

INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DEL SUR DE GUANAJUATO



Desarrollo y automatización de herramienta para corte de tela

Opción 2: Titulación Integral – Tesis profesional

Elaborada por:

Jesús Antonio Zavala Luna

Que presenta para obtener el título de:

INGENIERO EN SISTEMAS AUTOMOTRICES

Asesor:

Dr. José Eli Eduardo González Duran

Uriangato, Gto.

Mayo 2023

“Desarrollo y automatización de herramental para corte de tela”

Elaborada por:

Jesús Antonio Zavala Luna.

Aprobado por.

Dr. José Eli Eduardo González Duran
Docente de la carrera de Ingeniería Electrónica
Asesor de tesis profesional

Revisado por.

M.C Julio Ortega Alejos
Docente de la carrera de Ingeniería Electrónica
Revisor de tesis profesional

Revisado por.

M.C. Marco Antonio Martínez Bocanegra
Docente de la carrera de Ingeniería en Sistemas Automotrices
Revisor de tesis profesional



LIBERACIÓN DE PROYECTO PARA LA TITULACIÓN INTEGRAL

Uriangato, Gto. 02/mayo/2023

Asunto: Liberación de proyecto para la titulación integral

M.I José Gabriel Aguilera González
Director Académico
ITSUR
PRESENTE

Por este medio informo que ha sido liberado el siguiente proyecto para la titulación integral:

Nombre de estudiante y/o egresado(a): Jesús Antonio Zavala Luna	
Carrera: Ingeniería en Sistemas Automotrices	Núm. de control: T17120153
Nombre del proyecto: Desarrollo y automatización de herramienta para corte de tela	
Producto: Tesis Profesional	

Agradezco de antemano su valioso apoyo en esta importante actividad para la formación profesional de nuestras y nuestros egresados.

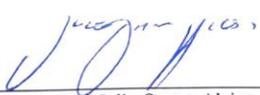
ATENTAMENTE


M.C. Maclán Braulio Sánchez
Jefe de División de Ingeniería en Sistemas Automotrices
ITSUR



Instituto Tecnológico Superior
del Sur de Guanajuato
COORDINACIÓN INGENIERIA
EN SISTEMAS AUTOMOTRICES

La comisión revisora ha tenido a bien aprobar la reproducción de este trabajo.

		
Dr. José Eli Eduardo González Durán	M.C. Julio Ortega Alejos	M.C. Marco Antonio Martínez Bocanegra
Asesor de la Tesis Profesional	Revisor de la Tesis Profesional	Revisor de la Tesis Profesional

c.c.p.- Expediente

Julio 2017

DEPARTAMENTO ACADEMICO	CLAVE:11EIT0002E ISA-EGR-EJ2023/17
---------------------------	---------------------------------------

Uriangato, Guanajuato, 03/mayo/2023

Asunto: Aprobación de impresión de trabajo profesional

C. JESÚS ANTONIO ZAVALA LUNA
P R E S E N T E:

Por medio de este conducto, le comunico a usted que después de haber sido revisado su trabajo bajo la cual se derivó la Monografía Titulada:

“Desarrollo y automatización de herramental para corte de tela”

La comisión revisora, ha tenido a bien aprobar la impresión de este trabajo.

ATENTAMENTE

*“Excelencia en Educación Tecnológica”
“Tecnología y Calidad para la Vida”*

M.C. Mariano Braulio Sánchez

Jefe de División de Ingeniería en Sistemas Automotrices



Instituto Tecnológico Superior
del Sur de Guanajuato
COORDINACIÓN INGENIERÍA
EN SISTEMAS AUTOMOTRICES

C.c.p Unidad de Servicios Escolares
C.c.p Coordinación de Ingeniería en Sistemas Automotrices
C.C.p Archivo Consecutivo



Ave. Educación Superior No. 2000, Col. Juárez, Uriangato, Guanajuato,
C.P. 38982

Tels. (445) 45 7 74 68 al 71 Ext. *144, e-mail: automotrices@itsur.edu.mx



Dedicatoria

Dedico este trabajo a las personas más importantes en mi vida, que son mis padres, que sin los cuales no hubiera podido llegar a este momento, quienes me han enseñado a esforzarme y trabajar duro en busca de conseguir mis metas, gracias porque a través de todos estos años me han apoyado y han creído en mí, independientemente de mis circunstancias.

También a mis hermanos que siempre me han brindado su apoyo y quienes a pesar de los obstáculos que hemos tenido, estuvieron ahí en cada paso que di y siempre tuvieron fe en mí.

Agradecimientos

Es importante agradecer en esta ocasión a las personas que han hecho posible la consecución de este logro.

Al Instituto Tecnológico Superior del Sur de Guanajuato por mi formación durante estos últimos años, los conocimientos que he adquirido y la vanguardia de los mismos.

Agradezco a mi asesor el Dr. José Eli Eduardo González Duran, por brindarnos su ayuda de manera incondicional en todo momento y su apoyo para finalizar con éxitos nuestro proyecto.

También a mi asesor el M.C Julio Ortega Alejos por ayudarme a resolver algunas dudas y poder realizar este trabajo.

Al igual que a mi compañero con el que compartí algunas de mis dudas en la realización de este trabajo y con el que he compartido un sin número de anécdotas a lo largo de la carrera.

Resumen

En el siguiente trabajo se propuso el diseño y desarrollo de un herramental adaptable automatizado para tijeras de corte de tela, con la finalidad de aumentar la productividad de los operadores al reducir el tiempo de corte, fatiga y posibles lesiones causadas por el uso manual las tijeras. Para desarrollar este proyecto fue necesario la realización de una encuesta a diferentes operadores de corte en talleres textiles de la zona, donde mayormente se trabaja con telas acrílicas y que la realización del corte de las mismas se sigue haciendo de forma manual.

El diseño de 3 bocetos propuestos para el herramental nos permitió llegar a un diseño final que cumpliera con las necesidades del operador. El diseño del concepto elegido brinda una excelente estabilidad en las tijeras y permite tener un control fácil y eficiente en el número de revoluciones por minuto, para obtener así el torque requerido, dependiendo de la cantidad y el espesor de la tela a cortar.

En este trabajo se efectuó satisfactoriamente todo un proceso de diseño con apoyo de solidworks del herramental automatizado y el cual también permitió realizar un análisis de movimiento para comprobar el comportamiento correcto de todos los componentes y mecanismos que lo complementan mismos que fueron diseñados en el software.

El análisis de elementos finitos con Ansys de los componentes críticos, permitió conocer los valores de esfuerzos y deformaciones admisibles para el diseño propuesto.

Palabras clave:

- Herramental automatizado
- Tijeras de corte de tela
- Diseño
- Análisis de elementos finitos

Abstract

The following work proposed the design and development of an automated adaptable tooling for fabric cutting scissors, in order to increase the productivity of operators by reducing cutting time, fatigue and possible injuries caused by the manual use of the scissors. In order to develop this project, it was necessary to conduct a survey to different cutting operators in textile workshops in the area, where mostly acrylic fabrics are used and where cutting is still done manually.

The design of 3 proposed sketches for the tooling allowed us to reach a final design that meets the operator's needs. The design of the chosen concept provides excellent stability in the scissors and allows an easy and efficient control in the number of revolutions per minute, in order to obtain the required torque, depending on the amount and thickness of the fabric to be cut.

In this work, a whole design process was successfully carried out with the support of solidworks for the automated tooling, which also allowed to perform a motion analysis to check the correct behavior of all the components and mechanisms that complement it, which were designed in the software.

The finite element analysis with Ansys of the critical components allowed to know the values of stresses and deformations admissible for the proposed design.

