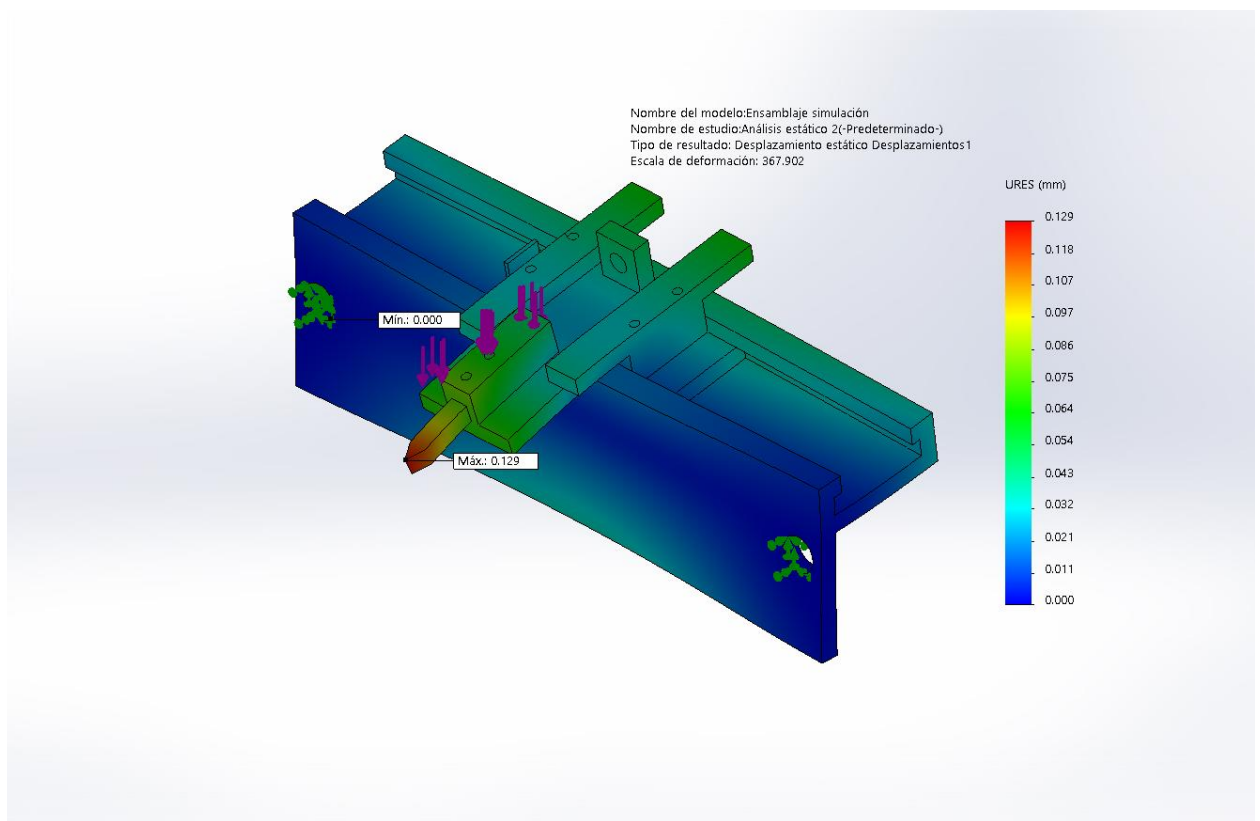


Nota: *Autores* – Tomado del software SolidWorks.

Como se puede observar en la figura 28 el análisis de desplazamiento estático arroja como resultado un desplazamiento máximo de 0.129 mm, en la zona donde se encuentra el buril, que es donde se le aplica la fuerza, el resultado es satisfactorio ya que este desplazamiento es mínimo.

Figura 28

Análisis de desplazamiento estático

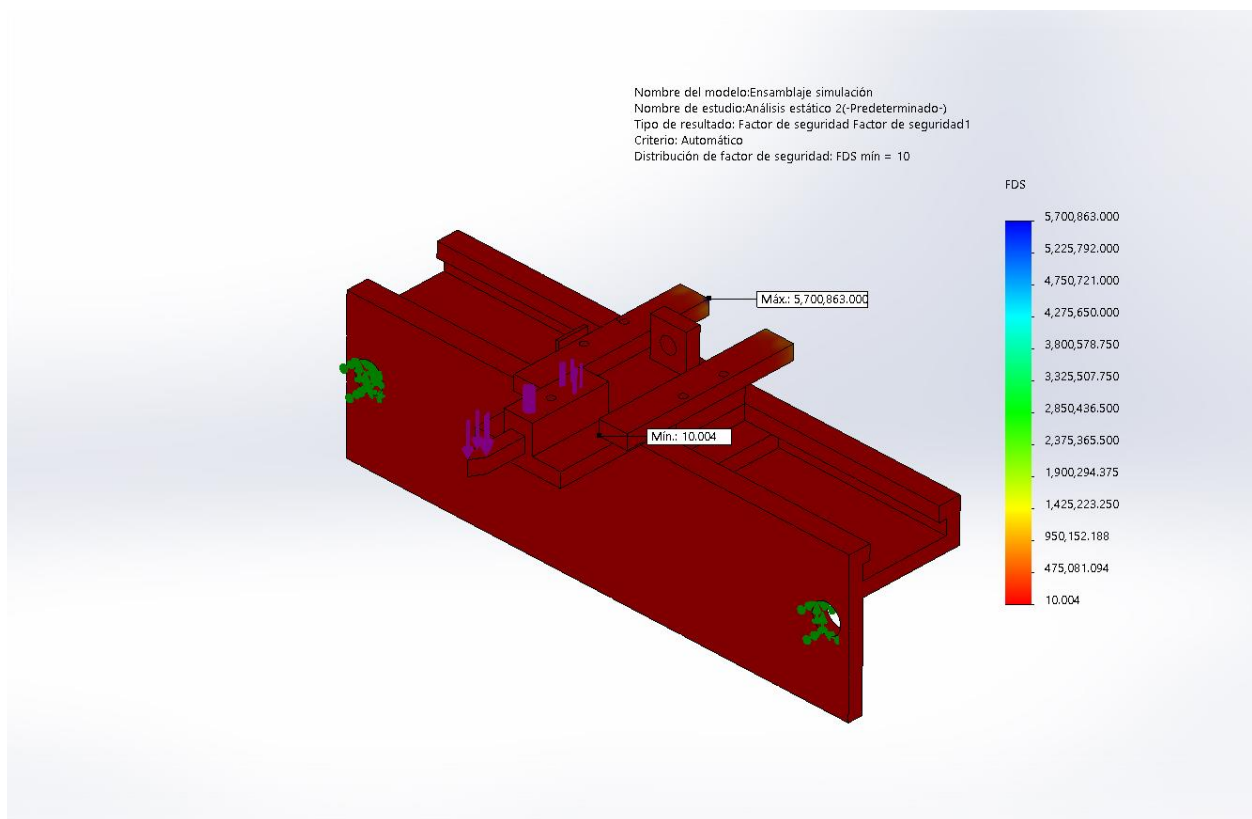


Nota: *Autores* – Tomado del software SolidWorks.

En la figura 29 se muestra que la herramienta tiene un factor de seguridad mínimo de 10 esto nos garantiza que la herramienta no va fallar en ninguno de sus componentes y tendrá un correcto funcionamiento.

Figura 29

Factor de seguridad



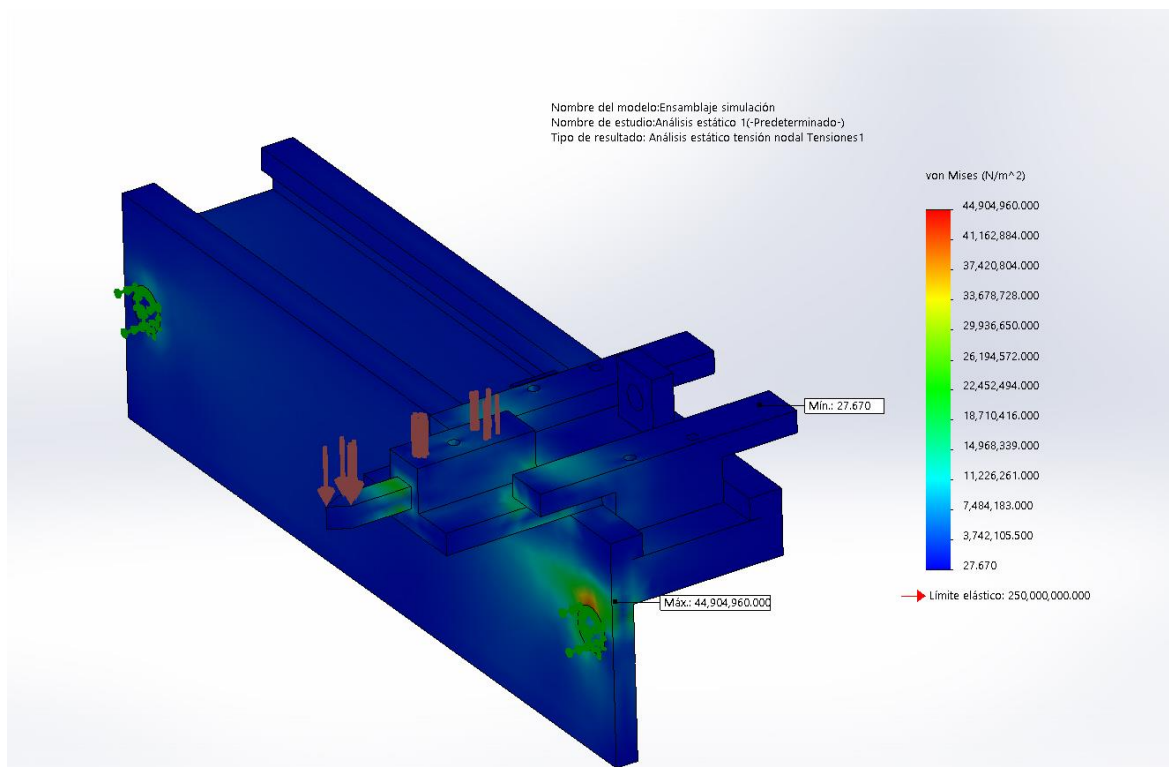
Nota: *Autores* – Tomado del software SolidWorks.

8.5.2 Simulación de la Herramienta Costado Izquierdo

En la figura 30 se observa la simulación de análisis de tensiones bajo el criterio de von Mises, es este caso se concluye que el esfuerzo máximo al que está sometida la herramienta es aceptable ya que está por debajo del límite elástico.

