



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA
SEDE VILLAVICENCIO

VIGILADA MINEDUCACIÓN - SNIES 1704



VI

MUESTRA DE

INVESTIGACIÓN

Facultad de

Ingeniería Mecánica

Villavicencio



ISSN: 2744-8460

VI Muestra de Investigación

Facultad de Ingeniería Mecánica



VI Muestra de Investigación. Facultad de Ingeniería Mecánica - Edición n.º 6

© Universidad Santo Tomás - Sede de Villavicencio

Facultad de Ingeniería Mecánica

Año 2021



Universidad Santo Tomás, Sede Villavicencio

Sede Aguas Claras

Carrera 22 con calle 1 vía Puerto López

PBX: (57-8) 6784260

Ediciones USTA

Carrera 22 con calle 1 vía Puerto López

Villavicencio, Meta. Colombia

Teléfono: (57-8) 6784260, ext. 4077

coord.editorialvillavo@usantotomas.edu.co

<https://www.ustavillavicencio.edu.co/index.php/investigacion-comite-editorial>

Director Dirección Investigación e Innovación

Jorge Enrique Ramírez Martínez

Coordinación editorial

María Carolina Suárez Sandoval

ISSN: 2744-8460

Comité organizador

Ing. Jhon Jairo Gil

Decano de la Facultad de Ingeniería Mecánica

Ing. Lauren Genith Isaza

Líder del grupo de investigación GIMEC

Organizadora de la V Muestra de Investigación

Ing. Duberney Hincapié Ladino

Ing. Brayan Andrés Rodríguez Herreño

Ing. Katherine Duarte Barón

Ing. Diego Andrés Parra Garrido

Ing. Jefferson David Salamanca

Ing. Carlos Andrés Miranda

Docentes de apoyo de la V Muestra de Investigación

Esta obra tiene una versión de acceso abierto disponible en el Repositorio Institucional de la Universidad

Santo Tomás, <https://repository.usta.edu.co/> y en <https://www.ustavillavicencio.edu.co/index.php/investigacion-memorias-eventos-academicos>



Universidad Santo Tomás

Vigilada Mineducación

Reconocimiento personería jurídica: Resolución 3645 del 6 de agosto de 1965, Minjusticia Acreditación Institucional de Alta Calidad Multicampus: Resolución 01456 del 29 de enero de 2016, 6 años, Mineducación.

TABLA DE CONTENIDO

PRESENTACIÓN	7
INTRODUCCIÓN INGENIERÍA	9
<i>Diseño de un sistema hidrogenerador para satisfacer la demanda en zonas aisladas</i> C. F. Garzón, J. A. Meléndez, J. D. Murillo, D. A. Parra	10
<i>Propuesta de un sistema de bombeo para el transporte de agua a los caseríos cercanos a fuentes hídricas</i> C. Soto, E. H. López, D. A. Parra	11
<i>Hand trottle control</i> A. Z. Quintero, J. C. Triana	12
<i>Diseño y construcción de un esmeril mecánico</i> S, Ramírez. C, Daza	
<i>Dobladora de metal</i> J. Moreno, J. D. Ruiz, M. A. Salamanca	
CIENCIAS MATERIALES/PROGRAMACIÓN	13
<i>SolvFick</i> G. A. Ramos, J. J. Gutiérrez	14
PROGRAMACIÓN/FÍSICA MECÁNICA	20
<i>Medidor de alturas Nerf</i> D. A. Ojeda, B. E. Salcedo, D. S. Zapata	21
INGENIERÍA DE MATERIALES/DIBUJO DE MÁQUINAS	22
<i>Cinta transportadora</i> I. C. Riveros, D. M. Ceballos a, H. A. Ruiz	23
DIBUJO DE MÁQUINAS	25
<i>Dibujo y modelado de un elevador de cangilones</i> C.A. Páez, J. H. Melo	26

DINÁMICA / MECÁNICA DE FLUIDOS	27
<i>Design and Construction of a Bench for Jet Impact Measurement</i>	28
C. A. Fernández, J. E. Macausland, C. F. Gutiérrez	
<i>Design and Construction of Device for Calculating Metacentric Height</i>	
S. D. Morales, J. D. Moreno, B. S. Poveda	
MÁQUINAS ELÉCTRICAS / MECÁNICA DE FLUIDOS	29
<i>Development of a prototype of a savonius wind turbine to illuminate a domestic electrical network at scale</i>	30
L. N. Acuña, L. G. Álvarez	
SISTEMA DE TRANSPORTE FLUIDOS/DISEÑO DE ESTRUCTURA DE MÁQUINAS	32
<i>Diseño prensa hidráulica horizontal para la compactación de viruta de aluminio</i>	
R. A. Garzón, M. S. Zambrano, N. C. Parra	
<i>Design of a Hydraulic Scissor-Type Elevator for Vehicles</i>	34
D. E. Zipa, N. Molina, Y. D. Fúquene	
INGENIERÍA DE MATERIALES	35
<i>Efecto de los tratamientos térmicos en la microestructura de un acero 8620</i>	
C. A. Paez, Y. M. Gutiérrez	
<i>Análisis microestructural de un pasador biela-pistón sometido a tratamientos térmicos</i>	36
D. Ospina, J. S. Martínez, S. A. Cisneros, C. E. Baquero	

PRESENTACIÓN

La **VI muestra de Investigación de la Facultad de Ingeniería Mecánica de la Universidad Santo Tomás, sede Villavicencio**, tiene como objetivo principal incentivar los procesos de investigación formativa dentro del programa, a través de los integrantes de los semilleros, incorporando proyectos integradores que los estudiantes realizaron en el transcurso del semestre 2021-1 acompañados y orientados por los docentes de la facultad en los diferentes espacios académicos.

La VI muestra de investigación recopila los artículos que los estudiantes realizaron como evidencia de sus proyectos.

INTRODUCCIÓN INGENIERÍA

VI MUESTRA DE INVESTIGACIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA
GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN
INGENIERÍA MECÁNICA Y MECATRÓNICA -
GIMEC



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA
SEDE VILLAVICENCIO

VIGILADA MINEDUCACIÓN - SNIES 1704

DISEÑO DE UN SISTEMA HIDROGENERADOR PARA SATISFACER LA DEMANDA EN ZONAS AISLADAS.

C. F. Garzón, J. A. Meléndez, J. D. Murillo, D. A. Parra.

^aFacultad ingeniería mecánica, Universidad Santo Tomás Villavicencio, vía Puerto López, 2020.

Información:

Historial del artículo:

Entrega final: 13/11/2020

Keywords:

Electrical generation, hydraulic energy, electric power

Abstract:

In Colombia, as in emerging economy countries, there are recurring problems regarding the electricity service provided to the population. These problems present scenarios that can be addressed from engineering. This project seeks to design a system that makes it possible to take advantage of the available hydraulic energy in such a way that geographically distant populations can access electricity service without the need for costly investments. The main idea of the project revolves around designing a device that is capable of harnessing the available energy and transforming it into rotational kinetic energy, and later into electrical energy..

1. Introducción

Meta-Colombia, departamento donde sus principales fuentes de economía son la ganadera, la agrícola y la minera, cuya cultura local [1] gira en torno a la hacienda y la vaquería, con más de 85.635 kilómetros cuadrados, 29 municipios y, además, en la capital se presentan 7 corregimientos, 8 comunas y 446 barrios. [2] En este departamento, al igual que en todo el territorio colombiano, el establecimiento energético ha sido una problemática fuerte. El proyecto integrador propone diseñar un dispositivo de carácter hidro generativo que involucre la integración de sistemas hidroeléctricos para el suministro de energía en lugares remotos donde la electricidad es escasa o simplemente muy variante.

Algunas de las turbinas hidráulicas que existen en el mercado son la Francis, la Kaplan, la Pelton y la Michell Banky, y deben seleccionarse de acuerdo al caudal Q y la altura H de la fuente hídrica. En la Figura 0-1 se presenta la potencia generada de las diversas turbinas de acuerdo a la altura H y al caudal Q .

El objetivo de este proyecto es diseñar un sistema turbogenerador para satisfacer las necesidades de algunos corregimientos de Villavicencio-Meta, donde, se va a seleccionar el alternador y la turbina y se encontrará la reacción del alternador respecto a la fuerza de la corriente y como produce energía mediante el movimiento constante del agua.

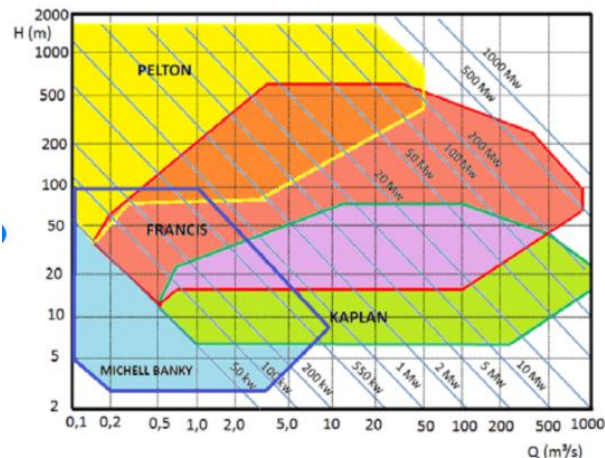


Figura 0-1: Potencia generada por tipo turbina, de acuerdo al caudal Q y a la altura H

En este sentido, los objetivos propuestos para este proyecto son.

2. Objetivos

Objetivo General

Diseñar un sistema turbogenerador para satisfacer las necesidades de los corregimientos 4 y 7 de Villavicencio-Meta.

Objetivos específicos

- Determinar las características de diseño en el sitio, estimando la altura neta disponible de acuerdo a la fuente hídrica establecida.
- Calcular el sistema hidrogenerador de acuerdo a los requerimientos técnicos.
- Validar el hidrogenerador propuesto a partir de escenarios de prueba.

3. Metodología

Un proyecto de diseño demanda una secuencia de pasos a seguir, en el cual se involucran recursos y teorías en ellos, estos se usarán de patrón para desarrollar exitosamente el proyecto. Se considera que para el desarrollo de este proyecto se definen tres objetivos específicos orientando así la metodología propuesta. La Tabla 1 presenta las actividades que se van a realizar para cumplir cada uno de los objetivos específicos.

Tabla 1: Metodología. Fuente: Elaboración Propia.

Objetivo	Actividades	Resultados esperados
Determinar las características de diseño en el sitio, estimando la altura neta disponible de acuerdo a la fuente hídrica establecida.	- Estimar la capacidad de energía disponible en el sitio - Definir las características de diseño de una población objetivo.	Especificaciones de diseño
Calcular el sistema hidrogenerador de acuerdo a los requerimientos técnicos.	- Seleccionar el tipo de rotor que se debe implementar - Establecer los elementos que componen el sistema.	Planos de detalle
Validar el hidrogenerador propuesto a partir de escenarios de prueba	- Plantear escenarios de prueba - Probar el sistema	Ficha técnica del sistema

4. Resultados esperados

Al acabar la fase de construcción del proyecto se espera que los resultados sean de gran ayuda para las comunidades que no tienen energía eléctrica o tienen problemas de energía constante. Alguno de los resultados esperados, se presentan a continuación.

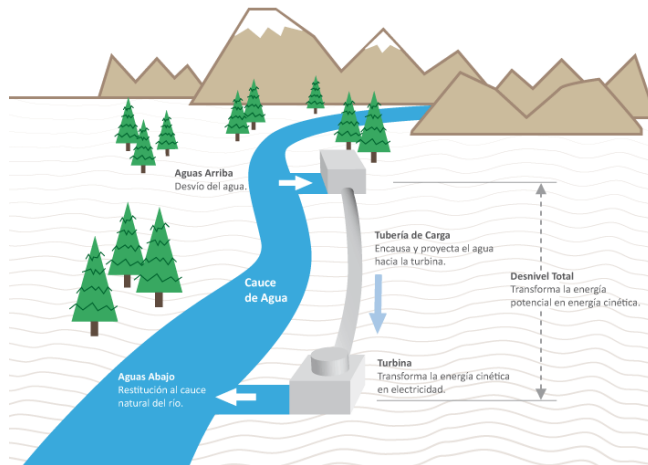


Figura 0-2: Sistema general propuesto [3]

En la figura Figura 0-2 se muestra un funcionamiento general de la propuesta donde se coge parte del caudal del río para generar la electricidad y después se devuelve dicho caudal, nuevamente, al río aguas abajo, con el fin de impactar lo menos posible al ambiente. A continuación, se muestra una posible turbina que puede ser implementada de acuerdo a las condiciones del sitio.

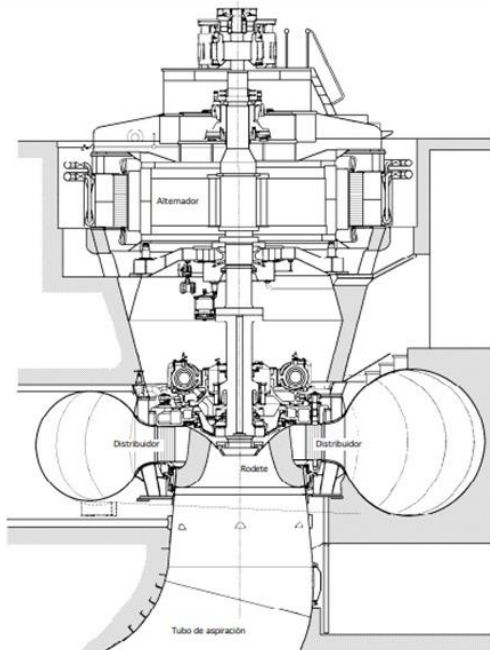


Figura 0-3: Ejemplo de turbina Francis y el generador [4]

En la Figura 0-3 se muestra una turbina Francis. En la imagen se muestra el funcionamiento de la turbina y su respectivo acoplamiento con el generador. El funcionamiento es el siguiente, el agua entra en su respectivo flujo, cuando el agua

toca las hélices o aspas de la turbina estas empiezan a moverse respectivamente con la fuerza de empuje, haciendo así, que el generador, que está conectado a las aspas, también tenga movimiento y de esta manera se empieza a generar energía eléctrica.

Actualmente en Colombia se usa la Turbina Banky, aunque es usada en centrales eléctricas pequeñas, **Se estima que dicha turbina** puede jugar un papel decisivo en proyectos hidroeléctricos pequeños, dado su menor impacto ambiental y social [5]. Este Proyecto También es uno de los resultados esperados al que se puede llegar, su funcionamiento es casi igual al de la turbina Francis, con diferencia la que sus aspas son un poco más larga.

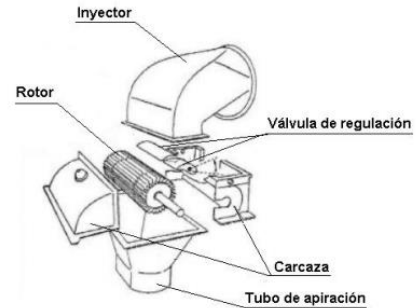


Figura 0-4: perspectiva de una turbina Banki

5. Bibliografías

Referencias

- [1] Camargo, A. L., & Mora, H. G. C, «La economía informal en Villavicencio,» Villavicencio, 2011.
- [2] Lara Clavijo, G., & Pabón Guzmán, M. C. Lara Clavijo, «Formulación del plan de gestión ambiental local, en el campo Apiay de ecopetrol, municipio de Villavicencio-Meta,» Villavicencio, 2011.
- [3] avatarenergia. [En línea]. Available: <https://avatarenergia.com/energia-hidroelectrica/>. [Último acceso: 19 05 2021].
- [4] P. F. Díez, «Turbinas hidráulicas,» de *Departamento de ingeniería*, Universidad de Cantabria.
- [5] Gómez, J. I. G., Higueta, E. A. P., & Gutiérrez, C. A. P. (. 3.-4. Gómez, «La turbina Mochell-Banki y su presencia en Colombia,» 2008.

Propuesta de un sistema de bombeo para el transporte de agua a los caseríos cercanos a fuentes hídricas

C. Soto, E.H. López, D.A Parra

Facultad ingeniería mecánica, Universidad Santo Tomás Villavicencio, vía Puerto López, 2020.

Información:

Historial del artículo:

Entrega final: 16/05/2021

Keywords:

electric flow, water
pumping, green energy,
water sources .

Abstract:

Due to the lack of government support for the population groups located in the Guajira sector, the basic services such as constant electric flow, gas, potable water, etc. are almost non-existent because of the difficult access, for this reason, the proposed Project aims to improve the life quality and health by solving the shortage of water in the hamlets of the sector through a mechanism of water pumping that works through green energy, collecting the liquid from nearby water sources such as rivers, lagoons or underground wells.

1. Introducción

Debido a los efectos del calentamiento global, se ha presentado muchos cambios como es la afección de territorios por la pérdida de hábitats, disminución progresiva de la pesca, turismo no planificado y pérdida de valores que afectan a todos [1], adicionalmente, esta problemática sumada el bajo nivel socioeconómico de ciertas regiones genera un problema importante en los habitantes de estos sectores.

Teniendo en cuenta lo anterior, se busca implementar, en ese territorio, un sistema de bombeo impulsado por

energía verde como la energía solar o la energía eólica, (ver Figura 0-1: Radiación global horizontal media diaria anual en Colombia , figura 0-2)

Esta puede ayudar a facilitarle este servicio a las comunidades cercanas a fuentes hídricas ya que en esta zona el flujo eléctrico también es un problema que afecta en gran parte de la comunidad.

En la Figura 0-1: Radiación global horizontal media diaria anual en Colombia se puede apreciar el mapa

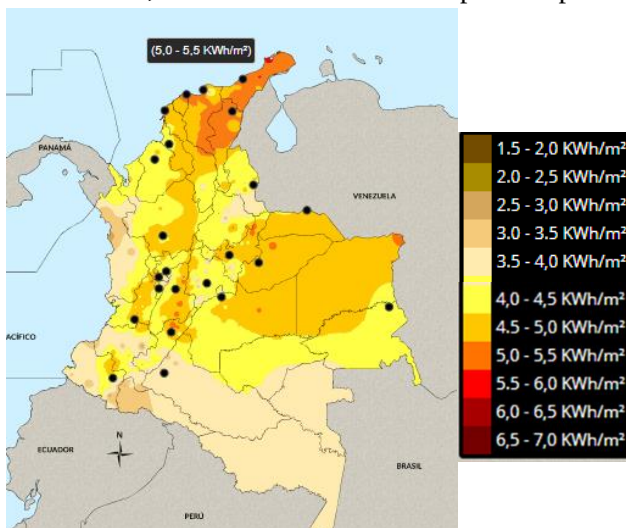
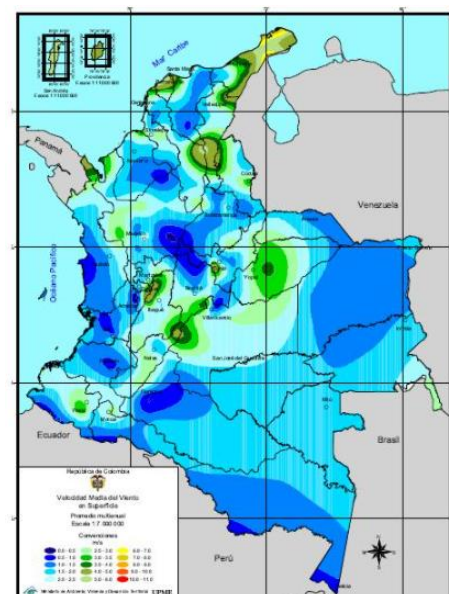


Figura 0-1: Radiación global horizontal media diaria anual en Colombia [2]



de Colombia con la radiación global horizontal media diaria anual, dando como un buen punto a favor la utilización de energía solar debido al alto índice de radiación solar en la guajira.

De acuerdo a la figura 0-2 la Unidad de Planeación Minero-Energética y el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia, concluye que la mayor capacidad de generación eólica se encuentra en la Guajira, que posee vientos de hasta 9,5 metros por segundo. Por lo tanto, proyectos como el parque Jepirachi o Nazareth buscan producir energía eléctrica de forma sostenible y alternativa a los combustibles fósiles cuyo aumento de precios y consecuencias para el medio ambiente se hacen cada vez más evidentes. Por lo tanto, al implementar alternativas como la energía eólica se da un paso hacia la sostenibilidad eficiente.

Teniendo en cuenta lo anterior, en este proyecto se plantean los siguientes objetivos.

2. Objetivos

Objetivo General:

Proponer un sistema de bombeo que transporte agua a un caserío cercano, en el municipio de guajira, que no presente servicio de acueducto utilizando energías renovables

Objetivos específicos:

- Determinar las características de diseño en el sitio, estimando la energía utilizable de una fuente renovable
- Diseñar el sistema de bombeo de acuerdo con los requerimientos técnicos.
- Evaluar el sistema propuesto mediante pruebas funcionales.

3. Metodología

Un proyecto de diseño demanda de una secuencia de pasos a seguir, donde se involucran recursos y teorías en cada uno de ellos, y se usará de guía para culminar exitosamente es proyecto. En la siguiente tabla se presenta la metodología propuesta.

Tabla 1 Metodología. Fuente: elaboración propia.

Objetivos	Actividades	Resultados esperados
Determinar las características de diseño en el sitio, estimando la energía utilizable de una fuente renovable	Medir o estimar la capacidad energética del sitio. Identificar las necesidades de una población objetivo para establecer las cargas y el caudal necesario.	Selección de la fuente de energía por la cual funcionara el mecanismo
Diseñar el sistema de bombeo de acuerdo a los requerimientos técnicos	Calcular los parámetros como caudal, perdidas de energía, eficiencia y potencia requeridas para satisfacer las necesidades. Definir el sistema eólico, solar o hibrido que se deba implementar para los requerimientos de bombeo. Seleccionar los elementos que componen el sistema.	Planos del terreno y del mecanismo
Evaluar el sistema propuesto mediante pruebas funcionales	Establecer escenarios de prueba (simulaciones o experimentación). Probar el sistema propuesto	Ficha técnica del sistema

4. Resultados esperados

Al culminar este proyecto se considera que los resultados esperados sean factibles para toda la comunidad solucionando un problema con el cual han cargado durante mucho tiempo.

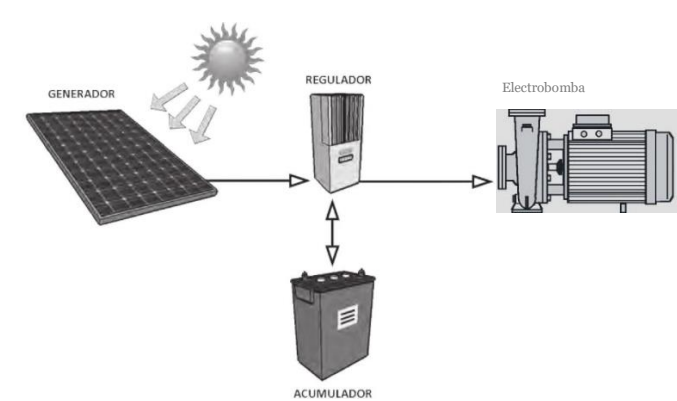


Figura 0-3: sistema fotovoltaico [4]

En la Figura 0-3 se presenta un diagrama de flujo de un sistema fotovoltaico, este funcionamiento podrá emplearse para la creación del proyecto, el módulo fotovoltaico alimentará la bomba, la cual se encargará de enviar un flujo constante desde el depósito de succión hasta el depósito de descarga.



Figura 0-4: el aerogenerador más grande del mundo [5].

En la figura 0-4, se muestra una turbina eólica que está conformada con rotores de eje horizontal los cuales aprovechan la energía cinética del viento para producir la rotación, que después se convertirá en energía eléctrica mediante un generador. Esta energía, en conjunto con la energía solar, se espera un flujo eléctrico suficiente para mantener en funcionamiento el sistema de bombeo.

5. Bibliografía

- [1] M. A. De La Ossa, Cambio climático y desarrollo sostenible: un análisis en comunidades wayuu de la zona costera de La Guajira colombiana. Martha Ligia Castellanos Martínez, Memorias-Congreso-Cambio-climatico-ultimo, 2019.
- [2] IDEAM, «Atlas de Radiación Solar, Ultravioleta y Ozono de Colombia,» ATLAS, 2014. [En línea]. Available: <http://atlas.ideam.gov.co/visorAtlasRadiacion.html>.
- [3] J. Higuera, Eólica en Colombia: proyecto eólico para instalar aerogeneradores en La Guajira, REVE (Revista Eólica y del Vehículo Eléctrico), 2012.
- [4] O. Style, Energía Solar Autónoma: Planificación, dimensionado e instalación de un sistema fotovoltaico autónomo (1st ed.). ITACA Appropriate Technology., ENERGIA SOLAR AUTONOMA, 2012.
- [5] J. C. A. Nuñez, «Diseño y construcción de un prototipo de generador eólico de eje vertical. Universidad de Chile,» UNIVERSIDAD DE CHILE, 2004, p. (23).

HAND TROTLE CONTROL

A. Z. QUINTERO ^a, J. C. TRIANA

^a Facultad ingeniería mecánica, Universidad Santo Tomás Villavicencio, vía Puerto López, 2021.

Información:

Historial del artículo:

Entrega final: 21/05/2021

Keywords:

Abstract:

Este proyecto tiene como finalidad crear una alternativa para mejorar el confort en la conducción y evitar síndromes musculares, previniendo el síndrome del túnel carpiano, éste prototipo será diseñado por medio del SOLIDWORDS.

1. Introducción

Crear un prototipo innovador cuyo objetivo es ayudar al motociclista a minimizar el riesgo de desarrollar el síndrome del túnel carpiano (STC) ya que hay estudios médicos que comprueban esta teoría.

Este prototipo esta creado para que motociclista se le facilite la conducción

Está hecho a base de plástico, haciendo que sea accesible para todas las personas de cualquier estrato económico debido a su bajo costo.

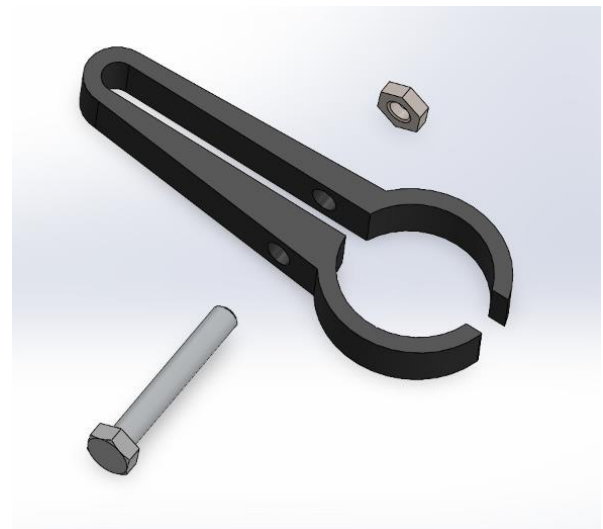
- Etapa1: Realizar un estado del arte
- Etapa 2: Levantamiento de requerimientos técnicos para la realización del diseño
- Etapa 3 Diseñar el prototipo en Solid Works
- Etapa 4: Implementar el prototipo

2. Materiales y métodos

De acuerdo al diseño en CAD SOLIDWORKS del diseño se escogieron materiales adecuados, a partir de investigaciones sobre estos y con la ayuda del CRAI.

Tabla 1 lista de materiales empleados para la construcción del dispositivo y la construcción física del prototipo

LISTA DE MATERIALES PARA LA CONTRUCCION		
ELEMENTO	NOMBRE	CANTIDAD
1	PROPILENO	1
2	ABRASADERA TIPO PERNO .	1



3. Resultados y discusión



Se instala apropiadamente, se realizan pruebas en marcha con diferentes motocicletas y diferentes pilotos, el dispositivo muestra excelentes resultados, aunque se puede optimizar su fabricación y mejorar los acabados.

Después de varias pruebas se comprueba la mejora en el confort durante la conducción y a su vez evita el cansancio, el estrés y los síndromes musculares.

4. Conclusiones

Para este proyecto se puede concluir que se consiguió satisfacer los objetivos planteado, ya que prevaleciendo la idea principal de crear un dispositivo con características tan exigentes como la frangibilidad, ligereza y resistencia, se elaboró el dispositivo, se hicieron pruebas y funciono correctamente

5. Bibliografía

Montalvo Soberón, L. A. (2007). Plásticos industriales y su procesamiento. El Cid
Editor. <https://elibro.net/es/ereader/usta/34450?page=1>
Miravete, A. (2012). Materiales compuestos I. Editorial Reverté. <https://elibro.net/es/ereader/usta/46726?page=1>
Miravete, A. (2012). Materiales compuestos I. Editorial Reverté. <https://elibro.net/es/ereader/usta/46726?page=1>
<http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=uccma.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=004633>



DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN ESMERIL MECÁNICO

S, Ramírez. C, Daza

^aFacultad ingeniería mecánica, Universidad Santo Tomás Villavicencio, vía Puerto López, 2021.

Información:

Historial del artículo:

Entrega final: 14/05/2021

Keywords:

Abstract:

Engineering has evolved the simplest devices for the implementation of these in the needs of man; however, social differences do not allow the same affordability for these tools due to lack of an energy source. Guided by this problem, this project aims to solve this dilemma through mechanical energy, transmission of human movement that performs the necessary tasks in a multifunctional machine.

1.Introducción

El paso del tiempo implica una constante evolución gracias a la ingeniería, métodos y técnicas que optimizan el trabajo y maximizan la producción y calidad son vistos en la actualidad; a raíz de esto se genera una generalidad dependiente de las máquinas actuales.

El fin de la investigación se basa en la concepción de problemas energéticos, la búsqueda de una alternativa eficiente y cómoda a las personas de bajos recursos, desarrollando una herramienta de trabajo manual multifuncional

2.Materiales y métodos

Se plantea lograr esquematizar y diseñar bajo los parámetros técnicos en un software de diseño CAD, bajo los siguientes elementos.

ITEM	NOMBRE	CANTIDAD
1	Pino 2x2 pulgadas sodimac	4 m
2	Disco de 66253141787	1
3	Tablero MDF	1 m2
4	Rodamiento 16005	2
5	Acero 1045 32 x 300	1
6	Tornillo autoperforante 2”	25
7	Acero 1045 200 x 40 mm	1
8	Acero 1045 80 x 40 mm	1
9	Tuerca 1.25” hexagonal whitworth	4
10	Correa de transmisión en v tipo D	1
11	tornillo socket ¼”	1

Tabla 1. Elementos de construcción en software

Sección	a (mm)	h (mm)	ap (mm)
Z	10	6	8,5
A	13	8	11
B	17	11	14
C	22	14	19
D	32	19	27
E	38	25	32

Tabla 2. Correas de transmisión normalizadas

El diseño del prototipo escala real presenta variaciones en sus elementos, de forma tal que se realice de la manera más económica y de calidad; de tal manera se estipula:

ITEM	NOMBRE	CANTIDAD
1	Duralon 32x300 mm	1
2	Rin de bicicleta 20	1
3	Duralon 80x70 mm	1
4	Neumático de bicicleta	1

3. Resultados y discusión

Se obtienen los siguientes resultados a partir del diseño en software

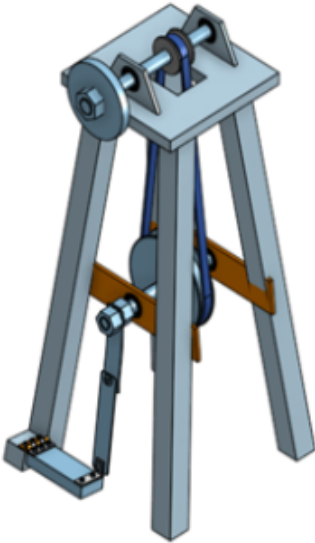


Figura 1. Diseño en software

La relación de transmisión por correa cumple el mismo principio que la relación de transmisión de engranajes, se espera obtener un resultado de la siguiente manera

$n1.d1 = n2.d2$

n1= rpm rueda conductora

d1= diámetro rueda conductora

n2= rpm rueda conducida

d2 = diámetro rueda conducida

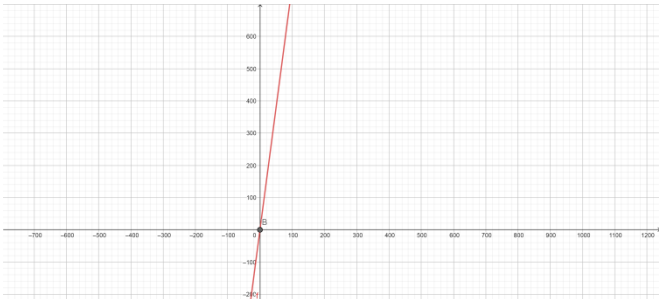


Figura 3. Función relación de transmisión

El diámetro de la rueda conductora, al ser mayor, tiende a un crecimiento exponencial de las revoluciones de la rueda conducida, conectada en ajuste al eje, y, a su vez, al disco de la herramienta que comienza a girar.

4. Conclusiones

Es cierto que la ingeniería significa un gran avance en la historia del hombre, sin embargo, una minoría de la población carece de elementos propios de estos avances como la energía eléctrica, para lo cual es necesario pactar, que la ingeniería busca optimizar y solucionar problemas; para lo cual se ha decidido poner en práctica esta investigación de diseño de herramientas para sectores de acceso intermitente de energía eléctrica, con el fin de solucionar problemas en construcciones laborales o domésticas.

5. Bibliografía

- A. L. Casillas. (1981) Máquinas: calculos de taller. España
- Vivas, J. (2019, Febrero) Los 1.710 poblados que aún se alumbran con velas en el país *EL TIEMPO*. recuperado de <https://www.eltiempo.com/>
- rodamientos SKF. Rodamientos Rígidos de Bolas, SKF. recuperado 12 de mayo 2021 de <https://www.skf.com/co>
- DeGarmo, E. P., Black, J. T., Kohser, R. A. (1988). Materiales y procesos de fabricación (Vol. 1). Reverté.
- Millán Gómez, S. (2006). Procedimientos de mecanizado. editorial Paraninfo.
- GOYRI, A. (1938). LA TRANSMISIÓN DEL MOVIMIENTO POR MEDIO DE CORREAS TRAPEZOIDALES. DYNA, 13(1), 17-26.

VI MUESTRA DE INVESTIGACIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA
GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN
INGENIERÍA MECÁNICA Y MECATRÓNICA -
GIMEC



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA
SEDE VILLAVICENCIO
VIGILADA MINEDUCACIÓN - SNIES 1704

Dobladora de metal

J. J. Moreno, J. D. Ruiz, M. A. Salamanca

^a Facultad de ingeniería mecánica, Universidad Santo Tomás Villavicencio, vía Puerto López, 2020.

Información:

Historial del artículo:

Entrega final: 14/05/2021

Keywords:

Springback, propiedades físico-químicas,
mecánica, torque, energía, transformación,
potencia, revoluciones

Abstract:

The industrial bender allows to save work to the employees of some companies that require this kind of machinery and, if possible, to replace the work carried out by a person in a certain area of the industry; since with this instrument it is possible to bend different cylindrical structures at the discretion of the machinist, and they can be established with different degrees of inclination or in a circular manner

1. Introducción

El siguiente proyecto se basa en la construcción de una máquina dobladora con el objetivo de facilitar el trabajo en las pequeñas empresas de la industria en las que se deben doblar estructuras de forma cilíndrica (tubos, varillas), reduciendo así la tasa de riesgo laboral y el porcentaje de error de una obra determinada debido a los imperfectos de un doblado mal realizado o la degradación del material a utilizar, lo anterior ya que en empresas pequeñas muchas veces este trabajo es realizado por una persona que posea la suficiente fuerza como para poder llegar a doblar dicha estructura, o se utilizan implementos inadecuados que o bien degradan la calidad del metal o hacen que éste presente complicaciones en su uso.