Keywords:

- Automated tooling
- Fabric cutting scissors
- Design
- Finite element analysis

Índice

Capítulo 1	18
Introducción.	18
Capítulo 2	20
Marco teórico (Antecedentes).	20
2.1 Definición de Tijeras.....	20
2.1.1 Contexto histórico y social de las tijeras	20
2.1.2 Evolución	20
2.1.3 Posibles Usos y Ámbitos de Aplicación	22
2.1.4 Identificación de las partes que componen la tijera.....	22
2.1.5 Tipo de máquina	23
2.2 Palanca	23
2.2.1 Tipos y clases de palancas	23
2.3 Automatización en el Corte	24
2.3.1 Cortadora digital de telas	24
2.3.2 Dispositivos de corte de tela eléctrico	25
a) Cortadoras circulares	25
b) Cortadoras rectas	26
c) Tijeras eléctricas.....	27
d) Cúter Térmico.....	27
e) Cortadora Láser.....	28
2.4 Mecanismos	29
2.4.1 Máquinas Motrices	29

2.4.2 Elementos transmisores de esfuerzos	30
2.4.3 Tipos de mecanismos	32
2.4.4 Análisis de elementos finitos (FEA).....	36
Capítulo 3	37
Planteamiento del problema	37
3.1 Identificación	37
3.2 Justificación	37
3.3 Alcances	38
Capítulo 4	39
4.1 Objetivo General	39
4.2 Objetivos Específicos.....	39
Capítulo 5	40
Metodología	40
5.2 Desarrollo del herramental.....	40
5.2.1 Descripción del herramental Automatizado.....	40
5.2.2 Selección de Software	41
5.2.3 Diseño de Estructura-fijador tijera.....	43
5.2.4 Desarrollo de mecanismo Manivela-Balancín	46
5.2.5 Numero de grados de libertad (GDL) del mecanismo	48
5.2.6 Diseño en Solidworks de la Manivela (Excéntrica) y biela	49
5.2.7 Ley de GRASHOF: Mecanismo de 4 barras articuladas	50
5.2.8 Determinación del torque que se necesita para el motor.....	51
5.2.9 Potencia desarrollada por el torque	53
5.2.10 Motor seleccionado	54

5.2.11 Circuito para controlar el motor eléctrico.....	56
5.2.12 Cálculos de diseño del tornillo sin fin y corona.....	58
5.2.13 Diseño del Tornillo Sin fin y Corona.....	61
5.2.14 Piezas secundarias creadas para el herramental.....	71
5.3 Análisis de Movimiento utilizando Solidworks.....	72
5.4 Análisis de elementos finitos utilizando Ansys.....	77
5.5 Impresión de piezas en 3D para realizar pruebas de funcionamiento.....	81
Capítulo 6.....	82
Resultados.....	82
6.1 Diseño Prototipo final.....	82
6.2 Resultados del Análisis de movimiento del herramental en Solidworks Motion.....	83
6.3 Desplazamiento, velocidad y aceleración.....	84
Resultados del Análisis de desplazamiento.....	84
Resultados del Análisis de Velocidad angular en la cuchilla cortante.....	85
Resultados del Análisis de Aceleración angular en la cuchilla cortante.....	86
6.4 Análisis de elementos finitos del mecanismo tornillo sin fin en Ansys Workbench.....	87
6.5 Impresión en 3D de prototipo de prueba.....	92
6.6 Ensamble del prototipo en 3D y su funcionamiento.....	93
Capítulo 7.....	98
Análisis de resultados.....	98
Capítulo 8.....	101
Conclusiones.....	101

Trabajo a futuro.....	102
Referencias bibliográficas	103
Anexo A	107
Anexo B	108
Anexo C	109
Anexo D	110
Anexo E	111
Anexo F.....	112
Anexo G.....	113
Anexo H.....	114
Anexo I.....	115
Anexo J.....	116
Anexo K.....	117

Índice de figuras

Figura 1 Evolución de la tijera (Velez, 2014).	21
Figura 2 Representacion grafica de las partes de la Tijera (Autores).....	22
Figura 3 Tipos y clases de palancas (Luis, 2021).	24
Figura 4 Máquina cortadora de cuchillos de espuma EVA EPE, CNC, 50mm de espesor, XPE (m.spanish.alibaba.com, 2022).....	25
Figura 5 Cortadoras Circulares eléctricas. (Amazon.com.mx, 2022).	26
Figura 6 Maquinas cortadoras de cuchilla recta (Boone, 2021).	27
Figura 7 Tijeras de tela eléctricas inalámbrica. (Amazon.com.mx, 2022).	27
Figura 8 KTECT Cortador de calor eléctrico Cuchillo caliente eléctrico de 100W (Amazon.es, 2022).	28
Figura 9 Double-head Automatic Feeding CO2 Laser Cutting Machine (Jack, 2022).	29
Figura 10 Motor sin escobillas y con escobillas en un taladro (De Máquinas y Herramientas, 2018).....	30
Figura 11 Mecanismos de transmisión circular (Martinez, 2022)	31
Figura 12 Tipos de mecanismos (Salazar, 2021).	35
Figura 13 Diagrama de bloques del funcionamiento del herramental para realizar el corte textil (Autores).	40
Figura 14 Tijeras generalmente usadas por los operadores para corte textil. (10´;12´) (Autores).....	41
Figura 15 Partes de las tijeras que la conforman:	42
Figura 16 Vista explosiva del ensamble (Autores).	42
Figura 17 Ensamble Tijera (256 mm) (Autores).	43
Figura 18 Saliente-extrusión de fijador de tijera.(Autores)	43
Figura 19 Saliente-extrusión de base para acoplamiento del motor.(Autores)	44
Figura 20 Redondeo de esquinas del fijador de tijera.(Autores).....	44
Figura 21 Extrusión-corte para eje del motor eléctrico. (Autores)	44
Figura 22 Molde del dedal superior de tijera (Autores).....	45
Figura 23 Tapa de molde del dedal superior de tijera (Autores).....	45

Figura 24 Molde del dedal inferior de tijera (Autores).....	46
Figura 25 Mecanismo de Manivela-Balancín de 4 elementos articulados (Oliver, 2022).....	46
Figura 26 Trazo de línea del punto central del eje del motor al punto central del dedal superior con ángulo de 65°(Autores).....	47
Figura 27 Trazo de línea del punto central del eje del motor al punto central del dedal superior con ángulo de 180°entre la longitud máxima de 70 mm.(Autores).	48
Figura 28 Excentrica (manivela) con una longitud de 15 mm.(Autores)	49
Figura 29 Biela con doble agujero para la apertura de las tijeras.(Autores)	50
Figura 30 Ensamble de Mecanismo Excéntrica- Balancíncon las Tijeras y la base.(Autores).....	50
Figura 31 Mecanismo de cuatro barras que cumple la ley de Grashof (Autores)..	51
Figura 32 Diagrama para calcular el torque.(Autores).....	52
Figura 33 Motor seleccionado para el herramental (Digi-Key Electronics, 2022)..	54
Figura 34 BLDC50 conductor + controlador bldc (Linengineering.com, 2012).	55
Figura 35 Representacion del circuito eléctrico para controlar las RPM del motor BLDC.....	56
Figura 36 Comprobacion de las tres velocidades de funcionamiento	58
Figura 37 Variables de los elementos que componen la Corona. (Mario, 2016) ...	60
Figura 38 Variables de los elementos que componen el tornillo sin fin. (Mario, 2016)	60
Figura 39 Croquis principal en plano alzado de la corona con sus dimensiones correspondientes (Autores)	62
Figura 40 Operación de revolución de 360° (Autores)	63
Figura 41 Angulo de inclinación del filete y la hélice (Autores).....	63
Figura 42 Dimensiones de los círculos en la rueda y el angulo del filete reforzado (Autores).....	63
Figura 43 Croquis del perfil del diente y operación de revolución de corte (Autores).	64
Figura 44 Matriz del perfil del diente (Autores).....	64
Figura 45 Extrusión corte en ambos lados de la corona (Autores).....	65

Figura 46 Extrusión corte para el eje (Autores).....	65
Figura 47 Redondeo en aristas para darle mejor aspecto a la corona (Autores). .	65
Figura 48 Diametro Exterior e interior del tornillo sin fin en el croquis principal del diseño (Autores).....	66
Figura 49 Saliente Extrusion del diámetro interior con la medida de la longitud roscada. (Autores).....	66
Figura 50 Herramienta de convertir entidades y selección de la arista de la circunferencia. (Autores)	67
Figura 51 Operación Hélice/Espiral (Autores).....	67
Figura 52 Perfil de los dientes del tornillo sin fin y sus medidas correspondientes (Autores).....	67
Figura 53 Operación Saliente/Base barrido del perfil del diente con la hélice(Autores).....	68
Figura 54 Corte de la hélice sobrante a la medida calculada (Autores).....	68
Figura 55 Operación de Extrusión saliente bde 50 mm, del diámetro interior en plano medio (Autores).....	69
Figura 56 Operación de Extrusión corte para adaptarlo al eje del motor (Autores).	69
Figura 57 Ensamble del Tornillo sin fin y Corona (Autores).....	70
Figura 58 Deteccion de interferencias en el ensamble del tornillo sin fin y corona (Autores).....	70
Figura 59 Relación de posición mecánica entre Engranaje del tornillo sin fin y la corona (Autores).....	71
Figura 60 Motor BLDC (Autores).....	71
Figura 61 Driver controlador BLDC (Autores).....	71
Figura 62 Interruptores de velocidades y de On/Off (Autores).....	72
Figura 63 Mango del herramental (Autores).....	72
Figura 64 Base de componentes (Autores).....	72
Figura 65 Mecanismo de 4 barras en la Vista frontal de las tijeras y la base fija. (Autores).....	73
Figura 66 Diagrama Vectorial de Posición del Mecanismo. (Autores).....	73