Figura 30

Análisis de tensiones von Mises

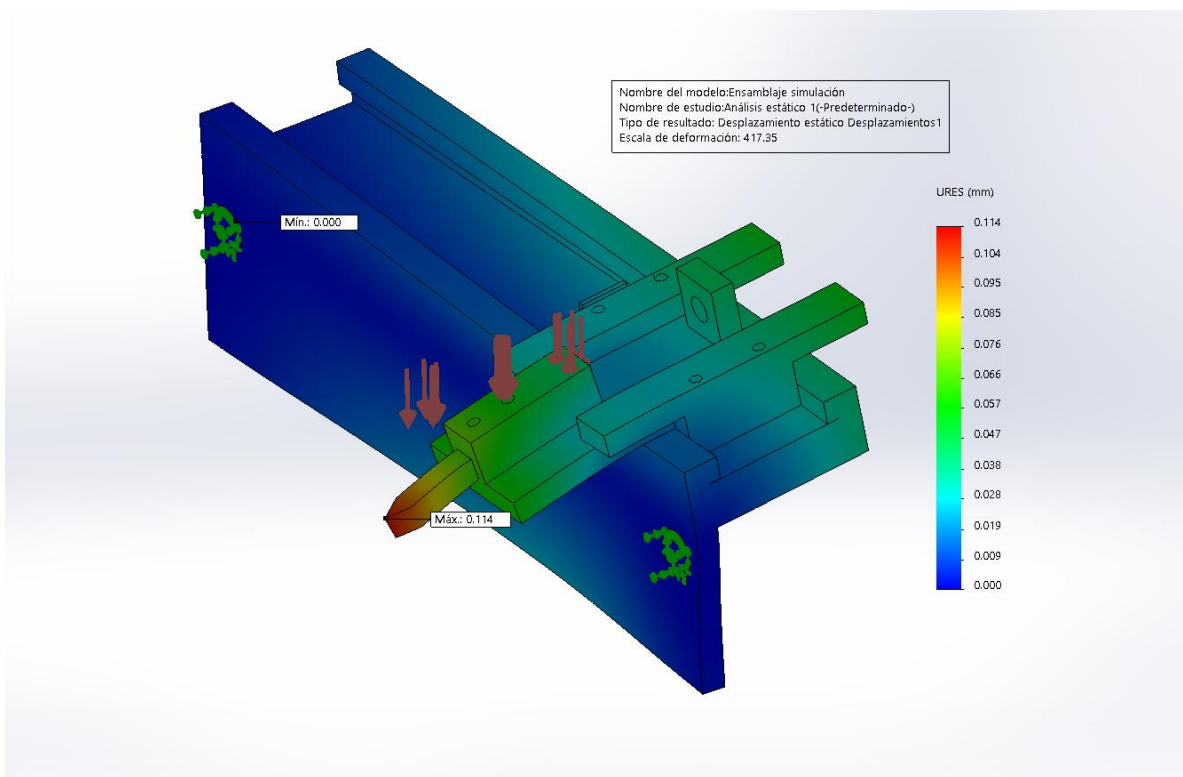


Nota: *Autores* – Tomado del software SolidWorks.

Se puede observar en la figura 31 que el análisis de desplazamiento estático nos da un resultado máximo de 0.114 mm en la zona donde se le aplica la fuerza, este resultado es satisfactorio ya que este desplazamiento es mínimo.

Figura 31

Análisis de desplazamiento estático

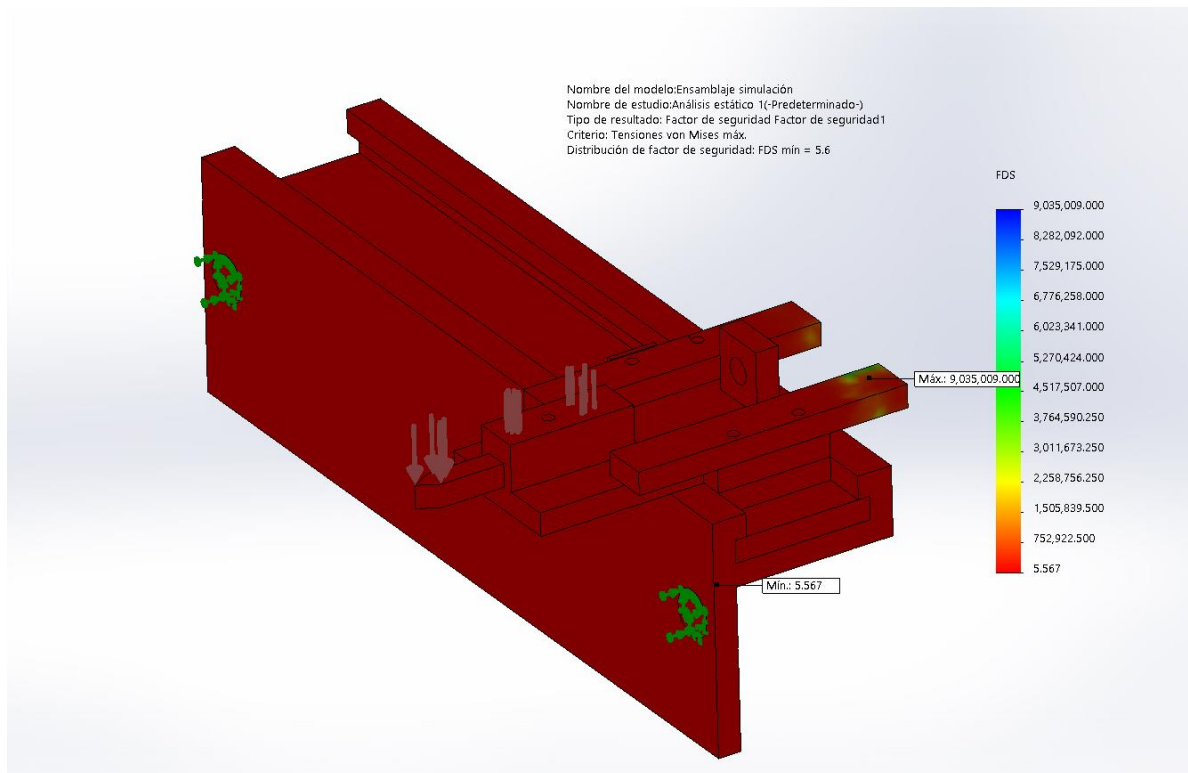


Nota: *Autores* – Tomado del software SolidWorks.

En la figura 32 se muestra que la herramienta tiene un factor de seguridad mínimo de 5.6 esto nos da la garantía de que la herramienta no va a fallar. Con respecto al resultado del factor de seguridad anterior, cuando la herramienta se simuló a nivel del centro, se puede apreciar que dicho factor es mayor a este (FDS:10), ya que tiene mejor distribuidas las cargas al estar posicionado en el centro.

Figura 32

Factor de seguridad



Nota: Autores – Tomado del software SolidWorks.

9 Construcción y Ensamble

A continuación, se describe de forma detallada la construcción de la herramienta para el afilado de los rodillos de un trapiche R8.

Inicialmente se dispone de una platina de $\frac{1}{2}$ pulgada de espesor cuyo material es acero estructural (ASTM- A36) la cual será cortada a medida exacta en múltiples piezas que ya se habían diseñado con anterioridad en el programa solidworks. Dichas piezas son cortadas en diferentes dimensiones en un pantógrafo de oxicorte. (Ver figura 33).

Figura 33

Piezas de la herramienta

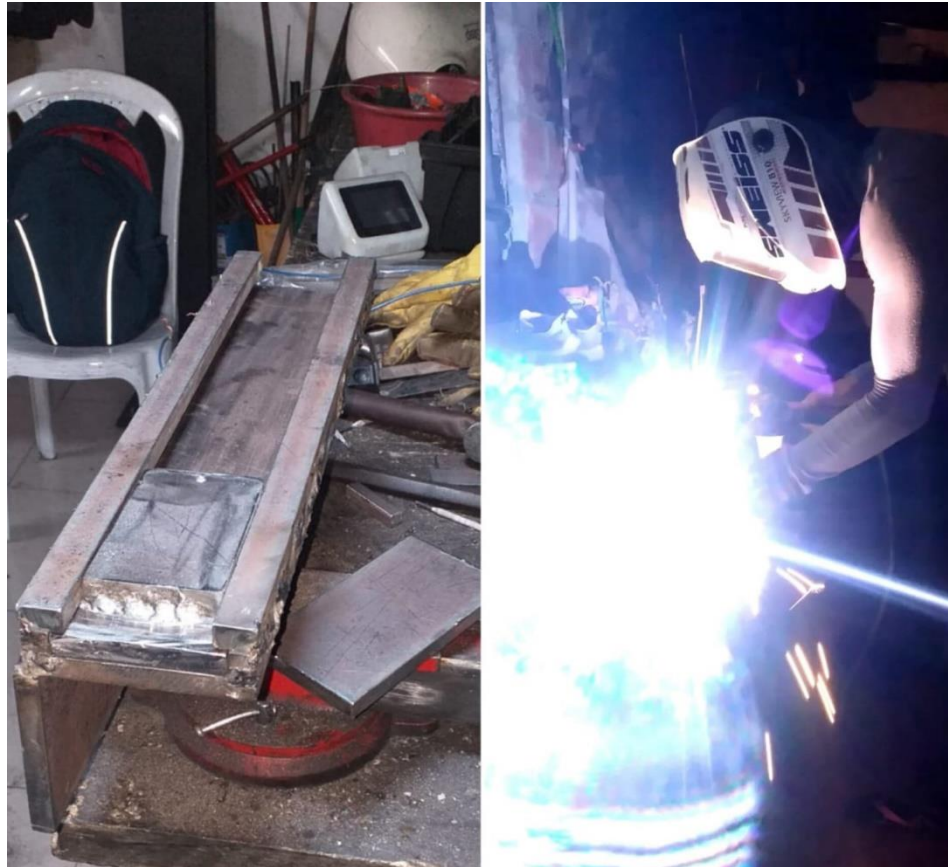


Nota: *Autores.*

Procedemos con la fabricación de la estructura de la bancada, se obtienen dos láminas de $\frac{1}{2}$ pulgada de espesor, con 450 mm de longitud y 101.60 de ancho, se ubican en un Angulo de 90° una respecto a la otra y se procede a soldar con electrodos ESAB E7018 con un amperaje aproximado de (100 – 145 A), este proceso se realiza hasta obtener una unión sólida y a escuadra. (Ver figura 34).

Figura 34

Fabricación de la bancada



Nota: *Autores.*

Para la fabricación del carro longitudinal disponemos de dos láminas de $\frac{1}{2}$ pulgada de espesor y con distintas dimensiones, una de ellas de 150x76.20 mm y otra de 101.60x63.50 mm, se procede a soldar una sobre la otra con electrodos ESAB E7018, posteriormente se realizan cuatro perforaciones y su respectiva rosca con machuelos de $\frac{1}{4}$ pulgada. (Ver figura 35).

Figura 35

Carro longitudinal



Nota: *Autores.*

Se procede a fabricar las guías por donde se desplazará el carro transversal, para las guías se dispone de cuatro piezas de $\frac{1}{2}$ de espesor. Dos con las siguientes dimensiones 152.40x25.40 mm y dos piezas de 63.50x12.70 mm, se unirán dos pares de las piezas antes mencionadas con soldadura y seguido de ellos se perforarán con una broca de diámetro $\frac{1}{4}$ pulgada. (Ver figura 36).

Figura 36

Guías carro transversal



Nota: *Autores.*

Luego se fabrica la tapa donde ira soportada la tuerca y el tornillo de potencia que tendrá como objetivo dar el desplazamiento del carro transversal, para la fabricación de la tapa disponemos de una pieza de $\frac{1}{2}$ pulgada de espesor con dimensiones: 101.60x38.10 mm, y se le harán dos perforaciones de $\frac{1}{4}$ pulgada en donde se ensamblara con tornillos Allen de $\frac{1}{4}$ de pulgada a las guías del carro transversal, también se le hace una perforación de $\frac{3}{4}$ de pulgada a nivel del centro, donde posteriormente se soldara la tuerca del tornillo de potencia. (Ver figura 37).

Figura 37

Tapa soporte



Nota: *Autores.*

Se hace necesario para la fabricación de la tuerca y el tornillo de potencia, acero redondo AISI 1020. Para la tuerca se necesitan 30 mm de longitud por 1 1/8 pulgada de diámetro, y para la fabricación del tornillo de potencia se necesitan 180 mm de longitud por 3/4 pulgada de diámetro, la fabricación de dicho tornillo y tuerca fue realizado en un torno por operarios especializados en el área, el resultado fue satisfactorio. (Ver figura 38).