2. Materiales y métodos

Para la elaboración de este proyecto nos hemos basado de la siguiente lista de materiales hechos en acero inoxidable y el hierro, porque es uno de los materiales más resistentes y apropiados la cual consta de:

Cajón	1
Mesa de trabajo	1
Base circular giratoria	1
Pedal	1
Variador	1
Guías	(depende de la necesidad)
Rejilla	1

Nombre	Cantidad
--------	----------

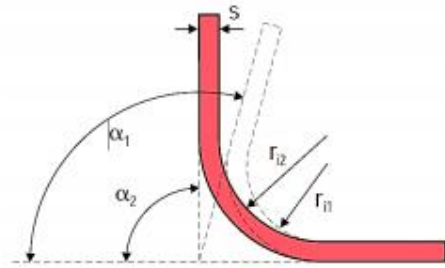


Figura 1- Recuperación elástica después del doblado [6].

Se realizó un modelo de las diferentes piezas que conforman la dobladora industrial en la herramienta SolidWorks 2020 proporcionada por la universidad. Se tuvieron en cuenta factores como la longitud promedio de las varillas de construcción e implementos a doblar comúnmente al hacer uso de la misma para dar cuenta de las dimensiones que requiere la dobladora en sí misma. Cada una de las partes fueron diseñadas de manera independiente, es decir, cada una de las partes se compone de piezas aparte (como por ejemplo el pedal, que se compone de un resorte, una base fija, una base móvil, un perno y dos tapones). Al finalizar el proceso de diseño, se ensamblaron las piezas en la estructura final para dar por finalizado el modelado del prototipo.

Para la realización de este proyecto resulta pertinente considerar las siguientes variables:

$$\text{Presión} = \text{Fuerza} / \text{área}$$

$$\text{Fuerza} = \text{Masa} * \text{Aceleración}$$

$$\text{Área círculo} = \pi r^2$$

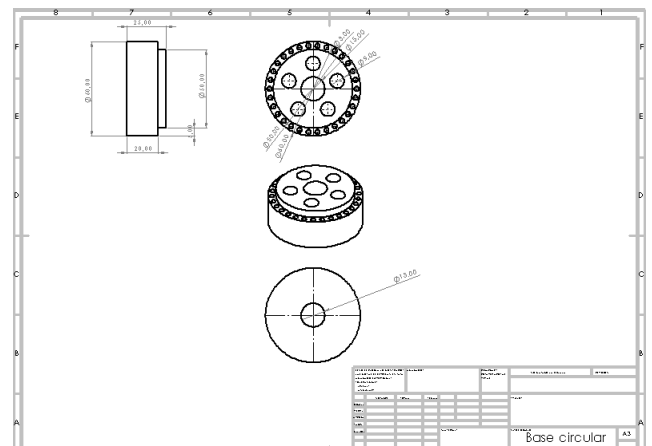
$$\text{Área rectángulo} = L * L$$

$$\text{Volumen} = L * L * L$$

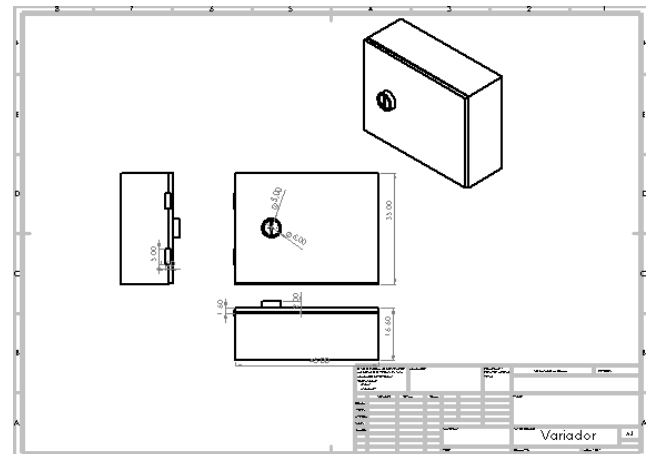
$$\text{Doble} (\text{en grados } ^\circ)$$

3. Resultados y discusión

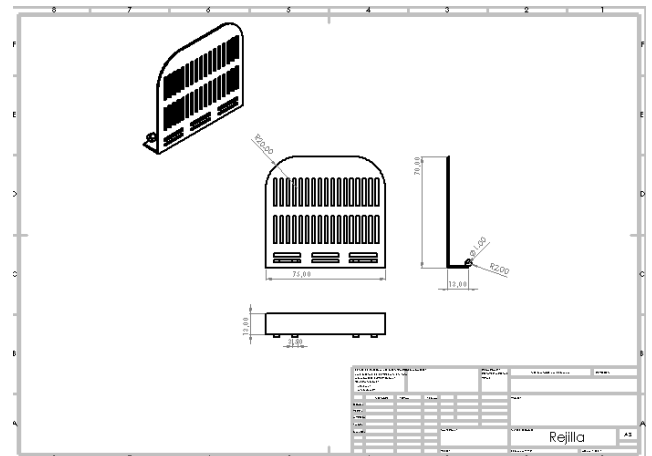
Los planos de cada una de las figuras se muestran a continuación:



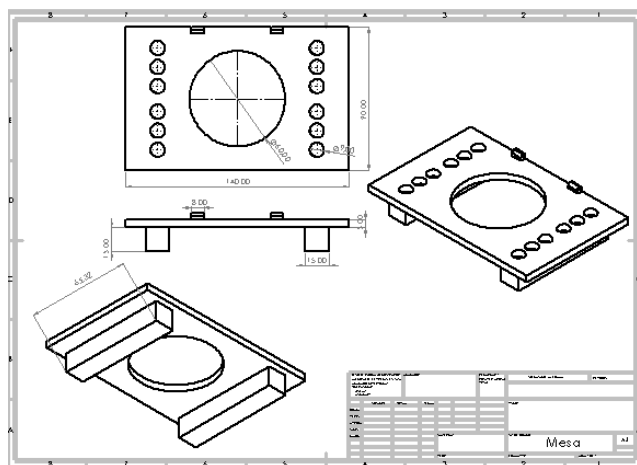
Plano 1. Base circular



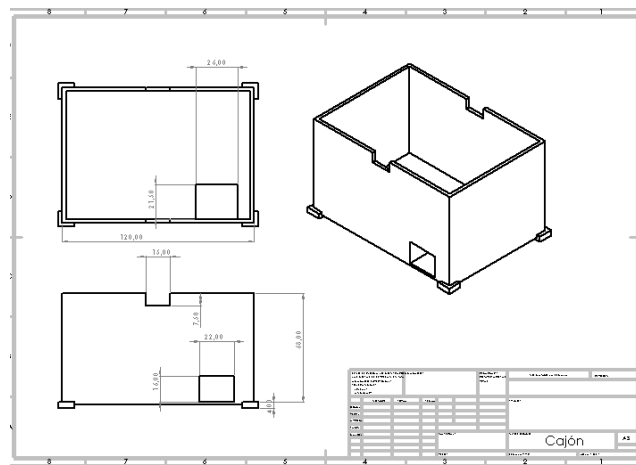
Plano 2. Variador



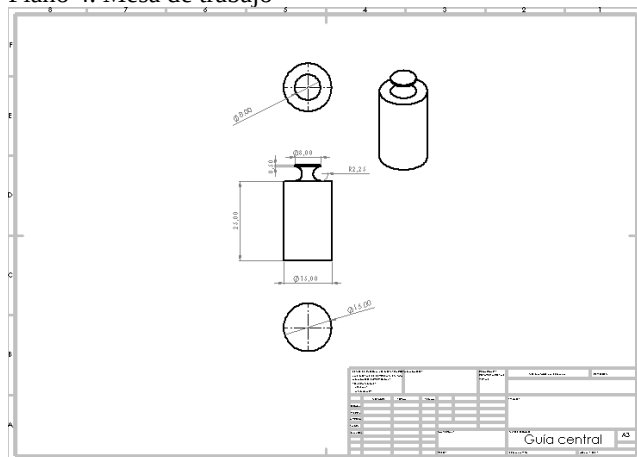
Plano 3. Rejilla



Plano 4. Mesa de trabajo

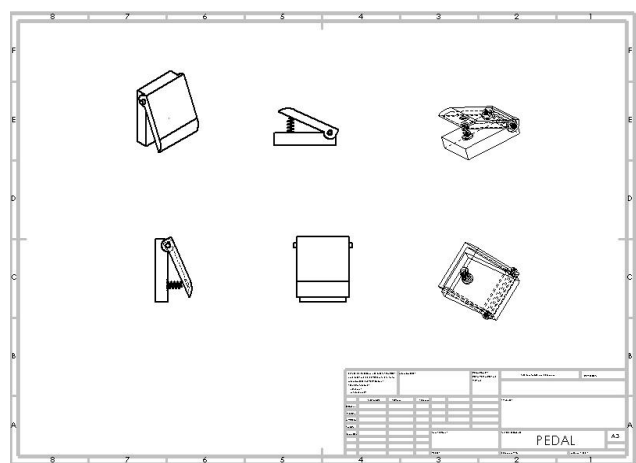
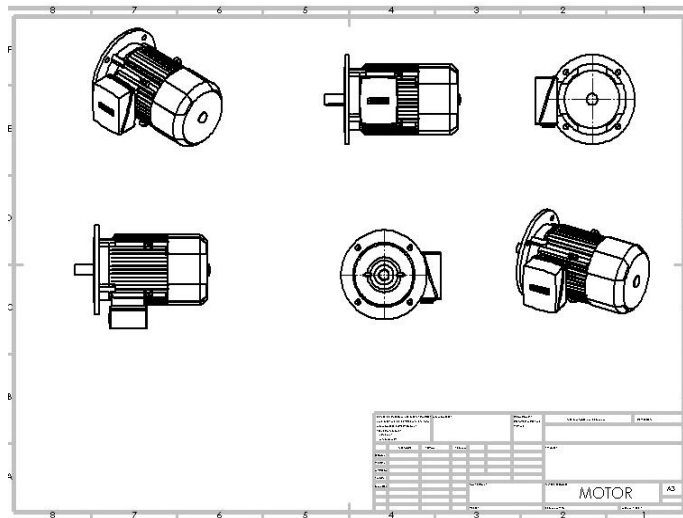


Plano 7. Cajón

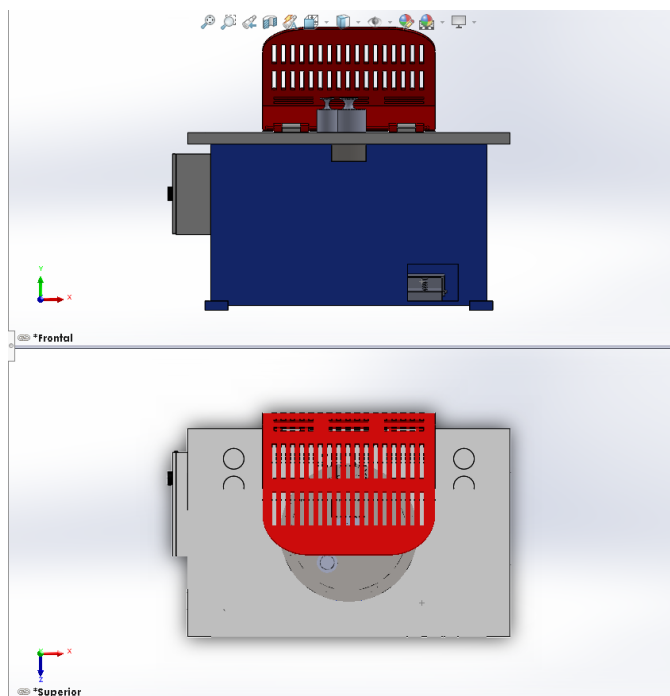


Plano 5. Guía central

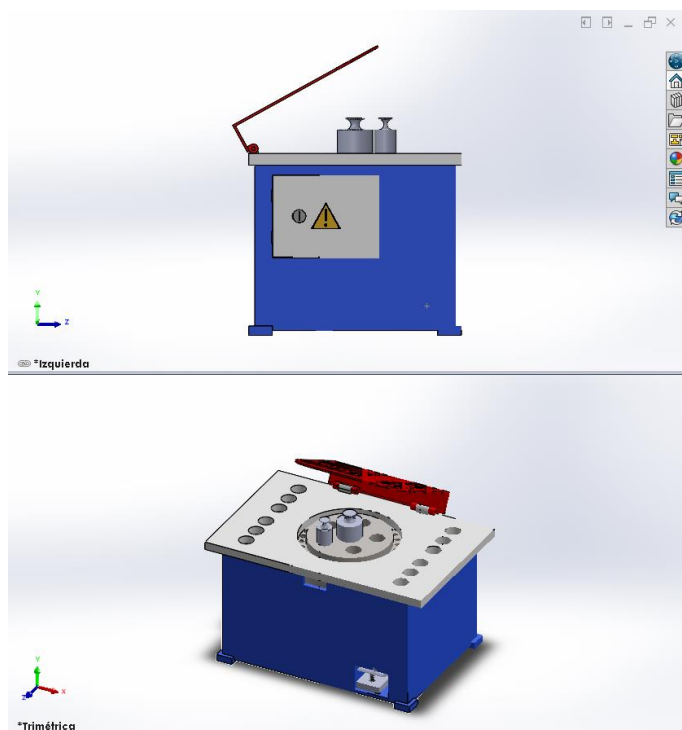
Plano 6. Motor



Plano 8. Pedal



Piezas ensambladas.



Piezas ensambladas.

Cabe destacar que al momento de realizar ciertas piezas, tales como el motor de la máquina, no fue posible ensamblar y realizar la anterior mencionada pieza debido a la ausencia de conocimiento previo que pueda llevar a la realización del sistema, por lo cual se acudió a una base de datos

especializada (citada en el apartado bibliográfico) del cual se extrajo el motor para la realización del modelo presentado. De la misma manera, los sistemas eléctricos correspondientes al variador de la máquina, el pedal, y lo concerniente al motor no están considerados en el diseño realizado, también teniendo en cuenta la falta de conocimientos previos que lleven a la realización de estos sistemas en la herramienta SolidWorks 2020.

4. Conclusiones

Se logró culminar el diseño de la dobladora de metales, mediante la elaboración del diseño ocuyente se pudo tener en cuenta los conceptos y aplicar su definición en este entorno práctico a la hora de elaborar, permitiendo generar cuestionamientos frente a qué tipo de mejoras o teorías se podrían aplicar para tener un diseño más eficiente.

Mediante el análisis de los materiales y sus fórmulas se pudo tener en cuenta estos a la hora de ampliar la visión de los conceptos, permitiendo definir cuáles eran los adecuados para seguir desarrollando y cuáles no.

Bibliografía

Andalucía, F. d. (16 de Septiembre de 2011). *Revista digital para profesionales de enseñanza*. Obtenido de Revista digital para profesionales de enseñanza: <https://www.feandalucia.ccoo.es/docu/p5sd8631.pdf>

chile, P. u. (2014). *astro.puc.cl*. Obtenido de astro.puc.cl: https://www.astro.puc.cl/~avalcarc/FIS109A/16_Torque.pdf

[1] «TenSTEP,» [En línea]. Available: Cuando ha terminado de crear los objetivos y alcance, regrese y asegúrese de que todos están alineados. No debe tener objetivos que hagan referencia a entregables no definidos en los postulados del alcance. Si no está construyendo lo suficiente para satis. [Último acceso: 14 12 2015].

- [2] E. P. Wigner, «Theory of traveling wave optical laser,» *Phys. Rev.*, vol. 134, pp. A635-A646, 2005.
- [3] A. C. Sole, Instrumentación Industrial, México: Alfaomega, 2006.
- [4] L. L. a. H. Miao, «A specification based approach to testing polymorphic attributes,» de *Formal Methods and Software Engineering: Proceedings of the 6th International Conference on Formal Engineering Methods, ICFEM 2004*, Seattle, WA, USA,, November 8-12.
- [5] A. Rezi and M. Allam,, «Techniques in array processing by means of transformations,» de *Control and Dynamic Systems Vol. 69*, San Diego, Academic Press, 1995, pp. 133-180.
- [6] R. Components, «TraceParts,» [En línea].
Available: <https://www.traceparts.com/es/product/rs-components-motor-de-ac-siemens-1le10011ab534fa4-trifasico-reversible-induccion-1455-rpm-3-kw-montaje-por-reborde-1le1?CatalogPath=TRACEPARTS%3ATP09005001&Product=10-13052014-084383>.

CIENCIAS MATERIALES/PROGRAMACIÓN



SolvFick

G. A. Ramos, J. J. Gutierrez

^aFacultad ingeniería mecánica, Universidad Santo Tomás Villavicencio, vía Puerto López, 2021.

Información:

Historial del artículo:

Entrega final: 20/05/2021

Keywords: *Fick's second law, temperature, time, internal concentration, position, matlab, engineer*

Abstract:

In the following article we can see the process and the results of the SolvFick project which is based on the analysis of the behaviors of the different compounds that an engineer can perform; all this from the help of Fick's second law and the matlab application to be able to have a program that is capable of receiving certain data and these become a graph that indicates the behaviors of certain variables such as time, temperature, internal concentration and position.

1. Introducción

Para la construcción de este programa se tuvo que tener en cuenta conceptos tales como la difusión y el lenguaje de programación que se emplea en ciertos softwares tales como matlab, visual basic, Python, C++, entre otros. Con estos conocimientos se logró desarrollar un código, el cual tiene como propósito evaluar la segunda ley de Fick, lo cual se realiza mediante la elaboración de cuatro gráficas que relacionan dos variables, esto con el fin de analizar la relación que existe entre ellas, debido a lo anterior, es de vital importancia aclarar que el usuario, encontrará un código que se puede comprender de manera simple, por parte de casi cualquier miembro de la sociedad académica o laboral que soliciten obtener ciertos valores de la segunda ley de Fick.

Esta calculadora, cuenta con cinco funciones principales, las cuales se obtienen al despejar las variables desde la fórmula de la segunda ley de Fick, así mismo, se procede a obtener ciertos resultados que de cierta manera validaron la resolución de los ejercicios planteados por parte del usuario.

2. Materiales y métodos

Para poder elaborar este proyecto simplemente se requirió un software de programación, el cual en este caso es matlab, aunque sí hay que tener en cuenta algunos conceptos básicos frente a cada elemento de la ley de Fick y además de eso tener un buen manejo del lenguaje de programación que emplea Matlab.

Por medio de esto el método que empleamos se basó en primeramente relacionar las ocho variables a estudiar, las cuales se asociaron de una vez con su respectiva pareja, para analizar la relación que hay entre ellas, por ende se obtuvieron las siguientes parejas: $t(i), T(i)$; $C_x(i), t(i)$; $X(i), T(i)$; $C_x(i), T(i)$. Con las variables definidas, se procedió a despejar las variables en forma de función para que de esta manera se pueda insertar un ciclo for y que así mismo se obtengan valores dentro de un rango determinado, los cuales se procederá a graficar, de acuerdo a eso las ecuaciones que se despejaron a partir de la segunda ley de Fick son:

1. $T(i) = (\log(D_o) - (Q_d/R)) / (\log(D(i)))$
2. $t(i) = (((X/2)/(FZ))^2 / D(i))$
3. $A(i) = 1 - \text{erf}((X)/(2 * \sqrt{D * t(i)}))$
4. $C_x(i) = ((A(i) * (C_s - C_o)) / (C_o))$
5. $X(i) = FZ * ((2) * (\sqrt{D(i) * t(i)}))$

Donde se obtiene que el término “(i)” hace referencia a los valores que puede tomar el ciclo for en cada uno de los cuatro casos. En relación a lo mismo, se pudo obtener de manera concisa resultados precisos, los cuales se habían conseguido previamente mediante ejercicios solucionados por parte del libro Ciencia e Ingeniería de los Materiales [2].

En cuanto la programación de esta calculadora, se realizó un diagrama de flujo y un código, en el cual había un condicional case, un ciclo for y una gráfica producida bajo el código de plot, con estos conceptos básicos de programación se pudo sintetizar los procedimientos que debe hacer el usuario, para que su

único trabajo sea ingresar los valores correspondientes a cada variable independientemente.

El diagrama de flujo y el código se adjuntan en los anexos, para que así los estudiantes y los docentes tengan acceso a los elementos anteriormente mencionados, para que así mismo ellos puedan acceder a los recursos suministrados.

3. Resultados y discusión

Entre los resultados pudimos obtener tener un código, y diagrama de flujo, este código posee un proceso que nos ayuda a hallar las diferentes variables que se necesitan para poder tener una comprensión del comportamiento, también el código es capaz de realizar una aproximación a el valor de la función error que de por sí, son parte necesaria para poder realizar el respectivo desarrollo de las ecuaciones, también podremos encontrar unas gráficas que nos ayuden a poder entender mejor los comportamientos de la segunda ley de fick, con esto obtendremos gráficas como las siguientes:

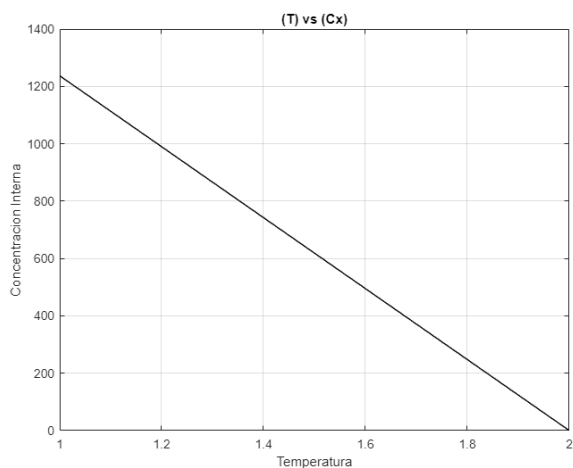


Figura 1. Concentración interna contra la temperatura.

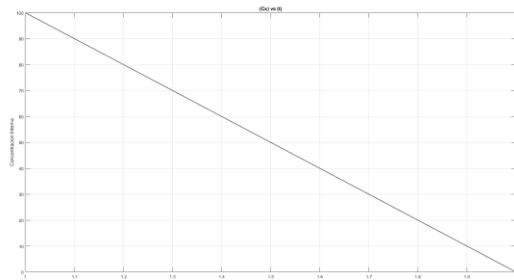


Figura 2. Concentración interna contra el tiempo.

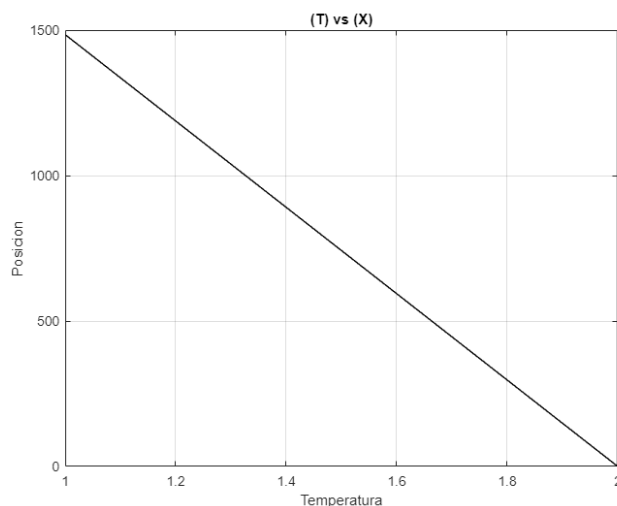


Figura 3. Temperatura contra la posición.

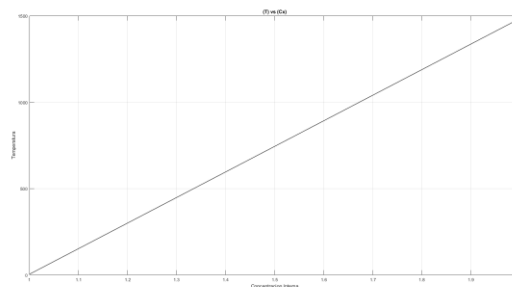


Figura 4. Temperatura contra la concentración interna.

Con esto podríamos ver el comportamiento de los distintos compuestos que un ingeniero mecánico será capaz de utilizar para poder entender que sucederá en con ese compuesto en un largo plazo, pudiendo así evitar futuras fracturas o futuros fallos con el trabajo que este necesite, también podremos obtener una representación gráfica, y que con esta misma los estudiantes puedan comprender con una mayor facilidad.

4. Conclusiones

En conclusión, pudimos observar que en el transcurso del proyecto, muchos estudiantes y/o ingenieros que se encuentran laborando se vieron beneficiados de la creación de la herramienta SolvFick, ya que con ella pudieron entender el relación que existe entre ciertas variables que podremos encontrar en la ecuación de la segunda ley de Fick; además pudimos concretar con los objetivos esperados al inicio de este proyecto, que se agilizo el tiempo que un ingeniero utilizaba para

poder interpretar varios de los elementos de la ecuación de la segunda ley de Fick.

5. Bibliografía

[1]“Documentation Home,”

Mathworks.com, 2021.

<https://www.mathworks.com/help/index.html> (accessed May 20, 2021).

[2] “Ciencia e Ingeniería de los Materiales”, W.

Callister,1985.<https://www.u>

cursos.cl/usuario/47b2fae07e5cdb9e6ab2fef0bf242390/miblog/r/CALLISTER_-

[Ciencia e Ingenieria de los Materiales.pdf](https://cursos.cl/usuario/47b2fae07e5cdb9e6ab2fef0bf242390/miblog/r/CALLISTER_-Ciencia_e_Ingenieria_de_los_Materiales.pdf) (accessed May 20, 2021).

6. Anexos

- Diagrama de flujo:
<https://drive.google.com/file/d/1JEd4-VEJJDdej-gdXBLuQHifQY0scvOT/view?usp=sharing>
- Código:
https://drive.google.com/file/d/169QCiDCXu_wcE_hkQbJOAqNmgtm8Dz51/view?usp=sharing

PROGRAMACIÓN/FÍSICA MECÁNICA

VI MUESTRA DE INVESTIGACIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA
GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN
INGENIERÍA MECÁNICA Y MECATRÓNICA -
GIMEC



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA
SEDE VILLAVICENCIO

VIGILADA MINEDUCACIÓN - SNIES 1704

Medidor de alturas Nerf

D. A. Ojeda, B. E. Salcedo, D. S. Zapata

Facultad ingeniería mecánica, Universidad Santo Tomás Villavicencio, vía Puerto López, 2021.

Información:

Historial del artículo:

Entrega final: 20/05/2021

Keywords: *programming logic, integral calculus, parabolic motion, development of the equations*

Abstract:

In this report, the approach to the integrating project assigned in the academic space of programming logic is carried out, by the hand of integral calculus, with which it is expected to solve the problems of parabolic motion by taking the theory into practice in an experimental way using the direct and indirect measurements, in turn, a code is organized in the MATLAB application to facilitate the development of the equations.

1. Introducción

En el presente informe se realiza el planteamiento del proyecto integrador asignado en el espacio académico de lógica de programación, de la mano de cálculo integral, con el que se espera resolver los problemas del movimiento parabólico llevando la teoría a la práctica de manera experimental usando las medidas directas e indirectas, a su vez se organiza un código en el aplicativo Matlab para facilitar el desarrollo de las ecuaciones.

2. Materiales y métodos

En primera instancia se plantea el problema a analizar: verificación experimental del movimiento parabólico utilizando las ecuaciones del movimiento rectilíneo uniforme y uniformemente acelerado implementadas en un algoritmo que simula el movimiento parabólico.

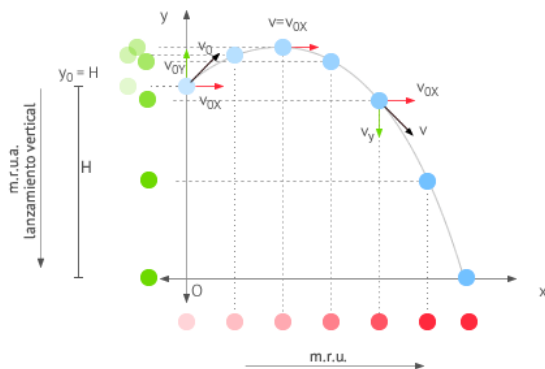


Figura 1. Diagrama gráfico del movimiento parabólico [1]

3. Resultados y discusión

El proyecto se realiza con el fin de que nuestros compañeros entiendan de manera didáctica, sencilla y divertida el movimiento parabólico las ecuaciones donde usamos los métodos de integración, derivación y la forma de cómo programar y calcular

las distintas ecuaciones para encontrar la posición, la velocidad, aceleración, entre otras.

Tabla 1. Resultado y objetivo relacionado

Resultado	Indicador	Objetivo Relacionado
Prototipo de mecanismo para calcular el movimiento parabólico tanto experimental como didáctico	Módulo de mecanismo graduado para disparos parabólicos	Desarrollar un algoritmo que al introducir los datos realice todo el desenlace.

El proyecto está basado o atiende a la necesidad de medir alturas de una forma en la que mediante conocimientos tanto de física como de cálculo podamos tener la altura, es decir que se busca una forma no convencional, pero sí experimental para medir alturas.

Para la implementación del programa se relaciona el código utilizado en Matlab

```

clear all
clc
GRA=9.8;
N1=input("Si quiere conocer el movimiento parabolico con la distancia total recorrida y el angulo de inclinacion ingrese (1) o Si lo quiere conocer desde una altura (Y) determinada ingrese (2)");
switch N1
case 1
xmax=input("Ingrese la distancia total que recorrio el dardo en metros");
G=input("ingrese el angulo");
G=G*3.1416/180;
V0=sqrt(((1/2)*GRA*xmax^2)/(cos(G)^2*xmax*tan(G)));
Voy=V0*sin(G);
tf=(Voy)/GRA;
tt=2*tf;
Ymax=Voy*(tf)-(0.5)*GRA*(tf)^2;
Vox=V0*cos(G);
fprintf("La distancia maxima recorrida es %d con un angulo de inclinacion de %d la altura maxima es %0.2f el tiempo final es %0.2f la velocidad es de %0.2f",xmax,G,Ymax,tf,V0);
for t=(0:0.1:tt)
x2max=Vox*t;
hold on
pause(0.3)
grid on
figure(1),plot(t,x2max,"*");
title("Distancia recorrida"), xlabel("TIEMPO (Segundos)"),
ylabel("DISTANCIA RECORRIDA (Metros)")
end
for t2=(0:0.9:tt)
Yf=Voy*t2-0.5*GRA*(t2)^2;
hold on
pause(0.6)
grid on
figure(2),plot(t2,Yf,"*");
title("Movimiento parabolico (oblicuo)"), xlabel("TIEMPO (Segundos)"), ylabel("ALTURA RECORRIDA (Metros)")
end
case 2
xmax=input("Ingrese la distancia total recorrida por el dardo");
Angg=input("ingrese el angulo");
H=input("ingrese la altura inicial en metros (m)");
Ang=Angg*3.1416/180;
Vo=sqrt(((1/2)*GRA*xmax^2)/(cos(Ang)^2*(H+xmax*tan(Ang))));
t=xmax/(Vo*cos(Ang));
ymax=H+(Vo*sin(Ang))^2/(2*GRA);
fprintf("La distancia recorrida es %0.2f m, \n con una velocidad inicial %0.2f \n con una altura del %0.2f m \n con un angulo de inclinacion de %d \n con una altura maxima de %0.2f y \n el tiempo total recorrido es de %0.2f s.\n",xmax,Vo,H,Angg,ymax,t);
for t4=(0:0.09:t)
x=Vo*cos(Ang).*t4;
hold on
pause(0.6)
grid on
figure(4), plot(t4,x,'*')
title('DISTANCIA RECORRIDA'), xlabel('tiempo (Segundos)'),
ylabel('Distancia (Metros)')
end
for t3=(0:0.09:t)
y=H+(Vo*sin(Ang)*t3)-(0.5*GRA)*(t3^2);
hold on
pause(0.6)
grid on
figure(3), plot(t3,y,"*")
title("MOVIMIENTO PARABOLICO (Horizontal)"), xlabel("Tiempo (Segundos)"), ylabel("Altura (Metros)")
end
end

```

La simulación realizada mediante el algoritmo implementado en Matlab se valida con un simulador utilizado para prácticas de laboratorio virtuales

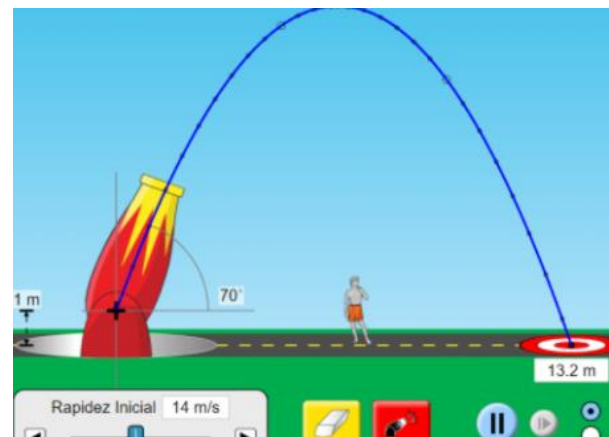
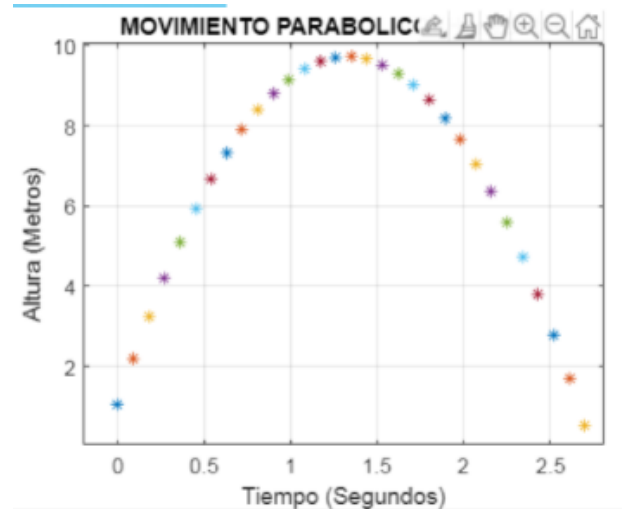


Figura 2. Verificación de la simulación [2]

Se realizó la prueba experimental tal como se muestra en la figura 3

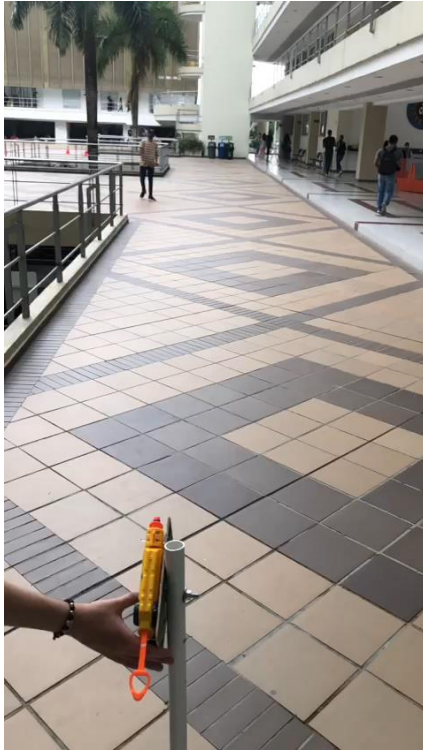


Figura 3. Prueba Experimental

Se obtuvieron los siguientes resultados

- distancia recorrida es 13.00 m,
- velocidad inicial 13.88
- altura del 1.05 m
- ángulo de inclinación de 70°
- altura máxima de 9.72 y
- El tiempo total recorrido es de 2.74 s.

La velocidad inicial fue el único dato que no se verificó experimentalmente.

4. Conclusiones

Se verifica a nivel experimental que las ecuaciones del movimiento rectilíneo uniforme y rectilíneo uniformemente acelerado son válidas para analizar el movimiento parabólico, el programa se validó con un simulador de movimiento parabólico y se obtienen los mismos resultados

5. Bibliografía

[1] Movimiento Parabólico,

[En línea]. Available:

<https://www.fisicalab.com/apartado/movimiento-parabolico>

[2]<https://phet.colorado.edu/s>

ims/html/projectile-motion/latest/projectile-motion_es.html

[3] Q. Ernestina V., «Caida libre,» [En línea]. Available: https://www.uaeh.edu.mx/docencia/P_Presentaciones/prepa2/2019/VertizAguirre-Ernestina-Caida%20libre.pdf. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo País México

[4] «Introducción a Matlab,» [En línea]. Available: <https://la.mathworks.com/help/matlab/getting-started-with-matlab.html>

[5] «Concepto de derivada,» [En línea]. Available: http://recursostic.educacion.es/descartes/web/materiales_didacticos/Derivada_de_una_funcion/Derivada_de_una_funcion.htm

[6] CNNFÍSICA
«VELOCIDAD, POSICIÓN Y ACELERACIÓN POR INTEGRACIÓN.