Figura 67 Activación de Complemento Solidworks Motion en el Software (Autores)	74
Figura 68 Selección de Análisis de Movimiento (Autores)	74
Figura 69 Aplicación de un motor rotatorio de 60 rpm en el centro de la excéntrica (Autores)	75
Figura 70 Calculo de desplazamiento, velocidad y aceleración del dedal superior de la tijera. (Autores)	75
Figura 71 Análisis s de desplazamiento angular de la biela (Autores)	76
Figura 72 Pasos para obtener los resultados del desplazamiento angular y su grafica correspondiente (Autores)	76
Figura 73 Importacion de Geometria en formato “parasolid” del modelodel tornillo sin fin y corona (Autores)	77
Figura 74 Mallado de 1.22 mm en la geometria del mecanismo (Autores).	79
Figura 75 Condiciones de frontera aplicados (Autores)	79
Figura 76 Soluciones elegidas correctas (Autores)	80
Figura 77 Piezas guardadas en formato .STL	81
Figura 78 Piezas a imprimir dentro del software Creality Slicer 4.8	81
Figura 79 Diseño final propuesto del herramental automatizado de las tijeras (Autores)	82
Figura 80 Elementos en la parte interior del herramental (Autores)	82
Figura 81 QR del video del Análisis de movimiento del herramental (Autores)	83
Figura 82 Trazados en el análisis de desplazamiento (Autores)	84
Figura 83 Grafica del desplazamiento angular de la Biela a 60 rpm (Autores)	84
Figura 84 Cálculo de velocidad angular en la cuchilla cortante (Autores)	85
Figura 85 Grafica de la velocidad angular a 60 rpm.(Autores)	85
Figura 86 Grafica de la aceleración angular a 60 rpm.(Autores)	86
Figura 87 Deformacion total utilizando el material PLA (Autores)	87
Figura 88 Deformacion total utilizando material de Aluminio (Autores).	87
Figura 89 Esfuerzo equivalente utilizando material de PLA (Autores)	88
Figura 90 Esfuerzo equivalente utilizando material de Aluminio (Autores)	88
Figura 91 Deformaciones Direccionales utilizando PLA de material y en los ejes:	89

Figura 92 Deformaciones Direccionales utilizando de material Aluminio y en los ejes:.....	89
Figura 93 Factor de seguridad utilizando el material PLA (Autores).	90
Figura 94 Factor de seguridad utilizando el material de aluminio (Autores)......	90
Figura 95 QR de la simulación en Ansys del tornillo sin fin con material PLA (Autores).....	91
Figura 96 QR de la simulación en Ansys del tornillo sin fin con material Aluminio (Autores).....	91
Figura 97 Piezas impresas en PLA:	92
Figura 98 Ejes de transmisión del movimiento del mecanismo.(Autores).	93
Figura 99 Prototipo de pruebas ya ensamblado (Autores).	93
Figura 100 Tres velocidades de funcionamiento del herramental:	94
Figura 101 Graficas de velocidad mínima medidas en la salida del reductor de velocidad (Tornillo sin fin) (Autores).	95
Figura 102 Graficas de velocidad media medidas en la salida del reductor de velocidad (Tornillo sin fin) (Autores).	96
Figura 103 Figura 102 Graficas de velocidad maxima medidas en la salida del reductor de velocidad (Tornillo sin fin) (Autores).	96
Figura 104 Código QR del funcionamiento del herramental automatizado con las tijeras de corte textil. (Autores).....	97
Figura 105 Datos técnicos del motor BLDC sin escobillas	107
Figura 106 Dimensiones del motor BLDC	108
Figura 107 Gafica del torque respecto a la velocidad en rpm	109
Figura 108 Datos tecnicos del Controlador Driver 50/100	110
Figura 109 Conexiones del driver para el motor.	111

Índice de Tablas

Tabla 1 Usos de la tijera en diferentes ámbitos (Sanchez, 2022).	22
Tabla 2 Partes que integran a la tijera (Autores).....	22
Tabla 3 Tabla de verdad para la selección de velocidad de funcionamiento del motor	57
Tabla 4 Datos conocidos y propuestos	59
Tabla 5 Dimensiones del Tornillo sin fin.....	60
Tabla 6 Dimensiones de la corona	61
Tabla 7 Propiedades del PLA (Autores)	78
Tabla 8 Propiedades del Aluminio(Autores)	78
Tabla 9 Resultados obtenidos del static structural en el software de Ansys Workbench	99

Capítulo 1

Introducción.

La industria textil como se sabe es el sector industrial económico destinado a la manufactura de fibras natural y sintética, hilados, telas y productos referidos con la fabricación de ropa; relaciona todas aquellas tareas empleadas a la producción y elaboración de fibras.

En la actualidad, la industria textil destaca, frente a otros sectores, por la gran cantidad de mano de obra que emplea a lo largo de todo el mundo. Además, al necesitar maquinaria liviana, puede instalarse en cualquier lugar del globo donde pueda aprovechar el menor coste por hora hombre de trabajo.

En el caso de México, la industria textil es un sector significativo para su economía, tanto en términos de generación de empleo como de exportaciones. Por lo que México se encuentra entre las potencias textiles del mundo, especialmente en el sector de las fibras sintéticas, de las cuales es el quinto proveedor a nivel mundial, exportando 4.695 millones de dólares anuales (Mireia, 2018).

Los procesos de la industria textil principalmente son:

La obtención de la fibra, la hilandería, el tejido, la tintorería, y por último la confección, que es el paso final donde se cortan y cosen las telas, en base a un diseño y de ese modo, se obtiene la mercancía que se llevará al mercado.

Este proyecto lleva por nombre “Desarrollo y automatización de herramental para corte de tela” el cual está enfocado con el objetivo principal y como su nombre lo dice de adaptarse a cualquier tijera industrial y que permita de una manera más sencilla, cómoda, segura y efectiva en el cortado de tejido textil o comúnmente también llamado “tela”.

En la actualidad la industria textil moderna cuenta con importantes artefactos mecánicos e incluso automatizados, que han tratado de sustituir a las tijeras que comúnmente conocemos ya que llevan a cabo la producción de una manera más rápida, constante, y masiva. A pesar de esta electrónica, robótica y la era digital, unas simples tijeras continúan siendo muy utilizadas y son algo obligatorio en

cualquier empresa o taller textil, esto dependiendo del tipo de tela o del proceso al que se dediquen trabajar.

Como ya se mencionó existen maquinas cortadoras de tela, pero hoy en día no existe ningún herramental o maquina automatizada que no supla las tijeras, si no que nos ayude a incorporarlas a un mecanismo automatizado para que el operador pueda controlar de una forma más segura y sencilla el funcionamiento de la tijera, además de evitar consecuencias por el uso excesivo de las tijeras que utiliza un sastre, algunas de estas consecuencias que comúnmente los cortadores sufren son problemas de salud físicos, tales como: fatiga muscular en la mano, o dolor de muñeca los cuales pueden dirigirse a desordenes musculo esqueléticos en mano o pulgar y que también pueden causar enfermedades como síndrome del túnel carpiano, tendinitis de quervain, por mencionar algunas.

Son por estas razones las que impulsaron la investigación y realización de este proyecto, para que así mismo permita solucionar estos problemas previamente mencionados.

Capítulo 2

Marco teórico (Antecedentes).

2.1 Definición de Tijeras

Una tijera es una herramienta que se utiliza para cortar. Se compone de dos hojas o cuchillas con filo de un único lado y unidas a través de un eje. Dichas hojas suelen terminar en punta; en el otro extremo, se encuentra el mango que, por lo general, dispone de aberturas para que el usuario pueda introducir sus dedos (Breveconsejo.com.mx, 2019).

2.1.1 Contexto histórico y social de las tijeras

Desde la prehistoria, la evolución tecnológica de las máquinas-herramienta se ha basado en el binomio herramienta-máquina. Durante siglos, la herramienta fue la prolongación de la mano del hombre hasta la aparición de las primeras máquinas rudimentarias que ayudaron en su utilización. Las tijeras son una herramienta muy antigua que ya se usaban durante la edad de bronce. En aquella época eran en forma de “C” y constaban de un muelle. Se usaban para cortar pieles y cabello.

Los griegos y los romanos también las fabricaron y las que de ellos se conservan muestran gran variedad de empleos: corte del pelo, esquilado de animales, poda de árboles, corte de tejidos. La mayoría de aquellas tijeras eran de bronce o de hierro.

La forma de las tijeras antiguas se mantuvo en la Edad Media, hasta el siglo XIV, cuando se inventaron las tijeras tal como las conocemos hoy, con un pasador entre ambos brazos o cuchillas (Alcantara, 2008).