Figura 38

Tuerca y Tornillo de potencia



Nota: *Autores.*

Al momento de construir el portaburil ocupamos material: acero cuadrado AISI 1020, con las dimensiones: 70 milímetros de longitud por 1 pulgada cuadrada, la construcción de este portaburil se realizó en una fresadora por operarios especializados en el área, se dio forma para que encajara un buril de 3/8 pulgada a la perfección, luego se hicieron dos perforaciones con su respectiva rosca, para tornillos de 1/4 pulgada de cabeza cuadrada, los cuales cumplirán con la importante función de sostener el buril al momento de realizar el afilado de los rodillos. (Ver figura 39).

Figura 39

Portaburil



Nota: *Autores.*

Para la fabricación del carro transversal empleamos una lámina de $\frac{1}{2}$ pulgada de espesor con las siguientes dimensiones: 150x76.20 mm la cual cumplirá con la función de desplazamiento, soporte del buje y portaburil, para la fabricación del buje utilizamos una lámina de $\frac{1}{2}$ de espesor con dimensiones: 34x32 mm, con una perforación a nivel del centro de 14 mm de diámetro, este buje servirá como soporte del tornillo de potencia, donde girara libremente y a la vez le dará el desplazamiento al carro transversal, luego de tener las piezas procedemos a unir las con soldadura. (Ver figura 40).

Figura 40

Carro transversal



Nota: *Autores.*

Para el desplazamiento del carro longitudinal utilizamos un eje roscado de $\frac{3}{4}$ de pulgada con 400 mm de longitud y su respectiva tuerca, este se ubicará en la tapa soporte de la bancada y luego estará soportada en el buje del carro longitudinal que tendrá como función realizar el desplazamiento de dicho carro (ver figura 41).

Figura 41

Eje roscado para desplazamiento



Nota: *Autores.*

Luego de tener cada una de las piezas y elementos necesarios procedemos al ensamble de la herramienta para el afilado de los rodillos de un trapiche R8. Para dicho ensamble ubicamos el carro longitudinal en sus respectivas guías, para que este tenga un libre desplazamiento, luego de eso ensamblamos las guías del carro transversal utilizando tornillos de $\frac{1}{4}$ de pulgada tipo Allen. Posteriormente ubicamos el carro transversal en sus correspondientes guías y procedemos a ubicar los tornillos de desplazamiento en los soportes (carro transversal y longitudinal) y cada uno de los bujes, estos tornillos van asegurados con anillos de retención tipo E. (Ver figura 42).

Figura 42

Ensamblaje de la herramienta



Nota: *Autores.*

10 Puesta a Punto

Se realizó la prueba de la herramienta para el afilado de rodillos de un trapiche R8 en la finca “La Palmira” del municipio de Anzoátegui Tolima. Obteniendo resultados satisfactorios ya que la herramienta funciona correctamente y cumple con el objetivo para el que fue diseñada y fabricada.

Estando en el lugar se procede a ubicar la herramienta en los tornillos del trapiche R8, para realizar el afilado del rodillo superior, se ubica la herramienta en los tornillos superiores y para realizar el afilado en los rodillos inferiores, se ubica en los tornillos inferiores.

Luego de tener la herramienta asegurada en los tornillos con sus respectivas tuercas, se procede a ubicar el carro longitudinal en el costado izquierdo, posteriormente encendemos el motor del trapiche, el cual entrega aproximadamente de 12 RPM en cada rodillo.

Para iniciar el afilado en cada una de las ranuras del rodillo se ubica el carro longitudinal frente a cada ranura e iniciamos el afilado dando profundidad de corte con el carro transversal, en este carro va ubicado un buril de 3/8 de pulgada afilado en punta a 60°, cuyo material es acero de alta velocidad (HHS). (Para realizar los desplazamientos de cada carro se le debe dar giro a cada uno de los tornillos).

Una vez que damos el desplazamiento de profundidad al carro transversal se puede observar cómo va desprendiendo material (viruta) y se va realizando su respectivo afilado en cada ranura, este afilado es verificado por un operario del molino y se encarga de que cada ranura tenga un afilado uniforme.

Podemos concluir que la herramienta para el afilado de los rodillos de un trapiche R8 cumple con el objetivo para el que fue fabricada, ya que el diseño realizado encaja a la perfección en el trapiche, sus desplazamientos son efectivos y realiza la principal actividad para la que fue diseñada sin ningún problema. En las siguientes figuras se puede observar su puesta a punto y su efectivo funcionamiento. (Ver figuras 43, 44, 45, 46).

Figura 43

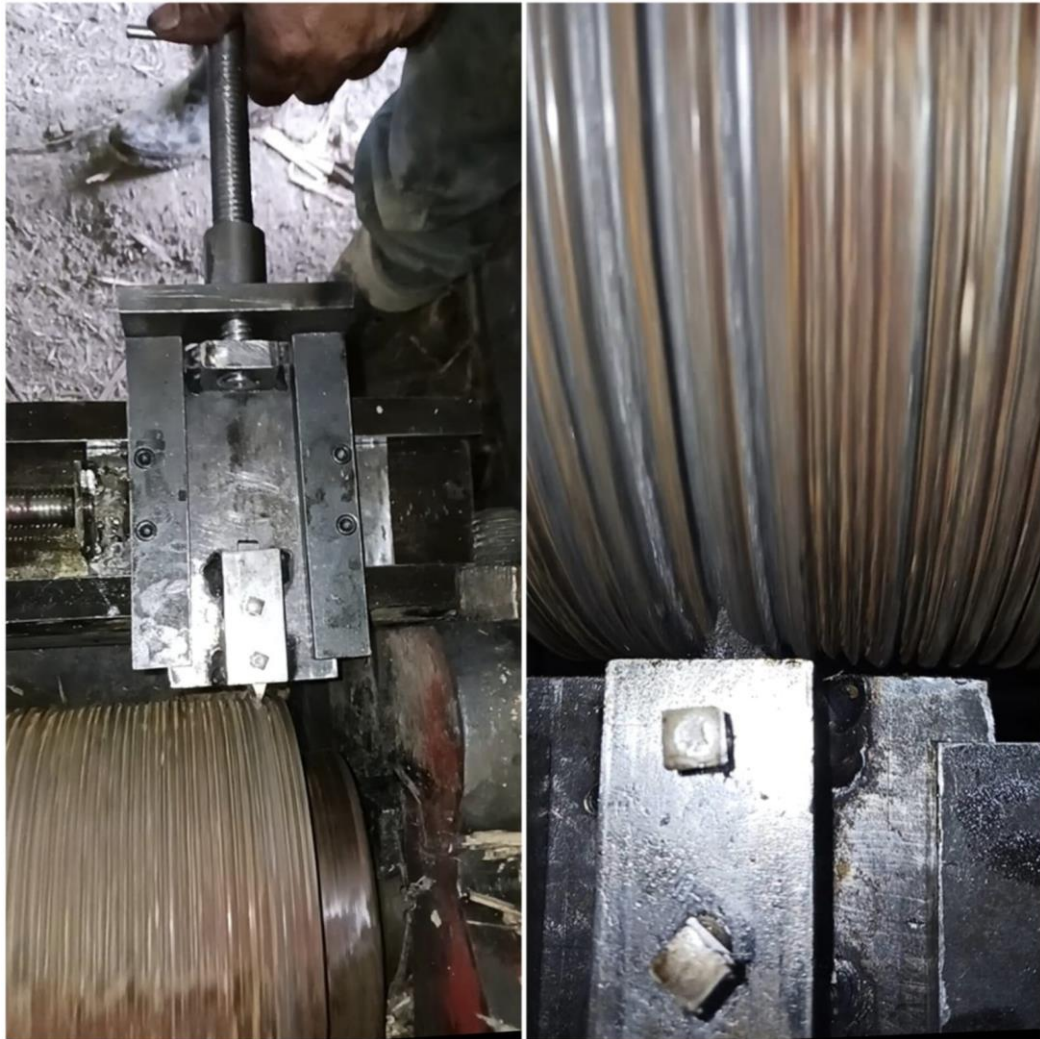
Puesta a punto de la herramienta para afilado de los rodillos del trapiche R8



Nota: *Autores.*

Figura 44

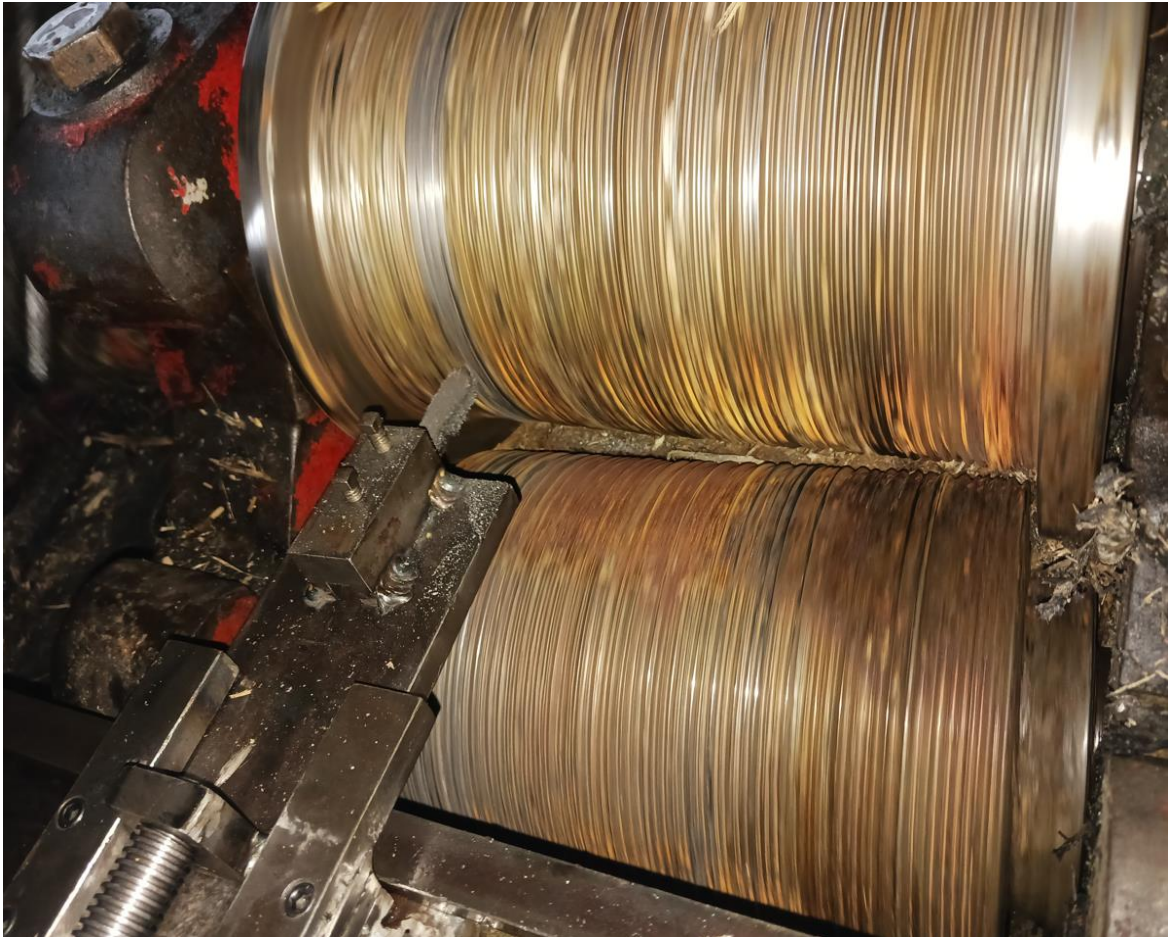
Afilado de rodillos inferiores



Nota: Autores.