,» [En línea].

Available: <http://ccnnfisica1.weebly.com/velocidad-posicion-y-aceleracion-por-integracion.html>

INGENIERÍA DE MATERIALES/DIBUJO DE MÁQUINAS



CINTA TRANSPORTADORA

I. C. Riveros, D. M. Ceballos^a, H. A. Ruiz

^aFacultad ingeniería mecánica, Universidad Santo Tomás Villavicencio, vía Puerto López, 2020.

Información:

Historial del artículo:

Entrega final: 24/05/2021

Keywords: *belt, conveyor, industry, drawing, solidworks*

Abstract:

Conveyor belts are a fundamental part of the industry. This one has a great impact on the industry since they are necessary mechanisms for different production lines from raw materials, loading, unloading, processing, distribution, packaging, organization, and other areas that use bulk items, grains, dough, powders, food, among others. These are divided into different parts as are the belt, transmission system and the chassis. Each component has a specific material depending on the job or function it performs in the machine, since depending on the material it will present different mechanical, physical, magnetic and chemical properties. Which will provide the material a unique or superior utility to other materials that perform the same homework. In the transmission system is the heart of the conveyor belt, the motor. This component is the most important part of the machine, it is capable of make the system work, transforming some type of energy, into energy mechanic capable of performing a job. Normally or the most common is that conveyor belts have a fully enclosed three-phase electric motor of asynchronous type.

1. Introducción

El presente proyecto sobre el diseño de una banda transportadora forma parte de los estudios de las asignaturas de Dibujo de Máquinas, Ingeniería de los Materiales y Cálculo, cuyos enfoques se interesan por la representación gráfica de diversos tipos de objetos con el propósito de proporcionar información suficiente para facilitar su análisis, ayudar a elaborar su diseño y posibilitar su futura construcción y mantenimiento, en este caso enfocado al dibujo mecánico, para la representación de piezas o partes de máquinas, maquinarias, vehículos como grúas, motos, aviones, helicópteros e industriales. Desarrollo de proyectos cuyo fin es hacer uso de las tecnologías, con especial atención a las mecánicas. Dominación de alto nivel las técnicas avanzadas de producción y transformación de los materiales y verse en la capacidad de contribuir al desarrollo de materiales nuevos y de nuevos procesos de producción.

- **Objetivo General**

Diseñar un modelo de una banda transportadora mediante la herramienta de diseño SolidWorks, para

transporte ligero de materiales como lo es el PVC.

- **Objetivos específicos**
 - Representación gráfica de los componentes.
 - Selección de materiales para cada componente.
 - Explicación de las operaciones en la herramienta de diseño SolidWorks.

2. Materiales y métodos

Partes de La Cinta Transportadora:

Cinta: Es el elemento fundamental de la banda transportadora. Es la parte que soporta que se va a desplazar de un punto a otro, por lo tanto, es la que más desgaste va a sufrir ya que no solo está sometida a un proceso de rotación, sino que tiene que soportar el peso del producto que desplaza. Dependiendo del producto que se vaya a transportar el material de fabricación puede variar, si se transporta productos pesados puede ser metálica, pero en caso de productos livianos se fábrica de materiales más flexibles como lo

es el caucho.

- Sistema de Transmisión:

El sistema de transmisión está conformado por los tambores, los rodillos y el motor. El motor es un elemento que normalmente es eléctrico, aplica fuerza mediante un eje a los tambores, que son los elementos sobre los que gira la banda transportadora. Para guiar y acompañar la cinta transportadora, a lo largo de la construcción se encuentran con una serie de rodillos que mantienen el peso de la cinta, así como su tensión. Como mínimo, encontramos dos tambores, uno en cada extremo del conjunto, ya que sobre ellos se produce el giro de la banda. Es la única forma de garantizar un movimiento continuo y constante. El tambor que recibe la fuerza del motor se denomina tambor motriz, y el otro recibe el nombre de tambor conducido.

Existen tipos de cintas transportadoras en donde nos encontramos un tercer tipo de tambor que se encuentra entre los ambos tambores, se le denomina tambor de ajuste. Su función como su nombre lo dice es hacer de tensor, para evitar que la cinta se deforme.

Depende en donde se encuentre el motor ubicado nos encontramos con dos tipos de cinta transportadora:

- Cinta de motorización central, el tambor al que se aplica la fuerza motriz está en el centro de la cinta.
- Cinta de motorización en cabecera, en la que el motor está ubicado en uno de los extremos de la cinta transportadora.

Los tambores y rodillos tienen que ser muy resistentes a la fricción para evitar tirones, desgaste de la banda o un consumo excesivo de energía.

- Chasis: Todo el conjunto que forman la cinta transportadora, los rodillos y el tambor son montados sobre una estructura metálica, el chasis o también llamado bastidor, el cual debe ser muy resistente para

poder soportar todo el peso y para servir de columna central de todo este equipo.

A través del bastidor van colocados los rodillos. Sobre estos mismos se monta la banda, también se acoplan al chasis los tambores que aportan la fuerza de movimiento a la cinta y el eje de transmisión que une la polea motriz con el motor.

Términos básicos del motor eléctrico

- Potencia: Normalmente dada en kilovatios (kW) determinados por los requisitos del equipo, la carga total, las condiciones de funcionamiento y la velocidad.
- Voltaje: el voltaje de un motor está determinado por la fuente a la que está conectado. Y con este se puede determinar la eficiencia del motor.

$$Ef = \frac{H \cdot P \times 746}{\sqrt{3} \times V_{L-L} \times I \times F \cdot p}$$

- Fase: Las fuentes de alimentación más comunes son monofásicas o trifásicas. En este caso es trifásica.

- Frecuencia: 60 Hz La alimentación de corriente alterna es común en los EE. UU. Y 50 Hz es común en muchos países extranjeros.

¿Cómo se hace el cálculo del motor?

El cálculo ayuda a seleccionar la capacidad del motor adecuada al tiempo que garantiza la capacidad de carga sin consumir demasiada energía en el proceso de transmisión de potencia. Los pasos a seguir son:

- Análisis de la carga de la cinta transportadora.

$$Q_v = 3600 \cdot v \cdot A \cdot k$$

- Cálculo de la relación de transmisión de la cinta.

$$i = \frac{\omega_{conductor}}{\omega_{conducido}} = \frac{D_{conducido}}{D_{conductor}} = \frac{N_{conducido}}{N_{conductor}}$$

- Cálculo del torque del motor.

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

- Cálculo de potencia del motor.

$$P = \frac{T \times RPM}{727,7}$$

Materiales para la Cinta transportadora

- Cinta: Caucho NBR
- Tambor Motriz: AISI Acero 316
- Tambor Tensor: AISI Acero 316
- Tambor Conductor: AISI Acero 316
- Chasis: Aluminio 6063

Análisis del Material

- Ficha Técnica Acero AISI 304:

El acero inoxidable AISI 304 es el material más común en los aceros inoxidables. Debido a que el acero inoxidable 304 contiene 18% de cromo (Cr) y 8% de níquel (Ni), también se conoce como acero inoxidable 18/8. El SS304 tiene buena procesabilidad, soldabilidad, resistencia a la corrosión, resistencia al calor, resistencia a baja temperatura y propiedades mecánicas, buena trabajabilidad en caliente, como estampado y doblado, y ningún endurecimiento por tratamiento térmico. El acero 304 no es magnético, pero puede ser ligeramente magnético después del trabajo en frío.

Composición química:

Densidad	8.03 g/cm ³
Punto de fusión	1310-1398 °C
Calor específico (Capacidad calorífica específica)	500 J/(kg·K) a 20 °C
Resistividad eléctrica	0.74 µΩ·m (20 °C)
Permeabilidad magnética	1.02 (Aproximado)
Módulo elástico	193 GPa (28×10 ⁶ psi)
Difusividad térmica	4.05 mm ² /s
	12.1 (20 °C)
Coeficiente de conductividad térmica	16.3 (100 °C)
	21.5 (600 °C)
	15.9 (20-100 °C)
Coeficiente de dilatación lineal	16.2 (20-300 °C)
	17.5 (20-500 °C)

Propiedades mecánicas:

AISI 304 Propiedades Mecánicas									
AISI	API	Resistencia a la tracción	Límite de elasticidad	Elongación en 50 mm	Reducción de área, %	Dureza Brinell	Dureza Rockwell	Producto	Condiciones
	UNS	(MPa) ±	(MPa) 0.2%	(%) ±	(%)	(HBS) ±	(HRC) ±		
AISI		515	205	40	-	201	92	Placa de acero.	-
AISI/A204M								Hoja y tira	
		515	205	40	50	-	-		Recocido, acabeado en caliente
									Recocido, acabeado en frío
	304	505/450	420	30	40	-	-	Barra y formas de acero	Recocido, acabeado en frío, diámetro ≤ 12.7 mm
AISI/A204M									Recocido, acabeado en frío, diámetro > 12.7 mm

Propiedades físicas:

AISI 304 Propiedades Mecánicas	
Densidad	7.93 g/cm ³
Punto de fusión	1300-1454 °C
Calor específico (Capacidad calorífica específica)	500 J/(kg·K) a 20 °C
Resistividad eléctrica	0.73 µΩ·m (20 °C)
Permeabilidad magnética	1.02 (Aproximado)
Módulo elástico	193 GPa (28×10 ⁶ psi)
Difusividad térmica	3.84 mm ² /s
Coeficiente de conductividad térmica	16.3 (100 °C)
	21.5 (600 °C)
	17.2 (20-100 °C)
Coeficiente de dilatación lineal	17.8 (20-300 °C)
	18.4 (20-500 °C)

- Ficha Técnica Caucho NBR:

Temperatura:

-30 + 120 °C

Densidad:

1,50 gr/cm³ Dureza:

65 SH

Propiedades:

- Buenas propiedades mecánicas.
- Excelente resistencia a los aceites, lubricantes y grasas.
- Buena resistencia a los agentes atmosféricos.
- Moderado envejecimiento.

Aplicaciones

Para la fabricación de juntas y todo tipo de piezas en entornos industriales. Se aplica en aquellos entornos donde se quiere evitar el ataque de los aceites y grasas a la vez que se mantienen sus propiedades mecánicas. Juntas de sellado, tóricas, piezas para transformadores eléctricos y mantenimiento industrial en general.

Características Generales

EL NBR es copolímero de acrilonitrilo y butadieno, un caucho sintético con excelente resistencia a los fluidos hidráulicos, aceites lubricantes, fluidos de transmisión y otros productos a base de petróleo no polar. También es resistente a los agentes atmosféricos y al agua. En cambio, no resiste bien la acetona, los hidrocarburos y el cloro. Posee buenas resistencias mecánicas.

- Ficha TécnicaAluminio 6063

La aleación de aluminio 6063 es una aleación de resistencia media con magnesio y silicio como elementos de aleación. Comúnmente conocida como aleación arquitectónica, el aluminio 6063 presenta buenas propiedades mecánicas, un buen acabado superficial y alta resistencia a la corrosión. El aluminio 6063 es tratable térmicamente fácilmente y se puede soldar y anodizar fácilmente. Más comúnmente disponible en temple T6, en la condición T4 tiene buena formabilidad.

La aleación 6063 se usa normalmente en extrusiones intrincadas, aplicaciones arquitectónicas, tubos de riego, puertas, marcos de ventanas, techos y marcos de carteles. Se suministra como perfiles estándar que incluyen T, canal, ángulo y barra plana, así como sección de caja y tubo.

Propiedades físicas del aluminio 9999	
Densidad	2700 kg/m ³
Punto de fusión	933°C
Módulo de elasticidad	69 GPa
Resistencia a la tracción	0.025x10 ⁴ GPa
Conductividad térmica	200 W/m.K
Expansión térmica	23.5 x 10 ⁻⁶ K

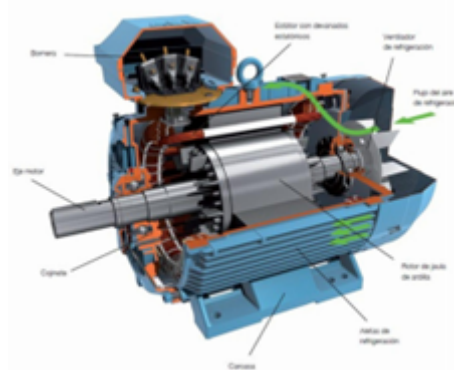
Propiedades mecánicas	Aluminio de aluminio 6061 S100 0	Aluminio de aluminio 6061 S100 0	Aluminio de aluminio 6061 S100 0
Fuerza de tracción		80 MPa (115 ksi)	100 MPa (145 ksi)
Fuerza de tracción	100 MPa (145 ksi)	100 MPa (145 ksi)	100 MPa (145 ksi)
Elongación A50 mm	10 %	10 %	10 %
Corrosión	20 mm	20 mm	20 mm
Elongación A	10 %	10 %	10 %

Composición química del aluminio 6063	
Elemento	% Presencia
Si	0.2 to 0.6
Fe	0.0 to 0.25
Cu	0.0 to 0.1
Mn	0.0 to 0.1
Mg	0.45 to 0.9
Zn	0.0 to 0.1
Ni	0.0 to 0.1
Cr	0.1 max
Al	Balance

Temperos más comunes para el aluminio 6063	
T4	Solución tratada térmicamente y envejecida naturalmente
T6	Solución tratada térmicamente y envejecida artificialmente

Tipo de Motor

Motor trifásico alemán de la marca Walther Flender asincrónico, con una potencia que puede variar entre 0 kW hasta 315 kW, totalmente cerrado. Estos motores están compuestos por dos armaduras coaxiales: una de ellas es un cilindro giratorio, llamado rotor de jaula de ardilla, es la parte que rota usada comúnmente en un motor de inducción de corriente alterna, que va a transmitir la fuerza a través de un eje. El rotor puede girar, soportado por cojinetes, en el hueco de un cuerpo fijo, llamado estator.



Reductor de Velocidad

Los reductores de velocidad son utilizados para controlar y variar las revoluciones por minuto (rpm) de los motores eléctricos, ya que en la mayoría de los procesos industriales las velocidades de los motores son demasiado altas. La utilización de los reductores de velocidad nos da un menor número de rpm de salida, pero sin disminuir de manera significativa la potencia, aumentando el par de forma segura y eficaz.

Los reductores están diseñados a base de engranajes, mecanismos circulares y dentados con geometrías especiales de acuerdo con su tamaño y la función en cada motor. Pero básicamente, un reductor de velocidad es un sistema de transmisión caracterizado porque su velocidad de salida es menor que la de entrada.

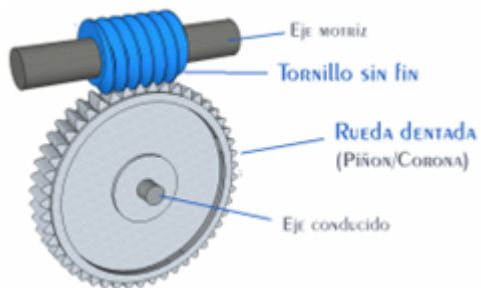


Reductores corona de tornillo sin fin

En ingeniería mecánica se denomina tornillo sin fin a

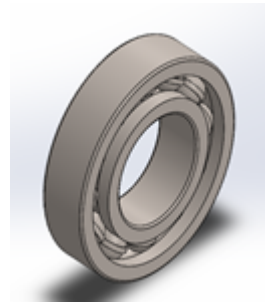
un dispositivo que transmite el movimiento entre ejes que son perpendiculares entre sí, mediante un sistema de dos piezas: el “tornillo” (con dentado helicoidal), y un engranaje circular denominado “corona”.

Los reductores de tornillo sin fin se utilizan generalmente en prensas, laminadores, cadenas de montaje, maquinaria en industrias de explotación minera, en timones de barco y en sierras circulares. Además, en fresadoras y máquinas herramienta sirven para ubicar los útiles de corte en la zona de trabajo con alta precisión, utilizando sistemas de doble tornillo con tolerancias estrictas. También se utilizan en los mecanismos de control de muchos tipos de ascensores y de escaleras mecánicas, debido a su tamaño compacto y a la no reversibilidad del movimiento, entre otros.



3. Resultados

RODAMIENTOS

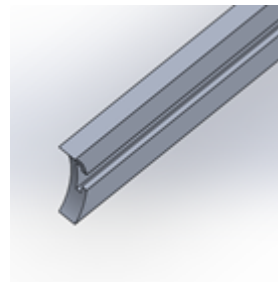


SKF - 618-7 - 12,DE,AC,12_68

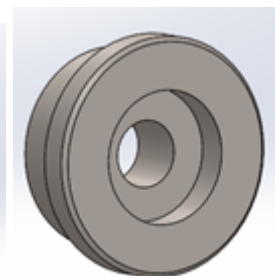
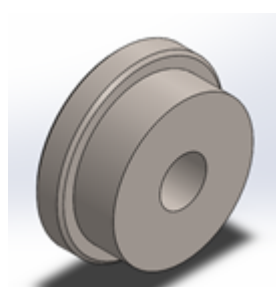
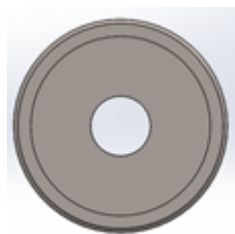
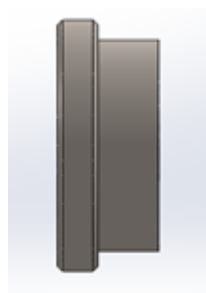
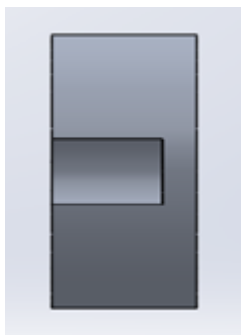
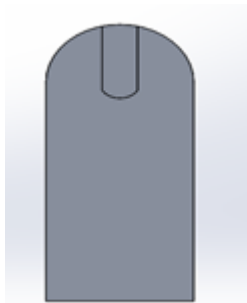


Truarc 5100-31 - S0.312

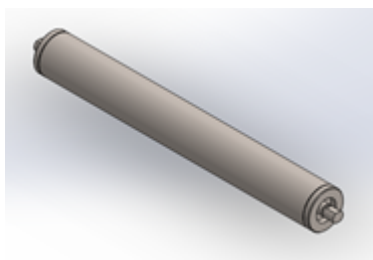
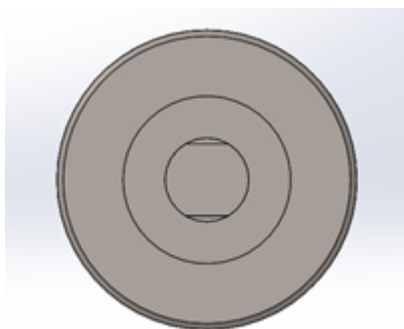
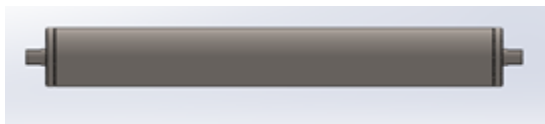
PERFIL RANURADO ALUMINIO 6063



SOPORTES EJES

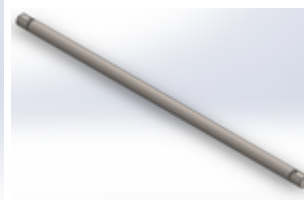
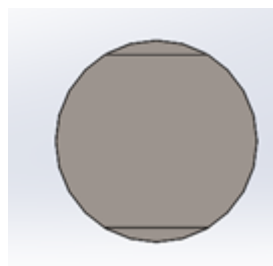


RODILLO CONDUCTIDO DE ACERO AISI 316

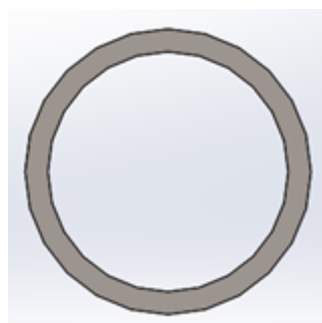
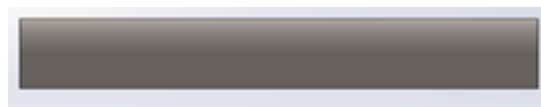


CAJA DE BALERO

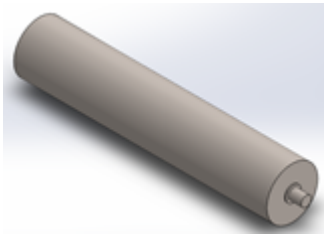
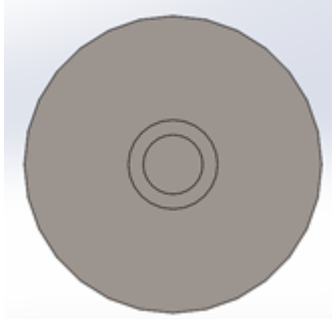
EJE



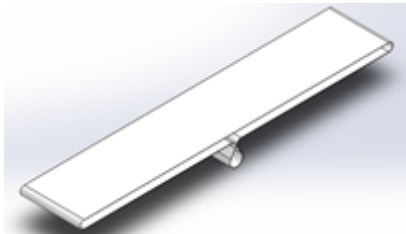
TUBOS DE ACERO AISI 316



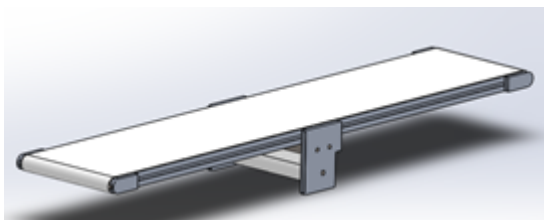
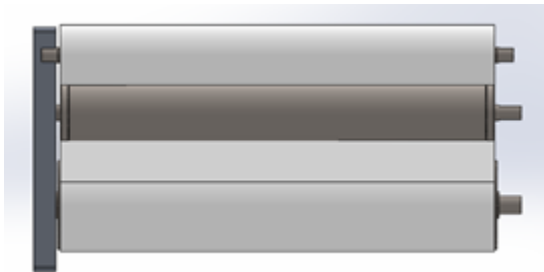
RODILLO MOTRIZ



BANDA DE CAUCHO NBR



DISTRIBUCIÓN DE RODILLOS



Ejemplo de ensamble terminado



Modelación 3D de la Cinta Transportadora en SolidWorks

Definición de Ajustes y Tolerancias

Soporte: H11/h9

- Tolerancia del Eje:

Límite Superior: 0

Límite Inferior: $-30\mu\text{m}$

Diámetro Máximo del Eje: 3.5mm

Diámetro Mínimo del Eje: 3.47mm

- Tolerancia Del Agujero:

Límite Superior: $75\mu\text{m}$

Límite Inferior: 0

Diámetro Máximo Del Agujero: 3.575mm

Diámetro Mínimo Del Agujero: 3.5mm

Caja de Balero: H11/h11

- Tolerancia del Eje:

Límite Superior: 0

Límite Inferior: $-110\mu\text{m}$

Diámetro Máximo del Eje: 14mm

Diámetro Mínimo del Eje: 13.89mm

- Tolerancia Del Agujero:

Límite Superior: $110\mu\text{m}$

Límite Inferior: 0

Diámetro Máximo Del Agujero: 14.11mm

Diámetro Mínimo Del Agujero: 14mm

H7/k6

- Tolerancia Del Eje:

Límite Superior: $10\mu\text{m}$

Límite Inferior: $-1\mu\text{m}$

Diámetro Máximo Del Eje: 7.01mm

Diámetro Mínimo Del Eje: 7.001mm

- Tolerancia Del Agujero:

Límite Superior: $15\mu\text{m}$

Límite Inferior: 0

Diámetro Máximo Del Agujero: 7.015mm

Diámetro Mínimo Del Agujero: 7mm

H7/h6

- Tolerancia Del Eje:

Límite Superior: 0

Límite Inferior: $-9\mu\text{m}$

Diámetro Máximo Del Eje: 7mm
Diámetro Mínimo Del Eje: 6.991mm
• Tolerancia Del Agujero:
Límite Superior: 15µm
Límite Inferior: 0
Diámetro Máximo Del Agujero: 7.015mm
Diámetro Mínimo Del Agujero: 7mm

H6/k10

• Tolerancia Del Eje:
Límite Superior: 84µm
Límite Inferior: 0
Diámetro Máximo Del Eje: 21.084mm
Diámetro Mínimo Del Eje: 21mm
• Tolerancia Del Agujero:
Límite Superior: 13µm
Límite Inferior: 0
Diámetro Máximo Del Agujero: 21.013mm
Diámetro Mínimo Del Agujero: 21mm

Placa Lateral: E9/h9

• Tolerancia Del Eje:
Límite Superior: 0µm
Límite Inferior: -36µm
Diámetro Máximo Del Eje: 8mm
Diámetro Mínimo Del Eje: 7.964mm
• Tolerancia Del Agujero:
Límite Superior: 61µm
Límite Inferior: 25µm
Diámetro Máximo Del Agujero: 8.061mm
Diámetro Mínimo Del Agujero: 8.025mm

4. Revisión Bibliográfica

- Acero Inoxidable - AISI 316 - Catálogo en línea - Materiales en pequeñas cantidades para el diseño Goodfellow. (2008– 2021). Goodfellow. <http://www.goodfellow.com/S/Acero-Inoxidable-AISI-316.html>
- Flender, W. (s. f.). Motor trifásico by Walther Flender | DirectIndustry. <https://www.directindustry.es/product/walther-flender/product-16018-2210195.html>
- Calero, R. (2021, 12 enero). Partes de una cinta transportadora - Ingeniería Agroindustrial. Calero Group.

<https://www.calero-group.com/partes-de-una-cinta-transportadora/>

- Redacción AyJ Transmisiones. (2020, 1 diciembre). Los componentes para calcular la potencia de una banda transportadora. Aprenda a calcular la potencia de una banda AyJ Transmisiones. <https://www.ajtransmisiones.com/blog/comprender-calcular-potencia-banda-transportadora>

- Motores Eléctricos De Corriente Alterna De 3w A 400w, Pequeño Y Potente Par De Alta Torsi3n A Baja Rpm - Buy Small Powerful Ac Electric Motors, 110v High Torque Low Rpm Electric Motor, Low Rpm Ac Gear Motor

mayo de 2021, de <https://spanish.alibaba.com/product-detail/high-torque-low-rpm-small-powerful-ac-electric-motors-3w-to-400w-60411068526.html?spm=a2700.7724857.nor>

mal_offer.d_image.13bf4da6J7UAuj

- Motores Eléctricos De Corriente Alterna De 3w A 400w, Pequeño Y Potente Par De Alta Torsi3n A Baja Rpm - Buy Small Powerful Ac Electric Motors, 110v High Torque Low Rpm Electric Motor, Low Rpm Ac Gear Motor Product on Alibaba.com. (s. f.). Alibaba.Com. Recuperado 14 de mayo de 2021, De https://spanish.alibaba.com/product-detail/high-torque-low-rpm-small-powerful-ac-electric-motors-3w-to-400w-60411068526.html?spm=a2700.7724857.normal_offer.d_image.13bf4da6J7UAuj
- Redacción AyJ Transmisiones. (2020, 1 diciembre). Los componentes para calcular la potencia de una banda transportadora. Aprenda a calcular la potencia de una banda | AyJ Transmisiones. <https://www.ajtransmisiones.com/blog/comprender-calcular-potencia-banda-transportadora>

[om/blog/comprender-calcular-potencia-banda-transportadora](https://www.ajtransmisiones.com/blog/comprender-calcular-potencia-banda-transportadora)

- Cómo Funcionan los Motores Eléctricos - Motores de Inducción de CA Trifásicos Motor De CA. (2021, 14 febrero). [Vídeo]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=MUNEI1b1F4w>
- cómo funciona un motor de inducción ? (2013, 28 noviembre). [Vídeo]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=OITDyL6ZPOY>
- A. (2020, 11 agosto). Eficiencia de un motor eléctrico y los valores más comunes. Electricaplicada. <https://www.electricaplicada.com/eficiencia-de-un-motor-electrico-y-los-valores-mas-comunes/#formula-eficiencia-motor-trifasico-ac-corriente-alterna>
- Paguatian, E. (2016, 28 abril). Potencia-Rendimiento-torque y balance térmico. Slideshare. <https://www.slideshare.net/ingpaguatian2/potenciarendimiento-torque-y-balance-trmico>
- Cálculo Y Diseño de Cintas Transportadoras. (s. f.). ingemecanica. Recuperado 14 De mayo de 2021, De <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn84.html>
- Equipo de redacción Escobar y Martínez. (2020, 24 diciembre). ¿Cómo calcular la capacidadde una banda transportadora? Escobary Martinez. <https://www.eymproductostecnicos.com/calculo-capacidad-de-una-banda-transportadora>
- Motor de inducción. (2016, 22 noviembre). Máquinas Eléctricas. <https://maquinaselectricasblog.wordpress.com/motor-de-induccion/>
- ALUMINIO AERONÁUTICO. (s.f.). Teknika4. <https://www.teknika4.com/es/aluminio-6063>
- El Reductor de velocidad. (s.f.). roydisa. <https://www.roydisa.es/archivos/3356>

DIBUJO DE MÁQUINAS

VI MUESTRA DE INVESTIGACIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA
GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN
INGENIERÍA MECÁNICA



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA
SEDE VILLAVICENCIO

VIGILADA MINEDUCACIÓN - SNIES 1704

Dibujo y modelado de un elevador de cangilones.

C.A. Paez, J.H. Melo

^aFacultad ingeniería mecánica, Universidad Santo Tomás Villavicencio, vía Puerto López, 2021.

Información:

Historial del artículo:

Entrega final: 08/06/2021

Keywords:

Elevator, cereals, prototype.

Abstract:

In this article, it will be explained how is the step by step of the manufacturing and subsequent assembly of a bucket elevator, whose objective will be to vertically transport different cereals for storage, it is to take into account that this bucket design It is a prototype, which will help us to resolve doubts and correct previous errors when designing a larger one.

1. Introducción

El elevador de cangilones es usualmente usado para elevar distintos materiales a granel. Estos usualmente están contruidos a partir de una serie de baldes o recipientes conocidos como “cangilones”, los cuales están fijados de manera consecutiva a una banda transportadora o con cadenas, los cuales son el elemento de tracción, estos mismos haciendo un recorrido de forma sin fin entre un cabezal superior y uno inferior, donde cualquiera de los dos puede cumplir la función de ser un tensor o ser motriz (normalmente el inferior es el tensor y el superior es motriz y tensor).

La estructura puede ser abierta o cerrada, ya esto depende de cual vaya a ser el material transportado, teniendo en cuenta que puede ser abierto, mientras el material no se vea afectados por el medio ambiente o el medio ambiente se vea afectado por contaminantes del material, esto puede suceder con cereales principalmente, donde esta debe ser cerrada. Parte de la estructura donde se encuentran mecanismos o partes móviles, siempre deben estar aisladas por temas de seguridad.

El propósito de este trabajo fue lograr diseñar un prototipo de un elevador de cangilones, para el transporte vertical y posterior almacenamiento del arroz, ya que este se almacena en los silos de manera vertical, se ha diseñado un bosquejo a mano alzada, así como su diseño en CAD, en el software SolidWorks y sus respectivos planos.

Los sectores más comunes donde se implementan estos dispositivos son en la industria de la

alimentación, especialmente en el almacenamiento agrícola, también en la industria química, metalúrgica y en la construcción de maquinaria. Las ventajas que ofrece un elevador de cangilones son muy diversas y variadas [2], las más importantes son las siguientes:

- Amplios caudales de elevación.
- Grandes alturas de elevación.
- Facilita la carga y descarga de materiales.
- Estructura liviana con un desgaste mínimo y mantenimiento sencillo.
- Bajo consumo de energía.
- Produce poco ruido.
- Montaje y construcción simples.

2. Metodología y especificaciones de diseño y operación

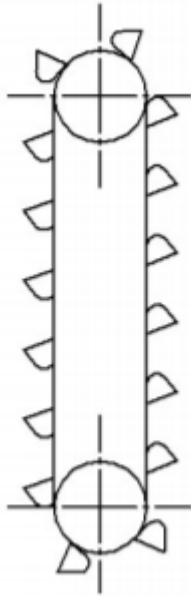


Figura 1. Esquema básico de un elevador de cangilones

Diseñamos los bosquejos a mano alzada para así, lograr concretar el funcionamiento y la cantidad de piezas que se debe tener en cuenta para el funcionamiento del elevador de cangilones, en la Figura 1, observamos un esquema básico de un elevador, como el concepto básico de su funcionamiento.

Después pasamos al programa SolidWorks para comenzar modelar las piezas en base a los planos ya hechos previamente, la máquina es un prototipo a una escala muchísimo más pequeña debido a que los elevadores de cangilones normales, generalmente superan más de 5 a 10 metros, al hacer la carcasa de la máquina no se hizo como es típicamente, con unos brazos alargados entre medias, de las carcasas, ya que no había necesidad de hacerlas porque es un prototipo a escala funcional, pequeño. Se hicieron ajustes en la entrada de potencia, no es una entrada a motor, se adaptó una entrada manual con un multiplicador de velocidad, para una mejor demostración, pero ojo, esto no funciona así en los elevadores de cangilones normales, generalmente la potencia viene dada de un motorreductor, cuando se reduce la velocidad por medio de engranajes, se gana torque y viceversa si se quiere ganar velocidad se perderá torque, son

inversamente proporcionales, a la hora de diseñar el engranaje que le da movimiento a la malla giratoria con los cangilones se optó por 2 engranajes en cada eje, con puntas que le otorgan un mayor agarre, en un elevador convencional se manejan 2 poleas grandes que le dan movimiento, cubriendo toda área de giro, todos estos cambios se deben a que en un principio se quería construir la maquina pero por cuestiones económicas, la pandemia y las marchas se hace difícil el poder trabajar en un proyecto relativamente grande, otra cambio en el diseño del elevador fueron los topes interiores sobre el eje para que los engranajes que mueven la malla, no se muevan lateralmente durante su funcionamiento, por la parte exterior se adaptó una arandela grande, en la cual se atraviesa un pin de lado a lado de la estructura del eje y la arandela, en 6 los engranajes de la maquina se hicieron chavetas paralelas en base a las medidas estandarizadas. Sobre el eje que va montado el engranaje de 40 dientes, se colocó un rodamiento para que solamente le permitiera girar y que no se salga debido al movimiento y el peso de la manivela que esta soldado sobre el mismo eje.

3. Resultados y discusión

En el prototipo de la máquina, se pudo observar en el diseño previo hecho en SolidWorks, se evidencio un correcto funcionamiento, ya que se cumplía con su principal propósito, elevar el arroz para depositarlo en otro contenedor, en la Figura 2, se observa el uso de una manivela, la cual, al ser un prototipo de la máquina final, no se vio la necesidad de usar un motor u otro mecanismo de mayor torque, para poder impulsar el mecanismo.

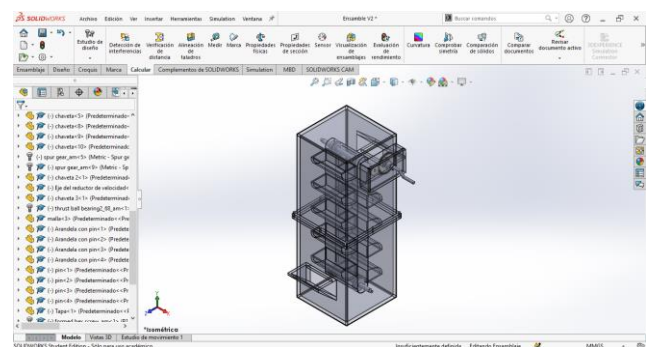


Figura 2. vista del elevador de cangilones en el programa SolidWorks.

viendo, asimismo, la implementación de un mecanismo de engranajes multiplicador, para aumentar la fuerza en vez de un motorreductor, acostumbrado a ver en usos de motores eléctricos. En la Figura 3, se observa más a

detalle el sistema de engranajes, el acoplamiento de la manivela y el funcionamiento más detallado del elevador de cangilones.