2.1.2 Evolución

La propia evolución nos trae diversos materiales que desde hace años dejaron de utilizarse, por ejemplo, el acero con alto contenido de carbono (0,7-0,9 %). Su corte era muy bueno y su dureza extraordinaria, pero en contacto con el agua o con algunos elementos químicos utilizados en su uso, la tijera sufría una corrosión que era difícilmente evitable. Más tarde se lograron aceros con aleaciones y contenidos

más altos de Nitrato (Ni.) y Carbono (Cr.), además de algunos otros elementos que impedían esta oxidación. A cambio, la herramienta en sí no conseguía la dureza adecuada a la que se estaba acostumbrado, al tener que, forzosamente, disminuir la concentración de contenido de (Cr.) Por ello, al acero se le añadió a su composición química un elemento más duro, el Cobalto (Co.), que proporcionaba más dureza y, además, un acabado mucho más brillante.

Desde hace algunos años se sigue experimentando con diversas aleaciones de acero que, algunos de los grandes fabricantes personalizan y guardan celosamente.

En la actualidad se siguen criterios bastante comunes en el sentido de utilizar un acero que permita una alta dureza y durabilidad en el corte, muchos de los fabricantes actuales han incorporado el Aisi-440 en sus diferentes opciones: Aisi-440-A-B-C, cada uno de ellos bastante similares, con la variedad de aumentar en algo la dureza hasta conseguir garantizados los 58° H Rockwell, dureza que permite que la tijera pueda incluso afeitarse (Costilla, 2011).

Como se puede observar en la Figura 1 las tijeras han tenido un avance importante a lo largo de la historia desde las primeras creaciones (lado izquierdo) hasta tijeras modernas para cada tipo de ámbito y actividad que se vaya a realizar (lado derecho).



Figura 1 Evolución de la tijera (Velez, 2014).

2.1.3 Posibles Usos y Ámbitos de Aplicación

La Tabla 1 muestra algunos ejemplos de aplicación de las tijeras.

Tabla 1 Usos de la tijera en diferentes ámbitos (Sanchez, 2022).

Aplicación	Ejemplo
Industrias	En todos estos ámbitos las tijeras son utilizadas para elaborar cortes en distintos objetos.
Escuelas	
Negocios	
Hogares	

2.1.4 Identificación de las partes que componen la tijera

En la siguiente Tabla 2 están numeradas las diferentes partes que componen una tijera de sastre.

Tabla 2 Partes que integran a la tijera (Autores).

N	PARTE
1	Hojas de metal afiladas
2	Tornillo (eje)
3	Tope
4	Mangos con dedales

En la Figura 2 se muestra la representación gráfica de las partes ya mencionadas en la Tabla 2.

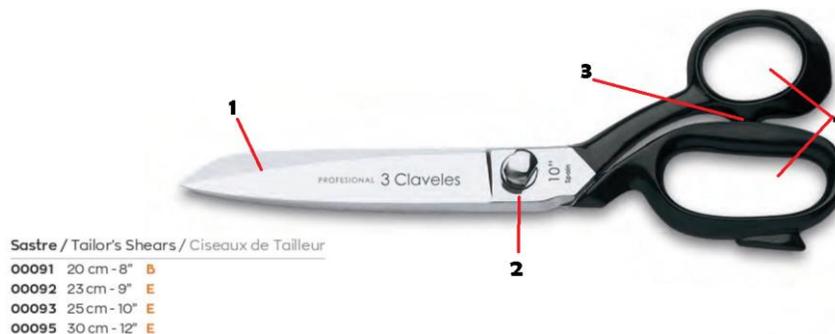


Figura 2 Representación grafica de las partes de la Tijera (Autores).

2.1.5 Tipo de máquina

La tijera es una palanca de primera clase. La finalidad de utilizar las máquinas simples es lograr obtener una ventaja mecánica en la cual se puede realizar un mayor trabajo por un esfuerzo menor (faq-inf.com, 2021).

2.2 Palanca

La palanca es un dispositivo basado en un concepto físico capaz de generar o modificar una fuerza y transmitir desplazamiento. Generalmente, está compuesta por una barra rígida que gira libremente sobre un punto de apoyo denominado fulcro o apoyo.

2.2.1 Tipos y clases de palancas

- Palanca de primer grado: En este tipo de palanca el fulcro está situado entre la potencia y la resistencia, logrando que la potencia aplicada pueda ser mucho menor que la resistencia a vencer, o sea, maximiza la potencia final. Sin embargo, se ve sacrificada la velocidad transmitida y la distancia recorrida por el cuerpo.
- Palanca de segundo grado: La resistencia en este tipo está situada entre la potencia y el fulcro, por lo que la potencia será siempre menor que la resistencia, aunque no logre mayor desplazamiento ni distancia recorrida y pese a que el ahorro de energía que debe ser empleada es sumamente útil.
- Palanca de tercer grado: La potencia ejercida está situada entre el punto de apoyo, en un extremo, y la resistencia, en el otro. La fuerza aquí aplicada es mayor que la resultante, pero se logra ampliar la velocidad transmitida o la distancia recorrida por el cuerpo (Luis, 2021).

En la Figura 3 se observa los diferentes tipos de palancas que existen y algunos ejemplos cotidianos en donde se emplean.

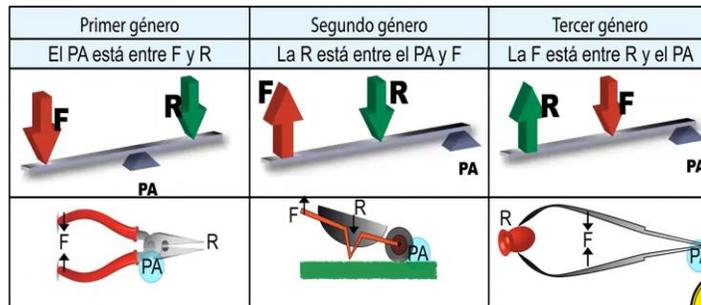


Figura 3 Tipos y clases de palancas (Luis, 2021).

2.3 Automatización en el Corte

Con el aumento de la producción en masa, la sala de corte en una instalación de fabricación de ropa ha sido automatizada con varios nuevos inventos.

Varias tecnologías de corte están disponibles para un dispositivo de corte, como cuchillos controlados por computadora, láser, chorros de agua, plasma o ultrasonido. Los cortadores de cuchillas son adecuados para el corte de múltiples capas de materiales textiles pesados y han sido ampliamente adoptados por los fabricantes de productos textiles. El cabezal de corte de cuchillas está equipado con múltiples herramientas de corte (cuchillos, herramientas de muesca, punzones y marcadores) para satisfacer las diversas demandas de corte y marcado.

La elección del método de corte depende de las propiedades de los materiales, así como de la complejidad de los contornos que sea necesario cortar. La consideración más importante al configurar un sistema de corte automatizado es si se cortará una sola capa o varias capas de tela (Davis, 2020).

2.3.1 Cortadora digital de telas

La cortadora industrial automática de telas es un sistema de corte digital sin troquel, que se utiliza principalmente para la segmentación y corte de telas. No requiere ningún troquel y es controlado por el software del sistema, para luego cortar directamente la tela, siempre y cuando se coloque en la plataforma operativa luego de confirmar los parámetros correspondientes, la computadora transmite las instrucciones correspondientes a la cortadora, y esta realiza un corte rápido de acuerdo con los dibujos de diseño aceptados.

➤ Aplicaciones:

Las máquinas cortadoras de telas industriales automáticas son adecuadas para ropa deportiva y de punto, como ropa de mujer, moda, uniformes, trajes, jeans y más prendas.

Los materiales que puede cortar el sistema de corte de tela digital incluyen tela, cuero y materiales compuestos (Mfgrobots.com, 2022).

➤ Precio aproximado: 21,000 US\$

Un ejemplo de esta máquina se encuentra en la Figura 4.



Figura 4 Máquina cortadora de cuchillos de espuma EVA EPE, CNC, 50mm de espesor, XPE (m.spanish.alibaba.com, 2022).

2.3.2 Dispositivos de corte de tela eléctrico

Es una herramienta de corte de tela indispensable para algunas tiendas pequeñas o amantes de los productos de tela. Pero tal cortadora de tela también tiene grandes limitaciones.

Dentro de las cortadoras de tela eléctricas podemos diferenciarla por su cuchilla, así podrás encontrar en el mercado cortadoras de tela circulares o rectas, como también las tijeras eléctricas, el cúter térmico, que es como una soldadora.

a) Cortadoras circulares

También las podrás encontrar por cortadoras de tela manuales, rotatorias, hexagonales u octogonales, automáticas, su cuchilla es similar a la de un CD, tiene mejor manejabilidad que las rectas, son muy útiles para cortar esquinas, curvas y zonas que requieren una mayor precisión.

El motor es el que suministra el movimiento a la máquina de disco, mediante piñones dentados. El disco es el elemento cortante y puede ser circular o poligonal.