Figura 45

Afilado de rodillo superior



Nota: *Autores.*

Figura 46

Arranque de viruta y afilado de rodillos



Nota: *Autores.*

11 Conclusiones

- Con la herramienta para el afilado de rodillos de un trapiche R8 se causa un impacto positivo en los productores de panela del municipio de Anzoátegui Tolima, en específico la finca La Palmira, debido a las características del terreno y el difícil acceso, la herramienta se presenta como una solución práctica a una necesidad del proceso productivo de la panela, ya que no existía una herramienta de este tipo que cumpliera con la función de afilado de masas sin desmontar el trapiche. Todo esto se logró luego de un proceso de diseño, cálculos, simulaciones, selección de materiales y construcción.
- Se realizó una investigación de las diferentes herramientas o métodos existentes utilizados para el afilado de rodillos o masas de trapiche, en donde se encontraron muy pocas alternativas que se ajusten a la realidad del campo colombiano y que resulten eficientes para el productor de panela.
- Se analizaron las necesidades industriales y de seguridad industrial del trapiche R8. Se encuentra que, ante la necesidad de mantenimiento periódico de los rodillos, los operarios de la Finca La Palmira realizaban actividad de afilado de rodillos con herramientas rudimentarias lo que resultaba en un factor de riesgo para la integridad del operario.
- Se diseñaron estructuras teniendo en cuenta las medidas del trapiche con ayuda del software CAD SolidWorks ya que este software permite someter cada uno de los diseños a situaciones reales, siendo esta una de las mejores herramientas con la que contamos los ingenieros al momento de diseñar.
- Al evaluar las alternativas de diseño, se tuvieron en cuenta diferentes criterios de selección como: seguridad, confiabilidad, mantenimiento, viabilidad entre otros, lo que permitió llegar a la alternativa seleccionada (alternativa 2) la cual resultó ser mejor puntuada en cuanto a los criterios de construcción, costos y demás ítems evaluados.
- Se realizaron cálculos y planos para el diseño seleccionado utilizando el software SolidWorks obteniendo resultados satisfactorios. Gracias a la simulación en este

software se comprobó el funcionamiento y la garantía de que la herramienta no va a fallar ya que arrojó un factor de seguridad superior a 1.

- Se construyó la herramienta para el afilado de rodillos del trapiche R8 y posterior a ello su puesta a punto, en la finca La Palmira del municipio de Anzoátegui Tolima, donde mostro un excelente desempeño a la hora de afilar los rodillos. Este diseño y construcción desde el punto de vista ingenieril representa un aporte significativo a la industria panelera en términos de seguridad industrial y en la reducción de costos de mantenimiento ya que se evita el desmonte del trapiche, su transporte, y el respectivo afilado en el torno a los rodillos.
- Se realizaron los correspondientes manuales de operación y mantenimiento de la herramienta para el afilado de rodillos de un trapiche R8 y fueron entregados en físico al dueño del molino y a sus operarios, con el fin de realizar una correcta manipulación y mantenimiento. Desde el punto de vista del productor la herramienta de afilado representa un aporte innovador y significativo al proceso productivo ya que reduce costos, riesgos y reduce el tiempo al momento de realizar el mantenimiento.

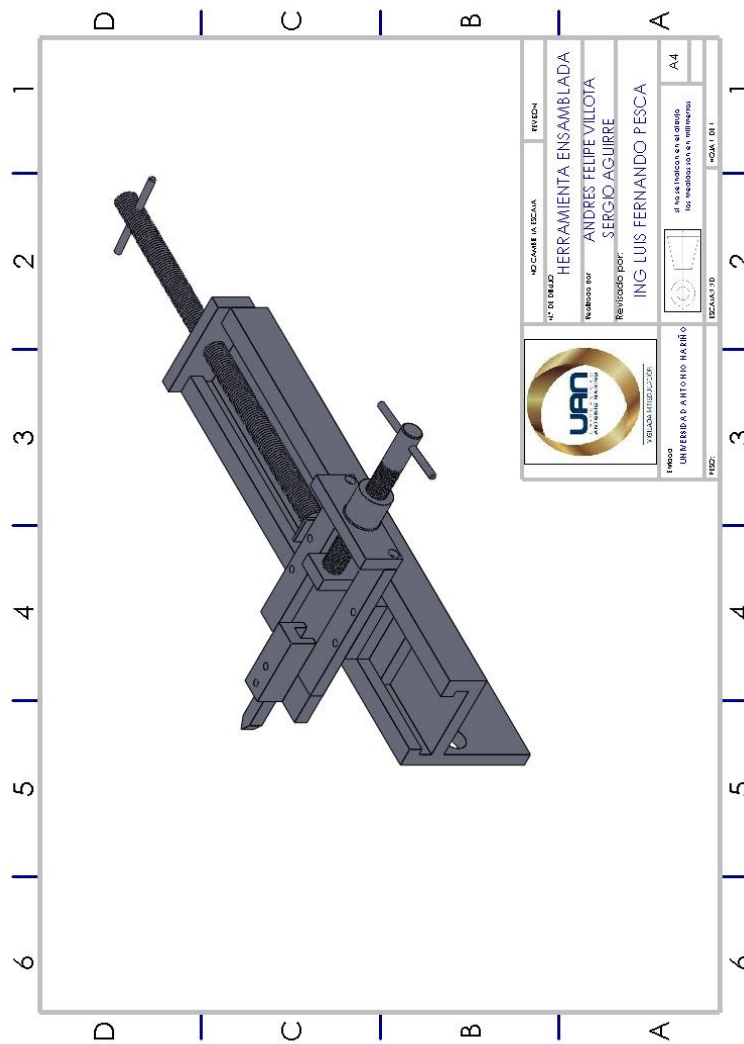
12 Recomendaciones

- Como recomendación de uso se debe tener la herramienta lubricada correctamente para que haya un óptimo desplazamiento en el carro transversal y longitudinal ya que la lubricación prolonga la vida útil de la herramienta.
- Al momento del ensamble de la herramienta los operarios deben realizar el ajuste adecuado a cada uno de los tornillos, esto para asegurar la estabilidad de la herramienta y su correcto funcionamiento.
- Es importante ubicar el buril adecuado en el área del porta-buril el cual es de acero de alta velocidad (HHS) de 3/8 de pulgada y agregar el correcto ajuste en los tornillos donde el buril va ubicado para garantizar un óptimo afilado.
- Se sugiere para futuros diseños incorporar manivelas a los tornillos de desplazamiento para facilitar la operación de la herramienta.