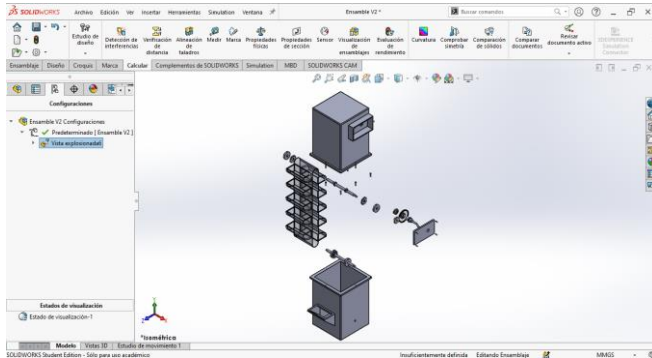


Figura 3. Diseño de elevador de cangilones, en vista explosionada.

4. Conclusiones.

En los resultados simulados, que obtuvimos en el uso del CAD, se logró observar que el mecanismo tenía un movimiento uniforme y sin ningún tipo de complicación en el trayecto, es de tener en cuenta que se da movimiento manual, con una manivela, donde este al ser este un dispositivo a escala, el cual solo es ilustrativo, obtuvimos los resultados esperados, obteniendo buenos resultados para así poder hacer su fabricación y posterior ensamble a un tamaño requerido y totalmente funcional, anexando ya un motor eléctrico y otras características, para poder ser de un uso industrial.

5. Bibliografía

- [1]M. Toledo Arce, *Diseño mecánico de un elevador de cangilones para basura con capacidad de 30kg altura total de 4m y velocidad de 0.30*. México D.F.: Instituto politécnico nacional, 2013.
- [2]A. Garfoli and J. Garfoli, *Elevadores a cangilones de descarga centrifuga*. Buenos Aires, Argentina: Universidad nacional del sur, 2014.

DINÁMICA / MECÁNICA DE FLUIDOS

Design and construction of a bench for jet impact measurement

C. A. Fernández¹, J. E. Macausland¹, C. F. Gutiérrez¹

Facultad Ingeniería Mecánica, Universidad Santo Tomás Villavicencio, vía Puerto López, 2021.

Información: Historial del artículo:

Entrega final: 04/06/2021

Keywords:

moment,
impact,
fluid, force,
force,
velocity.

Abstract:

The jet impact on surface is an experimental practice, which aims to measure the amount of momentum generated upon impacting a plate either flat, concave or flat with an angle of 30° with respect to a horizontal axis, where the water is deflected upon impact with the plate generating the momentum to be measured and therefore the force of the same. In this article we proceeded to build a bench to perform different jet impact tests on a flat surface and thus determine the forces with which this jet impacts the surface.

1. Introducción

En las aplicaciones de la mecánica de fluidos existen varias prácticas que nos permiten ver diferentes tipos de fenómenos físicos relacionados con aplicaciones en las que podemos observar las características especialmente de los fluidos que son capaces de hacer, como los podemos implementar para nuestra vida profesional, y a veces en diferentes momentos de nuestra vida cotidiana, en el día a día se indaga sobre el funcionamiento de las cosas y más a casos de estudio, la aplicación de recursos naturales, como por ejemplo el agua, que como sabemos es uno de los más abundantes en el planeta y puede ser utilizado como herramienta para describir ciertas propiedades y capacidades, como el experimento que se presentará en el siguiente artículo.

Uno de los experimentos más utilizados es el de impacto de chorro sobre superficies lo cual su principal objetivo es medir la cantidad de momento generado al impactar una placa ya sea plana, cóncava o plana con un ángulo de 30° respecto a un eje horizontal, donde el agua se desvía al impacto con la placa generando el momento que se desea medir y por ende la fuerza de la misma [1].

La medición experimental del impacto del agua con cualquiera de las placas es posible gracias a un banco experimental que permite establecer la fuerza del mismo impacto conservando el sistema en equilibrio; El banco es construido con materiales resistentes para

que soporte la fuerza con la que sale el chorro, la cabina principal es de material transparente para apreciar todo el sistema en funcionamiento, en resumen, el impacto de chorro nos permite analizar las fuerzas producidas por el chorro que golpea la superficie. [1]

De allí también se puede analizar la fuerza del chorro en función del caudal del agua y determinar cuanta fuerza es requerida para elevar el peso que se le suministre [2].

Claro está que, además de esto se puede calcular la velocidad con la que sale el chorro, esto para tener más información sobre el comportamiento del chorro, todo esto depende también tanto de la boquilla como del sistema que soporta el peso de las masas debido a que el sistema debería ser tan pesado y que la boquilla debería ser en forma cónica o con un ángulo de 60° respectivamente ya que, si la boquilla tiene un cambio de área significativo, existirá una caída de presión que no permitirá que el chorro salga con suficiente fuerza [2].

A continuación, se mostrará cada parámetro analizado y el proceso de construcción del banco para los respectivos objetivos a solucionar, que se debe de tener en cuenta y que ecuaciones se requieren para un adecuado análisis.

2. Materiales y métodos

Como objetivo principal, se busca conocer el valor de la fuerza del chorro que impacta sobre la superficie plana.

Para realizar el análisis del momento, realizamos la sumatoria de fuerzas para poder calcular así la fuerza en función del caudal [3].

$$\sum \vec{F} = \sum_{sale} \beta \dot{m} \vec{V}_{sale} - \sum_{entra} \beta \dot{m} \vec{V}_{entra} \quad \text{Ec.1}$$

Donde β es el factor de corrección del flujo de la cantidad del movimiento, para efectos de este experimento, lo asumimos como 1, $\dot{m}$ es el flujo másico y $\vec{V}$ son las velocidades que entran y salen respectivamente.

Al momento de realizar el análisis el primertérmino de la ecuación se hace 0, debido a que se está analizando el impacto que tiene el chorro con la superficie en la cual, la velocidad de salida se asume como el punto de referencia. Despejando y remplazando obtenemos que [3]

$$\vec{W} = \dot{m} \vec{V}_{entra} \quad \text{Ec.2}$$

Donde $\vec{W}$ es la fuerza teórica que impacta la superficie producto del impulso y dicha fuerza debe levantar las masas necesarias [4].

$\vec{W}$ En función del caudal

$$\vec{W} = \frac{\rho \nabla^2}{A} \quad \text{Ec.3}$$

Para hallar la fuerza, se relaciona una fuerza experimental la cual está dada por la siguiente ecuación [4]

$$\vec{F}_{exp} = W * g \quad \text{Ec.4}$$

Donde W es la masa total que levanta el chorro y g es el valor de la aceleración de la gravedad el cual es para efectos del laboratorio, 9,81m/s².

En dado caso se requiera calcular el flujo volumétrico en función de la fuerza que ejerce el sistema en reacción al chorro, se obtiene despejando el flujo volumétrico de la (Ec. 3) y se reemplazarían los datos, esto conociendo a $\vec{W}$ que es la fuerza de reacción al chorro, el área y la densidad del fluido [5].

$$\nabla = \sqrt{\frac{WA}{\rho}} \quad \text{Ec.5}$$

Al tener este valor de flujo volumétrico teórico reemplazamos en la misma ecuación de fuerza (Ec. 4) y allí ya se calcula la fuerza teórica para comparar dichos resultados de fuerza teórica vs fuerza experimental.

Estas son las ecuaciones requeridas para analizar el siguiente experimento.

Para la construcción del banco de impacto de chorro sobre superficies los materiales que se utilizaron son los que se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 1. Lista de materiales utilizados en la construcción.

Item	Cantidad	Objeto
1	1	Acrílico circular
2	1	Resorte
3	2	Aerosol
4	1	Primer
5	1	Tinner
6	2	Superficies (acrílico)
7	1	Brocha
8	2	Placas base
9	1	Boquilla
10	1	Tubo acople
11	1	Piezas PVC
12	1	Mano de obra (taller)
13	1	Silicona
14	3	Varilla roscada
15	9	Tuerca
16	9	Arandelas
17	1	Tubo central
18	2	Empaque
19	1	Teflón
20	1	Lija abrasivo

3. Resultados y discusión

A continuación, se mostrará el paso a paso de la construcción del banco. Primero se diseñó un prototipo en CAD de cómo debe quedar el banco construido.

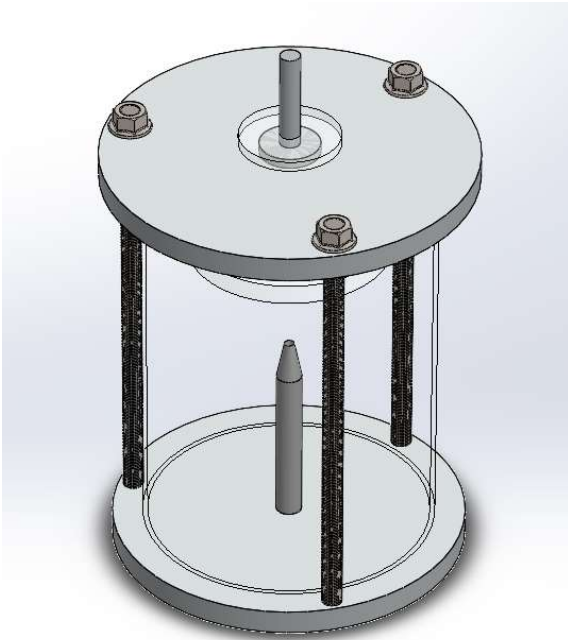


Figura 1. Prototipo del banco CAD.



Figura 2. Prototipo del banco CAD (renderizado).

Una vez planteado el modelo CAD, se procedió a la etapa de construcción. Se empezó por la base, la cual debe tener su respectivo acople.

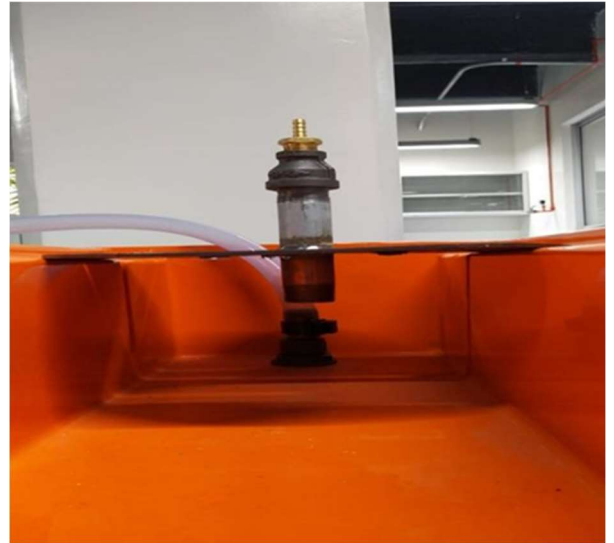


Figura 3. Base del banco con su respectivo acople ensamblado.



Figura 4. Proceso de lijado y pintado de las partes del banco.



Figura 5. Banco de prueba construido e instalado.

Ya construido el banco, se procede a analizar y obtener la información pertinente producto del experimento:

Tabla 2. Datos obtenidos al realizar diferentes pruebas variando las masas.

m total [g]	m [g]	V [L/s]	V [m ³ /s]	Fuerza exp (N)	Fuerza teo (N)	Error (%)
146,2	0	0,35	0,00035	1,72	1,43	16,5
176,2	30	0,39	0,00039	2,13	1,73	18,9
206,2	60	0,415	0,000415	2,41	2,02	16,2
236,2	90	0,435	0,000435	2,65	2,32	12,7
266,2	120	0,46	0,00046	2,97	2,61	12,0
296,2	150	0,49	0,00049	3,37	2,91	13,7
326,2	180	0,502	0,000502	3,53	3,2	9,43

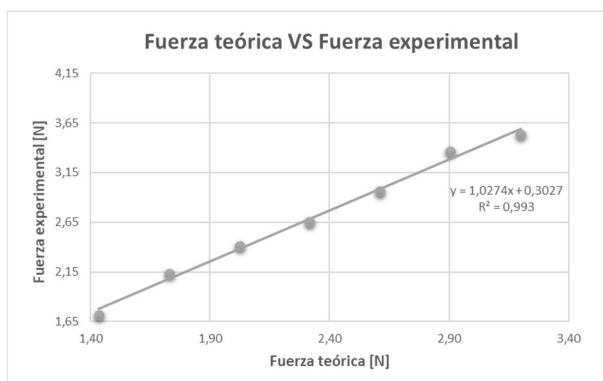


Figura 6. Gráfica de Fuerza teórica VS Fuerza experimental.

En esta grafica analizamos la relación que tienen las dos fuerzas halladas, una de ellas experimentalmente y la otra teóricamente denotando un punto importante en el análisis de la gráfica, se puede evidenciar que los valores no están dispersos. Se cuentan con errores relativos bajos lo cual nos permite concluir que el uso de las ecuaciones es acertado para determinar la fuerza teórica.

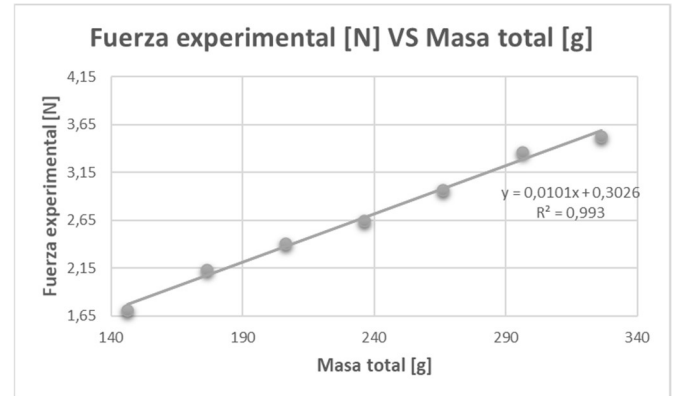


Figura 7. Gráfica de Fuerza experimental VS Masa total.

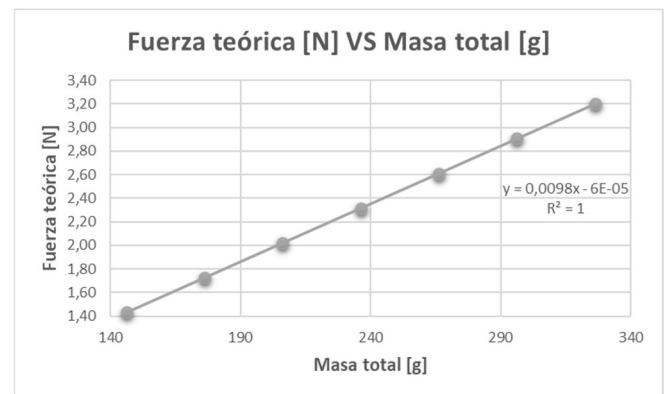


Figura 8. Gráfica de Fuerza teórica VS Masa total.

Las dos graficas anteriores están relacionadas con la masa total, de esta manera se analiza y se determina la fuerza requerida para elevar dicha masa, la cual es fuerza mínima requerida para que el impacto del chorro mantenga suspendida la masa.

Una de las gráficas es masa total vs fuerza experimental, allí los datos son más acertados debido a que las ecuaciones para hallar la fuerza son más acertadas ya que se conocen los valores reales, es por esto que en la gráfica se considera lo antes mencionado.

Caso contrario ocurre en la gráfica de fuerza teórica vs masa total, en esta gráfica se toman los datos de igual forma que en la curva anterior y lo único que varía en las ecuaciones utilizadas es el caudal, razón por la cual describe una línea recta y los datos no varían considerablemente.

Esto también lo podemos confirmar con los errores, ya que, se evidencian errores que en realidad son relacionados a lo que se está probando y supone aproximaciones lógicas, además de esto se hace una relación directa la cual es que a medida que se le aumenta la masa, el error es menor debido a que la resistencia que se opone a la fuerza del agua es mayor, lo cual obliga a existir una mayor fuerza del agua, así mismo de un incremento del caudal y por esta razón, se igualarían las fuerzas llegando a acercarse cada vez más entre los datos.

4. Conclusiones

Al momento de realizar estas pruebas una de las conclusiones y a la vez recomendaciones es que todos los elementos del banco deben estar bien ensamblados (ajustados) para que no existan fugas del fluido, además es recomendable aplicar algún tipo de químico anticorrosivo para que el sistema no presente corrosión, ya que todo esto influye bastante para el buen rendimiento del banco, una adecuada protección y correcto ensamble nos permiten obtener datos asertivos para el análisis de información.

También se concluye que, el uso de las ecuaciones teorías es verídico ya que los resultados teóricos son semejantes considerablemente a los datos reales experimentales, sin embargo, siempre en estas pruebas existe un error el cual se debe tener presente, pero ese error depende de otros factores como lo son las pérdidas por fricción, la salida del chorro del agua, la boquilla y las masas.

Con lo mencionado anteriormente, también se concluye que el sistema de masas superó en peso lo esperado, lo cual directamente hace que se requiera de mayor caudal y mayor velocidad, por lo tanto, se requiere mayor fuerza de la esperada, pero esto también conlleva a definir que, se requieren boquillas las cuales el cambio de sección sea de manera gradual, y no que sean cambios de área muy significativos y no exista gran pérdida de carga.

Las pruebas arrojaron información adecuada para la construcción de las gráficas, las cuales muestran el comportamiento de los datos de manera pertinente para el desarrollo del análisis, discusión y conclusiones.

5. Bibliografía

- [1] E. LÓPEZ, J. ALVERTO, I.D. MAYAG. "Diseño de un banco de impacto a chorro para el estudio del salto hidráulico circular". AUNAR, 2020.
- [2] Foldyna, J., et al. "Effects of pulsating water jet impact on aluminum surface." *Journal of Materials Processing Technology* 209.20. 2009.
- [3] Cengel, Y. (2006). *Mecánica de Fluidos, Fundamentos y Aplicaciones*. McGraw-Hill.
- [4] Crespo, A. (2006). *Mecánica de Fluidos*. Thomson.
- [5] Kundu, P., Cohen, I., & Dowling, D. (2016). *Fluid Mechanics*. Academic Press.
- [6] TecQuipment Limited. (1978). *Jet Impact H8*. Nottingham.
- [7] Munson, Okishii, Young, (2009). *Fundamental of Fluid Mechanics*, Wiley.

VI MUESTRA DE INVESTIGACIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA
GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN
INGENIERÍA MECÁNICA Y MECATRÓNICA -
GIMEC



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA
SEDE VILLAVICENCIO

VIGILADA MINEDUCACIÓN - SNIES 1704

Design and Construction of Device for Calculating Metacentric Height

S. D. Morales, J. D. Moreno, B. S. Poveda

^aFacultad ingeniería mecánica, Universidad Santo Tomás Villavicencio, vía Puerto López, 2021.

Información:

Historial del artículo:

Entrega final: 21/05/2021

Abstract:

The following article consists of the design and construction of a device with which it is expected to be able to calculate the metacentric height of a floating body, for which an investigation was carried out on these devices, in order to determine the physical and geometric characteristics. With which the device in question must have, once these characteristics were determined, the construction process of the device was carried out where tools such as welding equipment, cutting machine, lathe, polishers and other tools were used, in terms of materials it was decided to Work with stainless steel and acrylic, being materials resistant to corrosion since the device must remain submerged in water, once the device was built, the experimentation and data collection process was carried out to finally make the corresponding graphs and conclusions, where Quite interesting behaviors were observed that describe the stability of a floating body.

Keywords:

*Stability, heel
angle, righting
arm, flotation,
center of hull,
center of gravity.*

1. Introducción

La estabilidad transversal y altura metacéntrica de seguro son términos no muy conocidos pero no por ello poco importante; por el contrario gracias a varias investigaciones e indagaciones acerca del tema se ha encontrado que estos dos conceptos son de vital importancia en el campo Naval, ya que gracias a el análisis y estudio de estos es que un barco o cualquier cuerpo flotante tiene la capacidad de mantenerse a flote aun estando en condiciones difíciles [1], es por ello que en el presente artículo se quiso estudiar el sobre el comportamiento la estabilidad transversal y altura metacéntrica en determinadas situaciones.

Gracias a las consultas realizadas se logró encontrar que el cálculo de la altura metacéntrica se puede realizar a través de dos métodos [2], uno teórico y otro practico, siendo el método teórico mucho más complejo de realizar ya que para este método es necesario conocer muchas más variables por lo que podría llegar a ser más tedioso el proceso de la realización del cálculo, por ello en esta ocasión se optó por realizar todo el proceso de análisis y estudio de manera práctica o experimental.

Para lograr un óptimo calculo y análisis de la altura metacéntrica de cierto cuerpo es de vital importancia

tener en cuenta cierto tipo de términos y principios los cuales se encuentran directamente relacionados con los fenómenos experimentados en un cuerpo que se encuentra flotando los cuales, asimismo tienen gran influencia en el cálculo del metacentro. [3], a continuación, se hará énfasis en torno a dichos principios.

Teniendo en cuenta la fuerza de Empuje, la cual es conocida como la presión o fuerza que ejerce un fluido por unidad de área, esta fuerza es equivalente al producto de la masa del volumen desplazado por el objeto por la gravedad como lo establece el principio de Arquímedes, esta fuerza se encuentra normal a la superficie sumergida y se encuentra en dirección opuesta al peso del objeto [4]. Así como la Estabilidad que se considera como la capacidad de un cuerpo mantenerse a flote, para ello es necesario que se encuentre estático, es decir el resultado de la sumatoria de fuerzas debido al peso y la fuerza de empuje debe ser igual a cero [5].

De allí se establecen algunos postulados de estabilidad los cuales afirman de manera general que, si la densidad de un objeto flotante es mayor la densidad del fluido en el que se encuentra este será inestable y por lo tanto se va a hundir, en el caso de que las densidades sean iguales el cuerpo se encontrar

suspendido en el fluido, finalmente si la densidad del cuerpo es mayor a la del fluido es decir que la fuerza de empuje es mayor que la fuerza debido al peso este se mantendrá a flote. [6]

Por otro lado, el Centro de Gravedad **se** define como aquel punto en los tres ejes coordenados donde se encuentra aplicada la fuerza de gravedad, dicho punto es conocido como centro de masa, que es la posición donde se asume que se encuentra concentrada toda la masa del cuerpo, este término en el área de la flotación y estabilidad es de alta importancia [7]. Como también La Altura Metacéntrica, ya que esta es uno de los parámetros que mide la estabilidad en un cuerpo flotante y está definido por la distancia entre el centro de gravedad y el metacentro, siendo este último considerado como el punto de equilibrio obtenido al proyectar una línea perpendicular a la línea de flotación que cruza por el centro de carena, siendo el corte de esta línea en el eje y el metacentro [8].

Así mismo, el Brazo Adrizaste, es muy utilizado puesto que, es el parámetro principal en el cálculo de la estabilidad de un barco, y este está determinado por la distancia que hay entre el par de fuerzas, la fuerza de empuje y el peso, cuanto mayor sea esta separación mayor será la escora en el barco [9]. Otro de los elementos a tener en cuenta es el Momento Escorante el cual, es aquella fuerza que provoca que un cuerpo flotante genere cierto Angulo de inclinación hacia un costado del mismo, estos momentos pueden llegar a ser causados por fuerzas externas, como el viento o corrientes de agua [10].

En base a lo anteriormente mencionado surge la idea de estudiar y analizar el comportamiento de un cuerpo flotante, bajo distintas condiciones, Es por ello que nace la necesidad de diseñar y construir un dispositivo con el cual se puedan definir los parámetros en los que se encontrara el cuerpo flotante en cuestión, y que además permita obtener los datos necesarios para realizar los respectivos cálculos del metacentro, de este modo se lograra observar y analizar el comportamiento del metacentro respecto a las diferentes variables con las que se relaciona en las expresiones matemáticas utilizadas. [11]

2 Materiales y métodos

2.1 Diseño y Construcción

Para la fabricación del prototipo fue necesario utilizar los materiales mencionados en la tabla 1.

Tabla 1. Materiales Utilizados en el Proceso de construcción del Dispositivo.

MATERIALES	DIMENSIONES	PRECIO \$
TUBO DE ACERO INOXIDABLE CIRCULAR	1/2"* 50 cm	9200
TUBO DE ACERO INOXIDABLE CUADRADO	1/2"*1"*20 cm	4500
BARRA DE ACERO INOXIDABLE	1/4"*1"	10000
TORNILLOS	1/4"*1"	2000
CAJA DE ACRILICO	10*20*35 cm	50000
CALCOMANIAS	20cm	15000
	40 cm	
TRANSPORTADOR	180º	1000
TOTAL		91700

Se ha decidido trabajar con los materiales anteriormente mencionados debido a que el dispositivo debe mantener constantemente sumergido en agua por lo que es muy posible que se llegue a oxidar es por ello que se utilizan materiales altamente resistentes a la corrosión como en el caso del acero inoxidable y el acrílico[12], es importante mencionar que estos materiales no son tan económicos como las otras opciones, pero en cambio son de mucha mayor durabilidad y calidad.

Para el diseño del dispositivo fue necesario inicialmente recopilar toda la información necesaria a cerca de estos montajes, para así determinar las características del futuro diseño para así mismo determinar las dimensiones con las que contaría el mismo, se encontró que el diseño más sencillo y práctico de realizar fue el mostrado en la figura 3.

Figura 1. Diseño modelo del dispositivo a prototipar.

Una vez se conocía el diseño con el que se trabajara, se procede a realizar el proceso de planimetría y diseño en 3D haciendo uso de la herramienta de diseño SolidWorks.

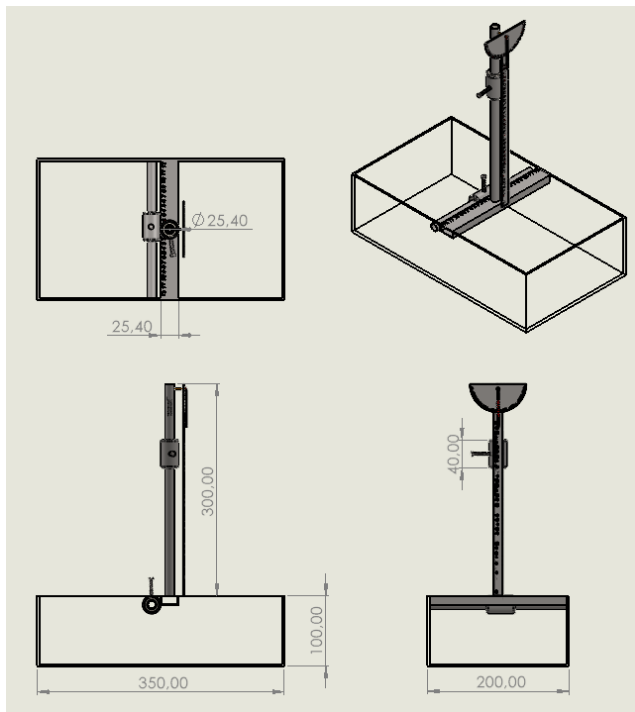
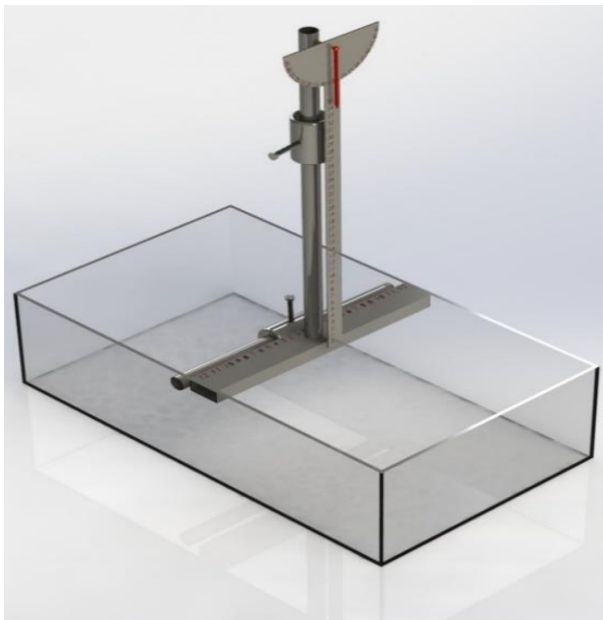


Figura 2. Plano isométrico del diseño a realizar



Posterior al proceso de diseño se procede con el proceso de construcción y montaje del prototipo, para ello se realizó la siguiente serie de procedimientos:

Se empezó por realizar una caja rectangular de acrílico la cual debe contar con unas dimensiones de 20 cm de ancho, 10 cm de alto y 35 cm de largo, como la que se muestra en la siguiente figura, a esta misma se le debía

realizar los agujeros donde se son tendrá con tornillos la estructura principal del dispositivo.



Figura 3. Construcción base prismática

Posteriormente se procede a construir la estructura principal del dispositivo, para ello se empezó por cortar secciones de tubería de acero inoxidable con un diámetro de media pulgada y longitudes de 20 y 40 cm respectivamente, estos servirán como los ejes donde se desplazarán los pesos móviles, también de debe cortar una pieza de tubo rectangular de una pulgada con una longitud de 20cm que será donde se sujetará eje vertical, el cual se soldará a esta misma pieza.



Figura 4. Corte de la tubería

Una vez se han fabricado los ejes se procede a maquinar las piezas que funcionaran como pesas, para ello se hizo uso de una dos trozos de barra de acero inoxidable con un diámetro de 1", a estas mismas se les realizo una perforación en el centro con un diámetro de 1/2" haciendo uso de un torno, también se realizó una perforación en cada barra donde posteriormente se realizaron las roscas haciendo uso de una herramienta llamada machuelo, en dichas roscas es donde se colocara un tornillo para fijar las pesas con los ejes.



Figura 5. Maquinado de los pesos móviles.

También se fabricó una pequeña regla de acero inoxidable para medir las diferentes posiciones de la pesa en el eje y, para ello se mandaron a imprimir unas plantillas en acrílico las cuales tendrán la numeración de las medidas de la regla, en la parte superior de dicha regla se sujetó un transportador de 180° para medir el Angulo de escora.



Figura 6. Fabricación de la regla

Una vez se tienen prefabricadas todas estas piezas se procede a realizar el proceso de ensamblado, y soldado de las piezas para ello se hizo uso de 8 tornillos de rocas fina con un diámetro de $\frac{1}{2}$, y soldadura tipo mí.



Figura 7. Ensamblaje de las piezas

Así se daría por finalizado el proceso de construcción del dispositivo, en este punto ya se procede con la fase de experimentación y toma de datos.

2.2 Análisis Teórico Matemático

Para la realización de la fase experimental es importante tener conocimiento acerca de ciertos conceptos relacionados con el cálculo de la altura metacéntrica, es por ello que en la siguiente figura se ilustro cada uno de estas variables con su respectivo nombre y símbolo. [13]

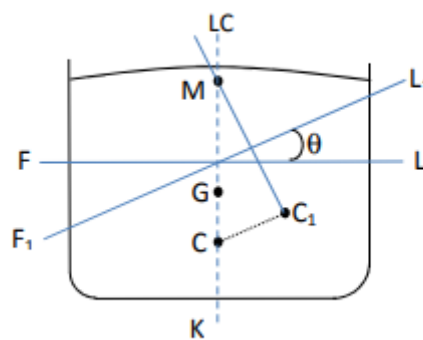


Figura 8. Ilustración de la altura metacéntrica y variables relacionadas. [13]

DONDE:

Centro de Gravedad **G**
Centro de carena **C**
Brazo de adrizado **GZ**

Distancia al centro de las masas, tanto vertical
como horizontal

Angulo de Escora φ

Fuerza de Empuje **E**
Fuerza a Causa del peso del dispositivo **D**
Geometría de la base prismática

Las expresiones matemáticas utilizadas para realizar los respectivos cálculos de la altura metacéntrica y demás variables fueron las siguientes:

Expresión para calcular la profundidad sumergida de la barcaza la cual tiene una geometría rectangular, dicha expresión es necesaria para calcular la fuerza de empuje. [14]

$$h = \frac{w}{Y * a * b}$$

Ecuación 1.

Ecuación que permite calcular la fuerza de empuje que ejerce el fluido sobre la superficie de la barcaza. [14]

$$Fe = \rho * g * A$$

Ecuación 2.

Ecuación utilizada para hallar la altura metacéntrica del cuerpo flotante [15]

$$GM = \frac{m * x}{M * \tanh \theta}$$

Ecuación 3.

Expresión para calcular el brazo adrizaste, equivalente a la distancia entre un par de fuerza. [15]

$$Gz = GM * \text{sen}$$

Ecuación 4.

2.3 Fase Experimental

Para la realización del proceso de experimentación y toma de datos fue necesario realizar los siguientes procedimientos.

Medir la masa total del dispositivo.

Medir la masa de cada uno de los pesos móviles.

Se calcula en qué punto se encuentra el centro de gravedad teniendo en cuenta la posición la pesa en el eje vertical.

Poner los pesos móviles en cero tanto en el eje x como él y.

Colocar el dispositivo en un recipiente el cual tenga ciertamente un volumen mayor al del dispositivo.

Llenar el recipiente con la suficiente cantidad de agua como para hacer flotar el dispositivo.

Variar las posiciones de las pesas en los dos ejes y registrar cada resultado en una tabla.

El proceso de experimentación en esta ocasión se realizó de la siguiente manera, se tomaron del Angulo de escora para 5 diferentes posiciones tanto en el eje x como en el eje y, esto se realizó dos veces donde para un caso se empezaba con la distancia máxima en x y con la mínima en y viceversa, posteriormente se ha realización de los cálculos correspondientes donde se tuvieron en cuenta las características físicas de barcaza las cuales se muestran en la figura 9.

2. Resultados y discusión

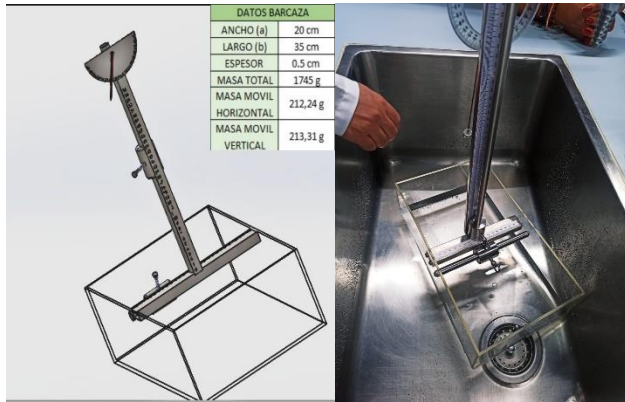


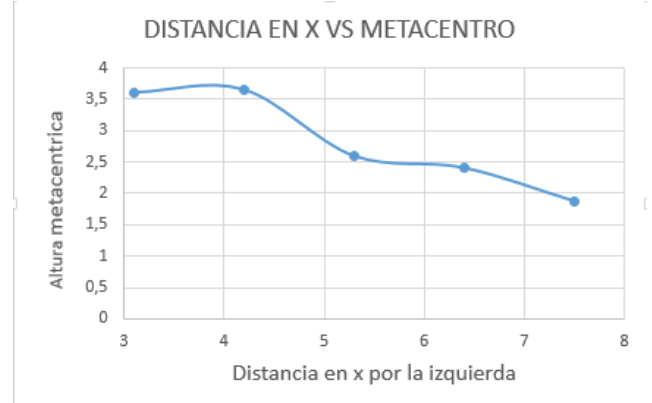
Figura 9. Prototipo final y especificaciones

Haciendo uso de la **ecuación 3** se realizó el cálculo de la altura metacéntrica para cada una de las posiciones de las masas móviles, mientras que para el cálculo del brazo adrizado se utilizó la **ecuación 4** donde se obtuvieron las siguientes tablas de datos, y sus correspondientes graficas.