➤ Aplicaciones:

Una máquina circular con hoja de hasta 2", se utiliza para cortar una sola tela o hasta 2 o 3 si es fina. En el caso de que la hoja tenga 4" podrás cortar de 6 a 10 telas, según su grosor (Marín, 2021).

Esta corta cuero, algodón, lana, seda y fibra química, entre otros.

➤ Precio aproximado: De \$1,500 hasta \$6,157 mex.

Un ejemplo de estas máquinas se encuentra en la Figura 5, del lado izquierdo se puede observar una cortadora con rango de corte de 20 mm y del lado derecha otra con un rango de corte de 40mm.



Figura 5 Cortadoras Circulares eléctricas. (Amazon.com.mx, 2022).

b) Cortadoras rectas

Máquina de cuchilla vertical, el filo puede ser recto, ondulado o dentado, dependiendo de la materia a cortar. La cuchilla es 5cm, más corta que la vaina, y esto le permite el movimiento de ascenso y descenso, con el que realiza el corte.

El uso de esta máquina está recomendado para espesores de colchón medios y grandes, las medidas estándar en que se presentan las cuchillas son: 4"; 5"; 6"; 7"; 8"; 9"; 10"; 12" (Marín, 2021).

➤ Aplicaciones:

En las máquinas rectas, se podrán cortar tantas capas como permita, dependiendo de las pulgadas de la cuchilla. En algunos casos se cortan hasta 60 capas y en otros solo 20 o 30 capas.

Cortan materiales tales como algodón, lana, cáñamo, seda, cuero y esponja.

➤ Precio Aproximado: desde los \$7,000 las económicas hasta \$34,000 mex. Un ejemplo de estas máquinas se encuentra en la Figura 6, como se puede observar son máquinas de 8", 10" y 12".



Figura 6 Maquinas cortadoras de cuchilla recta (Boone, 2021).

c) Tijeras eléctricas

Las tijeras eléctricas son a diferencia que en su cabezal no tiene un disco, sino dos hojas afiladas que cortan similar a unas tijeras.

Su mango es ergonómico y su corte preciso.

➤ Aplicaciones:

Corta fácilmente a través de tela, cuero, alfombras, metal, papel, cartón corrugado, plástico, papel de regalo y mucho más, pero tiene limitaciones como en este caso una capacidad de corte: 0-8 mm. (Marín, 2021).

➤ Precio aproximado: desde los \$500 hasta los \$3,800 mex.

Un ejemplo de estas máquinas se encuentra en la Figura 7 la cual es inalámbrica.



Figura 7 Tijeras de tela eléctricas inalámbrica. (Amazon.com.mx, 2022).

d) Cúter Térmico

Se trata de corte por calor, tiene en su extremo como las soldadoras, un metal que alcanza calor en poco tiempo, y lo que hace es quemar más que cortar. Esto

significa que suelda el tejido lo que evita que se deshilache, lo interesante es usarlo con una especie de patilla que hace que el corte sea más preciso.

➤ Aplicaciones:

Este ratón de corte por calor es muy usado en la industria del toldo, permitiendo cortar tejidos sintéticos, cordón, lonas, etc.

Viene equipado con cuchilla tipo R (Marín, 2021).

➤ Precio aproximado: \$1,900 mex.

Un ejemplo de estas máquinas se encuentra en la Figura 8 y se puede ver como la cuchilla está cortando el material por calor.



Figura 8 KTECT Cortador de calor eléctrico Cuchillo caliente eléctrico de 100W (Amazon.es, 2022).

e) Cortadora Láser

La máquina de corte por láser de tela es la máquina de corte por láser que utiliza CO2 como fuente de láser. Una máquina de corte por láser de CO2 utiliza la alta temperatura instantánea generada por el láser para derretir el material. Hay empresas grandes que tienen esta maquinaria y se dedica solo al corte láser por encargo, por lo que esta máquina es industrial y no está al alcance de cualquiera.

➤ Aplicaciones:

Los tejidos sintéticos reaccionan mejor a este corte que los de algodón u orgánicos, los cuales se quedan como con un color marrón en su borde, similar a cuando se corta con calor madera (Jack, 2022).

➤ Precio aproximado: \$1,900 mex.

Un ejemplo de estas máquinas se encuentra en la Figura 9.



Figura 9 Double-head Automatic Feeding CO2 Laser Cutting Machine (Jack, 2022).

2.4 Mecanismos

Un mecanismo es un conjunto de elementos, normalmente rígidos, conectados entre sí por medio de articulaciones móviles y cuya misión es:

- Transformar una velocidad en otra velocidad
- Transformar una fuerza en otra fuerza
- Transformar una trayectoria en otra diferente
- Transformar un tipo de energía en otro tipo distinto

Basándose en principios de la mecánica se representan los mecanismos mediante engranes o ruedas dentadas, con los cuales se forman sistemas de ecuaciones, que caracterizan el comportamiento y funcionamiento de un mecanismo.

2.4.1 Máquinas Motrices

Como máquinas motrices, se denomina a todas las máquinas que transforman un tipo de energía.

Las máquinas motrices están casi siempre conectadas a otras máquinas. Estas accionan a aquellas. Motores eléctricos, por ejemplo, toman energía de la red eléctrica y la transforman en un movimiento rotatorio, el cual se transmite a otra máquina como por ejemplo una taladradora, en tal forma que la herramienta gira y trabaja (Martinez, 2022).

Un ejemplo de un motor eléctrico con o sin escobillas colocado en un taladro se encuentra en la Figura 10.



Figura 10 Motor sin escobillas y con escobillas en un taladro (De Máquinas y Herramientas, 2018).

2.4.2 Elementos transmisores de esfuerzos

Para desempeñar su misión, las máquinas disponen de partes móviles encargadas de transmitir la energía y el movimiento de las máquinas motrices a las operadoras, o también, entre elementos de una misma máquina. Estas partes móviles se denominan elementos transmisores de esfuerzos. Según su función se clasifican en directos e indirectos:

Directos: Árboles y ejes, ruedas de fricción, engranajes.

Indirectos: Poleas y correas, cadenas.

- Árboles y Ejes

Se conoce como eje de transmisión a todo objeto axisimétrico especialmente diseñado para transmitir potencia.

Un árbol de transmisión es un eje que transmite un esfuerzo motor y está sometido a solicitaciones de torsión debido a la transmisión de un par de fuerzas y puede estar sometido a otros tipos de solicitaciones mecánicas al mismo tiempo.

Existen una variedad de árboles que se adecuan a dichas necesidades: lisos, escalonado, hueco, acodado.

Atendiendo a la forma de trabajo, los ejes pueden ser:

Ejes fijos: Permiten el giro de los elementos mecánicos situados sobre ellos, pero no giran solidariamente con ellos, es decir, los elementos mecánicos giran libremente sobre ellos.

Ejes giratorios: pueden girar solidariamente con algunos de los elementos situados sobre ellos (Slideshare.net, 2019).

- Ruedas de Fricción

Este sistema de transmisión consiste en hacer resbalar dos o más ruedas que se tocan entre sí y montadas sobre ejes paralelos mediante la fuerza que produce el rozamiento entre ambas. Para poder transmitir movimiento de un eje a otro será necesario que ambas ruedas estén en contacto, ejerciendo una cierta presión la una sobre la otra.

- Engranajes

Se denomina engranaje al mecanismo utilizado para transmitir potencia de un componente a otro dentro de una máquina. Los engranajes están formados por dos ruedas dentadas, de las cuales la mayor se denomina corona y el menor piñón. Un engranaje sirve para transmitir movimiento circular mediante el contacto de ruedas dentadas.

La principal ventaja que tienen las transmisiones por engranaje respecto de la transmisión por poleas es que no patinan como las poleas, con lo que se obtiene exactitud en la relación de transmisión.

Algunos de los mecanismos con engranajes se muestran en la Figura 11.

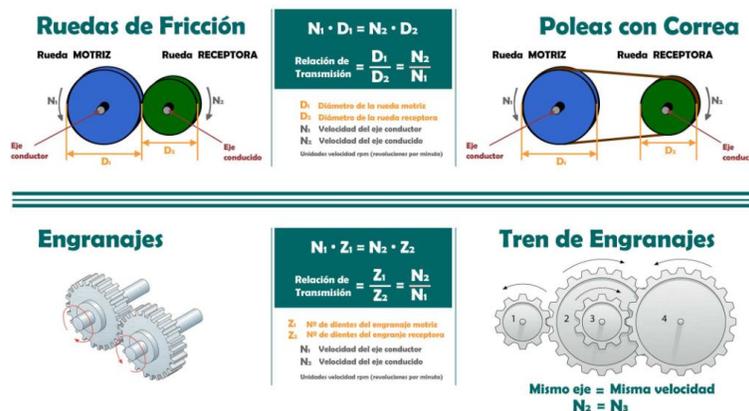


Figura 11 Mecanismos de transmisión circular (Martinez, 2022)

2.4.3 Tipos de mecanismos

Todas las máquinas se componen de mecanismos. Un mecanismo es un dispositivo que transforma un movimiento y una fuerza de entrada en otra de salida.