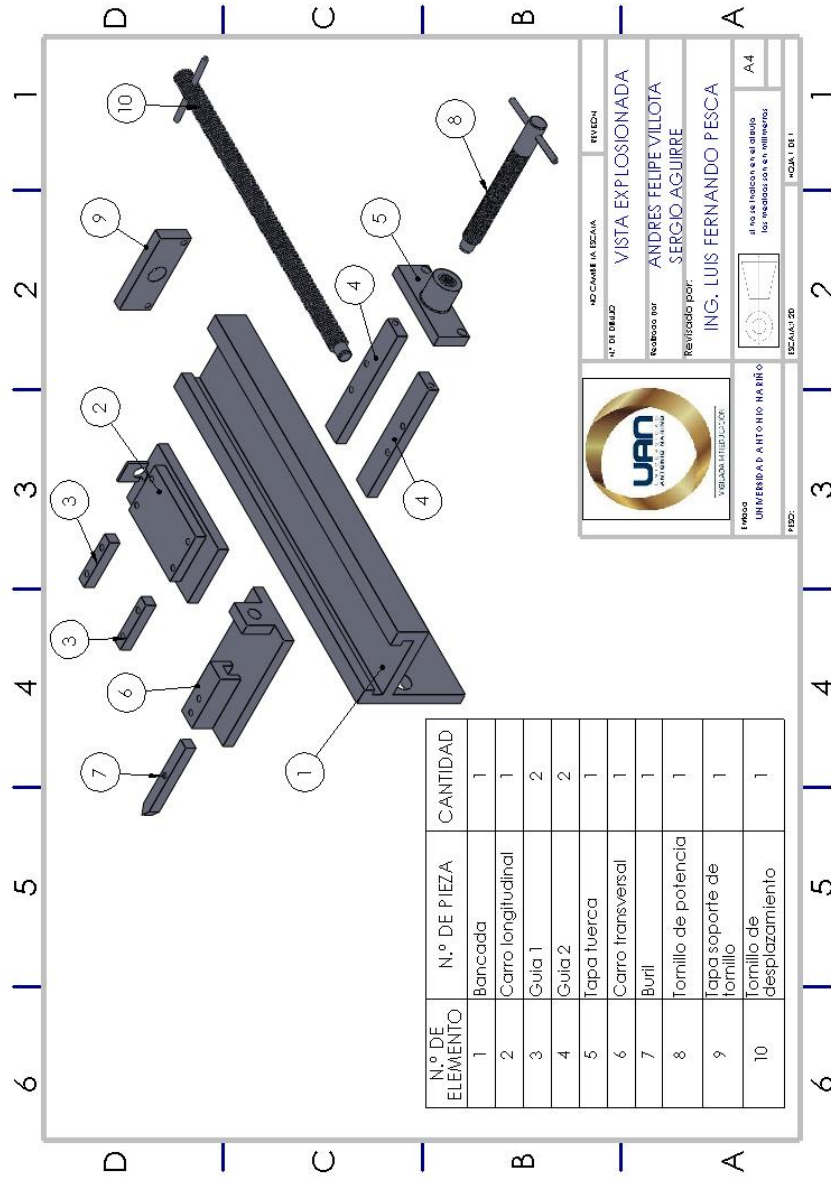
13 Anexos

13.1 Anexo A. Planos de Herramienta Para el Afilado de Rodillos de un Trapiche R8.

13.1.1 Plano Herramienta Ensamblada



13.1.2 Plano Vista Explosionada





UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUCUMÁN

NO CAMBIE LA ESCALA

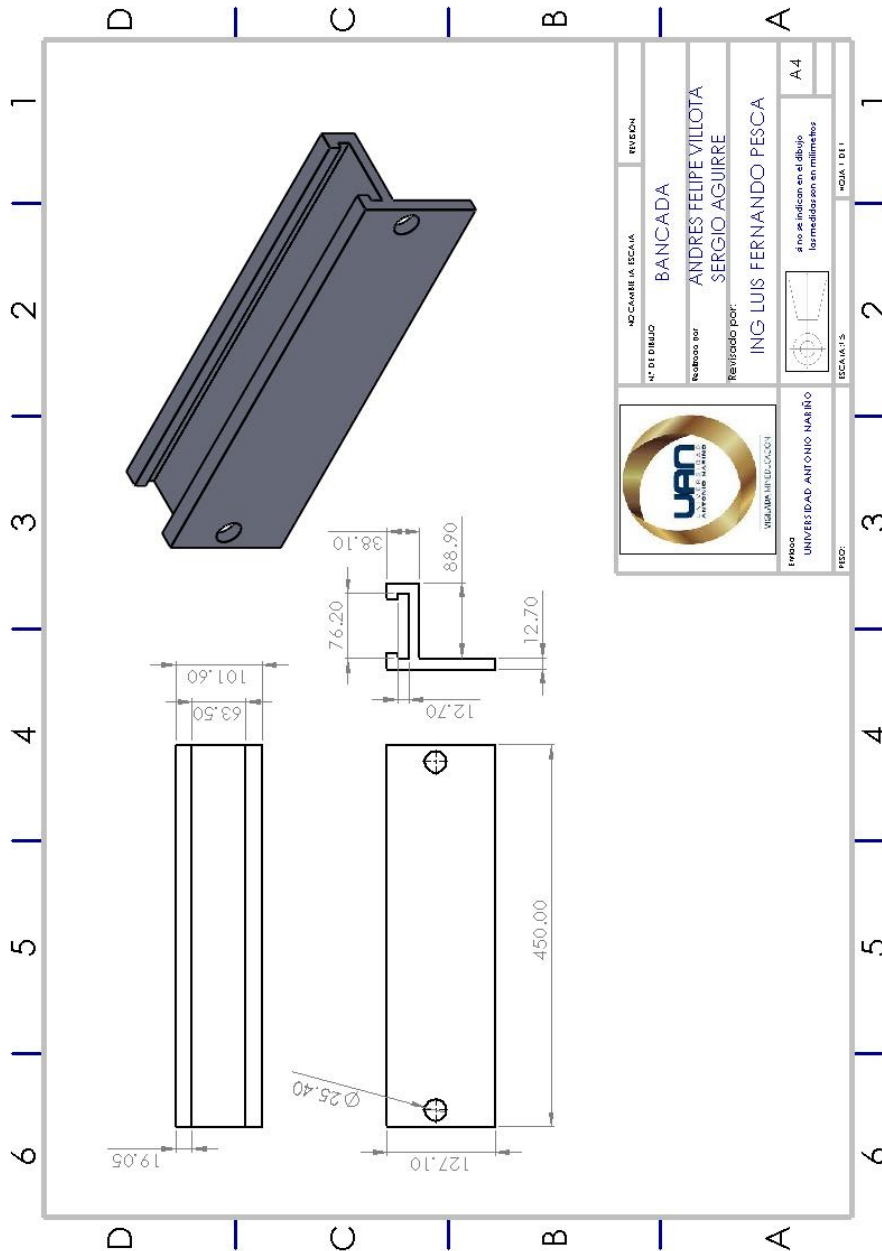
VISTA EXPLOSIONADA

Revisado por: **ANDRÉS FELIPE VILLOTA**
 REVISADO POR: **SERGIO AGUIRRE**
 ING. LUIS FERNANDO PESCA

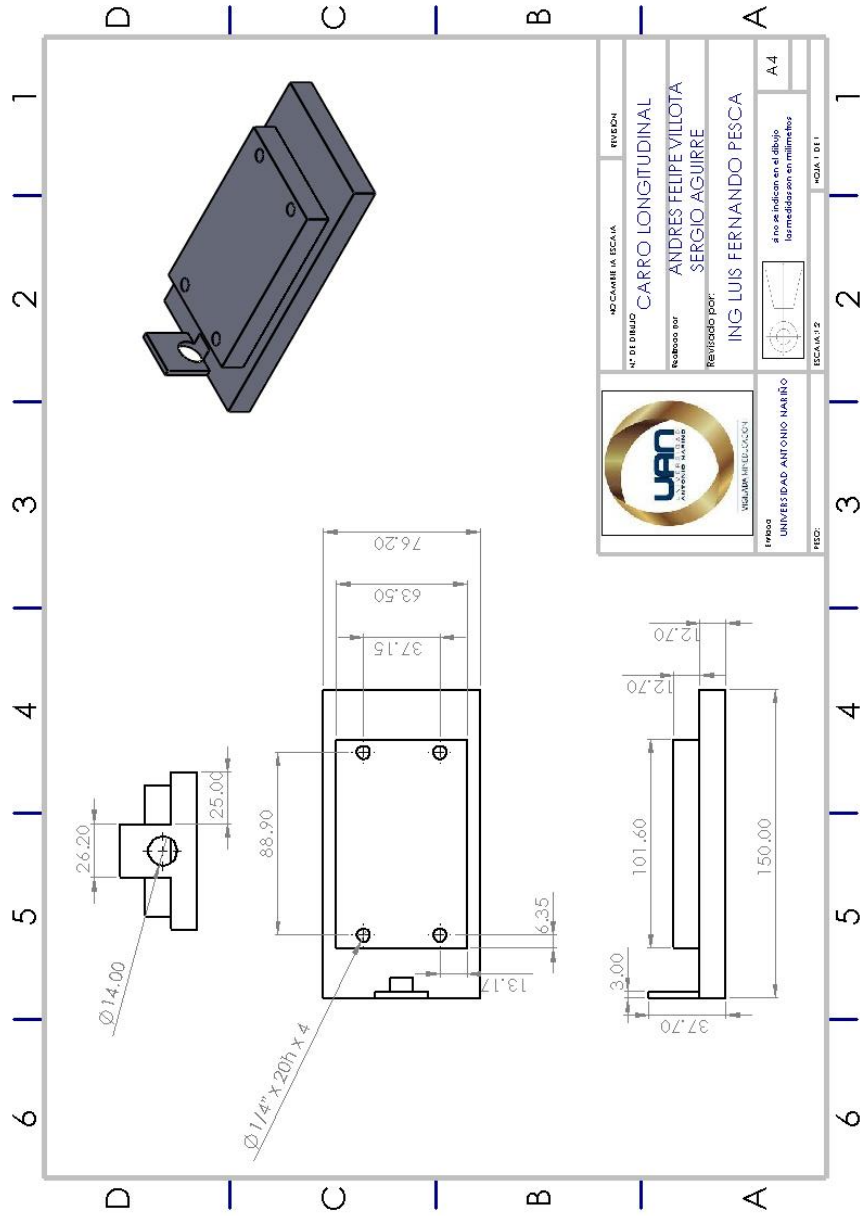
El no se indica en el dibujo los recambios en verde.