Tabla 2. Distancia en x vs metacentro para valores de x y y crecientes

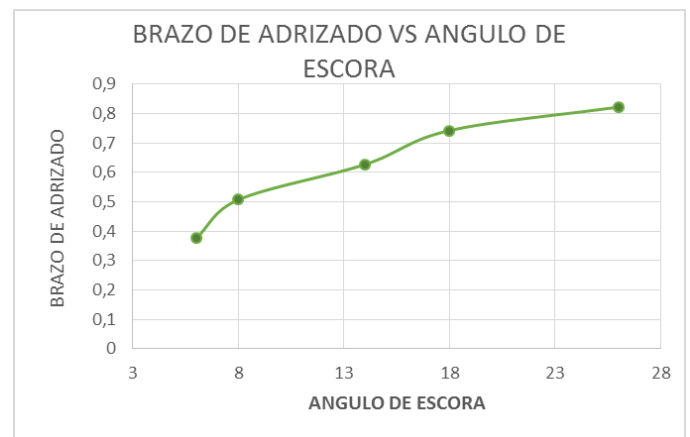
DISTANCIA AL CENTRO POR LA IZQUIERDA (cm)	ANGULO DE INCLINACION	RADIANES	ALTURA DE LA MASA MOVIL (cm)	ALTURA METACENTRICA (cm)	BRAZO DE ADRIZADO GZ
3,1	6	0,10472	0	3,60018341	0,37632252
4,2	8	0,1396267	5	3,647790644	0,50767551
5,3	14	0,2443467	10	2,594704627	0,6277173
6,4	18	0,31416	15	2,404290952	0,74296844
7,5	26	0,4537867	20	1,876992301	0,82282106

Observando el comportamiento de la altura metacéntrica respecto a la posición de la masa en el eje x se determina que cuanto mayor distancia haya entre la masa y el centro de gravedad es mucho más inestable el cuerpo flotante por lo tanto más susceptible a volcamientos, esto se observa en los ángulos de adrizamiento el cual mantiene un comportamiento inversamente proporcional a la altura metacéntrica.



Grafica 1. Distancia en x vs metacentro para valores de x y y crecientes

En la anterior grafica se logra observar que la altura metacéntrica mantiene un comportamiento decreciente respecto a la distancia en x y y de las masas móviles con el origen, de lo que se deduce que cuanto más alejadas se encuentren las masas del origen la altura metacéntrica tendra a ser cada vez menor.



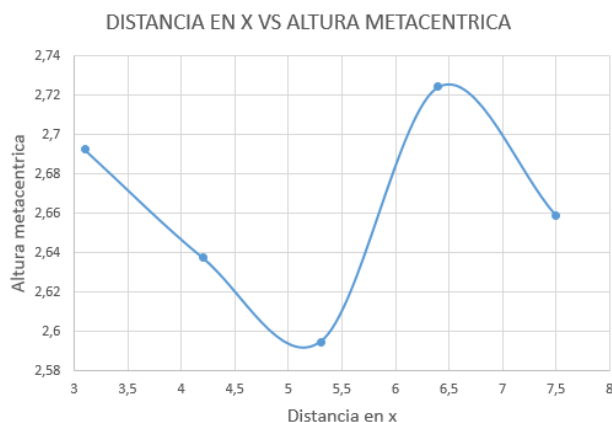
Grafica 2. Brazo de Adrizado GZ

La función del brazo adrizado mantiene una pendiente positiva hasta cierto Angulo de escora, en determinado momento este empieza tener un comportamiento decreciente, es cuando el Angulo de inclinación supera los 30°.

Tabla 3. . Distancia en x vs metacentro, tomando valores creciente para x y decrecientes para y.

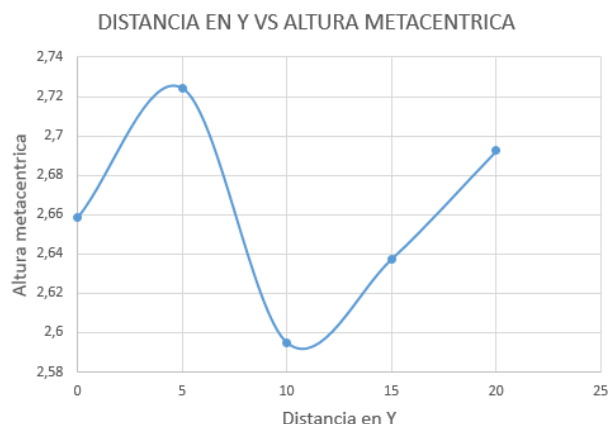
DISTANCIA AL CENTRO POR LA DERECHA(cm)	ANGULO DE INCLINACION	RADIANES	ALTURA DE LA MASA MOVIL (cm)	ALTURA METACENTRICA (cm)	BRAZO DE ADRIZADO GZ
3,1	8	0,1396267	20	2,692416904	0,3747128
4,2	11	0,1919867	15	2,63742521	0,5032456
5,3	14	0,2443467	10	2,594704627	0,627717
6,4	16	0,2792533	5	2,72437344	0,750940
7,5	19	0,3316133	0	2,658719306	0,8655962

Se observa de la tabla 3 que cuando la distancia en X es creciente y en Y es decreciente los valores de la altura metacéntrica oscilan en torno a un mismo valor, por lo que se deduce que la estabilidad del dispositivo flotante se encuentra en cierto punto medio entre el eje X y Y.



Gráfica 3. Distancia en x vs metacentro, tomando valores crecientes para x y decrecientes para y.

En la gráfica x se puede observar y comprobar lo que se había propuesto anteriormente de que en este caso la altura metacéntrica se mantiene muy cercano a un mismo valor, y no mantiene un comportamiento creciente ni decreciente constante, esto debido a la estabilidad que se genera respecto a la posición de las masas móviles, donde en el eje x se alejaba del origen, pero en el eje y se acercaba.



Gráfica 4. Distancia en y vs metacentro, tomando valores crecientes para x y decrecientes para y.

3. Conclusiones

Si un cuerpo que se encuentra en un fluido experimenta una fuerza de empuje mayor que la fuerza debido al peso, este se mantendrá a flote.

A partir de los experimentos y cálculos realizados se logra observar que la altura metacéntrica tiende a ser menor cuando la distancia entre el centro de gravedad y la posición de la masa móvil es mayor y viceversa.

El objeto flotante tiende a ser más estable cuando las masas móviles se encuentran en puntos tales que no producen un Angulo de escora superior a 13°, ya que ángulos inferiores a 13° no genera un gran cambio en el metacentro del cuerpo.

Cuanto mayor sea el brazo adrizaste GZ menor será la estabilidad en el cuerpo flotante, ya que al haber una mayor separación entre el par de fuerzas se generará un mayor momento escorarte, afectando negativamente la estabilidad del objeto.

El máximo Angulo de escora que puede soportar un cuerpo flotante antes de sufrir un volcamiento es de 30°.

4. Bibliografía

- [1] J. Franzini & E. John Finnemore. Pág. 44. Mecánica de Fluidos con aplicaciones en ingeniería
- [2] White, F. M., Mecánica de fluidos. McGraw-Hill, México, 1983
- [3] Y. Çengel and J. Cimbala, *Fluid mechanics*. Singapore: McGraw-Hill Education, 2020.
- [4] U. Cantabria, "Escuela técnica superior Náutica", *Personales.gestion.unican.es*, 2021.
- [5] Shames, I.H., Mecánica de fluidos. Ed. del Castillo, S.A., 1970
- [6] A. Cavaller, Menorquín Yacht 110, Cartagena, 2007.
- [7] M. Yacht, "estabilidad", *Repositorio.upct.es*, 2021.
- [8] C. Palos, "análisis de la estabilidad de un buque durante la operación de descarga de una carga pesada", *facultat de nàutica de barcelona*, 2014.
- [9] A. Granda, Modificación de un buque pesquero 287.4 Ton. de desplazamiento para cumplir con las normas de estabilidad, Lima, Perú, 2009.
- [10] A. Gudmundsson, Prácticas de seguridad relativas a la estabilidad de buques pesqueros pequeños, Roma: FAO, 2009.
- [11] J. Olivella, Teoría del buque: Estabilidad, varada e inundación, Barcelona: Edicions UPC, 1996.
- [12] Lloyd N. Trefethen; David Bau (1997) Numerical Linear Algebra, Siam.
- [13] Ciarlet, P. G. (2002). The finite Element Method for Elliptic Problems. Estados Unidos: SIAM. doi: <https://doi.org/10.1137/1.9780898719208>
- [14] Datta, B. N. (2010). Numerical Linear Algebra and Applications. Segunda Edición. Estados Unidos

MÁQUINAS ELÉCTRICAS / MECÁNICA DE FLUIDOS



Development of a prototype of a savonius wind turbine to illuminate a domestic electrical network at scale

L. N. Acuña, L. G. Alvarez.

^aFacultad ingeniería mecánica, Universidad Santo Tomás Villavicencio, vía Puerto López, 2021.

Información:

Historial del artículo: 17/05/2021

Entrega final: 17/05/2021

Keywords:

Wind.

Turbine.

Circuit.

Simulation.

ANSYS.

Energy.

Abstract:

In this project, a Savonius type wind turbine prototype was developed based on the optimal geometry of its blades and direction angles of its distributor blades obtained by means of its simulation in ANSYS software. The prototype transforms its energy through a generator that converts a rotation into direct current so that, in this way, it feeds a home electrical installation at scale, which has 13 LED bulbs in a parallel circuit. It seeks to study and identify the energies involved in the involved in the operation of the turbine along with its efficiency.

1.Introducción

La humanidad ha puesto a la naturaleza como escenario de sus acciones y no como partidaria de las mismas, pues esta sigue siendo sensible a las acciones del humano. La sobre explotación de los recursos y la falta de límites han llevado al deterioro de los ecosistemas, que se encamina a una degradación ambiental. Por tal razón es fundamental que la humanidad genera una reestructuración del ritmo y estilo de vida que se ha construido hasta ahora, esto no implica que se debe hacer un retroceso en las tecnologías o industrias, por el contrario, es necesario que estas nuevas tecnologías se adapten a los actuales cambios ambientales que se presentan en el planeta.

Considerando lo descrito en el párrafo anterior, el hombre ha estudiado una variedad de fuentes alternas de energía, siendo la eólica como una de las fuentes de energía limpia más económicas, llegando a competir en rentabilidad con otras fuentes de energía

tradicionales, produciendo una contaminación ambiental mínima [1], estando disponibles por millones de años. La energía eólica es energía solar que se almacena en la atmósfera en forma de calor distribuido de modo no homogéneo [2].

Los molinos de viento, aeromotores, máquinas eólicas, los aerogeneradores, o turbinas eólicas en su acepción, son dispositivos que convierten la energía cinética del viento en energía mecánica. En sus inicios (y aún en la actualidad) los molinos de viento eran utilizados para la molienda, para el riego, bombeo de agua. Pero solo hasta 1802, gracias a Lord Kelvin empiezan los primeros intentos por producir energía eólica [3]; y finalmente en 1888 se construye la primera turbina eólica de funcionamiento automático para generar energía, el cual contaba con un rotor de 17 metros de diámetro y 144 palas fabricadas con madera[4], además, en 1892, en Dinamarca, se fabrica el primer aerogenerador eléctrico diseñado por Poul La Cour, este estaba constituido por 4 palas de 25 metros de diámetro, capaces de producir entre 5 y 25 kW de

potencia [5].

A lo largo de la historia de la energía eólica, se han diseñado una gran variedad de turbinas con el objetivo de obtener un mayor aprovechamiento de la energía del viento, dentro de la clasificación de las turbinas eólicas se atiende la disposición de su eje de giro y el tipo de rotor sea éste horizontal o vertical [6]. En referencia a los tipos de rotores, los verticales no precisan ningún sistema de orientación para captar la energía contenida en el viento, además, disponen sus elementos eléctricos a nivel del suelo, de este tipo los más conocidos son los rotores Darrieus y Savonius [7]. Este último se caracteriza por disponer de dos palas que son las mitades de un cilindro cortadas por una generatriz y desplazadas lateralmente, ofreciendo así un par de arranque y una construcción sencilla [8].

Países como China, Brasil, Ecuador, Sudáfrica e Indonesia han desarrollado más planes y programas para la implementación de la energía eólica en instalaciones eléctricas; siendo China uno de los países que más ha avanzado en la ejecución de estos, desarrollando de este modo, generadores eólicos con mayor potencia [9]. Por su parte Colombia posee varios sectores que cuentan con las condiciones idóneas para la implementación de este tipo de energías, especialmente aquellos que se encuentran en las periferias, del mismo modo son aquellos que presentan una mayor inestabilidad de electricidad [10], por lo cual, la implementación de este tipo de energía sería un beneficio para las comunidades, las cuales podrían no depender del sistema interconectado nacional de energía eléctrica.

En este trabajo se elabora un prototipo de aerogenerador Savonius a partir de la geometría ideal obtenida en la simulación en el software ANSYS del flujo de aire que circula a través de los álabes y paletas redistribuidoras de la turbina, el aerogenerador alimenta por medio de un sistema de transmisión y acople, una instalación eléctrica domiciliar a escala.

2. Materiales y métodos

Para llevar a cabo este trabajo, en principio se dispuso de una búsqueda y recolección de material bibliográfico sobre la energía eólica, haciendo énfasis en las indagaciones acerca de los diseños de

dispositivos eólicos, captación de la energía eólica y su transformación. En segundo lugar, se realizó una revisión de los principios físicos involucrados en el diseño, construcción y puesta en funcionamiento del prototipo de aerogenerador para concluir una hipótesis acerca del diseño, las cuales fueron implementadas para la simulación de la geometría en el programa ANSYS.

Una vez diseñado el modelo del aerogenerador, se procedió a la construcción y prueba del dispositivo, tal como se muestra en la Figura 1.

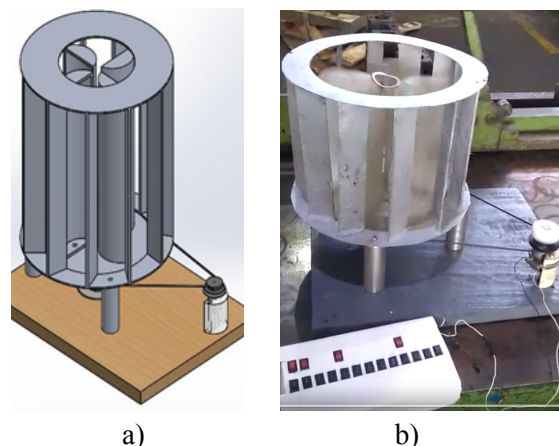


Figura 1. Aerogenerador tipo Savonius a) Prototipo en CAD, b) Prototipo construido

Para la elaboración del prototipo se adaptaron materiales de fácil consecución y óptima resistencia. Los componentes del aerogenerador se encuentran en la Tabla 1.

Tabla 1 . Componentes para la fabricación del prototipo de aerogenerador

COMPONENTES	MATERIAL	ESPECIFICACION (mm)
Alabes	Fibra de vidrio	Ø90x200x20,9
Engrane	Polietileno HMW-PE	Modulo 2 #7, dientes 98, Øext. 199, hT 4,5
Piñón	Polietileno HMW-PE	Modulo 2 #3, dientes 18, Øext. 40, hT 4,5
Soporte motor	Acetal	r23,7x57,2x16,2
Eje	Aluminio	70x25,4
Cascarón	12 platinas en fibra de vidrio, 2 laminas galvanizada cal. 24	Platinas (200x40x3), lamina (Øext. 284 y Ø int. 210)
Base	Madera	300x400
Estructura	Acero al carbono.	Ø25,4x85
Rodamiento		Ref. SKF W 6004-2Z
Motor	Corriente continua	12 V

2.1 Materiales

El diseño, fabricación y montaje de cada una de las partes que componen el aerogenerador se explican a continuación:

Soporte: Garantiza la estabilidad de la turbina eólica, cuando tenga que soportar grandes fuerzas provenientes de turbulencias; también, para proveer la estabilidad necesaria.

Plataforma: Es la base de los álabes, que funcionará a su vez como engranaje para transmitir la potencia generada por el movimiento de las aspas a un piñón, este último, está conectado al motor de 12V. La plataforma contará con un alojamiento de rodamiento, en el cual se inserta un eje de 5cm con un diámetro de 25mm.

Motor: Se optó por utilizar un motor DC de 12 voltios, como se muestra en la Figura 3. El cual al girarlo en el sentido de las manecillas del reloj produce corriente continua, de forma que se comporta como un generador DC, con lo cual puede proporcionar corriente a un circuito. Se seleccionó este motor debido a que produce suficiente tensión con pocas revoluciones.



Figura 3: El motor de 12V DC

Protección: Se implementaron 12 láminas en fibra de vidrio con medidas de 20 cm de largo y 4 cm de ancho con 0.3 cm de espesor, para darles una mayor estabilidad estas láminas están sujetas a un aro que va en la parte superior e inferior de la turbina, este último está sujeto a la base de la turbina, de esta manera revisten el rotor, como se muestra en la Figura 4, siendo superior a la plataforma a manera de no interrumpir el movimiento de los engranajes.

Las láminas se encuentran en un ángulo, el cual se determina por medio de la simulación, como se explica en la sección 2.2, para direccionar el viento

hacia el centro de la concavidad.

Con la protección se minimiza la resistencia del aire, haciendo que una gran parte del aire entre por el costado deseado, produciendo mayor velocidad de giro.



Figura 4: Protección

Álabes: Estos componentes se fabrican en fibra de vidrio en forma de tubo seccionado de 20 cm de alto. La geometría seleccionada para su elaboración está sujeta a los resultados que se obtengan en las simulaciones, como se muestra en la sección 2.2. En la Figura 5 se muestra un ejemplo de las geometrías propuestas para el diseño de los álabes

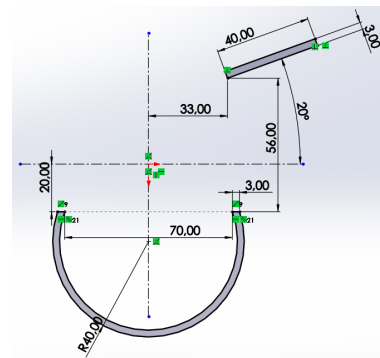


Figura 5. Geometría acotada del álabes y paleta en Solidworks.

2.2. Metodología

A fin de obtener un buen rendimiento del prototipo, se llevaron a cabo 5 geometrías de álabes y paletas redistribuidoras, en las cuales se varió el radio del álabes así como el ángulo de dirección de las paletas que distribuirán el viento que golpea al álabes; estas geometrías pasaron a ser evaluadas mediante

simulaciones en el software ANSYS 17.2.

Para realizar las simulaciones, en primer lugar se realizó la geometría en el software Solidworks como se muestra en la figura 4, la cual después se exportó al Software ANSYS 17.2 donde se llevaron a cabo las simulaciones en 2D (plano ZX), en el cual se implementó un Sketch rectangular de 0,3 m ancho por 0,5 m de alto, este simulará el área en donde se encuentra el fluido (aire), además, se deben seleccionar los bordes por donde ingresa y sale el fluido.

Al establecer la geometría implícita en la simulación, se estableció el mallado de la simulación, en el cual se implementaron 2 refinamientos: uno de grado #2 que abarca toda la geometría junto con el sketch y otro de grado #3 en los bordes de la geometría, esto se puede denotar en la Figura 6. Los grados de refinamiento tienen una implicación en el tamaño de las celdas, la cual se puede observar en la Tabla 2.

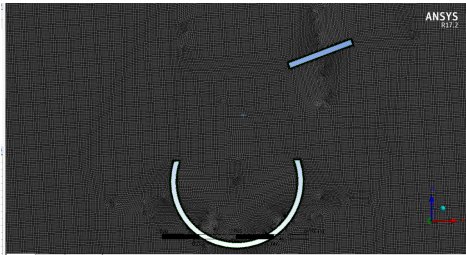


Figura 6. Identificación del refinamiento grado 2 y 3.

Tabla 2. Resultados de los enmallados usados para las simulaciones.

CARACTERISTICAS					
Alabes	ALR40A20	ALR40A60	ALR45A40	ALR50A20	ALR50A60
Numero elementos	479627	478928	474990	475457	475174
Min Size	2,24e-004 m	2,24e-004 m	2,24e-004 m	2,24e-004 m	2,24e-004 m
Max Face Size	1,7e-003 m	1,7e-003 m	1,7e-003 m	1,7e-003 m	1,7e-003 m

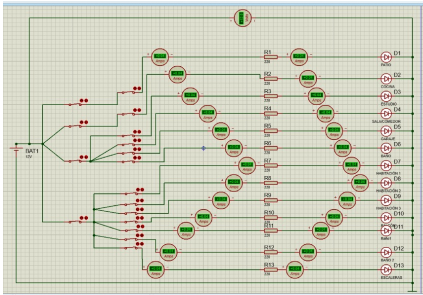
Los solver de ANSYS Fluent se basan en el método de volúmenes finitos donde el dominio se discretiza en un conjunto finito de volúmenes de control, por lo se configuró la simulación para la solución de un modelo de turbulencia K-epsilon ($k-\epsilon$), continuidad y momento en base a el modelo de turbulencia; registrando una velocidad de entrada de 7 m/s, los parámetros del fluido implementados en la simulación se encuentran en la Tabla 3.

Tabla 3. Valores de referencia (CFD)

PARAMETROS	
Densidad (kg/m3)	1,225
Viscosidad (kg/m*s)	1,7894E-05
Velocidad (m/s)	7

Circuito: Es un camino que atraviesa la corriente que produce la turbina. La finalidad de este circuito es encender los bombillos LED que se encuentran en una instalación eléctrica domiciliaria a escala a manera de identificar el comportamiento de este tipo de energías en una vivienda. La proporción que se maneja con respecto a la potencia es de: 0.05w equivalen a 5w, esto es debido a que los bombillos de la vivienda serán reemplazados por diodos led redondos de 5mm

El circuito de la instalación eléctrica domiciliaria está conectado en paralelo y cuenta con los respectivos breakers de cada circuito ramal, a fin de asimilar la conexión de una vivienda real, tal y como se muestra en la figura 7



a)



b)

Figura 7. a) Circuito simulado en el software Proteus 8 professional, b) Circuito construido a escala 1:25

Inicialmente se determinó por medio de las simulaciones y las gráficas que arrojaron las mismas, la geometría óptima para la elaboración de los álabes y el ángulo de dirección de las paletas distribuidoras, asimismo, se procedió a determinar las medidas de referencias de los engranajes implementados en el sistema de transmisión de potencia mecánica, finalmente se tomaron algunos datos necesarios para analizar el comportamiento y factores de la turbina. Se implementaron las ecuaciones en la Tabla 4.

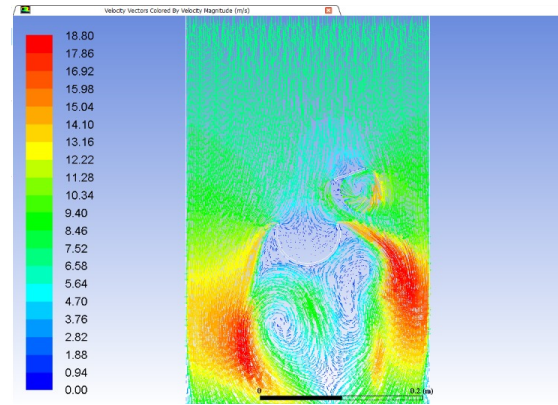
Tabla 4. Ecuaciones implementadas para el análisis y construcción del prototipo de aerogenerador

Parte	Ecuación	Formula
Simulación	Momento total	$\vec{M}_A = \vec{r}_{AB} \times \vec{F}_p + \vec{r}_{AB} \times \vec{F}_v$
Sistema de transmisión de potencia	Altura Total(mm)	$hT = 2.25 \times \text{modulo}$
	Altura cabeza (mm)	$hC = \text{modulo}$
	Diámetro Exterior(mm)	$D_E = D_{\text{interno}} + 2 hT$
	Diámetro primitivo(mm)	$D_{\text{primitivo}} = D_E - 2 hC$
	Paso	$Paso = \pi \times \text{modulo}$
	Número de dientes	$Z = \frac{D_{\text{primitivo}}}{\text{modulo}}$
	Relación de velocidad	$m_v = \frac{w_{\text{in}}}{w_{\text{out}}}$
Aerogenerador	Fuerza viento	$F_{\text{viento}} = \frac{\text{densidad} \times v^2}{2}$
	Fuerza centrífuga del rotor	$F = m \times w^2 \times R$
	Potencia eléctrica máxima	$P_{\text{electrica}} = \frac{c \times \text{densidad} \times A \times v^3}{2}$
	Fuerza aerodinámica	$F_{\text{aerodinamica}} = \frac{c \times \text{densidad} \times A \times w^3}{2}$

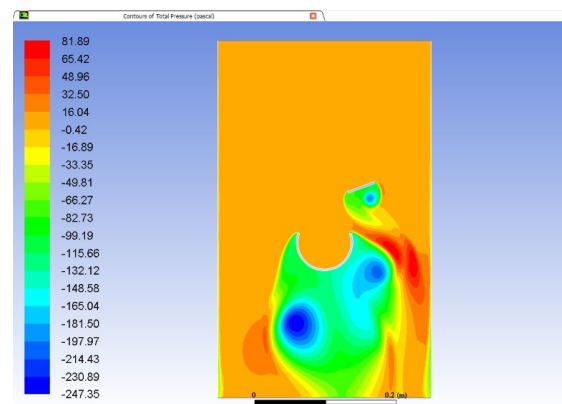
3.Resultados y discusión

Después de realizar las correspondientes simulaciones para cada conjunto de álabes y paleta redistribuidora, se obtuvieron las gráficas de presión total, velocidad, intensidad de turbulencia y sus respectivas líneas de corriente, las cuales nos permiten analizar el comportamiento de los parámetros estimulados en la Tabla 3.

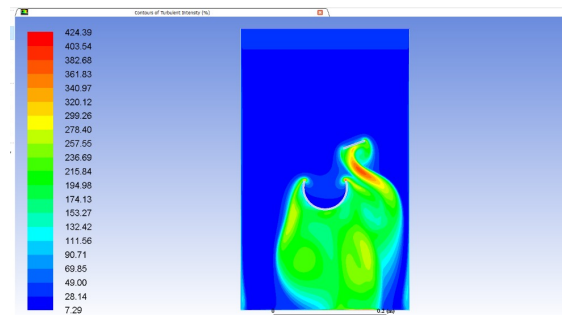
La primera simulación realizada es la del álabes con radio de 40 mm y la paleta del cascarón con un ángulo de 20°. A continuación se podrá observar sus respectivas Gráficas de la 1 a la 4 :



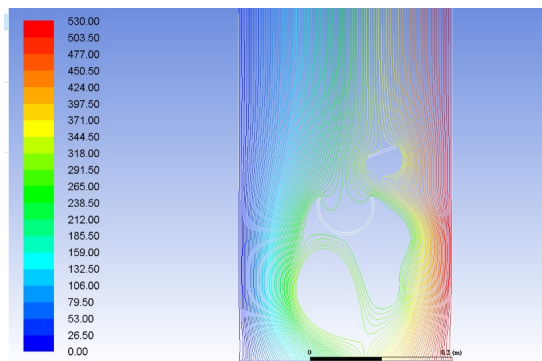
Gráfica 1. Vectores de velocidad (m/s).



Gráfica 2. Contorno de la presión total (Pa).



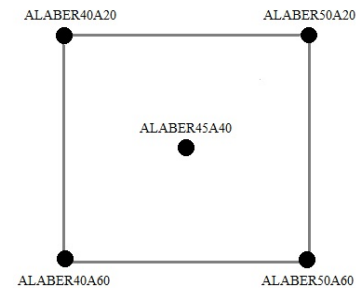
Gráfica 3. Contorno porcentaje intensidad de turbulencia.



Gráfica 4. Líneas de corriente del fluido.

Los datos obtenidos por los gráficos de las distintas simulaciones de las 5 geometrías, permite observar cómo la geometría de radio 45 mm y ángulo de dirección de la paleta a 40° impacta con mayor presión en la concavidad del álabe. Razón por la cual fue escogida como la geometría óptima para el prototipado.

Por medio del programa Minitab se implementó un diseño de experimentos (DOE) el cual, ayuda a investigar los efectos de las variables de entrada (factores) sobre una variable de salida (respuesta) al mismo tiempo. Estos experimentos consisten en una serie de corridas, o pruebas, en las que se realizan cambios intencionales en las variables de entrada. En cada corrida se recolectan datos. El DOE se utiliza para identificar las condiciones del proceso y los componentes del producto que afectan la calidad, para luego determinar la configuración de factores que optimizan los resultados. En este diseño se implementó un DOE factorial 2^2 con un punto intermedio por bloque (ver esquema 1), allí se anexó el valor de momento (adquirido de las simulaciones realizadas), en donde se podrá obtener el modelo matemático de estas variables e identifica la geometría más óptima.



Esquema 1. DOE factorial 2^2 con un bloque central de las geometrías de los álbes.

Tabla 5. Datos del diseño experimental .

C1	C2	C3	C4	C5
OrdenEst	OrdenCorrida	Radio	Angulo	Momento
1	1	40	20	0,317533
4	2	50	60	0,012811
5	3	45	40	0,026934
2	4	50	20	0,014834
3	5	40	60	0,029949

Para el factor de momento con respecto a las variables impuestas (radio y ángulo), se obtuvo el modelo matemático correspondiente y los datos registrados en las Tablas 6 a 8 mediante la implementación de una regresión factorial momento, radio y ángulo, además, las Gráficas 5 y 6:

$$\text{Modelo} = 2,230 - 0,0445 \text{ Radio} - 0,0357 \text{ Ángulo} + 0,000747 \text{ Radio} * \text{Angulo}$$

Ec.(1)

Tabla 6. Análisis de varianza.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	3	0,066928	0,022309	6,24	0,284
Lineal	2	0,046542	0,023271	6,51	0,267
Radio	1	0,025574	0,025574	7,15	0,228
Angulo	1	0,020968	0,020968	5,87	0,249
Interacciones de 2 términos	1	0,020386	0,020386	5,70	0,252
Radio*Angulo	1	0,020386	0,020386	5,70	0,252
Error	1	0,003575	0,003575		
Curvatura	1	0,003575	0,003575	*	*
Total	4	0,070503			

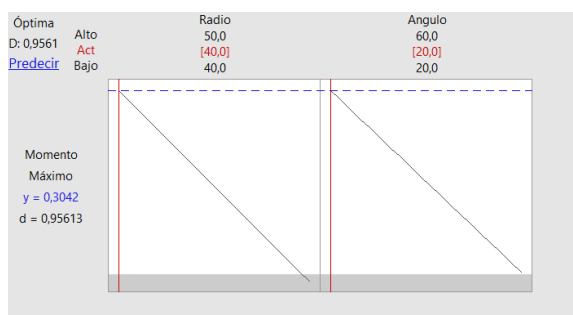
Tabla 7. Coeficiente de determinación.

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
0,0597909	94,93%	79,72%	0,00%

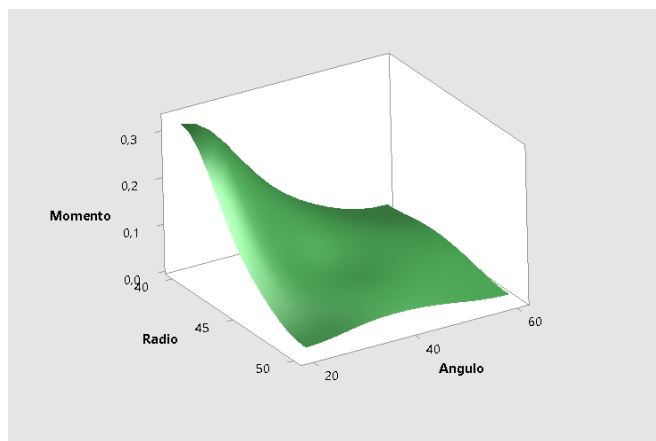
Tabla 8. Solución optimización del momento

Solución	Radio	Angulo	Momento Ajuste	Deseabilidad compuesta
1	40	20	0,304164	0,956125

Por medio de la Tabla 8 se puede observar que el álabe más óptimo es el que posee un radio de 40 mm y un ángulo 20°, ya que este produce un momento mayor y posee una deseabilidad compuesta de aproximadamente 96%.



Gráfica 5. Optimización.



Gráfica 6. Superficie de momento vs angulo; radio.

En las Gráficas 5 y 6 podemos reafirmar la información suministrada en la Tabla 8, el alabe con un radio menor genera un momento mayor, por lo que esta resulta más óptima.

Con base en la geometría óptima se dedujo que el

diámetro interior del engranaje debe ser igual a la medida del espacio entre los álabes, brindando así un parámetro de 190 mm, con el cual se determinaron las demás características del sistema de transmisión de potencia, como se muestra en la Tabla 9.

Tabla 9. Medidas del sistema de transmisión de potencia.

D.Interior(mm)		190	
Modulo	2	Z1	98
<i>h.Total(mm)</i>	4,5	<i>Relación</i>	1:30
<i>D.Exterior(mm)</i>	199	<i>mvTotal</i>	30
<i>h.Cabeza</i>	2	<i>mv(entre 1, 2/3, 4)</i>	5,4772
<i>D.primitivo(mm)</i>	195	<i>Win(1)</i>	1,4784
<i>Paso</i>	6,3	<i>Wout(4)</i>	44,352
<i>Espesor</i>	1,6	Modulo	2
		<i>D.primitivo(mm)</i>	36
		<i>D.Exterior(mm)</i>	40
Z4	18	<i>D.Interior(mm)</i>	31
		<i>D.primitivo(mm)</i>	195
Z3	98	<i>D.Exterior(mm)</i>	199
		<i>D.Interior(mm)</i>	190
		<i>modulo</i>	2
		<i>D.primitivo(mm)</i>	36
		<i>D.Exterior(mm)</i>	40
Z2	18	<i>D.Interior(mm)</i>	31

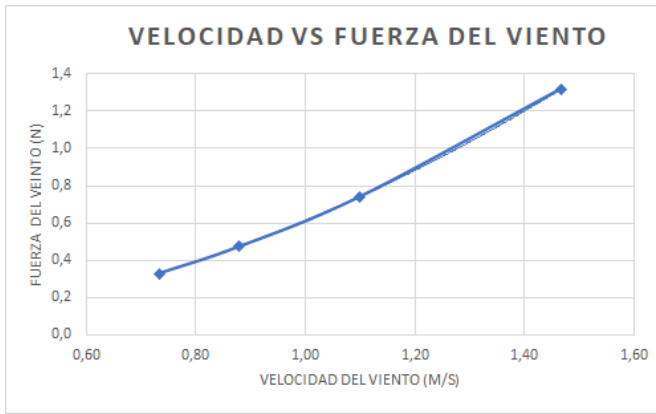
Después de varias pruebas, se recolectaron los datos, que permitieron analizar el comportamiento del prototipo de aerogenerador Savonius, junto con los diferentes factores que interfieren en él.

Con un anemómetro se obtuvieron los valores registrados en la Tabla 10.

Tabla 10. Datos para hallar la velocidad del viento.

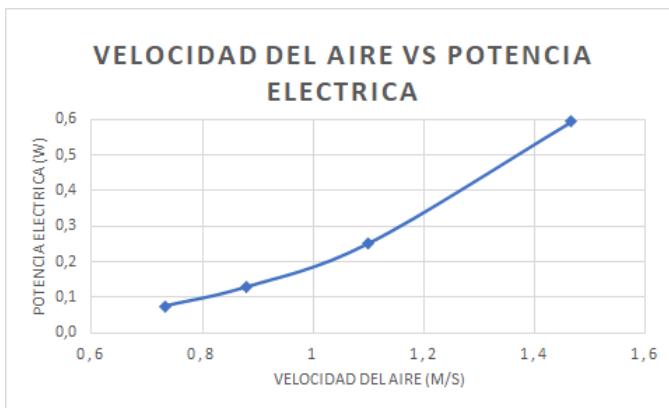
Velocidad del viento				
Tiempo (s)	# Vueltas	Radianes	w	V=w*r
3	5	31,4159	10,4720	1,4661
4	5	31,4159	7,8540	1,0996
5	5	31,4159	6,2832	0,8796
6	5	31,4159	5,2360	0,7330

En virtud de los datos de la Tabla 10, se implementa la ecuación de la fuerza del viento en donde se toma la densidad del viento como 1.225 kg/m³, se puede observar su comportamiento en la Gráfica 7.