Hay dos tipos de movimientos; de movimiento Rotatorio a Rotatorio y de movimiento rotatorio a rectilíneo (o viceversa).

Podemos encontrar distintos tipos de mecanismos como: Polea, Biela-Manivela, Leva, Tren de Engranajes, Tornillo sin fin y Rueda helicoidal, Cadena y piñones, Piñón-Cremallera, Manivela, Tornillo, Palancas, Mecanismos articulados.

A continuación, se expone una breve explicación de cada uno de ellos:

- Sistema de poleas

Una polea es una rueda con una hendidura en la llanta. Tanto la polea como la rueda y el eje pueden considerarse máquinas simples que constituyen casos especiales de la palanca. Una polea fija no proporciona ninguna ventaja mecánica, es decir, ninguna ganancia en la transmisión de la fuerza: sólo cambia la dirección o el sentido de la fuerza aplicada a través de la cuerda.

Relación de velocidades: la velocidad rotatoria del eje secundario depende de la relación de velocidades del sistema de poleas, y de la velocidad a la que gira el eje motor; y su fórmula es:

Circunferencia de polea motriz / circunferencia de polea conducida.

-Explicación de la relación de velocidades: Cuando se utiliza una polea pequeña para accionar una polea grande, la polea grande gira más despacio que la polea pequeña.

-Velocidades de ejes rotatorios: Una vez que se conoce la relación de velocidades, se puede calcular la velocidad de rotación de un eje determinado; y su fórmula es:

RPM del eje motriz x diámetro de la polea motriz / diámetro de la polea conducida.

- Mecanismo de biela-manivela

Es un mecanismo que transforma el movimiento rotatorio en movimiento lineal. Cuando la manivela gira la biela retrocede y avanza, este es un movimiento alternativo.

La distancia que se ha desplazado la biela depende de la longitud de la manivela. La biela se desplaza el doble de la longitud de la manivela.

- Levas

Este mecanismo también transforma el movimiento rotatorio en lineal. Una leva es un trozo de metal con una forma especial que se sujeta en un eje.

Un rodillo de leva es un mecanismo diseñado para subir y bajar mientras sigue la forma o perfil de la leva. Se puede mantener firmemente por medio de la gravedad o por medio de la acción de un muelle.

El perfil de una leva determina la distancia recorrida por su rodillo.

- Engranajes

Rueda o cilindro dentado empleado para transmitir un movimiento giratorio o alternativo desde una parte de una máquina a otra. Un conjunto de dos o más engranajes que transmite el movimiento de un eje a otro se denomina tren de engranajes. Los engranajes se utilizan sobre todo para transmitir movimiento giratorio, pero usando engranajes apropiados y piezas dentadas planas pueden transformar movimiento alternativo en giratorio y viceversa.

El engranaje más sencillo es el engranaje recto, una rueda con dientes paralelos al eje tallados en su perímetro. Los engranajes rectos transmiten movimiento giratorio entre dos ejes paralelos.

En un engranaje sencillo, el eje impulsado gira en sentido opuesto al eje impulsor. Si se desea que ambos ejes giren en el mismo sentido se introduce una rueda dentada denominada rueda.

Calculo de la relación de transmisión de un tren de engranajes simple:

Numero de dientes del engranaje motriz / número de dientes del engranaje arrastrado

- Tornillo sin fin y rueda helicoidal

El tornillo sin fin de la rueda helicoidal transmite el movimiento entre ejes que están en ángulos rectos.

Un engranaje helicoidal tiene solo un diente con forma de hilo de rosca.

Cuando el tornillo sin fin da una vuelta completa, solo gira un diente de la rueda helicoidal, ósea, para hacer que la rueda helicoidal de una vuelta completa, el tornillo sin fin tiene que girar el número de veces que dientes tiene la rueda helicoidal.

Calculo de la relación de transmisión:

Número de dientes del tornillo sin fin / número de dientes de la rueda helicoidal.

- Sistema de cadena y piñones

Un sistema de cadena y piñones es un mecanismo muy fuerte. Un piñón es una rueda dentada y una cadena es una longitud de eslabones articulados. Transforma un movimiento rotatorio en un movimiento de torsión.

Calculo de la relación de velocidades cadena y piñón:

Numero de dientes de piñón motriz / número de dientes de piñón arrastrado.

- Piñón y cremallera

Una cremallera es un engranaje plano cuyos dientes se engranan con los dientes del piñón.

Si el piñón gira alrededor de un punto fijo, la cremallera se moverá en línea recta.

- Manivela

Una manivela es un dispositivo por medio del cual el movimiento rotatorio y el momento de torsión se pueden aplicar a un eje. Cuando se incorporan varias manivelas a un eje, éste se denomina cigüeñal.

- Mecanismo de cuatro barras

Un mecanismo de cuatro barras es la cadena cinemática cerrada más simple de eslabones unidos con un grado de libertad. Una cadena cinemática se obtiene al conectar entre sí varios eslabones (barras) de tal forma que sea posible el movimiento relativo entre ellos de forma que, si se proporciona un movimiento de entrada, se obtiene como respuesta un movimiento de salida (Salazar, 2021).

En la siguiente Figura 12 se puede observar los diferentes tipos de mecanismos mencionados y aplicados en la vida cotidiana.

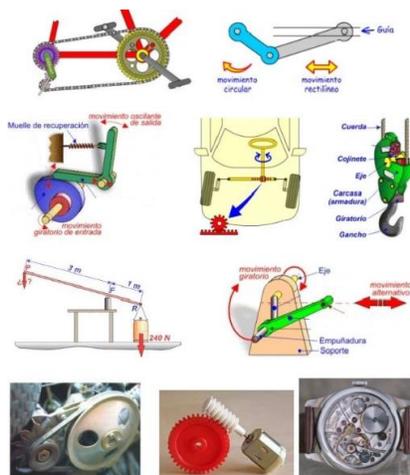


Figura 12 Tipos de mecanismos (Salazar, 2021).

2.4.4 Análisis de elementos finitos (FEA)

El método de los elementos finitos FEA (o FEM – Finite Element Method) es un método computarizado que permite simular la reacción de una pieza mecánica a la vibración, el calor, al flujo de los fluidos y a otras interacciones físicas. El método de los elementos finitos permite predecir el riesgo de rotura, la velocidad de desgaste y el buen funcionamiento de un producto que ya se encuentra en fase de diseño. Aunque se llama Método, el FEM es una herramienta excelente para predecir el comportamiento de un producto en su uso futuro.

Funcionamiento:

El análisis FEA divide un objeto completo en una gran cantidad de elementos finitos, interconectados por puntos de contacto (nodos). Las operaciones matriciales nos permiten predecir el comportamiento de cada uno de los elementos en los que se divide el objeto. Al combinar la respuesta de los elementos individuales, la computadora puede proporcionar la respuesta del objeto en su totalidad; respuesta que dependerá de las condiciones de contorno:

- Tensiones que actúan sobre la pieza.
- Restricciones
- Material

Este proceso permite conocer de antemano el comportamiento final del componente y, en consecuencia, sus límites de uso.

Las condiciones de tensión más habituales, simuladas y calculadas sobre la pieza:

- Esfuerzo mecánico
- Vibración mecánica
- Fatiga
- Transferencia de calor

Todo ello integra el minucioso control de calidad tradicional, reduciendo los porcentajes de desperdicio de las piezas suministradas y consecuentemente la posibilidad de errores en la fase de control, y en definitiva minimizando la posibilidad de que se produzcan roturas prematuras durante el uso de un producto (Debem, 2022).

Capítulo 3

Planteamiento del problema

3.1 Identificación

En la región sur de Guanajuato se detectó la necesidad del diseño de un herramental que permitiera la automatización de tijeras de corte textil, específicamente para corte de tela de fibra artificial o fibra acrílica, la cual hoy en día es muy utilizada en la elaboración de suéter tejido, debido a que este tipo de telas no son recomendables ser cortadas con otras herramientas de corte, como lo son discos o cuchillas. Este tipo de herramientas, aunque son muy rápidas y manuales, en la tela de fibra acrílica o artificial son complejas al realizar cortes curvos ya que generalmente aun contando con la experiencia necesaria estas tienden a dañar el tejido de la tela, provocando que se deshile, queme o se muevan los lienzos que ya se tenían tendidos al momento de ser cortados. Es por eso que es necesario que la herramienta de corte sean las tijeras, ya que estas permiten realizar un corte limpio y más preciso. Lo que nos lleva al problema principal el cual radica en que las tijeras al ser operadas manualmente por una persona, y por un determinado tiempo de trabajo provoca que esta se canse, tenga baja eficiencia, menor calidad de corte, o llegue a tener lesiones o incluso hasta alguna enfermedad debido al movimiento repetitivo que conlleva el usar las tijeras de forma manual.