ESCALA: 20
 HOJA: 01 DE 1
 A4

13.1.3 Plano Bancada

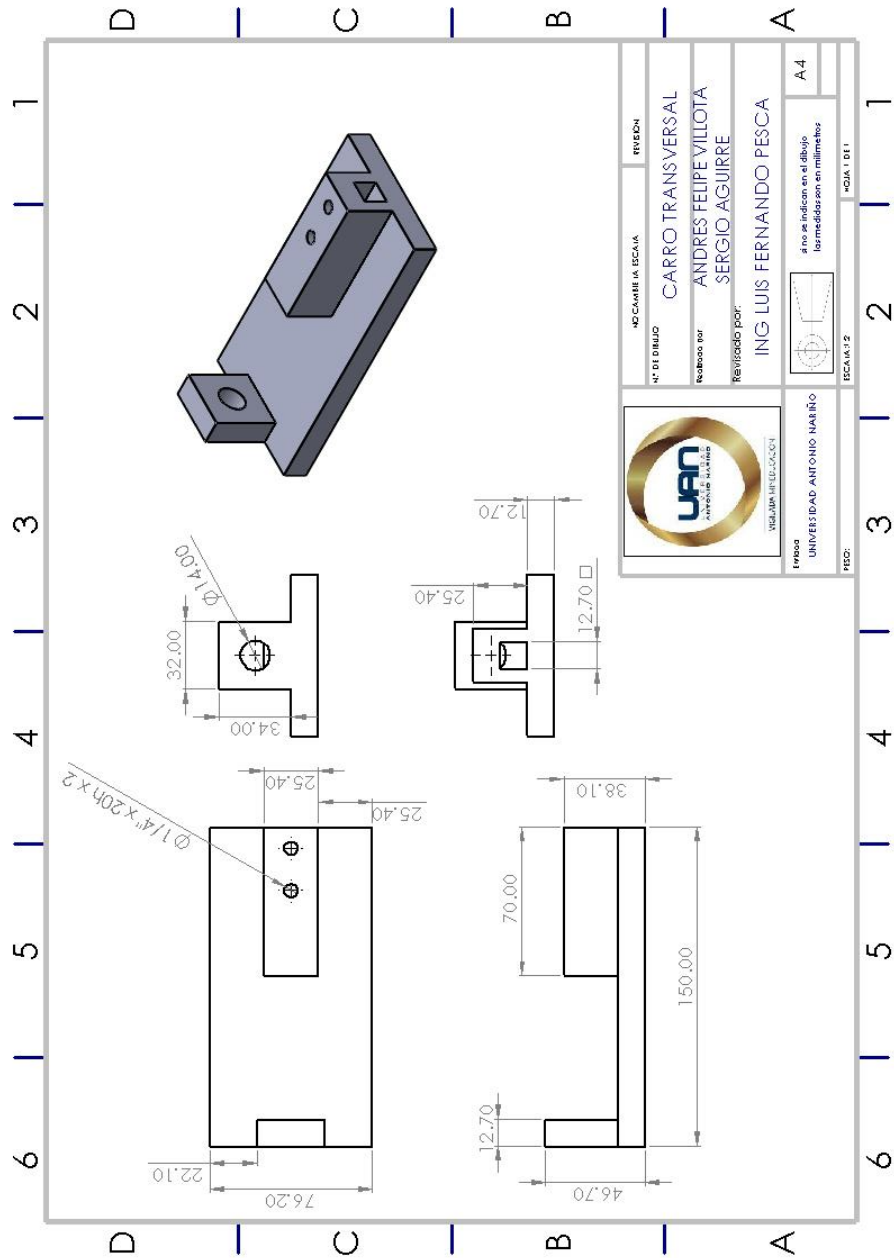


13.1.4 Plano Carro Longitudinal

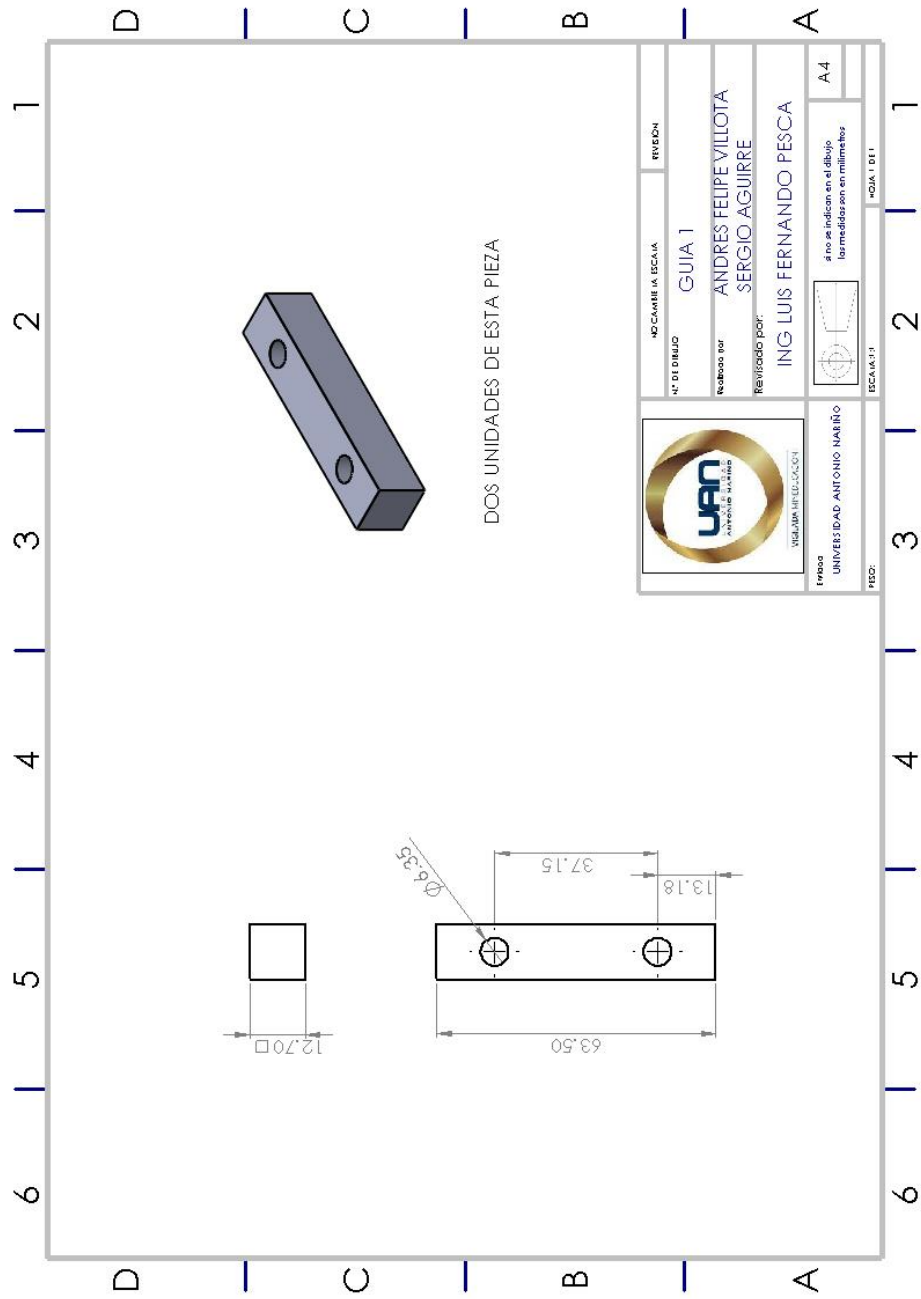


 <p>UNIVERSIDAD ANTONIO NARIÑO VILLAVIEJA BELLOCOQUE</p>		<p>ESCALA 1:1</p>	
<p>UNIVERSIDAD ANTONIO NARIÑO</p>		<p>ESCALA 1:1</p>	
<p>FIG. 2</p>		<p>ESCALA 1:1</p>	
<p>ING. LUIS FERNANDO PESCA</p>		<p>ESCALA 1:1</p>	
<p>Revisado por: SERGIO AGUIRRE</p>		<p>ESCALA 1:1</p>	
<p>Diseñado por: ANDRÉS FELIPE VILLOTA</p>		<p>ESCALA 1:1</p>	
<p>Nº DE DISEÑO: CARRO LONGITUDINAL</p>		<p>ESCALA 1:1</p>	
<p>PROYECTO: ESCALA 1:1</p>		<p>ESCALA 1:1</p>	