Gráfica 7. Velocidad del viento en función de la fuerza del viento.

Obtenidos los valores de velocidad del viento, se implementó la ecuación potencia eléctrica, para determinar la cantidad de energía eléctrica que entrega el aerogenerador, la relación entre las variables se puede observar en la Gráfica 8.

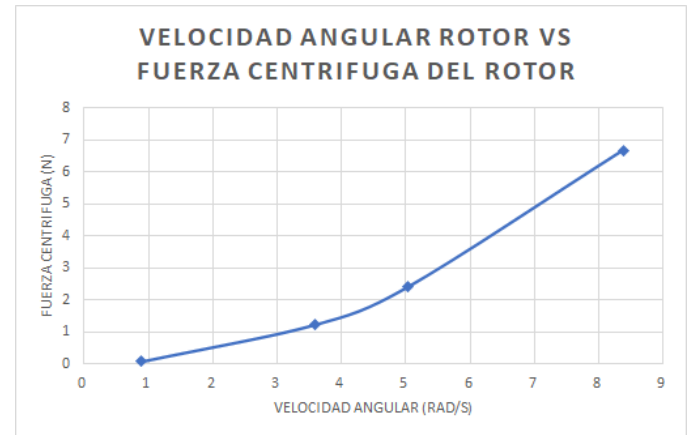


Gráfica 8. Velocidad del viento en función de la potencia eléctrica.

A continuación, se determinó la velocidad angular del rotor, valores que fueron registrados en la Tabla 11, con estos resultados se implementó la ecuación de fuerza centrífuga y se observó su comportamiento de esta última en la Gráfica 9.

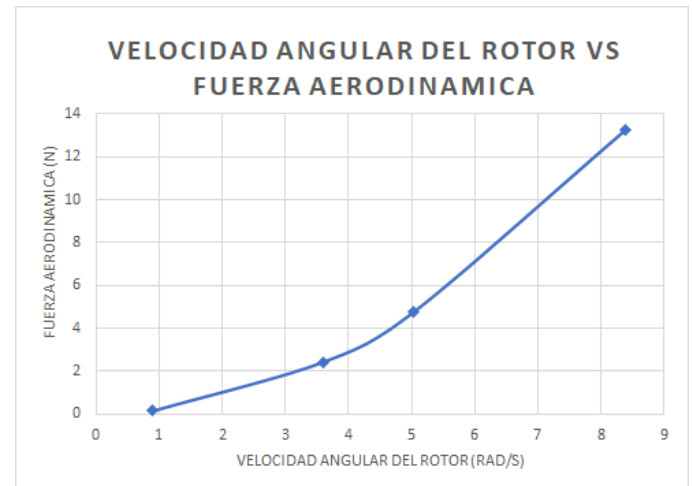
Tabla 11. Datos para hallar la velocidad la velocidad angular del rotor (ω).

Velocidad angular del rotor			
Tiempo (s)	# Vueltas	Radianes	Velocidad angular
3	4	25,1327	8,3776
5	4	25,1327	5,0265
7	4	25,1327	3,5904
28	4	25,1327	0,8976



Gráfica 9. Fuerza centrífuga del rotor en función de la velocidad angular.

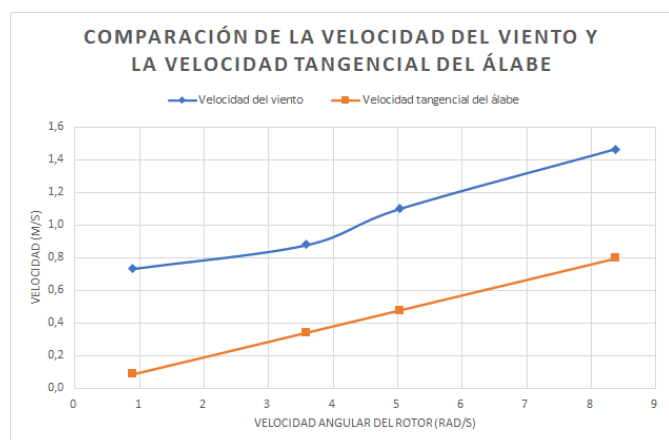
A su vez, los datos obtenidos en la Tabla 11, se emplearon en la ecuación de fuerza aerodinámica, como se muestra en la Gráfica 10.



Gráfica 10. Fuerza aerodinámica en función de la velocidad angular del rotor

Cabe resaltar que el rotor está actuando la velocidad del viento que ingresa a ella, así como, la velocidad

tangencial de cada álebe de la turbina, la afectación que presenta cada una se observa en la Gráfica 11.



Gráfica 11. Comparación de la velocidad del viento y la velocidad tangencial del álebe.

4. Conclusiones

La combinación de un diseño de experimentos factorial en el software Minitab y un modelo numérico obtenido por medio del Software Fluent, permite lograr una aproximación adecuada del comportamiento del aerogenerador implementado, con este se relaciona el tamaño de malla implementado, ya que entre menor sea el tamaño de esta el valor obtenido vas a ser más exacto, gracias a los anterior se puede realizar modificaciones de distintos parámetros y factores de diseño para poder estudiar su influencia y obtener la geometría más óptima.

Se evidencio, que una buena relación de velocidad en el sistema de transmisión garantiza un flujo de energía eléctrica estable, independientemente de la velocidad del viento.

La fuerza del viento, en la turbina, está directamente relacionada con la velocidad del mismo, esto se evidencia cuando la velocidad del viento es 0.7 m/s y 1.5m/s, la fuerza toma los valores de 0.4 N y 1.3 N respectivamente, pues a mayor velocidad mayor es la fuerza de la turbina.

La fuerza centrífuga está relacionada con la velocidad angular del rotor, por ende, se debe tener

precaución si se llegan a presentar altas velocidades de aire puesto que esta situación provocará un aumento de la velocidad angular, lo que puede provocar una deflexión en el eje que soporta la turbina.

La relación entre la fuerza aerodinámica que ejerce la corriente del aire sobre la turbina y la velocidad angular del rotor, se debe a que el momento equivale a la fuerza multiplicada por el radio y a su vez éste depende de la energía cinética de la turbina.

La variación de resultados de velocidad angular según las velocidades lineales presentes en el movimiento del rotor, se debe a factores que restringen su movimiento como lo son la inercia y la fricción, siendo la velocidad del viento 1.5m/s mientras la velocidad tangencial del álebe es 0.8 cuando la velocidad de 8.4 rad/s.

Los diodos LED implementados en la instalación eléctrica domiciliaria a escala, brindan la misma intensidad lumínica debido a la conexión en paralelo en la que se encuentra el circuito, esto se debe a que la corriente es la misma (4V) en cada ramal.

5. Bibliografía

- [1] E. Águila, R. Sohr, C. Parker, and J. Zanelli, "Energía y Medio Ambiente. Una ecuación difícil para América Latina: los desafíos del crecimiento y desarrollo en el contexto del cambio climático". 2011.
- [2] J. Gózanlez, "Energías Renovables", REVERTÉ. Barcelona, 2009.
- [3] H. González Sierra, J. Valcárcel Montañez, and S. Torres Sánchez, "Diseño y Construcción de un Generador Eólico de Energía Eléctrica Continua," Rev. Entornos, no. 24, pp. 139–146, 2011.
- [4] U. Zafar, "A Special Project By : Supervised By : Chair of Geotechnical Engineering Bauhaus Universität , Weimar," no. November, 2018.
- [5] J. Moragues and A. Rapallini, "Instituto

Argentino de la Energía,” *Energía Eólica*, p. 22, 2003,

[6] C. C. Ogunoh, D. T. Ezemmuo, and M. C. Ani, “Design and Construction of Vertical Axis Wind Turbine,” *Saudi J. Eng. Technol.*, pp. 65–72, 2017.

[7] R. Kumar, K. Raahemifar y A. S. Fung, “A critical review of vertical axis wind turbines for urban applications,” *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 89, no. September 2016, pp. 281–291, 2018.

[8] J.-F. Funes, “Análisis Simplificado De La Respuesta Estructural De Una Pala De Aerogenerador,” p. 91, 2009,

[9] L. V. Cueva, “Diseño y Construcción de un generador eólico de eje vertical tipo Savonius para producir 20 Watts,” p. 129, 2015.

[10] M. G. Mayorga, “Diseño de un aerogenerador que permita generar energía eléctrica en el colegio Ofelia Uribe de acosta comunidad de Yomasa,” *J. Chem. Inf. Model.*, vol. 6, no. 2, pp. 1689–1699, 2016.

SISTEMA DE TRANSPORTE FLUIDOS/DISEÑO DE ESTRUCTURA DE MÁQUINAS

VI MUESTRA DE INVESTIGACIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA
GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN
INGENIERÍA MECÁNICA Y MECATRÓNICA -
GIMEC



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA
SEDE VILLAVICENCIO
VIGILADA MINEDUCACIÓN - SNIES 1704

DISEÑO PRENSA HIDRAULICA HORIZONTAL PARA LA COMPACTACIÓN DE VIRUTA DE ALUMINIO

R. A. Garzón, M. S. Zambrano, N. C. Parra

Facultad ingeniería mecánica, Universidad Santo Tomás Villavicencio, vía Puerto López, 2021.

Información: Historial del artículo:

Entrega final: 17/05/2021

Keywords:

Hydraulic Line, joint,
Hydraulic press, CAD,
Solidworks.

Abstract:

The present document deals in a short way the design of the hydraulic line, structure and joints of a horizontal hydraulic press, on the basis that it must work for the compaction of aluminum shavings. Also present the graph of the hydraulic line and a little study of the stresses of each of the joints and structure of the machine. Finally, present a CAD model with the help of Solidworks software.

1. Introducción

La industria metalmecánica en Colombia es la que genera mayores residuos a la hora de la elaboración de piezas, ya que por el proceso de mecanizado (torneado, taladrado, entre otros) genera viruta, la mayor parte de esta se pierde.

Una prensa hidráulica se refiere a las máquinas capaces de suministrar una fuerza o a ejercer una presión sobre un material dentro de dos superficies de trabajo. [1]

En un proceso de elaboración de piezas machos helicoidales M10 de acero rápido HSS con tungsteno se pierde por bloque el 15,8% del total del material.[2] Ahora, si se tiene en cuenta que hay más de 680 industrias a nivel nacional [3] la pérdida de material por viruta es exageradamente grande.

Por esta razón es indispensable pensar un método para la reutilización del material, lo más eficiente es llevar esta viruta a hornos para que alcance el punto de fusión (Mayor a 1700°C), esta es una gran ventaja además que el proceso de reciclaje de un metal, concretamente el aluminio ahorra un 95% de energía con respecto a la producción de la materia prima, las propiedades del

aluminio no se van a ver afectadas por el proceso de reciclaje. [4]

Las primeras prensas utilizaban un tornillo que giraba con la fuerza humana, al ser esta prensa muy rustica y poco eficiente. [5]

Las prensas hidráulicas han tenido una gran acogida en el sector industrial, ofreciendo un trabajo preciso y eficiente en temas relacionados como: moldeo, extrusión, doblado, punzado, compactación, laminación, elevación de grandes cargas, etc. Esta máquina-herramienta se extiende a todo tipo de industrias, como la automotriz en donde se elevan los automotores para revisiones tecnomecánicas o para laminación de sus partes; en camiones volqueteros para sistemas de carga; en Industrias aeronáuticas para el movimiento de alerones en aviones grandes y en Industrias de Prefabricados. [6]

El presente artículo tiene como finalidad diseñar una prensa hidráulica horizontal, junto con la bomba hidráulica, selección de motor y estudios en las soldaduras con ayuda de CAD de la misma para la ayuda del proceso de compactación de viruta de aluminio.

2. Materiales y métodos

Para iniciar un proyecto es importante realizar una consulta previa, luego realizar un croquis de acuerdo a las necesidades que se tienen y proceder a calcular.

En el diseño de una prensa hidráulica es importante tener en cuenta la fuerza que se va a aplicar para que la viruta quede bien compactada, esto se hace con ensayos en una prensa funcional, sin embargo, en la universidad no se tienen los implementos necesarios, por este motivo se consulta bibliografía.

Según un estudio realizado en la Universidad de las Américas de Puebla en México la fuerza necesaria para compactar viruta de aluminio de un diámetro aproximado de 61,1 mm con una altura promedio de 26,9 mm se necesitó 30000 Kg. Fuerza. Siendo la compactación buena. Sin embargo, la fuerza necesaria para que la compactación sea buena es de 25000 Kg. Fuerza. [7]

Tabla 1. Resultado de ensayos. Autor. Concha. D.

Fuerza [Kg. fuerza]	Diámetro [mm]	Altura [mm]	Aglomeración
10,000	60.2	48.8	Nula
15,000	60.6	42.3	Mala
20,000	60.8	31.7	Regular
25,000	60.9	28.9	Buena
30,000	61.1	26.9	Buena

Así entonces la fuerza necesaria para compactación de aluminio en la máquina será de 25000 Kg. Fuerza. Este es el punto de partida para el diseño del circuito hidráulico y de la estructura de la máquina.

El cálculo de la presión aplicada en la base del cilindro hidráulico está dado por la ecuación 1, las pérdidas de presión por accesorios en la línea hidráulica son despreciable ya que el circuito es muy corto y la velocidad del fluido no es lo suficiente para que se tenga en cuenta una pérdida por fricción en la línea.

Presión en la línea hidráulica.

$$P = \frac{F}{A} \quad \text{Ec. 1}$$

Donde F es la fuerza y A el área transversal del cilindro hidráulico.

La fuerza de 25000 Kg. Fuerza equivale aproximadamente a 245250 N.

Es necesario conocer la velocidad de avance del cilindro, el caudal en la línea y la potencia requerida.

Flujo volumétrico (caudal)

$$V = v_{prom} * A_t \quad \text{Ec. 2}$$

Potencia requerida.

$$Q = \frac{P_{psi} * \dot{V}_{gpm}}{1714 * \eta} \quad \text{Ec. 3}$$

Como la bomba es diseñada por los autores se tiene que la eficiencia de la bomba es de aproximadamente un 85%.

Los cálculos del diseño de la línea hidráulica se observan en la tabla 2.

Los accesorios de la línea hidráulica son:

- Válvula anti retorno
- Válvula direccional
- Bomba de engranajes
- Cilindro hidráulico.
- Válvula de alivio

El fluido utilizado es aceite Mobil 880.

Para el diseño de la bomba de engranes se debe tener en cuenta tres aspectos fundamentales. La selección de un material para la carcasa de la bomba, el diseño de los engranes como tal y el uso de sellos mecánicos junto con los soportes de los ejes.

Para ser congruentes con el objetivo de diseño el material para la carcasa debería ser reciclado, para esto el material seleccionado fue aluminio, obtenido por fundición de latas.

El proceso de fundición de las latas se realiza en la Universidad Santo Tomás sede Villavicencio, es importante tener en cuenta las propiedades mecánicas

del material, por este motivo se realizan dos pruebas de tracción con dos probetas realizadas por los autores.

Tabla 2. Cálculos de línea hidráulica.

CALCULO DE LINEA HIDRAULICA	
Fuerza (N)	245250
Diámetro del cilindro(m)	0,1
Área de cilindro (m2)	0,007853982
Presión (Pa)	31226199,83
Presión (PSI)	4528,985572
Velocidad de cilindro (m/s)	0,0025
Caudal (m3/s)	1,9635E-05
Caudal (GPM)	0,311220514
Potencia (HP)	0,822353102
Potencia corregida (HP)	0,967474237

Ambas probetas son normalizadas cumpliendo la norma E8M ASTM. [8]

En los ensayos se obtuvo que el límite de fluencia para el material es de aproximadamente 80MPa y el límite de ruptura de 120 MPa. Está por encima de la presión que soportará la carcasa de la bomba, cabe mencionar que estos resultados fueron tomados de la probeta con menor capacidad, es decir, tenía concentradores de esfuerzos en su estructura.



Figura 1. Probetas utilizadas para el ensayo. Autor. Propio.

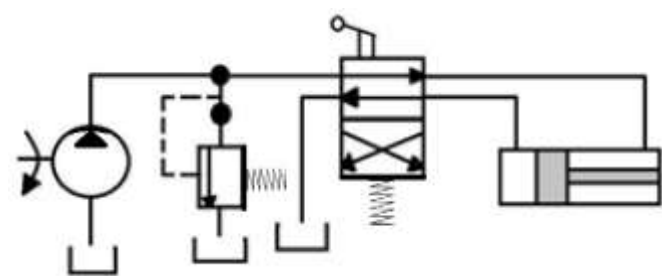


Figura 2. Circuito hidráulico. Autor. Propio.

En cuanto al material de los engranajes debe ser de acero inoxidable, recomendable acero inoxidable 316. [9] Con un diámetro externo de 50 mm y uno interno de 40 mm, el número de dientes 12 (usado en la elaboración de engranajes para bombas), esto permite un mejor manejo del caudal y no tiene presencias de picos ni en la presión ni en el caudal; un número de dientes menor afectaría directamente al flujo volumétrico.

Cálculo de caudal en bomba de engranajes externos

$$\dot{V} = \frac{(D^2 - d^2) * \pi * b * n}{4} * 10^{-6} \left(\frac{l}{min} \right) \text{ Ec. 4}$$

Donde b es el espesor de los engranajes y n la velocidad en RPM del motor. Despejando está ecuación se obtiene la velocidad del motor eléctrico siendo esta de aproximadamente 200rpm.



Figura 3. Gráfica esfuerzo-deformación. Autor. Propio.

El diseño en la estructura estará dado principalmente a la fuerza que el cilindro hidráulico ejercerá sobre la misma. En el cálculo de la unión pernada que permite al cilindro estar sobre la base se tiene en cuenta las siguientes características

- Fuerza: 122625 N
- Factor de seguridad (n): 3
- Resistencia de prueba (Sy): 225 MPa. [10]

Fuerza en el perno

$$F = \frac{A * Ssy}{n} \quad \text{Ec. 5}$$

Resistencia de prueba del perno

$$Ssy = Sy * 0.557 \quad \text{Ec. 6}$$

Despejando de la ecuación 5 A, correspondiente al área transversal del perno se obtiene que un perno M8x1.25 ISO 4.6 es el adecuado.

Estos pernos corresponden a la unión de la placa donde se encuentra el cilindro hidráulico con la placa base.

Esfuerzo cortante en la soldadura

$$\tau = \frac{F}{0,707 Lh} \quad \text{Ec. 7}$$

El esfuerzo permisible sobre una unión soldada es de 0,3 del esfuerzo último del material base.

Se elige el esfuerzo cortante como criterio de diseño porque permite ser conservadores a la hora de calcular el ancho de filete de soldadura, siendo este el menor sobre la garganta de la soldadura.

El esfuerzo permisible para la soldadura es de 300 MPa, utilizando una soldadura SAE 1006, despejando el h de la ecuación 7 se obtiene el ancho de soldadura, dando como resultado que 4mm es suficiente.

Tabla 3. Ancho de filete. Autor. Propio.

ANCHO DEL FILETE	PORTE A SOLDAR	SOLDADURA
4 mm	VIGA DE SOPORTE CON COLUMNA	SAE 1006
7 mm	CAJA DE PRESIÓN	SAE 1006

3. Resultados y discusión

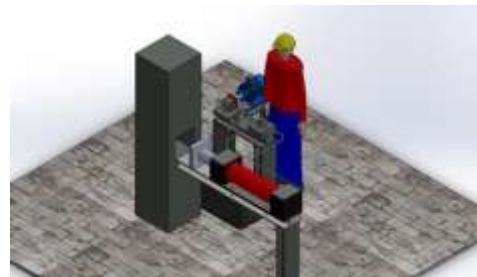


Figura 4. Diseño en CAD de la máquina. Autor. Propia.

Luego de realizar los cálculos correspondientes al diseño de las piezas, uniones y el circuito hidráulico se hace un ensamblaje con las medidas correspondientes en Solidworks.

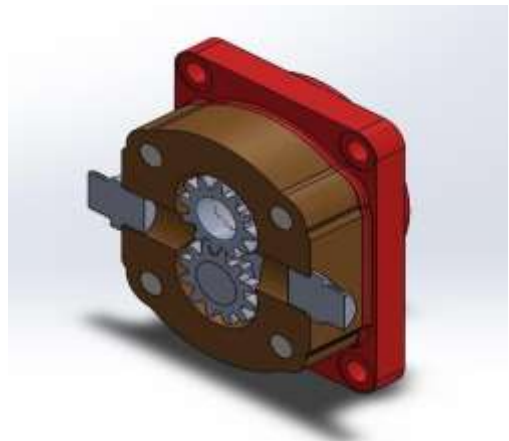


Figura 5. Corte de la bomba de engranajes. Autor. Propio.

En la figura 5 se observa el ensamblaje de la bomba de engranajes, el número de dientes corresponde para facilitar el paso del fluido y corregir los picos de presión en la línea hidráulica.

El motor de la figura 6 es un motor a 1 Hp y 1700 rpm, las rpm necesarias para el correcto funcionamiento del

circuito hidráulica no sobrepasan las 200 RPM, por lo tanto existen dos opciones para bajar las revoluciones a un motor, la primera es el uso de un reductor con una configuración específica de engranes, la otra es la implementación de un variador de frecuencia, esto permite controlar la velocidad de giro en el motor.

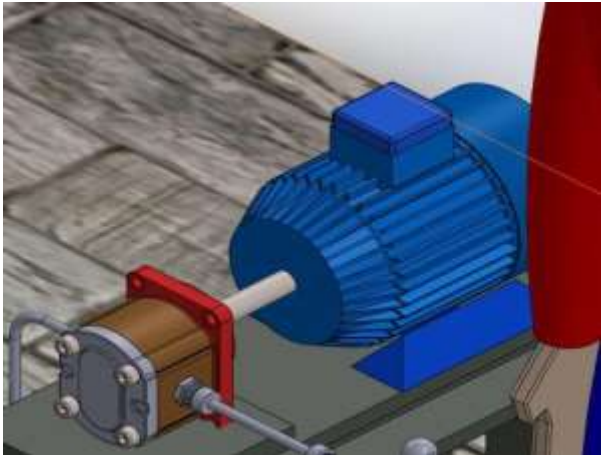


Figura 6. Bomba-motor. Autor. Propio.

Los otros accesorios en la línea hidráulica son las válvulas, una de direccionamiento que al final es la que el operario manipula y una válvula de alivio.

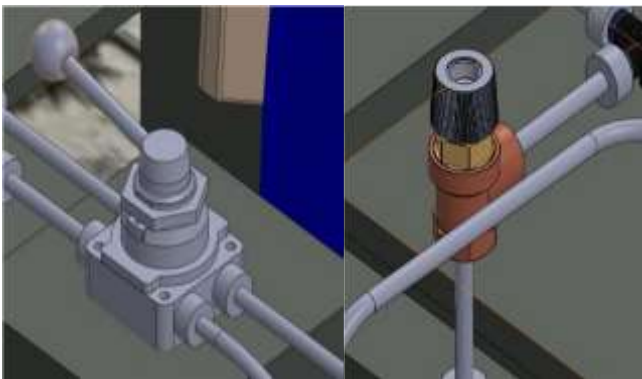


Figura 7. Válvula del circuito. Autor. Propio

El cilindro hidráulico en la figura 8, se observa la unión pernada, calculada con anterioridad, la viga que se utiliza es de un acero estructural. La columna que resiste la presión de la prensa es de hierro fundido.

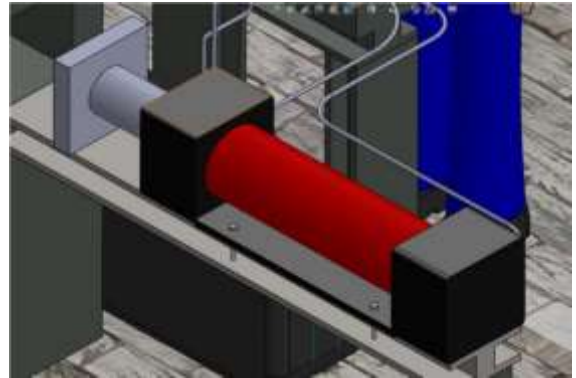


Figura 8. Cilindro hidráulico. Autor. Propio.

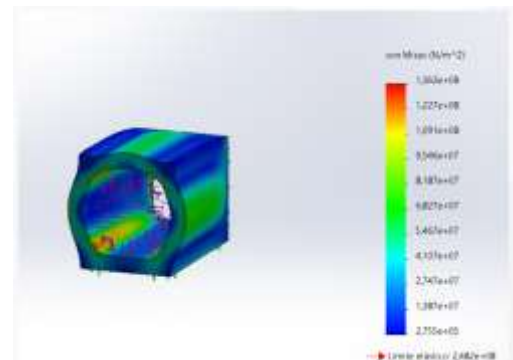


Figura 9. Análisis de esfuerzos en la caja de compactación. Autor. Propio.

En la figura 9 se puede observar los esfuerzos aplicados en la caja de compactación donde el esfuerzo máximo es de $1,363e+08$ pascuales, el cual no sobre pasa el límite elástico del material utilizado, por lo tanto, es aceptable. Cabe mencionar que la fuerza utilizada para la simulación es la total aplicada por el cilindro en todas las paredes de la caja, sin embargo en la realidad esta fuerza es menor, esto para que el diseño sea un poco más conservador.

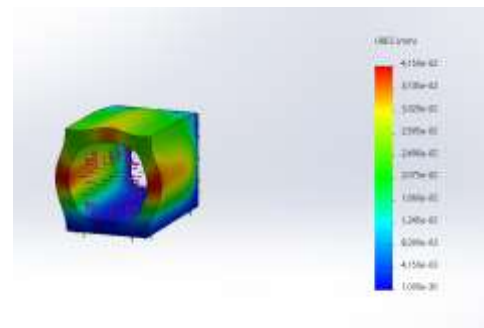


Figura 10. Deformación de la caja compactadora. Autor. Propio.

Se puede apreciar que la deformación máxima de la caja compactadora es de $4,150 \times 10^{-2}$ mm, por lo tanto la deformación es muy mínima a la hora de aplicar la carga.

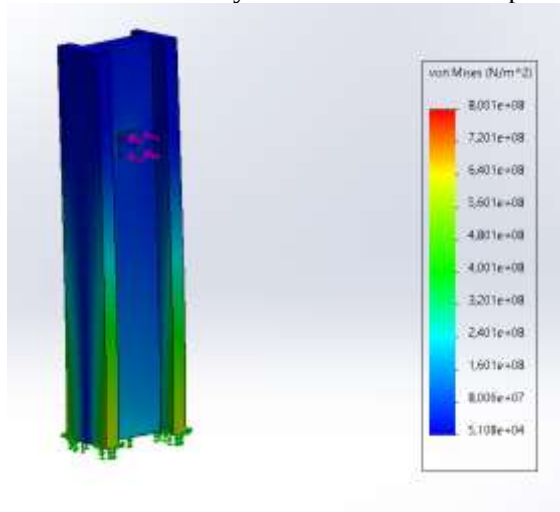


Figura 11. Viga de soporte. Autor. Propio.

El límite elástico máximo de la viga de soporte es de 9×10^8 pascales, por lo tanto no supera el límite elástico del material utilizado, por consiguiente es aceptable.

4. Conclusiones

Con base a los análisis de los resultados se obtiene que:

Con el uso de cuatro pernos a la viga es mas que suficiente según los parámetros establecidos para la distribución de esfuerzos que soportan los mismos, utilizar más perno ayuda al factor de seguridad de la máquina, sin embargo, en el presente informe se trabajó con un factor de 3, es más que suficiente por lo que al agregar otros pernos se considera sobredimensionado.

Es importante tener en cuenta a la hora del diseño el modo de operación de la máquina, esta es manual, la válvula de direccionamiento debe estar al alcance del operario.

Al realizar los cálculos de la potencia del motor se encontraron distintas potencias en función a la velocidad de avance del pistón, por este motivo se eligió una velocidad de avance de 1 cm cada 4 segundos, o lo que es igual a $0,0025 \text{ m/s}$. Las potencias en el motor con una velocidad de 1 cm/s excedían los 3.5 Hp de potencia en

el motor, y por cuestión tanto de ahorro de energía y costos en el diseño se selecciona esta.

Al hacer un estudio estático se determina que la mayoría de la carga es transmitida a la estructura que soporta a todos los componentes de la prensa. En este caso las vigas seleccionadas son quienes soportan en mayor cantidad la carga.

En los arreglos pos pernos se puede identificar que cuantos más pernos mayor resistencia tiene el elemento el conjunto pernado a la carga, en este caso en particular se concluyó con el uso de solo cuatro pernos. Estos cuatro pernos son más que suficientes para lograr transferir la mayor parte de la carga al elemento estructural. En el caso que se quiere aumentar más el factor de seguridad se pueden aumentar el número de pernos.

5. Bibliografías

[1] á. a. c. jiménez, «internacional metalmecánica,» recomendaciones para el reciclaje y reutilización de viruta, febrero 2018. [en línea]. available: <https://www.metalmecanica.com/temas/recomendaciones-para-el-reciclaje-y-reutilizacion-de-viruta+123953?pagina=2>.

[2] bogotá-colombia, «industria metal mecánica,» la industria metal mecánica en colombia. [en línea]. available: https://compradores.procolombia.co/es/exploroportunidades/industriametalmecanica?__cf_chl_jschl_tk__=39bcfb75abc337bec8ff9d1e31d9a3f79a4b9da9-16212243740ab10577exvds3qso1fcujrkvoq366agrgsowjsvazxzwfbklc3ywy7wcqwc9vhul4lwvogsjt3eizeg4jd0irjne5nse9p. [último acceso: 2021].

[3] v. l. (. b. aires, «briqueteado de aluminio y latón,» reciclaje de viruta de aluminio y latón, 2019. [en línea]. available: <https://briqueteado.com.ar/metales-trabajados/aluminio-y-latón>. [último acceso: 2021].

[4] d. concha contreras, «diseño de una maquina compactadora de viruta de aluminio,» tesis profesional, cholula, puebla, México, 2005.

[5] j. m. escacena ventura, «caracterización de las propiedades mecánicas del aluminio 7075-t651,» ingeniería industrial.

[6] g. denver, «bomba con engranajes de acero inoxidable - sm417 m,» colombia, 2021. [en línea]. available: <https://www.gardnerdenver.com/es-co/oberdorfer/gear-pumps/stainless-steel/sm417-m>.

[7] r. g. b. y. j. k. nisbett, diseño en ingeniería mecánica - 9na edición, ingeniería mecánica.

[8] p. guarner escribano, s. ferrer mileo, j. lópez jaramillo, j. marn enrique, j. rovira valdeperez y e. valverde estrella, fabricación de un pistón, españa: etseib, 2013.

[9] t. martín blas y a. serrano fernández, «termodinámica (primer principio),» montes (upm), 2015. [en línea]. available:<http://www2.montes.upm.es/dptos/digfa/cfisica/termo1p/trabajo.html#:~:text=el%20trabajo%20es%20la%20cantidad,cuando%20se%20produce%20un%20desplazamiento.&text=por%20efecto%20de%20la%20presi%C3%B3n,mientras%20recorre%20una%20distancia%20dx>. [último acceso: 20 octubre 2020].

[10] a. arosemena, «análisis de energía en sistemas,» utp, 2012. [en línea]. available: https://www.academia.utp.ac.pa/sites/default/files/docente/72/clase_4_analisis_de_energia_en_sistemas_cerrados.pdf. [último acceso: 20 octubre 2020].

[11] c. steven c. y c. raymond p., métodos numéricos para ingenieros, quinta ed., nueva york.: mc graw hill, 2007.

[12] r. l. norton, diseño de máquinas, 4ta edición.

[13] j. e. s. / j. k. n. / r. g. budynas, diseño en ingeniería mecánica de shigley, 8va edición.

[14] echeverry romero, michel vanesa. historia de la prensa hidráulica. bogotá d. c: slideshare, 2012. disponible en http://es.slideshare.net/loren_michel/historia-de-la-prensa-hidraulica.

[15] stokyar. 07 de abril, 2011. las aplicaciones de las prensas hidráulicas. Recuperado de: http://www.articulo.org/articulo/39365/las_aplicaciones_de_las_prensas_hidraulicas.html



Design of a Hydraulic Scissor-Type Elevator for Vehicles

D. E. Zipa^a, N. Molina^a, Y. D. Fúquene^a

^aFacultad de ingeniería mecánica, Universidad Santo Tomás Villavicencio, vía Puerto López, 2021.

Información:

Historial del artículo:

Entrega final: 21/05/2021

Keywords: Hydraulic,
elevator, vehicles, transport,
fluid, pump.

Abstract:

This work describes the studies and calculations carried out to obtain a design for a hydraulic scissor lift driven by a gear pump capable of supporting the heavy weights of conventional vehicles. The strength of the lift has been analyzed by means of strength and deformation simulations carried out in software such as SolidWorks and ANSYS. For the pump, a three-dimensional model was created, and all the leakages were considered by means of calculations in order to determine its volumetric efficiency. Simulations were carried out and compared with the theoretical data obtained. In general, we have tried to obtain a practical and efficient design to be conceived as an option when vehicles need to be lifted in remote areas.

1. Introducción

La comodidad en el área de trabajo en la industria o cualquier zona ha obligado a diseñar herramientas las cuales faciliten el trabajo, tiempo y calidad en el proceso que se esté llevando a cabo. En este caso el uso de la tecnología en esta herramienta automotriz proporciona mayor fiabilidad y seguridad para el desempeño del usuario, logrando un menor esfuerzo, disminución de tiempo y por lo tanto es efectivo la necesidad de poseer una herramienta de este nivel.[1]

La tecnología hidráulica se ha utilizado desde hace muchos años por todo el mundo, se ha empleado para el movimiento de cargas muy pesadas, en este caso la aplicación de un elevador de tijera, a veces conocido como un ascensor de mesa, es una plataforma de trabajo destinado al transporte de cargas o de personas. Este tipo de elevador utilizar la energía hidráulica, que se extienden en altura, y vienen en varios tipos y tamaños. Originalmente diseñado como un elevador industrial que ha sido modificado para adaptarse a diferentes entornos de trabajo.[2]

Con la finalidad de levantar un vehículo para ser reparado, modificado, reemplazar partes o darle mantenimiento, se tiene como necesidad construir un elevador hidráulico tipo tijera, este dispositivo cumple con la función de ayudar a la industria automotriz, ya que facilita las diversas tareas o funciones de los operarios de dicha industria, no sólo se puede ver los grandes beneficios de levantar un vehículo en la industria automotriz; en el día a día cuando las personas

se trasladan de un lugar a otro en sus vehículos están sujetas a cualquier imprevisto en el camino, como por ejemplo una

llanta pinchada, donde se usan gatos hidráulicos para levantar el vehículo y así poder reemplazar la llanta, otra función que actualmente no es muy conocida es usar estos elevadores hidráulicos en los parqueaderos para ser empujados por el personal y estacionar según el espacio, estos elevadores son portátiles y permiten el desplazamiento de estos, otra función vista en los países más desarrollados, es para parqueaderos automatizados que aprovecha el espacio estacionando los vehículos en plantas diferentes[1].