3.2 Justificación

El diseño de máquinas o herramientas de corte textil que hasta la actualidad se han automatizado están enfocadas principalmente en optimizar el tiempo en el proceso de corte y a gran escala, sin embargo, han dejado a un lado el uso indispensable de las tijeras en ciertas actividades del sector textil. Por lo que se realizó una investigación tomando como referencia un taller de la zona el cual se encarga de trabajar con este tipo de tela de acrilán y licra para conocer el porque es necesario la creación de un diseño que automatice las tijeras de corte textil.

Debido a que el uso de las tijeras para cortar este tipo de telas es de manera obligatoria y por el hecho de realizar un movimiento repetitivo de abrir y cerrar los dedos del mango de la tijera lo que también implica esfuerzos musculares intensos es bastante agotador para los operadores después de cierto tiempo de trabajo lo que conlleva a tener menor productividad en su jornada laboral, además de llegar a sufrir lesiones o enfermedades musculares por el esfuerzo excesivo y prolongado. Por ello es necesario el desarrollo de un diseño que permita que cualquier tijera de corte textil pueda ser automatizada y así mismo aumentar la productividad gracias a que las tijeras realizaran la misma fuerza de corte sin importar el uso prolongado a las que estas sean utilizadas, evitando los desperfectos en la tela que conlleva usar las otras herramientas y así mismo previniendo la seguridad de los operadores.

3.3 Alcances

La elaboración de este proyecto abarcará la teoría correspondiente para el diseño del herramental automatizado y poderlo implementar en cualquier tijera utilizadas generalmente para el corte textil, así como también el diseño de los mecanismos y de las piezas que conforman este herramental mediante el software de Solidworks 2018, que permite trabajar de manera eficiente, ya que las herramientas que componen el software pueden simular el funcionamiento de las soluciones propuestas, permitiendo visualizar las ventajas e inconvenientes técnicos y estructurales.

También se realizarán análisis de esfuerzos y deformaciones de manera simulada mediante el software de ANSYS de los componentes de los mecanismos para demostrar si los resultados son óptimos y llevar a cabo la siguiente etapa que es construir un prototipo a partir de impresión 3D y algunos elementos como tornillos.

Capítulo 4

4.1 Objetivo General

- Diseñar y desarrollar un herramental que permita la automatización de tijeras de corte textil para los talleres textiles tradicionales de la región.

4.2 Objetivos Específicos

- Realizar una investigación de herramientas ya existentes que se pueden aplicar como mecanismo automatizado para las tijeras.
- Crear diferentes posibles diseños a mano del herramental para elegir el diseño más viable.
- Determinar los parámetros que se deben tener en cuenta para el diseño del herramental.
- Realizar la selección y el diseño de los mecanismos y partes del herramental utilizando un software CAD.
- Realizar simulación de funcionamiento del herramental previamente diseñado.
- Migrar mecanismos CAD previamente diseñados para realizar pruebas de esfuerzos y deformaciones al software Ansys workbench.
- Hacer un sistema de control del motor eléctrico para que este funcione a 3 velocidades una vez encendido.
- Realizar pruebas de funcionamiento reales con un prototipo de PLA impreso en 3D.

Capítulo 5

Metodología

Todo este trabajo de investigación y diseño del proyecto se llevó a cabo dentro de las instalaciones del Tecnológico Nacional de México campus Sur de Guanajuato en el salón AT2, y en el edificio E, así como la formulación de objetivos de este proyecto y la planificación que se tuvo para poder cumplir con cada uno de ellos.

5.2 Desarrollo del herramental

Para el desarrollo del herramental, se diseñaron algunos mecanismos los cuales permiten el movimiento oscilatorio para abrir y cerrar las cuchillas de las tijeras, cabe destacar que en algunos casos la selección implicó algunos cálculos, los cuales se mencionan en el desarrollo del capítulo, así también se muestran las piezas de diseño en solidWorks para la simulación del proyecto.

5.2.1 Descripción del herramental Automatizado

La Figura 13 describe el funcionamiento del herramental, es decir la forma en la que esta ópera para realizar el corte textil.

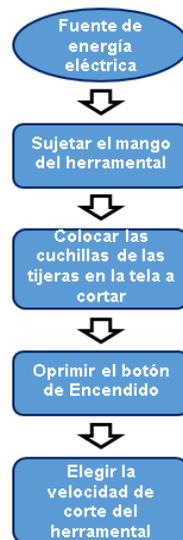


Figura 13 Diagrama de bloques del funcionamiento del herramental para realizar el corte textil (Autores).

5.2.2 Selección de Software

La propuesta para iniciar el diseño y la automatización de todo el herramental principalmente fue la de seleccionar un software que facilite el crear y simular modelos en 3D para hacer más eficientes los procesos de desarrollo de piezas, ensambles o cualquier cuestión de diseño que se presente, por lo cual se eligió el Software de Solidworks.

Solidworks es un software de diseño CAD 3D (diseño asistido por computadora) para modelar piezas y ensamblajes en 3D y planos en 2D. El software que ofrece un abanico de soluciones para cubrir los aspectos implicados en el proceso de desarrollo del producto. Sus productos ofrecen la posibilidad de crear, diseñar, simular, fabricar, publicar y gestionar los datos del proceso de diseño (SolidBI, 2022).

Una vez seleccionado el software a trabajar se comenzó diseñando las tijeras que generalmente son las más utilizadas por los operadores en un taller textil, las cuales se pueden observar en la Figura14, tomando en consideración las dimensiones reales que tiene en unidades de mm, ya que gracias a este prototipo de tijera se simulara su comportamiento de manera virtual.

Así como también a continuación se muestra el diseño de las partes de las tijeras que la conforman en la Figura 15, la vista explosionada del ensamble en la Figura 16 y el ensamble final en la Figura 17.



Figura 14 Tijeras generalmente usadas por los operadores para corte textil. (10';12') (Autores).

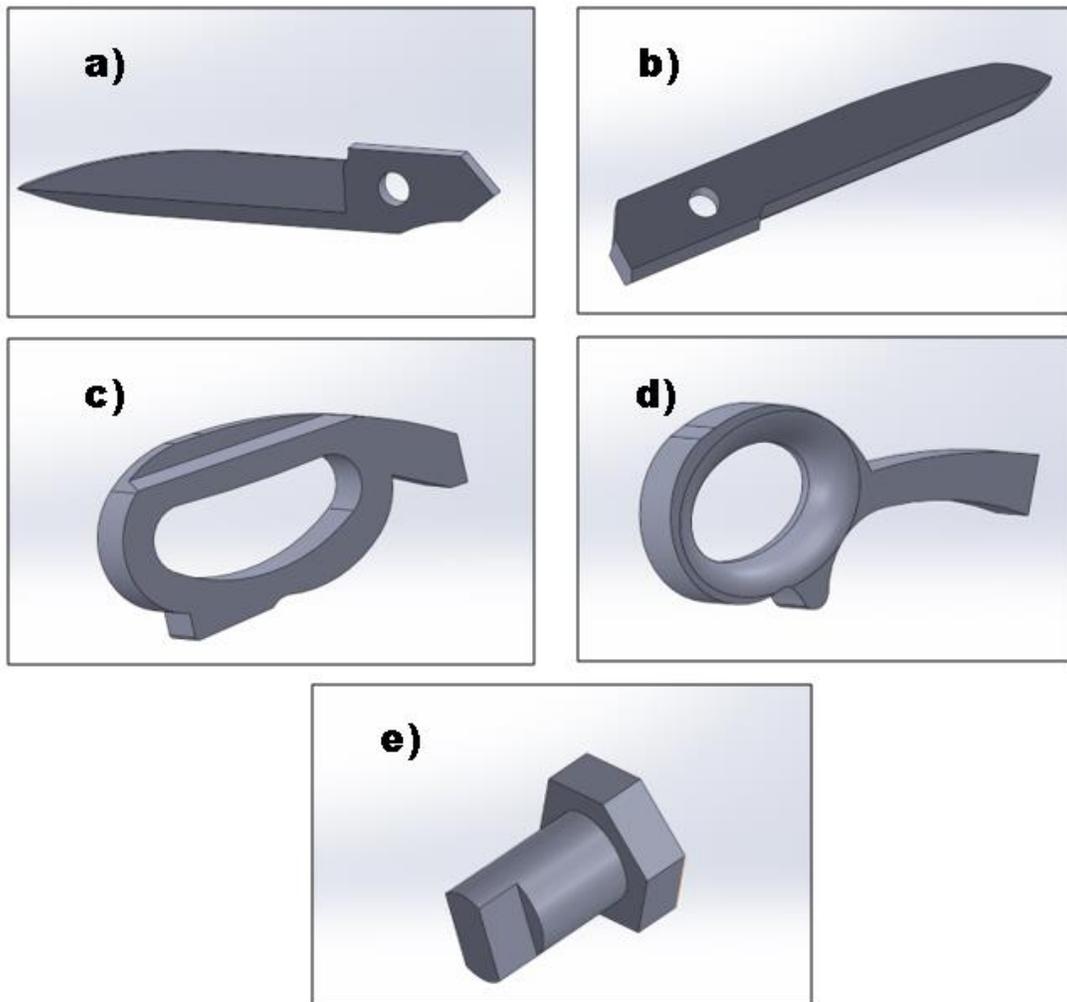


Figura 15 Partes de las tijeras que la conforman:

a) Cuchilla Inferior ; b) Cuchilla superior ; c) Mango dedal inferior ; d) Mango dedal superior; e) Tornillo o Eje (Autores).