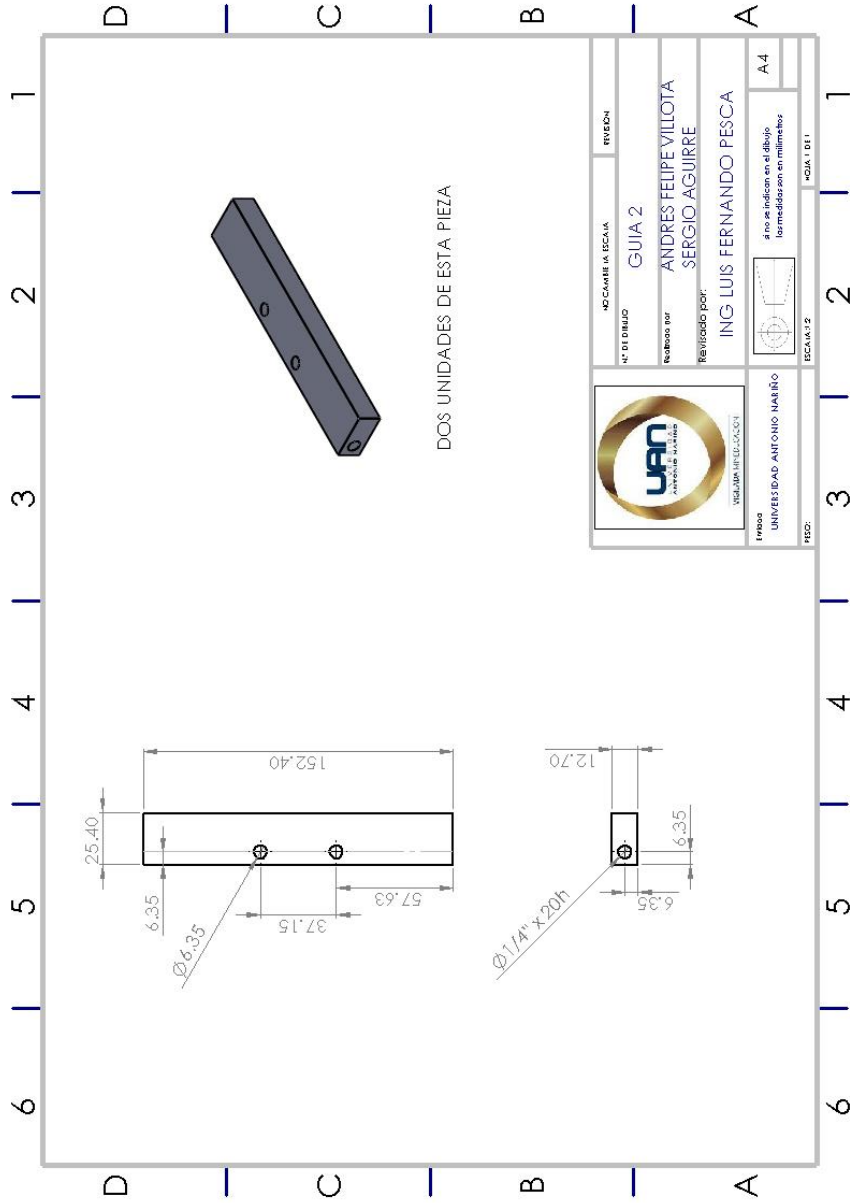
13.1.5 Plano Carro Transversal



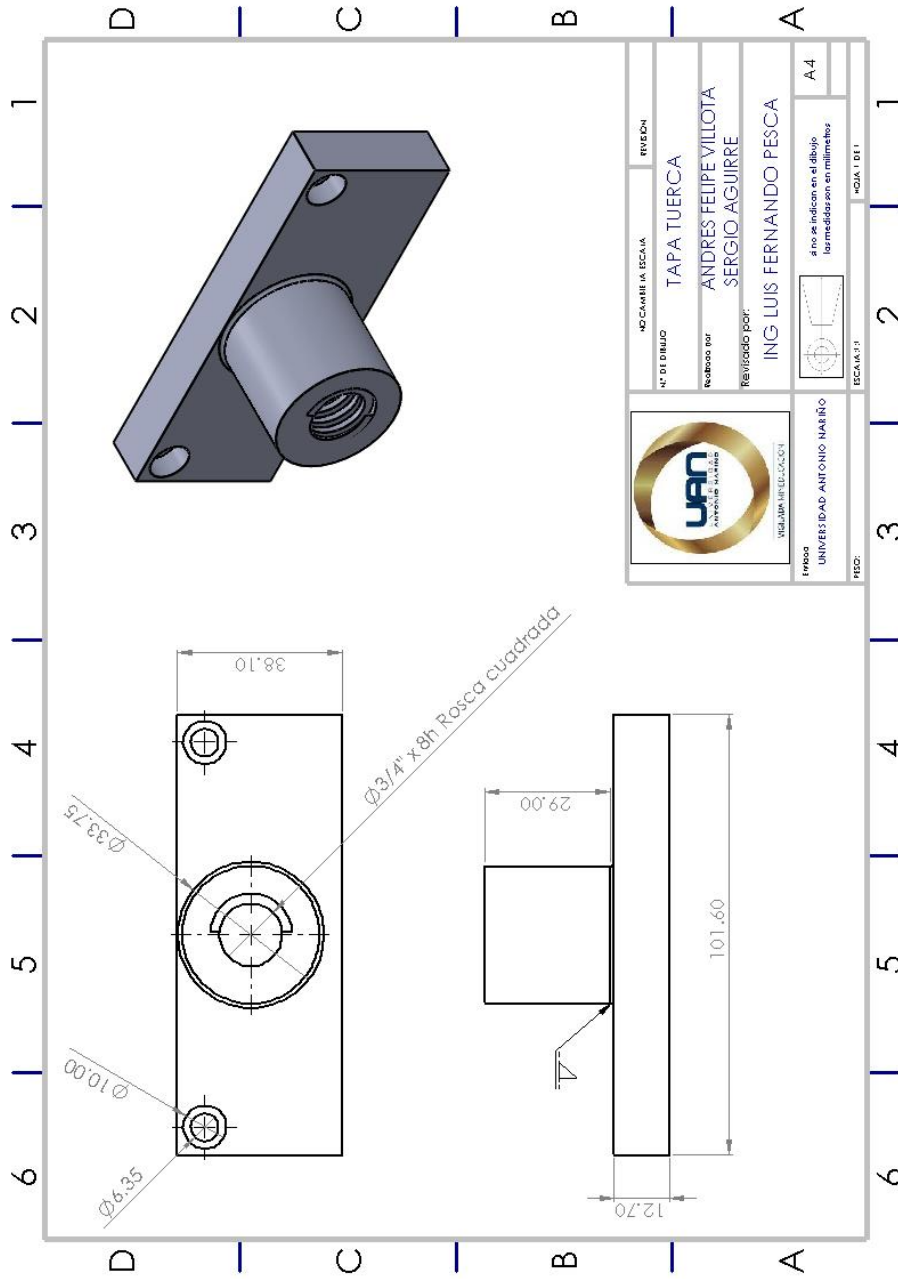
13.1.6 Plano Guía 1




13.1.7 Plano Guía 2

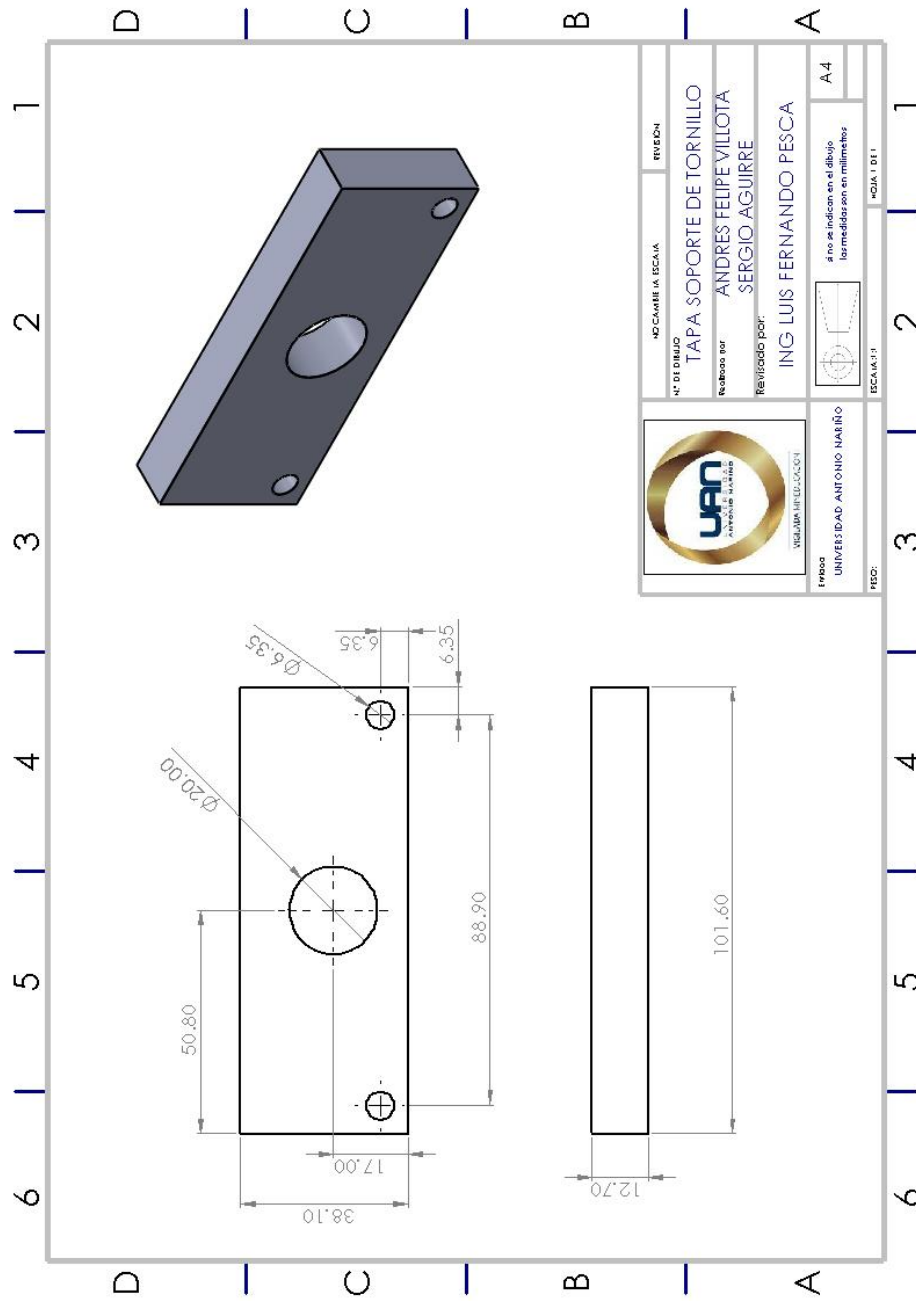


13.1.8 Plano Tapa Tuerca



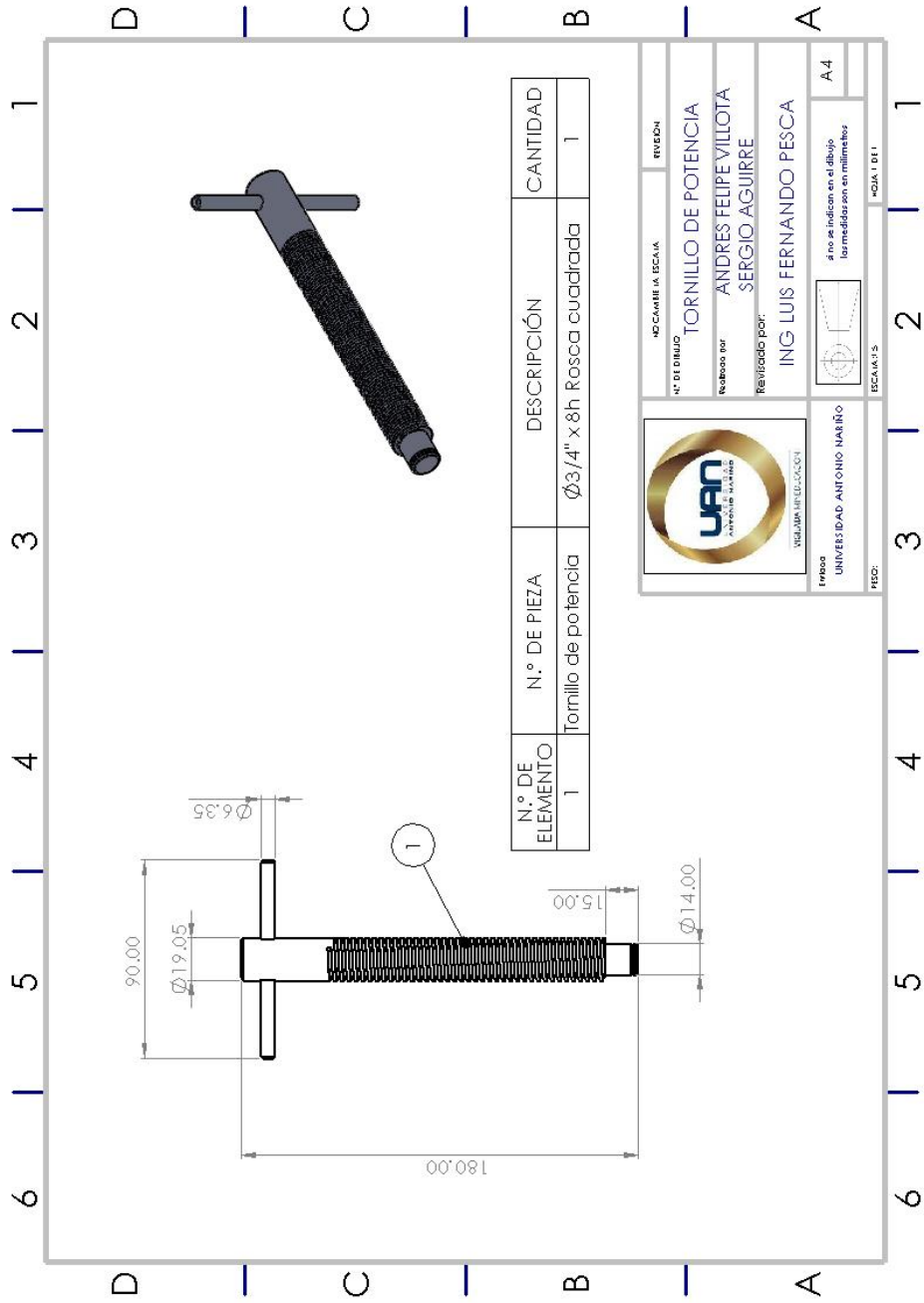
		NO CAMBIE LA ESCALA TAPA TUERCA Elaborado por ANDRÉS FELIPE VILLOTA SERGIO AGUIRRE Revisado por: ING LUIS FERNANDO PESCA	RVEDN A4 4 no se indican en el dibujo las medidas en milímetros
ESCALA 3:1 FIG. 1 01 1		FIG. 1 01 1	