Los elevadores hidráulicos se fabrican con sistemas hidráulicos preparados para trabajar con pesos "mínimos" superiores a los 3.000Kg sin que esto reporte ningún esfuerzo al sistema hidráulico ya que se suelen emplear hidráulicos y bombas capaces de ejercer desde 20 hasta 60 toneladas. [2]

Estos elevadores satisfacen cualquier necesidad relacionada con levantar grandes pesos, donde se puede investigar y aplicar diversos espacios de conocimiento de la ingeniería mecánica, como hidráulica, estática, diseño de estructuras, resistencia de los materiales, entre otros. Es por esto por lo que en este trabajo se realizará los cálculos pertinentes para levantar un vehículo de 4.3 toneladas mediante un elevador hidráulico tipo tijera accionado por una bomba de engranajes externos, se diseñará los pernos de sujeción para los eslabones de las tijeras y posteriormente se seleccionará el material adecuado, por último, se fabricará un prototipo a escala principalmente de la

bomba usando los conocimientos adquiridos previamente [2,3]

Se partirán de unos parámetros estándares para todas las plataformas de este tipo como son: longitud, anchura y altura máxima alcanzable por la plataforma. Se tomará de referencia la normativa correspondiente a este tipo de máquinas para saber los criterios que se deben de aplicar, en la colocación de las cargas, fuerzas y las posibles limitantes que se presenten en las dimensiones o prestaciones según la capacidad de carga a la que queramos someter el elevador y los usos para los que se diseñará. [3]

2. Materiales y métodos

Para la selección de la bomba primero se identificaron los siguientes datos:

los eslabones del sistema y el vehículo: 4300 Kg para la masa promedio de un vehículo y 700 Kg exagerando para el restante, para un total de 5000 Kg. Además, se usó el método de Newton Raphson para hallar la distancia superior entre los eslabones, la longitud y el ángulo (θ) del cilindro hidráulico respecto al ángulo de los eslabones (α), ya que son necesarios para realizar el análisis estático:

$$X_{n+1} = X_n - \frac{f(X_n)}{f'(X_n)} \quad \text{Ec.1}$$

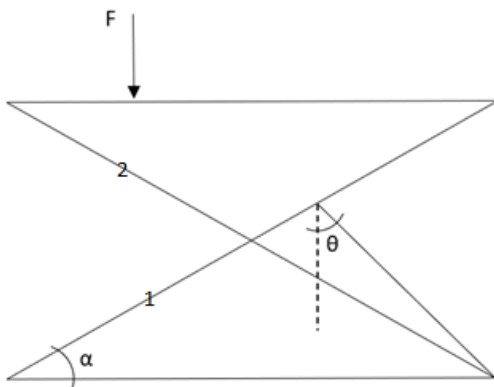


Figura 1. Diagrama del elevador tipo tijera.

En la figura 1 se puede apreciar el diagrama del elevador tipo tijera, donde se representa gráficamente los ángulos nombrados anteriormente. El método de Newton Raphson se programó mediante Matlab.

- Masa.
- Fuerza del sistema.
- Área de los pistones.
- Caudal del sistema.
- Presión del sistema.

La masa se seleccionó de acuerdo con la masa promedio de un vehículo, 4.3 toneladas, pero para Aumentar la seguridad y no hacer el sistema sobre medida se eleva a 5 toneladas. El diámetro de los pistones es de 2 pulgadas, es decir, 0.1016m.

Para el cálculo de la presión del sistema se necesitó hallar la fuerza que ejercerá tanto como la plataforma,

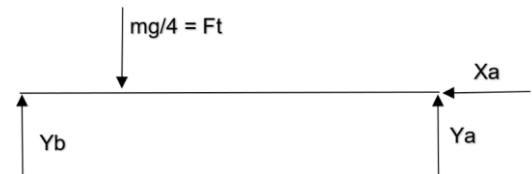


Figura 2. Diagrama de cuerpo libre de la plataforma superior del elevador.

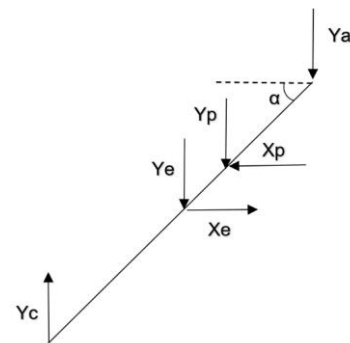


Figura 3. Diagrama de cuerpo libre del primer eslabón.

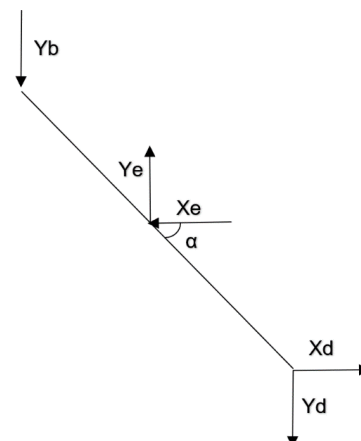


Figura 4. Diagrama de cuerpo libre del segundo eslabón.

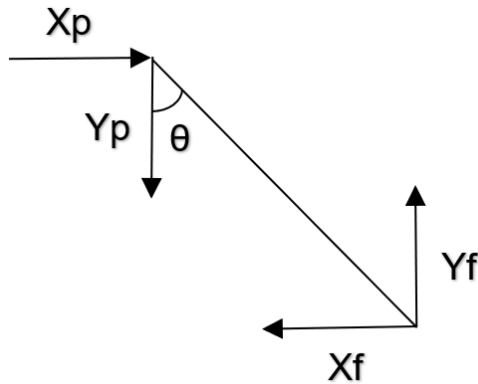


Figura 5. Diagrama de cuerpo libre del cilindro hidráulico.

La figura 2, 3, 4 y 5 se representa los diagramas de cuerpo libre del elevador, este elevador se modela mediante el análisis estático para maquinas, en el cual consiste en analizar cada elemento por aparte, seguido se hace una sumatoria de fuerzas en el eje x y y, y se obtiene una ecuación de momento. Después de realizar el análisis, se obtiene un sistema de ecuaciones 9x9, es decir, 9 ecuaciones y 9 incógnitas.

$$F = m * g \quad \text{Ec.2}$$

La ecuación dos (2) se realiza para obtener la fuerza F situada a ¾ de la longitud del soporte superior, donde m es la masa del vehículo y g la gravedad.

$$A = \begin{bmatrix} 1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 1 & 0 \\ 0 & (\sin(\alpha) * 0.98) & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & -1 & 1 \\ 0 & (\sin(\alpha) * 0.15) & 0 & 0 & (\cos(\alpha) * 1.13) & 0 & (\cos(\alpha) * 0.15) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & -1 & 0 & 0 & 0 & -1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 1 \\ 0 & 0 & (-\cos(\theta) * 1p) & 0 & 0 & 0 & 0 & (\sin(\theta) * 1p) & 0 \end{bmatrix}$$

Figura 6. Matrices A y B obtenidas del sistema de ecuaciones 9x9, programado en Matlab.

Mediante Matlab se solucionó el sistema de ecuaciones 9x9, ver figura 6, el cual se obtiene mediante la inversa de la matriz A multiplicada por el vector de coeficientes resultantes.

$$C = A^{-1} * B \quad \text{Ec.3}$$

Mediante este método obtenemos todas las reacciones de las uniones del elevador y la fuerza máxima realizada por el cilindro hidráulico, fuerza que se usara para hacer la selección de la bomba de engranajes externos, dichos valores de las reacciones son hallados en el vector C, donde cada parámetro es el valor de cada reacción según el orden dado en la matriz A.

$$F_P = \sqrt{(X_p)^2 + (Y_p)^2} \quad \text{Ec.4}$$

La ecuación cuatro (4) se usó para hallar la magnitud de la fuerza máxima que ejercerá el pistón en su punto más crítico.

$$A = \frac{\pi}{4} * D^2 \quad \text{Ec.5}$$

Donde A es el área transversal, en función de D, el diámetro del cilindro hidráulico.

Una vez hallada el área transversal hallaremos la presión máxima que debe ejercer el sistema para poder levantar el vehículo, usando la ecuación seis (6).

$$P = \frac{F}{A} \quad \text{Ec.6}$$

Se necesita hallar el caudal del sistema como parámetro importante para la selección de la bomba, el cual se halló con la siguiente formula:

$$Q = v * A \quad \text{Ec.7}$$

Donde v es la velocidad promedio para subir y bajar el vehículo. Por último, se halló la potencia del motor con la siguiente formula:

$$P = \frac{gpm * psi}{1714 * \eta} \quad \text{Ec.8}$$

Donde el caudal es en GPM, la presión en PSI y η es la eficiencia de la bomba.

Ya calculados los valores de la presión y el caudal del sistema se puede seleccionar la bomba de engranajes externos con los datos de la tabla 1.

3. Resultados y discusión

TAMAÑO BOMBA	TAMAÑO NOMINAL	CILINDRADA [cm3/vuelta]	CAUDAL MAX. [a 1500 vueltas/min.] [l/min.]	PRESION MAX. DE USO [a 1500 vueltas/min.] [bar]	PRESION MAX. DE PUNTA [a 1500 vueltas/min.] [bar]	VELOCIDAD MAX. DE ROTACION [vueltas/min.]	VELOCIDAD MIN. DE ROTACION [vueltas/min.]	
GP3	0207	20.7	31.0	230 (280)	270 (310)	3500	500	
	0225	22.5	33.7					
	0264	26.4	39.6					
	0337	33.7	50.5					
	0394	39.4	59.1	220 (280)	260 (290)	3000	400	
	0427	42.7	64.0	210 (250)	250 (280)			2800
	0514	51.4	77.1	200 (230)	240 (260)			2400
	0600	60.0	90.0	190	220			2800
	0696	69.6	104.4	170	200			2500
	0776	77.6	116.4	160	190	2300		
	0876	87.6	131.4	140	170	2000		

Tabla 1. Tipos de bombas. [5]

DATOS	VALOR	UNIDADES
Masa	5000	[kg]
Gravedad	9,81	[m/s^2]
Fuerza del sistema	49050	[N]
Diámetro del cilindro	0,1016	[m]
área transversal del cilindro	8,11E-03	[m^2]
Fuerza del cilindro	46050	[N]
Presión del cilindro	28,4	[Bar]
Caudal del sistema	30,85	[GPM]
Potencia de la bomba	0,68	[HP]
Eficiencia	75%	[Porcentaje]

Tabla 2. Resultados de los cálculos del sistema.

Se puede apreciar en la tabla que la bomba de referencia GP3 0876 tiene un caudal máximo de 131,4 L/min y una presión máxima de 140 bares, es decir, que dicha bomba es la que mejor se adapta y cumple las expectativas con valores de los parámetros hallados anteriormente por encima de los requeridos.



Figura 7. Carcasa de la bomba de engranajes internos.

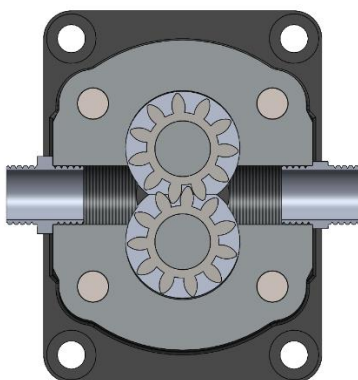


Figura 8. Mecanismo interno de la bomba de engranajes.

La bomba se diseñó mediante el software SolidWorks, en la figura siete (7) se puede ver la carcasa de la bomba, y en la figura ocho (8) se ve el

mecanismo, el cual consiste en dos engranajes que van a rotar en su eje, comprimiendo el líquido y liberándolo con más presión.

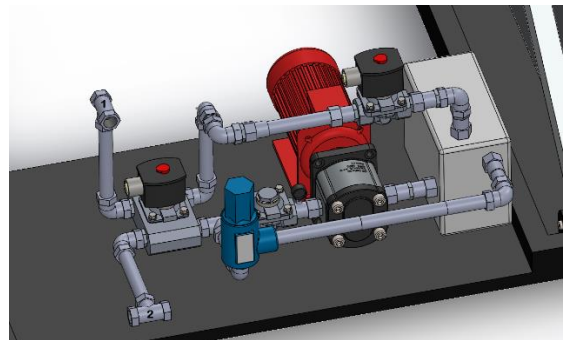


Figura 9. Sistema hidráulico diseñado en SolidWorks.

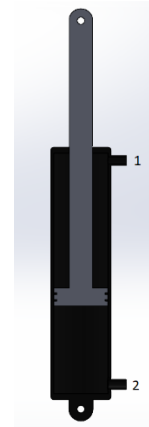


Figura 10. Cilindro hidráulico.

El sistema hidráulico diseñado en SolidWorks se puede observar en la figura 9, donde las líneas conectadas a los pistones están enumeradas tanto en la figura nueve (9) y diez (10). El cilindro hidráulico es diseñado en SolidWorks a la medida requerida calculada anteriormente, en la figura diez (10) se puede observar la estructura interior mediante un corte de vista.

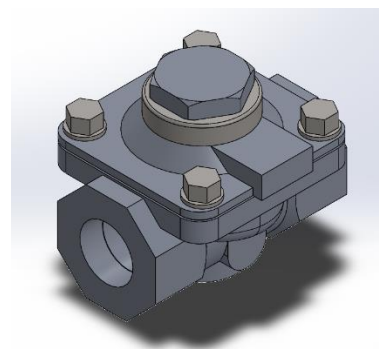


Figura 11. Válvula antirretorno.

La válvula antirretorno es un mecanismo de seguridad el cual permite el paso del fluido en una sola dirección.

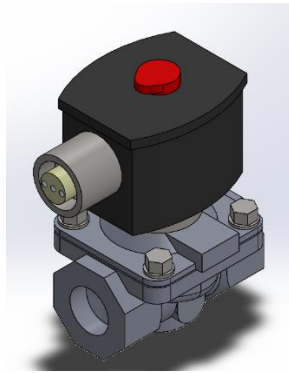


Figura 12. Válvula reguladora de caudal.

La válvula reguladora de caudal es controlada mediante un solenoide, sirve para controlar el paso de cantidad de fluido que pasa por ella.

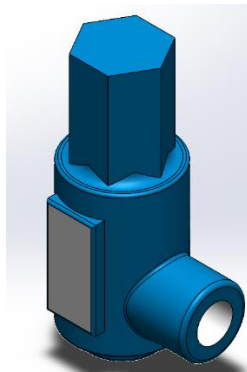


Figura 13. Válvula de alivio.

La válvula de alivio es un mecanismo de seguridad el cual se acciona mediante presión, si esta presión es mayor a lo máximo permitido se abre así liberando presión del sistema.

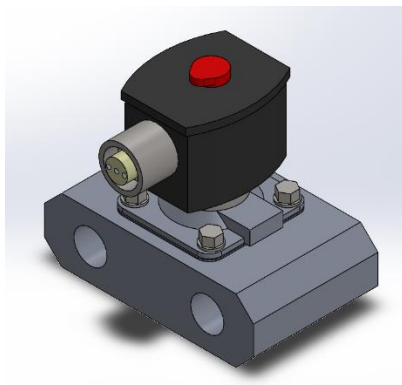


Figura 14. Válvula 4/3.

La válvula 4/3 tiene 4 vías y 3 estados, es centrada por resortes y direccionada por solenoides. Permite elevar, mantener y bajar el elevador hidráulico.

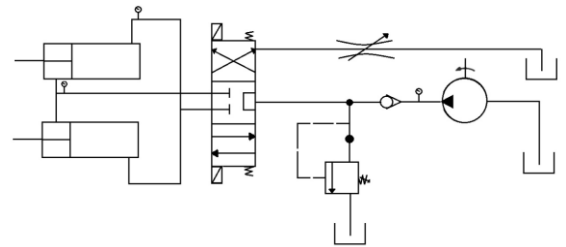


Figura 15. Circuito hidráulico.

El circuito hidráulico está conformado por el tanque de almacenamiento, la bomba, tres manómetros, una válvula antirretorno, una válvula de alivio, una válvula direccional 4/3, dos cilindros hidráulicos y una válvula reguladora de caudal.

El circuito funciona de la siguiente manera: la bomba está conectada al tanque de almacenamiento donde está el aceite hidráulico, este aceite es llevado por la válvula antirretorno que no permite que el aceite que ya pasó por la válvula vuelva hacia la bomba protegiéndola de cualquier daño, seguido pasa por la válvula direccional 4/3 donde el primer estado permite elevar los pistones del cilindro hidráulico; el segundo estado, una vez el elevador llega hasta arriba es mantener la línea de los pistones cerradas mientras que la bomba lleva el líquido hasta el tanque nuevamente; y el tercer estado conecta la línea de la bomba con la línea superior de los cilindros hidráulicos, haciendo que estos empiecen a bajar empujando el líquido de los pistones hacia la válvula reguladora de caudal y de esta hacia el tanque.

El aceite que se usa para este tipo de elevadores hidráulicos es el aceite hidráulico AW ISO 68. Este aceite es el más usado para este tipo de sistemas hidráulicos ya que presenta características formidables, como: buena estabilidad a la oxidación, protección contra herrumbre y corrosión, cambio de viscosidad mínimos con la temperatura, buena estabilidad térmica, entre otras.[10]

El material que se uso en este tipo de elevador es un acero ASTM A525.[11]

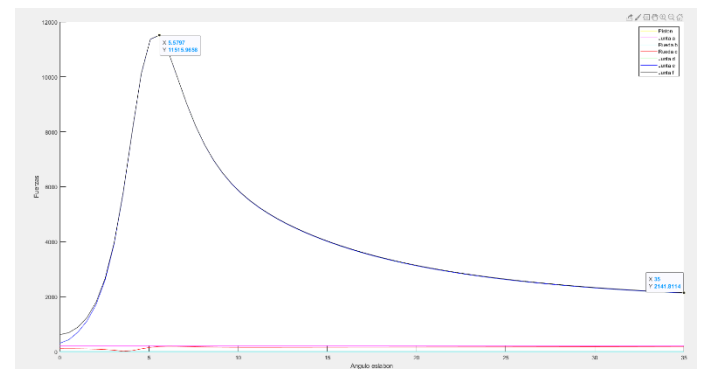


Figura 16. Fuerzas de todos los elementos del elevador hidráulico tipo tijera.

Grafica de las fuerzas obtenidas de todos los eslabones mediante el análisis estático en Matlab, ver figura 16.

4. Conclusiones

El sistema hidráulico elaborado es óptimo ya que sus parámetros de elaboración son bajos, como ejemplo el motor debe tener una potencia mínima de 0,68 HP, es decir, que el motor necesario es de 1 HP para que no quede operando en sus límites.

Las uniones de los pistones con el sistema hidráulico no se pudieron incluir en el ensamblaje del diseño ya que SolidWorks no permitiría el movimiento natural del mecanismo.

El sistema hidráulico es diseñado para proteger el mismo sistema, se empleo una válvula de alivio para seguridad, se incluyó manómetros para monitorear las presiones de las líneas, especialmente después de la bomba ya que ahí puede presentar mayores fallas.

Para bajar la plataforma se concluyó que su mejor mecanismo es mediante la bomba, controlando el caudal mediante una válvula reguladora, la bomba sirve para controlar la bajada de la plataforma, de igual forma la válvula reguladora de caudal sirve para evitar que el elevador baje bruscamente por efectos de la gravedad y la grande masa del vehículo.

El punto crítico de operación del cilindro hidráulico es de 4 grados a 6 grados, ver figura 16, donde la fuerza del pistón es demasiado alta con respecto a las demás reacciones.

Para evitar el mayor esfuerzo de la bomba, se concluyo que el pistón debe estar mas alejada de la mitad de las tijeras, para que su Angulo inicial sea mayor y por ende su fuerza sea menor.

El material usado en el elevador es un acero estructural bastante resistente, sus características permite soportar más de la fuerza máxima expresada en la figura 16.

5. Bibliografía

[1] C. A. Almeida and J. L. García, “Diseño y construcción de un elevador móvil electrohidráulico tipo tijera con capacidad de carga de 500 kilogramos para el mantenimiento de maquinaria,” Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito, 2016.

[2] P. Jiménez, “Diseño y cálculo de un elevador de vehículos de tipo tijera,” Escuela Politécnica Superior de Linares, 2020.

[3] J. G. Martínez and J. A. Sánchez, “Diseño de un elevador hidráulico tipo tijera para vehículos,” Escuela Superior Politécnica de Litoral, 2017.

[4] G. R. y J. K. N. Budynas, Diseño en ingeniería mecánica de Shigley. 2008.

[5] Duplomatic, GP Bombas de engranajes externos serie 20, Italia: Duplomatic, 2005.

[6] D. F. Arguello and E. R. Galárraga, “Diseño y construcción de un elevador electro -hidráulico tipo tijera para aplicaciones prácticas en la Facultad de Ingeniería Mecánica Automotriz de la UIDE ",” 2010.

[7] S. Torres, “Diseño y cálculo de un elevador de tijera para vehículos,” 2019.

[8] D. G. Chavez Perez, “Elevador De Tijera Por Accionamiento Hidráulico,” p. 113, 2015, [Online].Available:<https://riull.ull.es/xmlui/bitstream/handle/915/859/elevadortipotijeraporaccionamientohumano.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

[9] D. C. Hidalgo and V. J. Villarruel, “Diseño de un elevador de doble tijeras accionado hidráulicamente para vehículos con una capacidad de hasta 4.0 toneladas,” 2011.

[10] Chevron, «cheveron hydraulic oil aw iso 68,» CHEVRON, Mexico, 2014.

[11] metinvest, «metinvestholding,» 13 06 2015. [En línea].Available:<https://metinvestholding.com/es/products/steel-grades/529grade50>. [Último acceso: 27 05 2021].

INGENIERÍA DE MATERIALES



Efecto de los tratamientos térmicos en la microestructura de un acero 8620

C. A. Paez, Y. M. Gutiérrez

Facultad ingeniería mecánica, Universidad Santo Tomás Villavicencio, vía Puerto López, 2020.

Información:

Historial del artículo:

Entrega final: 22/05/2021

Keywords:

8620 Steel,

Heat

treatments,

microstruct

ure

Abstract:

The objective of this work was to analyze and compare the effect of tempering, normalized and annealed heat treatments on AISI 8620 steel. The treated samples were austenitized at 900°C and kept for 20 minutes at this temperature and then the treatments were carried out. The samples were prepared metallographically and analyzed in an optical microscope. Microhardness measurements were carried out in order to determine the changes caused by each heat treatment. The temper presented the highest hardness value for presenting a martensite structure while the lowest hardness was presented by the samples without treatment and those annealed with a ferrite structure.

1. Introducción

Los tratamientos térmicos en los metales son aquellos ciclos en los cuales se somete a calentamiento y enfriamiento los aceros, así de esta manera modificar su microestructura con el fin de mejorar sus propiedades mecánicas. Según la American Society for Metals, en su colección Metals Handbook, los tratamientos térmicos son la combinación de operaciones de calentamiento y enfriamiento con determinados tiempos, aplicados a un metal o aleación de tal manera para producir propiedades deseadas. [1] Las técnicas y aplicaciones de los tratamientos térmicos en los metales se continúan estudiando, dando como resultados materiales con propiedades mecánicas mejoradas. La aparición de nuevos y sofisticados sistemas de calentamiento y enfriamiento, controles más exactos y eficaces de la atmósfera en los hornos utilizados para tratamientos térmicos, ha permitido la obtención de diferentes combinaciones de estructuras. [1] Todo esto mencionado incrementa las diversas formas en que se puede modificar la microestructura de los metales mejorando sus propiedades, de esta manera los tratamientos térmicos son utilizados en los aceros para mejorar resistencia al desgaste, dureza, tenacidad, resistencia mecánica, resistencia a la corrosión, conducción eléctrica, a

un mejor precio y con la calidad esperada. [1]

Los tratamientos térmicos más utilizados en la industria son el temple, revenido, normalizado y recocido, a continuación, se hace una breve explicación de cada una de ellos. El tratamiento térmico temple es un tratamiento térmico que se aplica a los aceros con el fin de proporcionarles determinadas propiedades mecánicas, como una mayor dureza. El acero se calienta hasta la temperatura austenítica, luego se enfría, ya sea al aire o por inmersión en agua o aceite, con la suficiente rapidez para de esta forma evitar la formación de ferrita y perlita, para así solo obtener martensita. Es muy importante el tiempo en el que se mantiene a alta temperatura garantizando que toda la microestructura sea austenita. [2] El revenido se realiza una vez templado el material, este se calienta a una temperatura menor a la de austenización durante un determinado tiempo, para así disminuir la dureza y fragilidad que tenía después del temple y aumentar su tenacidad y ductilidad. [1]

El tratamiento de recocido consiste en someter el material a una temperatura elevada durante un determinado tiempo y después se enfría lentamente. Por lo general este tratamiento se utiliza para, aliviar tensiones, disminuir la dureza, aumentar su ductilidad y tenacidad y así

conseguir una microestructura en específico. Existen varios tipos de recocido, pero todos tienen las mismas tres etapas. Calentamiento hasta una temperatura prevista que depende del material, su tamaño y otras variables; sostenimiento a esta temperatura durante un determinado tiempo y enfriamiento a temperatura ambiente. Cabe resaltar que el tiempo tiene un papel muy importante en estos pasos. [3] El tratamiento térmico normalizado se utiliza para piezas fundidas, forjadas o mecanizadas y sirve para afinar la estructura y producir una distribución de tamaños más uniformes, también otro de sus objetivos es eliminar las tensiones que suelen aparecer en la solidificación, forja o en otras operaciones posteriores en el proceso de la fabricación. Permite eliminar las tensiones que se generan por utilizar un enfriamiento rápido en las piezas al momento de colarlas, después del proceso de endurecimiento y por trabajo mecánico. Si no se realiza dicho tratamiento las piezas tienden a deformarse [1]

En este trabajo se utilizó un acero AISI 8620, el cual es un acero de baja aleación de Níquel, Cromo, Molibdeno, en la tabla 1 se presenta la composición nominal. Comúnmente es utilizado en la fabricación de árboles de levas, engranajes, pasadores, cadenas y pasadores de cadenas. Por lo general se realizan tratamientos de temple, revenido, además de tratamientos termoquímicos de cementación, para así obtener dureza superficial y tenacidad en el núcleo. [3]

Tabla 1: Composición nominal del acero AISI 8620 [2]

Elemento	% wt
C	0,18% a 0,23%
Si	0,15% a 0,35%
Mn	0,7% a 0,9%
P	0,035% max
S	0,04% max
Cr	0,15% a 0,25%
Mo	0,15% a 0,25%

Al acero AISI 8620 se le aplicaron tres tratamientos térmicos: Normalizado, temple y

recocido. Esto para así poder comparar los cambios se obtienen al someter la pieza a diferentes velocidades de enfriamiento, los cuales pueden producir diferentes transformaciones de fases, aumento o disminución del tamaño de los granos, lo cual lleva a cambios en sus propiedades mecánicas, aumentando o disminuyendo su dureza y resistencia mecánica.

2. Materiales y métodos

Se utilizó una pieza de acero AISI 8620, el cual tenía un diámetro de 3,5 cm y con un largo de 8 cm. La composición química nominal de este acero fue mostrada en la tabla 1. Se hizo el corte de esta pieza en 4 diferentes fragmentos, con una cortadora Mekton Metacut 250, durante el proceso de corte se mantuvo la aplicación de un líquido refrigerante para que no hubiese un sobrecalentamiento el cual afectara considerablemente la microestructura de la pieza. Tres muestras se introdujeron en un horno tipo mufla a una temperatura de 900°C, durante un tiempo de 20 minutos. Una vez completado el tiempo una muestra se introdujo en aceite para así lograr el tratamiento de temple, otra pieza se dejó enfriar al aire, finalmente la tercera pieza se dejó dentro del horno, para que se enfriara junto con el mismo. A la cuarta pieza no se le aplicó ningún tipo de tratamiento. Las cuatro muestras (con y sin tratamiento térmico) fueron encapsuladas, en una prensa de montaje automático Mekton ecopress 50 con baquelita. Posteriormente fueron lijadas iniciando con una lija de granulometría #240 y finalizando en #1200, posteriormente se hizo un pulido utilizando una solución de alúmina, en una maquina Mekton forcilop 2v, para darle un acabado tipo espejo a la pieza. Para revelar la microestructura fue realizado el ataque metalográfico con el reactivo Nital 2% (98% alcohol + 2% ácido nítrico).

Luego fue realizado el análisis de las estructuras mediante un microscopio metalográfico invertido IM - 5000. Finalmente se hacen las pruebas de microdureza Vickers (Hv), con un microdureómetro Alpha MHT 1000Z, este proceso se repite 5 veces por cada una de las muestras.

3. Resultados y discusión

A continuación son presentados los resultados

obtenidos después del análisis en microscopio óptico y medidas de microdureza. Serán comparadas las microestructuras del material como recibido y posterior a los tratamientos térmicos.

En la Figura 1 se presentan las micrografías de la muestra sin tratamiento térmico (TCR), fueron utilizados aumentos de 200X y 500X, la microestructura observada consiste en granos equiaxiales de diferentes tamaños homogéneamente distribuidos en toda la superficie, este tipo de acero presenta una estructura de ferrita [4]. la cual es similar en la encontrada en este estudio.

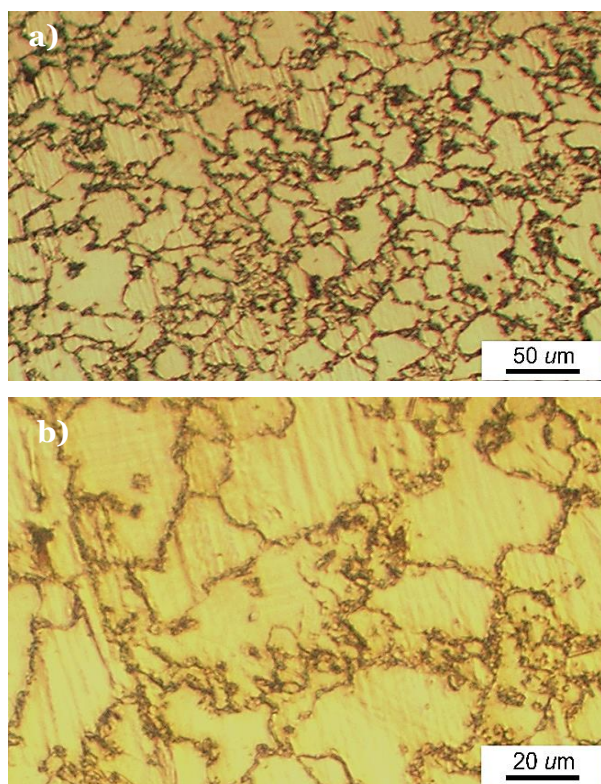


Figura 1: Microestructura de pieza sin tratamiento a) aumento de 200X b) aumento de 500X, ataque Nital 2%.

En la Figura 2 son presentadas las micrografías de la muestra que fueron normalizadas (enfriadas al aire), se observa que la pieza tiene una estructura de granos finos, cuando comparados con la microestructura de la muestra TCR, con granos con formato alargado, se puede apreciar que los granos presentan una estructura ferrítica [5], lo cual es esperado cuando este acero es sometido al normalizado, se

pueden diferenciar zonas oscuras con zonas más claras, pero no es posible identificar estructuras de perlita. Con esta información de microscopía óptica se determinó que esta muestra posee una estructura ferrítica característica de un acero hipoeutectoide (0,2%C).

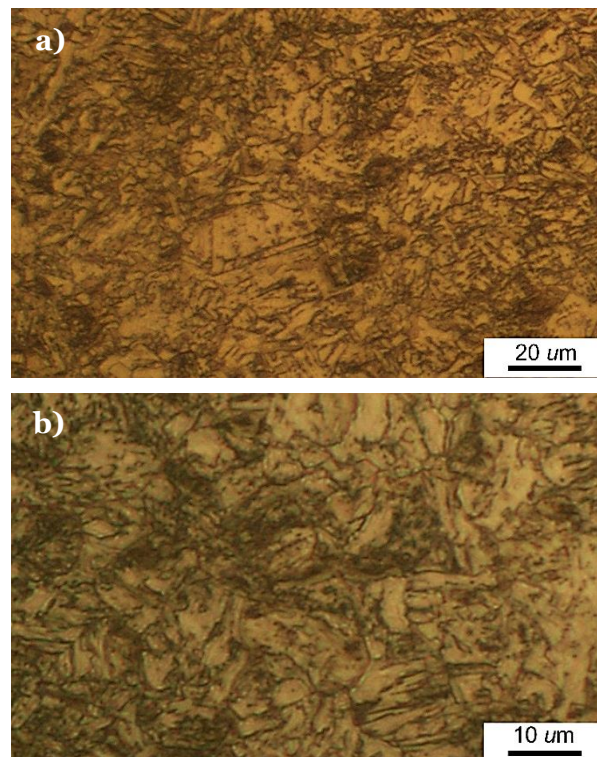


Figura 2: Muestra de acero normalizado, a) aumento de 500X b) aumento de 1000X, ataque Nital 2%.

En la Figura 3 son presentadas las micrografías para la muestra templada en aceite, la microestructura consiste en agujas finas distribuidas en toda la superficie, lo cual es característico de la microestructura de martensita, este tipo de aceros cuando templados presentan este tipo de estructura así como presentado por Verdeja et. al. , 2009 la cual corresponde a una estructura martensítica. [6]

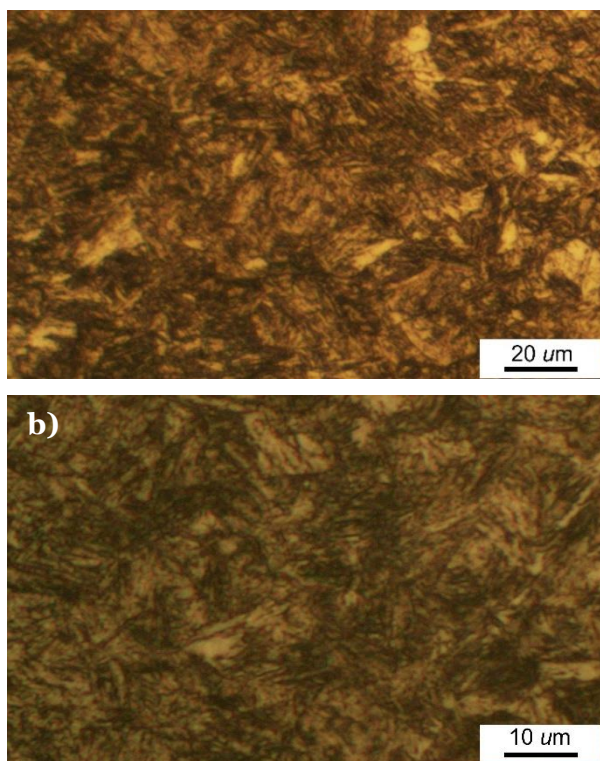


Figura 3: Muestra de acero templado, a) aumento de 500X b) aumento de 1000X, ataque Nital 2%.

En la Figura 4 se puede observar la estructura de muestra recocida, la pieza tiene una microestructura similar a la pieza que no se le aplicó ningún tratamiento, se observa que aumento en la concentración de cementita formando una estructura de perlita como se puede observar en la figura 4 b.

Después del análisis en microestructuras, fueron medidas las microdurezas en las muestras estudiadas, en la Tabla 2, se presentan los valores medios de cada muestra. En la figura 5 se puede observar con más claridad los cambios que se obtuvieron con los tratamientos térmicos.

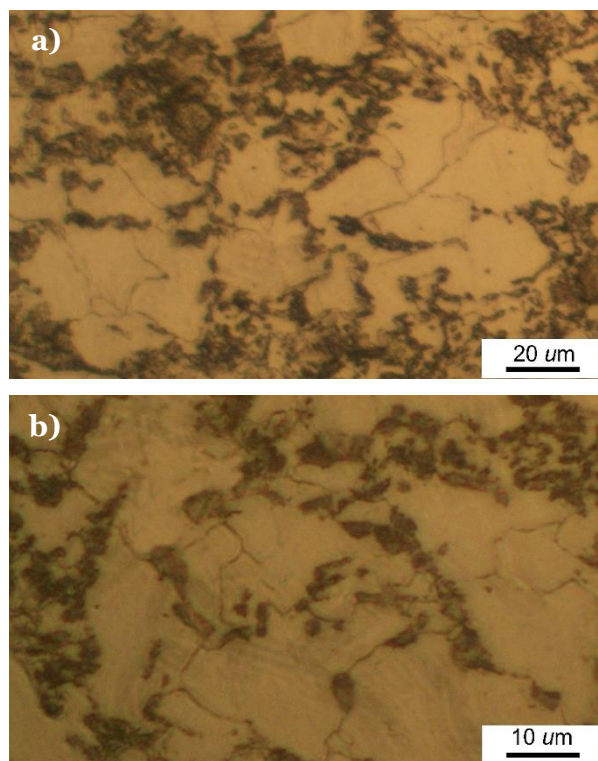


Figura 4: Muestra de acero recocido a) aumento de 500X b) aumento de 1000X, ataque Nital 2%.