13.1.9 Plano Tapa Soporte de Tornillo

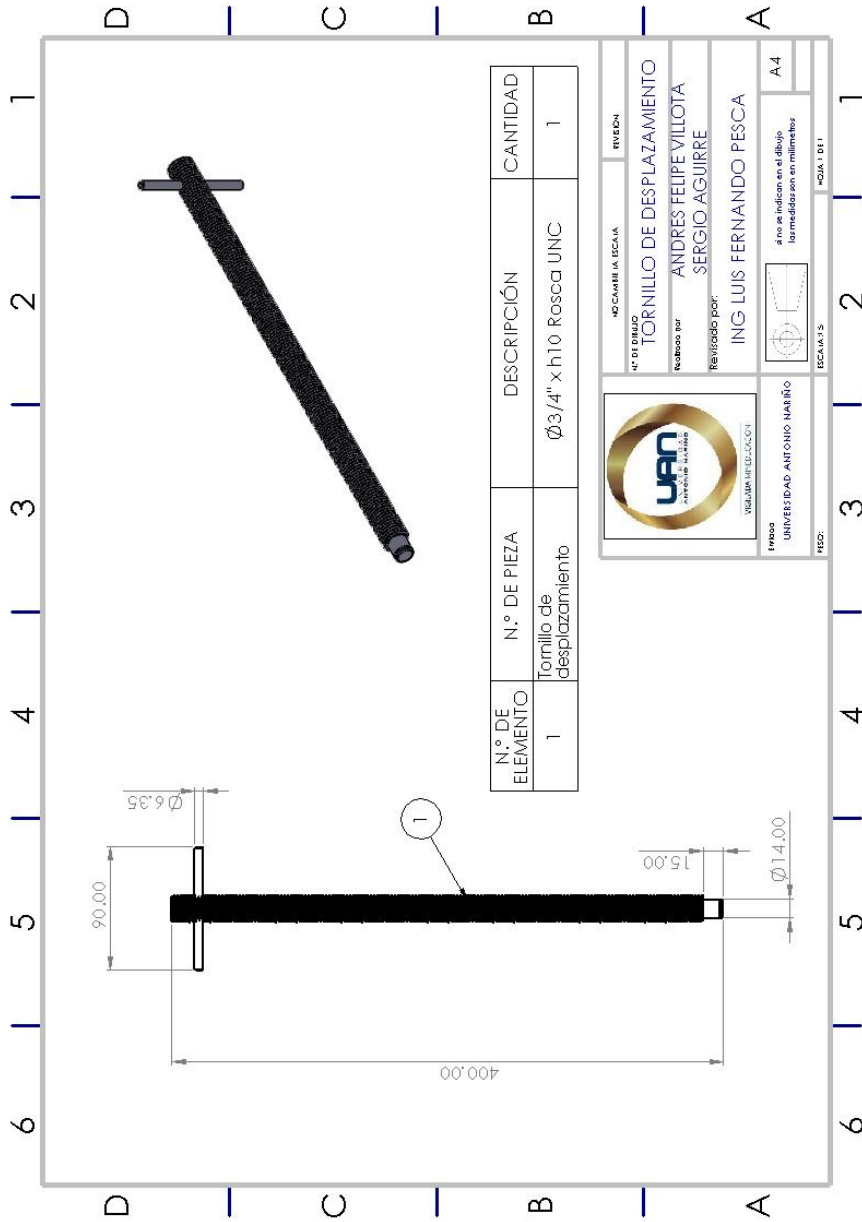


13.1.10

Plano Tornillo de Potencia

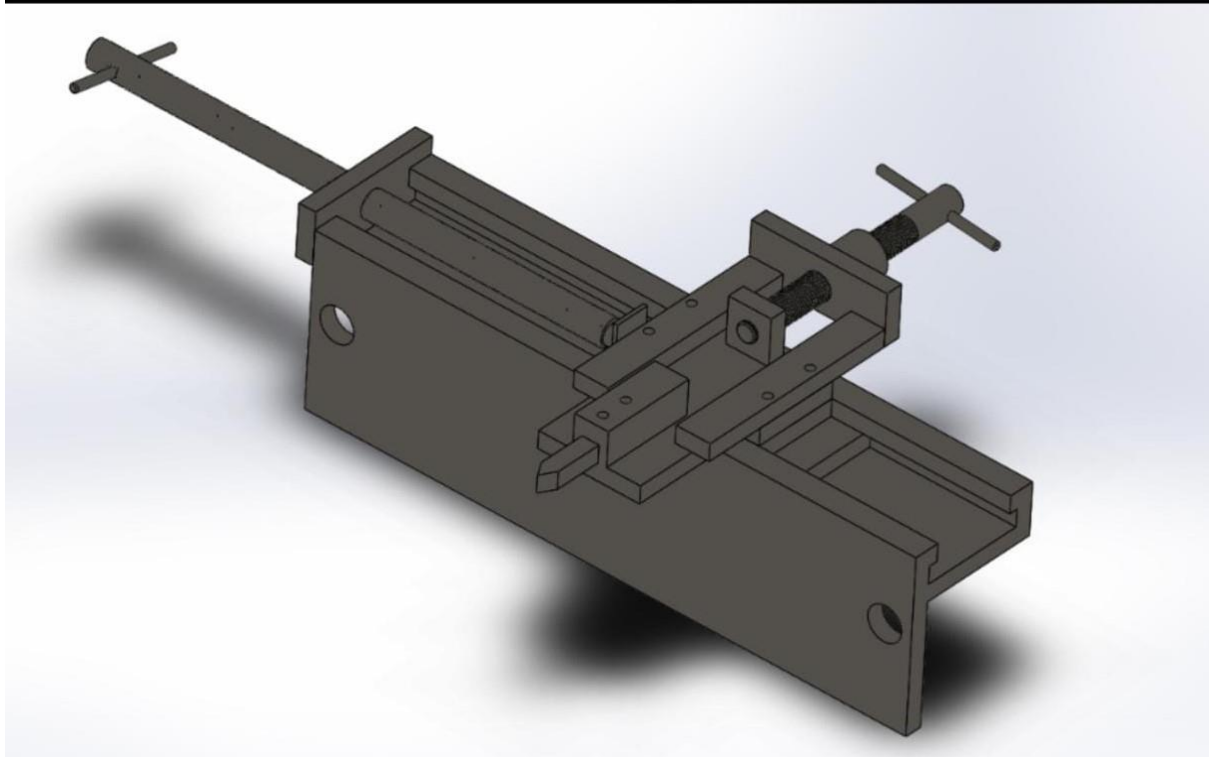


13.1.11 Plano Tornillo de Desplazamiento

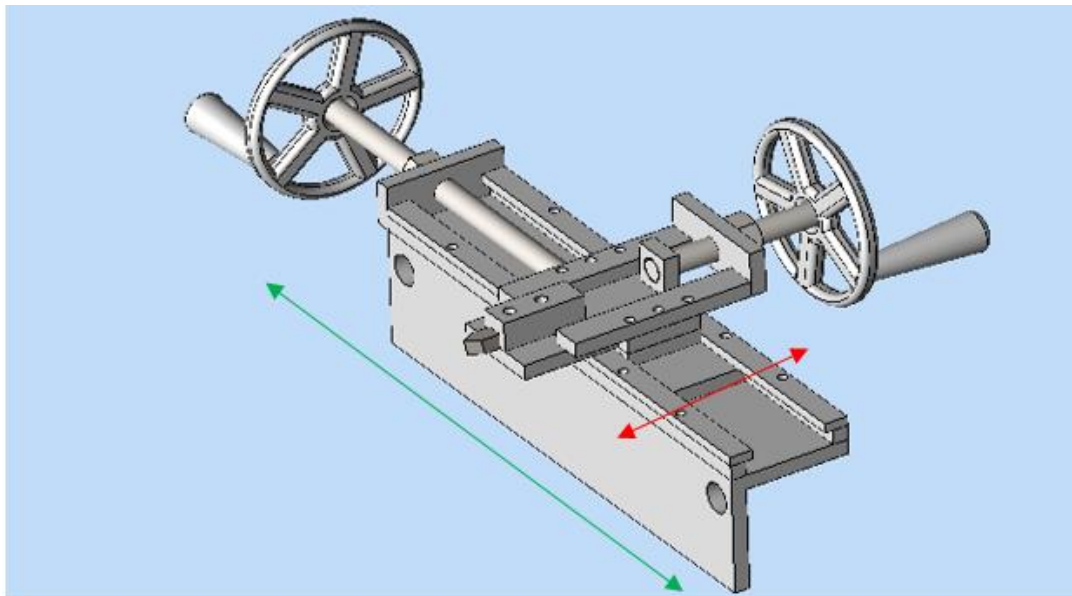


13.2 Anexo B. Manual de Operación y Mantenimiento

Manual de operación y mantenimiento para la herramienta de afilado de rodillos del trapiche R8.



La herramienta cuenta con dos desplazamientos, uno transversal y otro longitudinal como se muestra en la siguiente figura, el desplazamiento longitudinal es para ubicar la herramienta en cada una de las ranuras de los rodillos y el desplazamiento transversal es para realizar el movimiento de profundidad en las ranuras de los rodillos y así poder realizar su respectivo afilado. Cada uno de estos desplazamientos se realiza con las manivelas de la herramienta.



↔ Movimiento transversal.

↔ Movimiento longitudinal.

Mantenimiento

Limpieza: se recomienda tener la herramienta limpia al momento de operarla, ya que cualquier impureza o viruta alojada en las guías o tornillos de desplazamiento, impide sus respectivos desplazamientos.

Inspecciones visuales: se recomienda realizar inspecciones visuales constantemente para verificar el estado de cada uno de los componentes de la herramienta.

Ajuste: se debe verificar cada uno de los tornillos de ensamble de la herramienta estén debidamente ajustados.

Lubricación: se recomienda tener la herramienta debidamente lubricada en cada uno de sus componentes como bancada, guías de desplazamiento, tornillos. Se recomienda ser lubricada con: grasa lubricante multiusos grado 2: NGLI.


13.3 Anexo C. Documento de Entrega de Herramienta para Afilado de Rodillos

PUESTA A PUNTO HERRAMIENTA PARA EL AFILADO DE RODILLOS TRAPICHE R8 FINCA LA PALMIRA ANZOATEGUI TOLIMA.

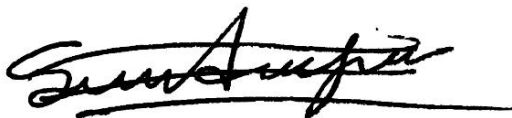
El día 17 de abril de 2023 siendo las 10:30 am acuden **Andrés Felipe Villota Toro** y **Sergio Aguirre García** estudiantes del programa de Ingeniería Mecánica de la Universidad Antonio Nariño Sede Ibagué- Tolima a la Finca La Palmira, ubicada en la vereda Santa Bárbara del municipio de Anzoátegui Tolima, hacen instalación de herramienta de afilado de rodillos de un trapiche R8, por medio de la presente se declara haber recibido la herramienta en óptimas condiciones y su respectivo manual de operación y mantenimiento, se realizaron pruebas de operación donde se vieron resultados satisfactorios y prueba de esto se adjunta video.



Publio Alfonso Ballesteros Walteros
CC. 5.843.366
Propietario Finca La Palmira.



Andrés Felipe Villota Toro
CC.1.109.386.985
Cód.20451626367



Sergio Aguirre García
CC.1.110.088.781
Cód. 20451616311

14 Referencias Bibliográficas

- AECIM. (3 de Diciembre de 2018). Obtenido de AECIM EMPRESAS DEL METAL DE MADRID: <https://aecim.org/trabajos-con-torno-paralelo-cuales-son-riesgos-principales-a-considerar/>
- Avallone, E. A., & Baumeister III, T. (1996). *MARKS' STANDARD HANDBOOK FOR MECHANICAL ENGINEERS* (Tenth ed.). Mc Graw Hill.
- Beer, F. P., Johnston JR, E. R., Dewolf, J., & Mazurek, D. F. (2010). *MECÁNICA DE MATERIALES* (Quinta ed.). Mc Graw Hill.
- Bronces y repuestos industriales . (2023). *BURILES* . Obtenido de Bronces y repuestos industriales : <https://www.broncegd.com/nuestros-productos-1/buriles>
- Budynas, R. G., & Nisbett, J. K. (2012). *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley* (Novena ed.). Mc Graw Hill.
- Cervera Ruiz, M., & Blanco Díaz , E. (2014). *Mecánica y Resistencia de Materiales*. CIMNE.
- Cervera Ruiz, M., & Blanco Díaz, H. (2014). *Mecánica de Estructuras*. CIMNE.
- Groover, M. P. (2007). *Fundamentos de Manufactura Moderna* (Tercera ed.). Mc Graw Hill.
- H.S. Bawa . (2007). *Procesos de manufactura*. México, D.F.: Mc Graw Hill.
- Hibbeler, R. C. (2011). *MECÁNICA DE MATERIALES*. (Octava ed.). PEARSON EDUCACION.

Jacome Lozada, C. R. (2015). Diseño e implementacion de un torno didáctico para elevar el nivel de enseñanza- Practica en el laboratorio de maquinas herramientas de la Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Maná. Obtenido de <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/3400/1/T-UTC-00677.pdf>

Jüzt, H., Scharkus , E., & Lobert , R. (1984). *Tablas para la industria metalúrgica*. Barcelona: EDITORIAL REVERTÉ, S.A.

Kolaric, L. J., Dascal, G. M., Saglimbeni, G., Zanella, F., Agüero, J. P., Perez Larraburu, M., . . . Couchot, M. (2013). Máquinas Herramienta Análisis Internacional ASIA-EEUU-BRASIL. Obtenido de https://www.uba.ar/archivos_secyt/image/Monograf%C3%ADa%20IMH%2001.pdf

Krahmer, D. M. (2008). Procesos de arranque de viruta y no convencionales que se aplican en la industria metalmecánica. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/304778226_Procesos_de_arranque_de_viruta_y_no_convencionales_que_se_aplican_en_la_industria_metalmecanica

Larry , J., & CESOL. (2009). *Soldadura principios y aplicaciones* (Quinta ed.). Paraninfo.

Mangonon, P. L. (2001). *CIENCIA DE MATERIALES SELECCIÓN Y DISEÑO* . Mexico: Pearson Educación.

Millán Gómez , S. (2012). *FABRICACIÓN POR ARRANQUE DE VIRUTA* . España : Paraninfo .

Mott, R. L. (2006). *Diseño de elementos de máquinas* (Cuarta ed.). PEARSON EDUCACIÓN .

Ramirez , A., Saenz , P. M., & Benavides, M. A. (1995). Herramientas de corte: materiales y aplicaciones. *SENA INFORMADOR TECNICO* .

Sánchez, A. M. (7 de Mayo de 2021). Obtenido de AGRONEGOCIOS :

<https://www.agronegocios.co/agricultura/colombia-es-el-segundo-mayor-productor-de-panela-a-nivel-mundial-con-16-del-mercado-3165753>

Valladares Quiche, J. M. (10 de Abril de 2019). *Rectificando masa superior de trapiche*

[*Captura de video*]. Obtenido de Jorge Milton Valladares Quiche canal de youtube:

YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=thfLsKprYHU>

● 5% de similitud general

Principales fuentes encontradas en las siguientes bases de datos:

- 5% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 1% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

FUENTES PRINCIPALES

Las fuentes con el mayor número de coincidencias dentro de la entrega. Las fuentes superpuestas no se mostrarán.

1	repositorio.uan.edu.co	Internet	1%
2	coursehero.com	Internet	<1%
3	hdl.handle.net	Internet	<1%
4	es.slideshare.net	Internet	<1%
5	idoc.pub	Internet	<1%
6	Flores Gonzalez Gilberto. "Propuesta para obtener los esfuerzos predo..."	Publication	<1%
7	repositorio.espe.edu.ec	Internet	<1%
8	pt.scribd.com	Internet	<1%
9	Hernández Valdés Mario,Peña Rico Erik Fernando,Rosa Gómez Erick D...	Publication	<1%

10	revenfermeria.sld.cu Internet	<1%
11	1library.co Internet	<1%
12	arts5.net Internet	<1%
13	interscienceplace.org Internet	<1%
14	researchgate.net Internet	<1%
15	edoc.pub Internet	<1%
16	es.scribd.com Internet	<1%
17	revista.eia.edu.co Internet	<1%
18	rus.ucf.edu.cu Internet	<1%
19	slideshare.net Internet	<1%