Tabla 2. Medidas de microdureza en las muestras como recibidas (TCR) y con tratamiento térmico, 5 medidas en cada muestra.

Acero 8620	Dureza Hv_{1kg}
TCR	162±2
Normalizado	300±21
Templado	422±13
Recocido	167±10

Analizando la figura 5 se puede notar que el tratamiento térmico de temple, incrementa la dureza de las muestras de 163 Hv a 422 Hv, este incremento se ve justificado por el cambio microestructural de ferrita a martensita, la cual es la estructura con mayor dureza.

Al comparar las microestructuras de las muestras como recibidas (TCR) y las muestras recocidas, se puede notar que las microestructuras y los valores de dureza son similares, indicando que el acero fue suministrado con un tratamiento de recocido.

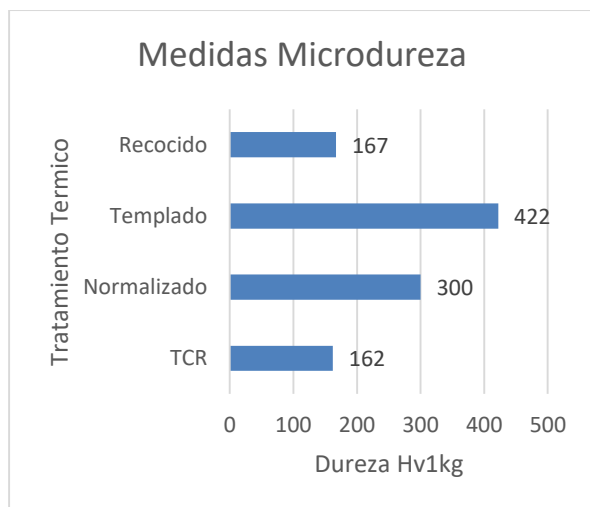


Figura 5: Microdureza de las muestras estudiadas, con y sin tratamiento térmico.

4. Conclusiones

La pieza con mayor cambio en su microestructura y dureza fue la que se sometió al temple, ya que esta sufrió una transformación a una estructura de martensita, además se pudo observar con la prueba de dureza que aumento en casi 3 veces. Se pudo observar que en el tratamiento térmico de normalizado presentó una microestructura de ferrita, con granos refinados, lo cual produjo un aumento de casi el doble en sus valores de dureza cuando comparados con la pieza sin tratamiento. En el recocido pudimos observar que no hubo mayor cambio en la microestructura y en los valores de micro dureza indicando que la pieza TCR posiblemente fue sometida a un recocido.

5. Bibliografía

- [1] P. Molera Solá, Tratamientos térmicos de los metales. Barcelona: Marcombo, 2009. [En Línea] Disponible en: <https://elibro.net/es/lc/usta/titulos/45874>
- [2] I. J. A. P. Patiño, «Google academico,» 29 03 1996. [En línea]. Available: <http://eprints.uanl.mx/435/1/1020115008.PDF>. [Último acceso: 16 04 2021].
- [3] W. D. Callister y D. G. Reithwisch, Ciencia e ingeniería de materiales (2a. ed.). Barcelona: Editorial Reverté, 2018. [En Línea] Disponible en: <https://elibro.net/es/lc/usta/titulos/170298>

I. J. L. M. Flores, «Google academico,» 12 1996. [En línea]. Available: <http://eprints.uanl.mx/421/1/1020118272.PDF>. [Último acceso: 16 04 2021].

[3] E. Yacelga, S. Geovanny, G. Molina y J. Patricio, «Google academico,» 20 08 2020. [En línea]. Available: <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/23233/1/T-ESPEL-MAI-0692.pdf>. [Último acceso: 16 04 2021].

[4] Moreno Sanchez, S., 2018. *Comparación microestructural de los aceros 1020, 1045 y 8620 templados a temperaturas intercríticas y revenidos*. [online] Repository.udistrital.edu.co. Available at: <<https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/14041/MorenoSanchezSenderNicolas2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y>> [Accessed 10 May 2021].

[5] D. Castillo, I. Angarita y R. Baracaldo, «Scielo,» 28 12 2016. [En línea]. Available: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-33052018000300430. [Último acceso: 18 04 2021].

[6] Verdeja, L., Verdeja, J. and González, R., 2021. *MACHINABILITY IMPROVEMENT THROUGH HEAT TREATMENT IN 8620 LOW-CARBON ALLOYED STEEL*. [online] Unioviedo.es. Available at: <[https://www.unioviedo.es/sid-met-mat/PUBLICACIONES-SIDMETMAT/MchST-13-4-09\(529-542\).pdf](https://www.unioviedo.es/sid-met-mat/PUBLICACIONES-SIDMETMAT/MchST-13-4-09(529-542).pdf)> [Accessed 10 May 2021].

[7] Ferrocoortes, «Ferrocoortes,» 2020. [En línea]. Available: <https://www.ferrocoortes.com.co/acero-8620/>. [Último acceso: 16 04 2021].



Análisis microestructural de un pasador biela-pistón sometido a tratamientos térmicos

D. Ospina, J. S. Martínez¹, S. A. Cisneros², C. E. Baquero³

^aFacultad ingeniería mecánica, Universidad Santo Tomás Villavicencio, vía Puerto López, 2021.

Información:

Historial del artículo:

Entrega final: 21/05/2021

Keywords:

Heat treatments, steels, microstructure, hardness.

Abstract:

Heat treatments on steel are implemented to improve mechanical properties. In this study different heat treatments were performed on samples extracted from piston-piston pin, the aim of this study was to analyze the microstructures and hardness obtained from the heat treatments. The analysis was performed by optical microscopy and microhardness in diverse regions of the samples. It was found that the thermal treatments considerably modified the microstructure and consequently the hardness. It was observed that the hardness had variation of the center to the edge of the samples. In decreasing order, the hardness of each treatments were quenched, normalized and annealed. The sample as received presented a high hardness, with higher values than the quenched samples, indicating that this piece is thermally treated for its purpose as a machine element.

1. Introducción

Los tratamientos térmicos son realizados en los aceros para mejorar sus propiedades mecánicas, como aumentar la resistencia mecánica y la dureza. Los tratamientos térmicos consisten en llevar el acero a determinada temperatura en la cual solo tendrá se tendrá la fase austenita y luego enfriarlo a una temperatura donde ocurra la transformación a fases más duras. De acuerdo a la velocidad de enfriamiento en la cual se realice el tratamiento térmico se obtendrán diferentes propiedades, así, entre más rápido es el enfriamiento mayor dureza alcanza la pieza y a menor velocidad de enfriamiento la pieza es más dúctil. [1]

Entre los tratamientos térmicos más comunes se encuentra el temple, normalizado y recocido. El temple, es uno de los tratamientos térmicos que más se implementa en la industria, este proporciona unas propiedades de resistencia al desgaste, ya que al realizar dicho tratamiento se busca obtener martensita, que es la microestructura con mayor dureza.[2] El normalizado se utiliza para piezas que han sufrido trabajos en caliente, trabajos en frío, enfriamientos irregulares o sobrecalentamientos y sirve

generalmente para destruir el tratamiento anterior. Este tratamiento consiste en elevar la temperatura hasta obtener una estructura completamente austenita y mantener la pieza en esta temperatura por un tiempo, después se enfría al aire hasta la temperatura ambiente, con este tratamiento se consigue una estructura de ferrita-perlita, en aceros al carbono de baja aleación, con tamaño de grano homogéneo. [2] Por último, el recocido, consiste en elevar la temperatura hasta la temperatura de austenización, se mantiene durante un tiempo para garantizar la homogenización de la estructura, la pieza se deja enfriar a una velocidad lenta, generalmente este enfriamiento ocurre dentro del horno. El recocido consiste en regresar la pieza con tratamiento térmico a su microestructura “inicial” es decir sin ningún tratamiento térmico, este también es utilizado para el alivio de tensiones, en este tratamiento podemos observar que el tamaño de grano aumenta, lo que nos indica que tiene una menor dureza con una mayor ductilidad. [3]

La pieza a la que se le realizó el tratamiento térmico en este trabajo fue un bulón de pistón (perno o pin biela-pistón), el cual es usado como conector de la biela y el pistón de los autos, que permite la articulación entre estos. Esta pieza generalmente tiene una gran resistencia al desgaste y a la tensión, ya que esta une a las piezas como se observa en la figura 1,

también debe soportar altas temperaturas debido a transmisión de calor generadas en el interior del motor. [4]

En este trabajo se implementaron tres tratamientos térmicos, temple, normalizado y recocido, sobre un bulón el cual es de uso común en los automóviles. Se espera ver las diferencias entre cada tratamiento térmico, con respecto a la pieza como recibida, se tendrán en cuenta las microestructuras y durezas para analizar las diferencias de cada tratamiento.

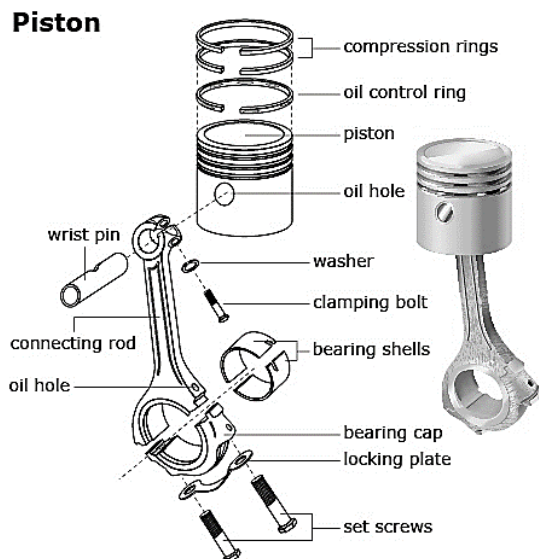


Figura 1- Mecanismos biela-pistón. [5]

2. Materiales y métodos

Para la realización de los tratamientos térmicos de temple, normalizado y recocido fueron extraídas muestras de un bulón utilizado para la unión pistón/biela (eje del pistón) como mostrado en la figura 2, el cual fue obtenido por donación de un taller automotriz. Las dimensiones del bulón eran $D_e = 22$ mm $D_i = 13$ mm y un largo de 80 mm.

Inicialmente se realizó el corte de las muestras en una cortadora metalográfica en frío, posteriormente se colocaron las muestras en una mufla a 900°C para garantizar la austenización de las muestras, se mantuvieron a esta temperatura por 20 minutos.

Una de las muestras fue templada en aceite, otra enfriada al aire (normalizada) y una muestra fue dejada en el horno para un enfriamiento lento (recocido). Luego de los tratamientos térmicos las muestras fueron colocadas en resina en una

encapsuladora TP7001B, también fue encapsulada una muestra del material como recibido (sin tratamiento térmico). Cada una de las muestras fue lijada desde la granulometría 240 hasta la lija 1200, teniendo cuidado en el sentido de lijado girando la muestra 90° entre cada tipo de lija. Teniendo las muestras correctamente lijadas fue realizado el pulido en una pulidora metalográfica Mega – M250, utilizando una solución de alúmina de $0,05\mu\text{m}$, hasta obtener una superficie tipo espejo.

Posteriormente las muestras con tratamiento térmico y sin tratamiento fueron atacadas con reactivo Nital 2% y observadas en un microscopio óptico Dace-Technology IM – 5000. Fueron realizadas medidas de dureza Vickers en un Micro durómetro Alpha MHT 1000Z, tomando como mínimo 5 medidas en cada muestra en diferentes posiciones con respecto al borde.



Figura 2- Bulón del cual fueron extraídas las muestras de este trabajo

3. Resultados y discusión

En todas las muestras fue realizado el análisis microestructural mediante imágenes de microscopio óptico en aumentos de 500X y 1000X, en los cuales las microestructuras fueron más claras.

En la figura 3 podemos observar la muestra en la condición tal como recibida, la cual tiene una microestructura con unos granos finos y otros un poco más grandes, pero estos tienen una estructura en zigzag con respecto a un borde liso, también se puede observar que en la estructura del centro y del borde no se presentan variaciones considerables en su morfología, es decir en ambas regiones el tamaño y distribución de los granos es similar.

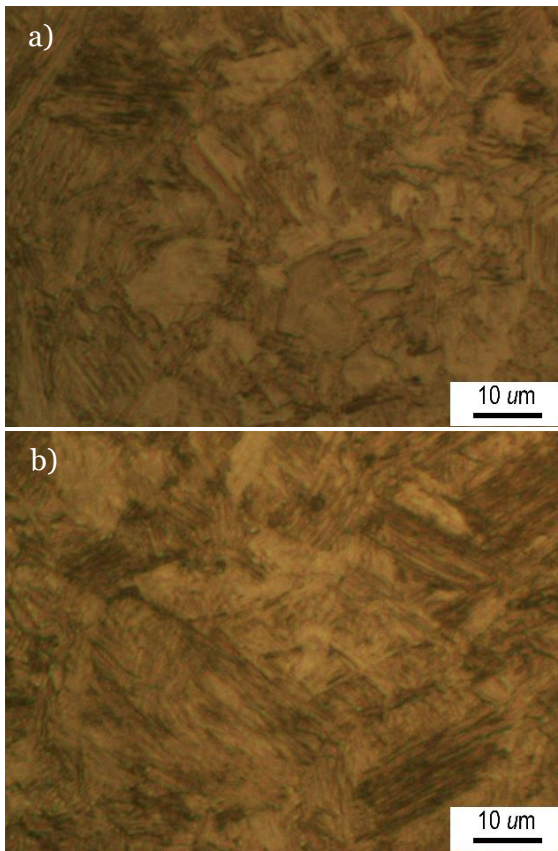


Figura 3- Imagen en microscopio óptico de la muestra tal como recibida, a) centro del espesor aumento de 1000X b) borde del espesor aumento 1000X. ataque Nital 2%.

Según lo anterior se puede observar que la microestructura presenta granos de ferrita, en la figura 3a se observa una mayor cantidad de ferrita que en la figura 3b, la cual tiene una microestructura de ferrita widmanstätten (figura 4), la cual es una ferrita que se genera antes de la bainita, es decir a velocidades de enfriamiento un poco menor, como se encuentra indicado en la figura 5. La ferrita widmanstätten, se observa cómo unos granos alargados un poco menos finos que la estructura bainítica.

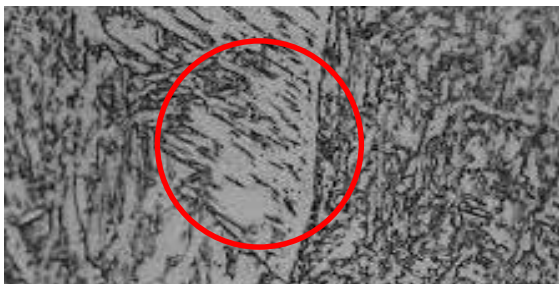


Figura 4- Microestructura de ferrita widmanstätten, acero alto carbono [6]

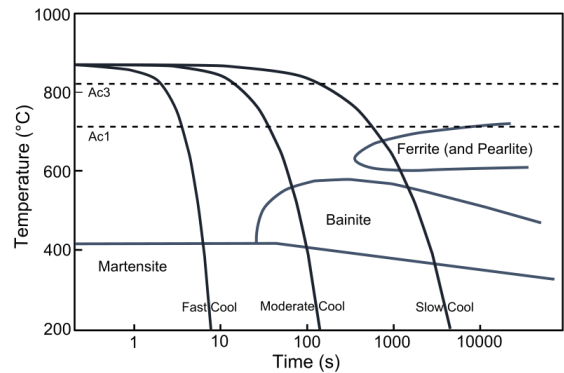


Figura 5- Diagrama CCT de enfriamiento en aceros, mostrando diferentes velocidades de enfriamiento. [7]

En la figura 6, se pueden observar dos imágenes donde se visualizan las microestructuras tanto del centro como del borde de la muestra. Estas corresponden al tratamiento térmico del temple, sin embargo, se puede evidenciar que la muestra no presenta martensita (figura 7), que sería lo esperado después de este tipo de tratamiento térmico, ya que la finalidad del temple en todos los aceros es aumentar la dureza generando martensita. Para que la martensita se genere el acero debe tener un contenido alto de carbono o adición de elementos de aleación, es decir que sea medio o alto carbono o aleado, mejorando su templabilidad.[6]

Durante el análisis microestructural se observó una diferencia entre el borde y el centro de la muestra, esto puede indicar que se realizó un tratamiento de cementación. En el análisis del centro de la muestra podemos observar en la figura 4a una microestructura alargada de granos grandes, distribuidos homogéneamente, en la figura 4b se observa una estructura un poco más fina, donde se puede suponer una mayor cantidad de carbono la cual está asociada al tratamiento de superficie el cual lleva a la formación de la estructura con una tonalidad más oscura, posiblemente martensita o bainita, dentro del análisis en microscopio óptico no fue posible realizar una caracterización completa.

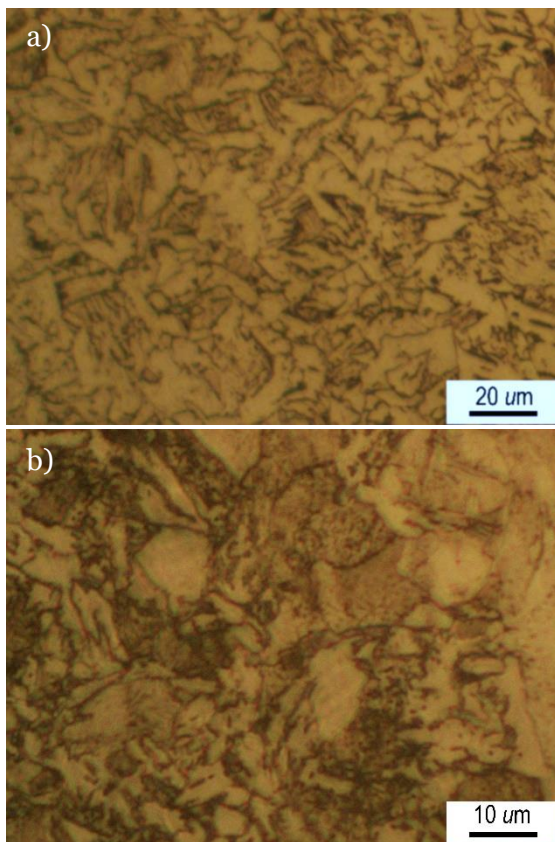


Figura 6- Imagen en microscopio óptico de las muestras templadas en aceite, a) centro del espesor aumento de 500X b) borde del espesor aumento 1000X. ataque Nital 2%.

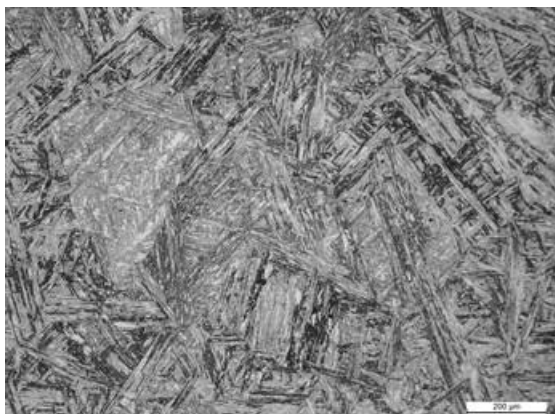


Figura 7-Microestructura martensita. [8]

Por otro lado, se indagó sobre las estructuras que se pueden obtener tras realizar tratamientos térmicos, dependiendo de las velocidades de enfriamiento pueden aparecer estructuras más complejas como la ferrita acicular y ferrita widmanstätten. La ferrita acicular suele generarse con o sin temple, los aceros que presentan esta estructura son generalmente aceros

de baja aleación con una buena resistencia a la corrosión (HSLA), una gran proporción de las propiedades mecánicas de estos aceros se obtienen por tratamientos termomecánicos. [9]

En el tratamiento térmico de normalizado se puede evidenciar que la estructura del borde (figura 8b) tiene un tamaño de grano más fino que la que se encuentra en el centro (figura 8a), además en el borde de la muestra se observa una mayor cantidad granos oscuros.

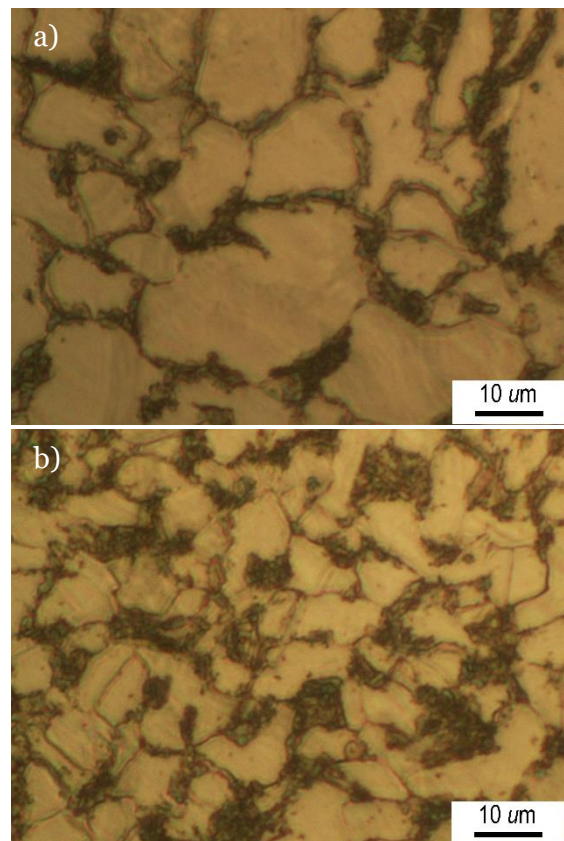


Figura 8- Imagen en microscopio óptico de las muestras normalizadas, a) centro del espesor aumento de 500X b) borde el espesor aumento 1000, ataque Nital 2%

Teniendo en cuenta lo anterior, podemos decir que la muestra a la cual se le realizó dicho tratamiento obtuvo una gran cantidad de ferrita en su microestructura, con una variación de tamaño de grano donde va disminuyendo a medida a que se acerca al borde de la muestra y una cantidad leve de perlita fina, con una variación de la cantidad y tamaño de grano. En el centro los granos de perlita se encuentran distribuidos de forma alargada alrededor de los granos de ferrita, en el borde nos encontramos con granos más grandes con distintas formas similares a la estructura de la

ferrita/perlita, así como se muestra en la figura 9. [10]

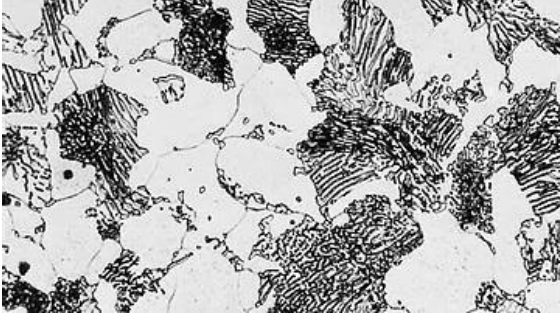


Figura 9- Microestructura ferrita proeutectoide - perlita laminar [11]

En la microestructura obtenida por recocido (figura 10), se puede observar diversos granos con donde en el centro del espesor figura 10a presenta unos granos grandes, si se comparan con los demás tratamientos, donde se puede ver unos pocos granos de tonalidad oscura. Por otro lado, en la figura 10b podemos observar unos granos más finos, y un mayor número de granos de tonalidad oscura.

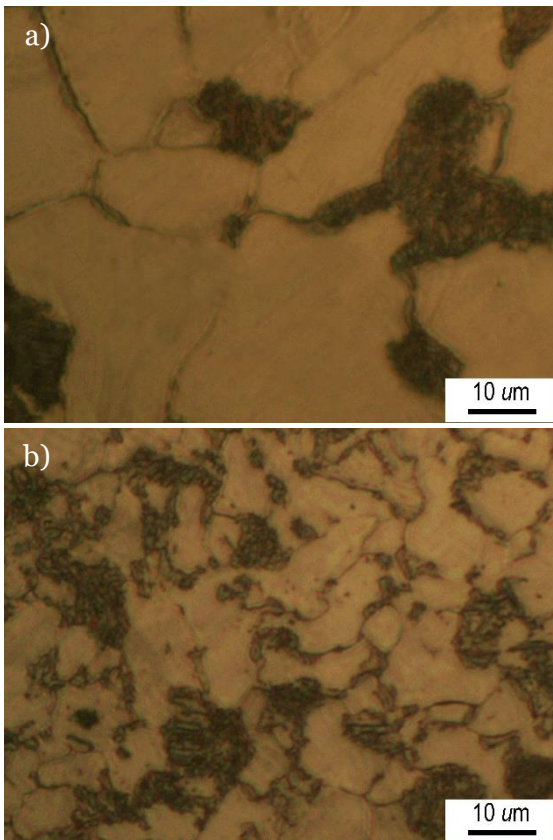


Figura 10- Imagen en microscopio óptico de la muestra recocida, a) centro del espeso aumento de 1000X b) borde del espesor aumento 1000X. ataque Nital 2%.

Durante la investigación se evidenció que las estructuras obtenidas con el tratamiento térmico de recocido, presentan una microestructura similar a la del normalizado, donde se pudo encontrar granos de ferrita y perlita, sin embargo se puede apreciar que la diferencia en el tamaño de granos del centro y borde son más notorias, debido a la velocidad de enfriamiento, ya que el recocido consta de un enfriamiento más lento, sus granos tuvieron el tiempo suficiente para crecer, ya que en este tratamiento la muestra se deja enfriar junto con el horno.

Teniendo esta relación se puede decir que entre más rápido sea el enfriamiento el grano es más fino, indicándonos con ello la dureza del material, siendo así entre más lento sea el enfriamiento la pieza presenta menos dureza, de la misma forma se puede relacionar lo anterior con la diferencia del contenido de carbono del borde con respecto al centro, se puede decir que hubo una tratamiento de cementación debido a la estructura presentada en el borde mostrando mayor cantidad de carbono en el borde, dando a las muestras una mayor dureza en el borde, este comportamiento se evidenció en cada una de las muestras con tratamiento térmico.

El ensayo de dureza es realizado en las piezas para ver la resistencia del material a la deformación plástica, al ser aplicada una fuerza [10], a las muestras se les aplicó una carga de un kilogramo (9,8N), en donde se tomaron cinco muestras distintas en distintos sitios, tanto en el centro como en el borde la muestra. Durante el ensayo se observó un comportamiento que no se esperaban durante la investigación, ya que la muestra tal como recibida obtuvo promedio de dureza de 715Hv, el temple 226Hv, el normalizado 203Hv y el recocido un promedio de 155Hv. En cada uno de los tratamientos hubo una disminución en las durezas con respecto a la distancia del borde, como se puede observar en la figura 11.

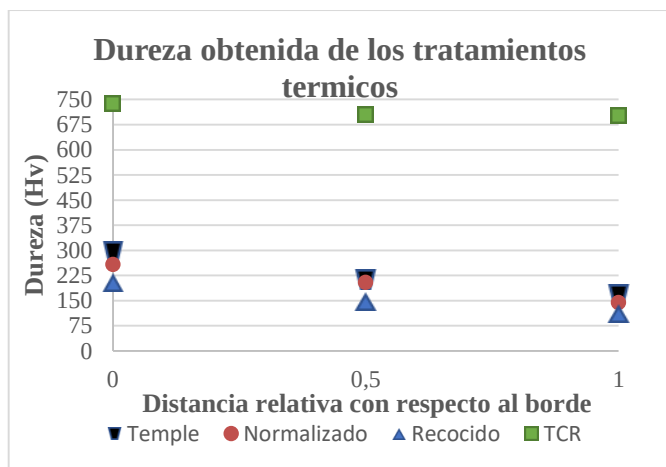


Figura 11- Comparación de los tratamientos térmicos con la muestra tal como recibida de acuerdo a la distancia siendo 0 el borde, y el 1 el centro de la muestra.

En la figura 11 se puede notar que con cualquiera de los tres tratamientos su dureza disminuye a medida que se acerca al centro de la muestra, esto debido posiblemente debido al tratamiento termoquímico de cementación que generalmente es usado en este tipo de componentes para aumentar su dureza superficial. También se puede notar que el temple es el tratamiento que tiene una mayor dureza, debido a que tiene un enfriamiento más brusco que los otros tratamientos realizados, seguido del temple, está el normalizado y por último, el recocido.

Al observar los resultados de la muestra como recibida (TCR) en la figura 11, se puede decir que la muestra tal como recibida tenía una dureza que no dependía de la distancia del borde al centro, ya que se puede evidenciar que tanto en el centro y en el borde presentó valores de dureza altos.

Se realizó la consulta en la literatura especializada sobre los bulones que presentan especificaciones similares a los datos obtenidos en este estudio, es decir, baja templabilidad por un bajo contenido de carbono o por los elementos de aleación, disminución de la dureza al realizar los tratamientos térmicos con respecto a la muestra tal como recibido. Durante la búsqueda bibliográfica, se encontraron diversos aceros para fabricación de bulones con distintas especificaciones, sin embargo, se encontró similitud con un bulón de acero de baja aleación, donde se realiza una serie de tratamientos térmicos (cementación y revenido) y seguido ello se pasa a hacer una nitruración proporcionándole durezas

mayores 58 HRC (653Hv), los bulones con las anteriores características son usados en motores de automóviles de alto rendimiento. [12]

La nitruración es un tratamiento termoquímico, donde la pieza a la que se le realiza el tratamiento se deja en una atmosfera rica en N_2 tal como se muestra en la figura 12 [13], donde este se descompone por las altas temperaturas y entra a la estructura del acero en forma de nitrógeno atómico y se difunde hacia el interior de la pieza, con este tratamiento se suelen alcanzar durezas desde 700Hv a 1100Hv. [10] Al comparar las durezas obtenidas, se puede observar que los valores son cercanos a 700Hv, esto explicaría porqué al realizar los tratamientos térmicos ocurrió una disminución de la dureza, esto debido a que el nitrógeno se difunde hacia exterior de la muestra en los tratamientos térmicos realizados.

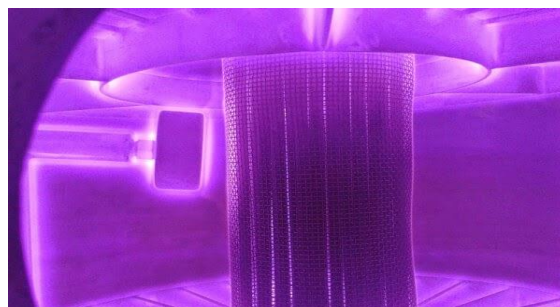


Figura 12- Nitruración de un acero, nitruración a plasma. [13]

Realizando el análisis de los tratamientos térmicos, se puede realizar una clasificación de acuerdo a las microestructuras y los resultados de las microdurezas obtenidas como presentado en la tabla 1, así, en orden creciente de dureza tenemos el recocido, normalizado y temple, mostrando una relación directa con los tamaños de grano, es decir mayor tamaño de grano menor dureza, que es un resultado esperado de acuerdo a la literatura. [1]

El temple realizado en aceite no proporcionó la velocidad de enfriamiento suficiente para transformar la austenita en martensita, se obtuvo una estructura refinada con dureza alta, en ninguna región de la muestra se evidenció la presencia de martensita. El recocido presentó los tamaños de grano mayores con presencia de ferrita-perlita con la menor dureza de todos los tratamientos.

Tabla 1- Durezas obtenidas de las muestras de tal como recibida, temple, normalizado y recocido. 1-centro 0,5 distancia media entre el borde y el centro y 0-borde de la muestra.

Distancia equivalente al borde	Recocido	Normalizado	Temple	Tal como recibida
0	205	259	298	738
0,5	147	205	213	706
1	113	145	169	702

4. Conclusiones

De acuerdo, la investigación realizada se pudo observar el cambio microestructural que se obtiene mediante los tratamientos térmicos, observando las diferentes microestructuras formadas en cada uno, donde también se pudo analizar las durezas adquiridas por cada tratamiento térmico. La muestra tal como recibida presentó la mayor dureza, mostrando que posiblemente fue una pieza endurecida por nitruración, lo cual explicaría por qué al realizar el temple disminuyó la dureza. En este trabajo se puede notar que en efecto la mayor dureza de los tratamientos térmicos fue el temple por ser el que se hace a una mayor velocidad de enfriamiento. Se observó con el tratamiento de recocido la microestructura que se forma en equilibrio es decir a un enfriamiento lento, produciendo el mayor tamaño de grano y la menor dureza.

5. Bibliografía

- [1] P. Molera Solá, Tratamientos térmicos de los metales. Barcelona: Marcombo, 2009. [En Línea] Disponible en: <https://elibro.net/es/ereader/usta/45874>
- [2] W. D. Callister y D. G. Reithwisch, Ciencia e ingeniería de materiales (2a. ed.). Barcelona: Editorial Reverté, 2018. [En Línea] Disponible en: <https://elibro.net/es/lc/usta/titulos/170298>
- [3] M. Jójavaj and G. Máslov, "Bulón - EcuRed", *Ecured.cu*, 1973. [Online]. Available: <https://www.ecured.cu/Bul%C3%B3n>. [Accessed: 17- Apr- 2021].
- [4] Motores, *Bulón - Motores*. 2021. Available: <https://sites.google.com/a/ieselcano.es/motores/comp>

onentes-motor-ci/segmentos-1

- [5] "Piston Parts and Functions Explained - MZW Motor", *Mzwmotor.com*, 2021. [Online]. Available: <https://mzwmotor.com/piston-parts-and-functions/>. [Accessed: 10- May- 2021].
- [6] P. Molera Solá, Tratamientos térmicos de los metales. Barcelona: Marcombo, 2009. [En Línea] Disponible en: <https://elibro.net/es/ereader/usta/45874>
- [7] "Is it possible to form bainite in plain carbon steel by CCT?", *Quora*, 2018. [Online]. Available: <https://www.quora.com/Is-it-possible-to-form-bainite-in-plain-carbon-steel-by-CC>. [Accessed: 10- May- 2021].
- [8] J. Winczek and A. Kulawik, "Influence of heating rate on sorbitic transformation temperature of tempering C45 steel", *Researchgate*, 2011. [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/268393436_A_A_R_C_H_I_V_E_S_Influence_of_heating_rate_on_sorbitic_transformation_temperature_of_tempering_C45_steel/citations. [Accessed: 10- May- 2021].
- [9] C. I. Garcia, C. Tokarz, C. Graham, M. Vazquez, L. Ruiz-Aparicio and A.J. DeArdo, "Niobium HSLA Steels Produced Using The Thin Slab Casting Process: Hot Strip Mill Products, Properties and Applications," *researchgate*, 2002[Online]Available: https://www.researchgate.net/publication/304901037_Niobium_HSLA_Steels_Produced_Using_The_Thin_Slab_Casting_Process_Hot_Strip_Mill_Products_Properties_and_Applications. [Accessed: 15-Apr-2021]
- [10] V. M. Blázquez Martínez, V. Lorenzo Esteban y B. D. Río López, Ingeniería y ciencia de los materiales metálicos. Madrid: Dextra Editorial, 2014. [En Línea] Disponible en: <https://elibro.net/es/ereader/usta/43835>
- [11] "Resultados y discusión", *Callumjodwyer.wixsite.com*, 2018. [Online]. Available: <https://callumjodwyer.wixsite.com/beng-project/results>. [Accessed: 19- Apr- 2021].
- [12] L. Shi, Z. Yan, Y. Liu, C. Zhang, Z. Qiao, B. Ning, and H. Li, "Advanced and conventional internal

combustion engine materials - Piston pins", *ScienceDirect*, vol. 20, no. 10, pp. 859-868, 2014. Available: <https://www.sciencedirect.com/topics/materials-science/piston-pin>. [Accessed 19 April 2021].

[13] K. Decoletaje, "La nitruración, uno de los tratamientos térmicos de los metales", *Kuzu Decoletaje - Mecanizados por decoletaje de precisión*, 2017. [Online]. Available: <https://kuzudecoletaje.es/tratamientos-termicos-de-los-metales-la-nitruracion/>. [Accessed: 20- Apr- 2021].



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA
VILLAVICENCIO