Figura 16 Vista explosiva del ensamble (Autores).

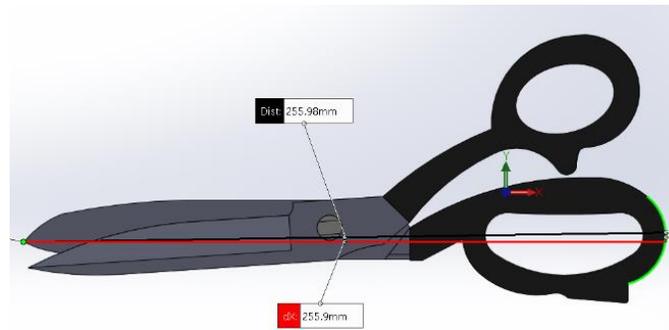


Figura 17 Ensamble Tijera (256 mm) (Autores).

5.2.3 Diseño de Estructura-fijador tijera

Después de haber hecho el diseño de la tijera que se va utilizar, se procedió a realizar una base en la cual se tenía que fijar la parte inferior de la tijera para que esta quedara recta y paralela a la base y de una manera que la tijera no perdiera el movimiento de al menos una cuchilla y así generar un movimiento oscilatorio de modo que ayudara a cortar la tela.

De la Figura 18 a la Figura 20 se describen los pasos de diseño para la base en la que va estar fijada la tijera, se diseñó así ya que fue la mejor opción para que el dedal inferior de la tijera tuviera un buen agarre con la base y esta no se moviera para ningún lado.

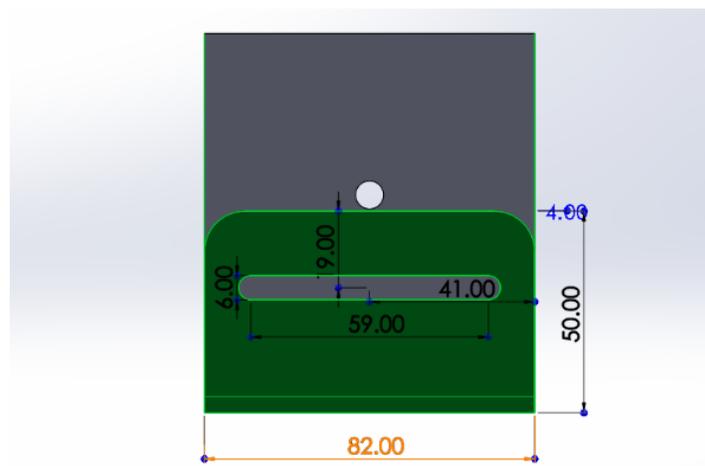


Figura 18 Saliente-extrusión de fijador de tijera.(Autores)

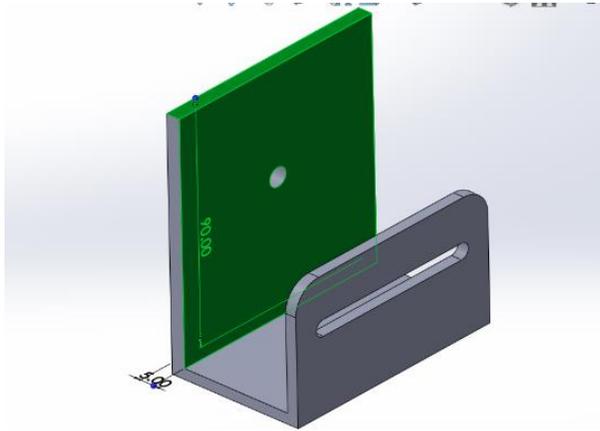


Figura 19 Saliente-extrusión de base para acoplamiento del motor.(Autores)

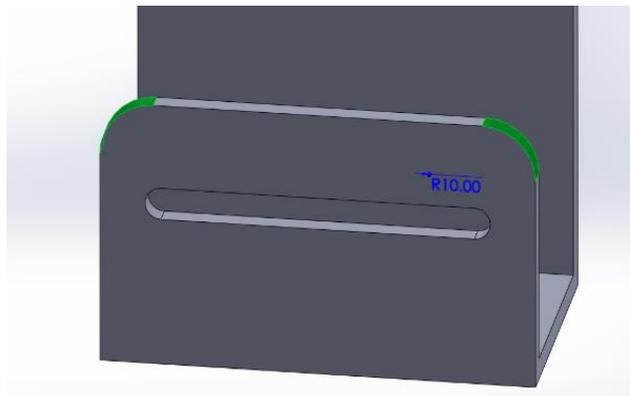


Figura 20 Redondeo de esquinas del fijador de tijera.(Autores)

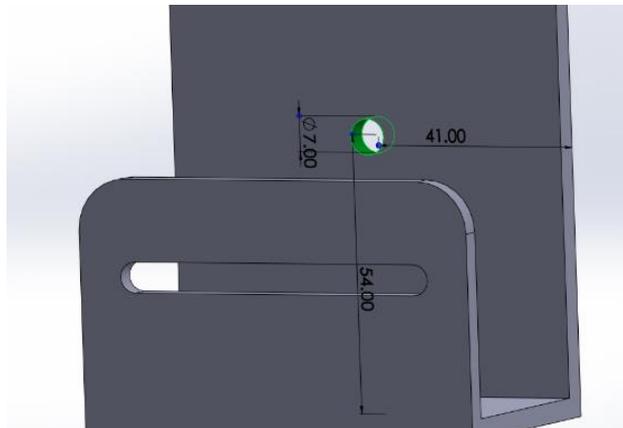


Figura 21 Extrusión-corte para eje del motor eléctrico. (Autores)

En la Figura 21 se muestra una extrusión de corte de forma circular ya que será el orificio donde se van acoplar dos mecanismos que se planean diseñar más adelante y para poder hacer mover el dedal superior de la tijera.

Como los dedales de la tijera tienen que estar sujetos a otra pieza para que estos realicen algún movimiento o estén fijados a la base se requería hacer un diseño de unas placas, por lo que en las siguientes Figuras (22, 23 y 24) se muestran los moldes y las placas que se utilizaron para este tipo de dedales de tijera.

Cabe mencionar que los orificios que tienen los dedales de la tijera comúnmente son iguales en todas las tijeras ya que lo que normalmente cambia es el largo de las cuchillas para las tijeras que son de 10' o 12'.

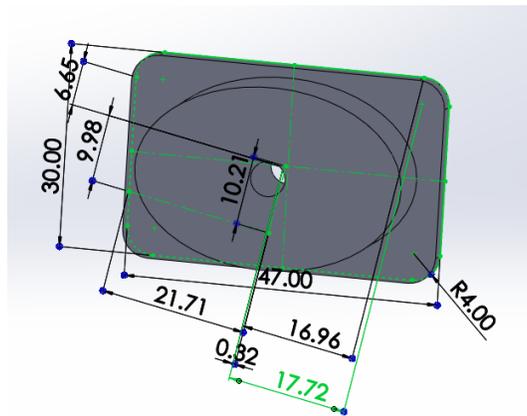


Figura 22 Molde del dedal superior de tijera (Autores).

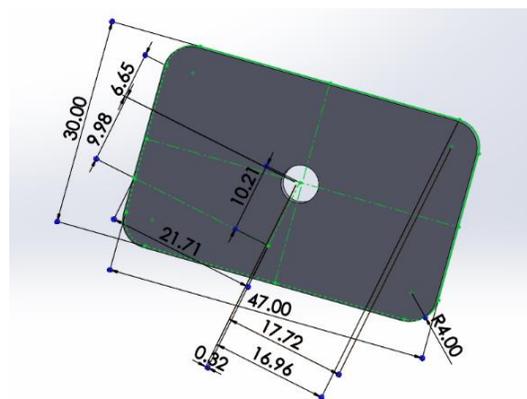


Figura 23 Tapa de molde del dedal superior de tijera (Autores).

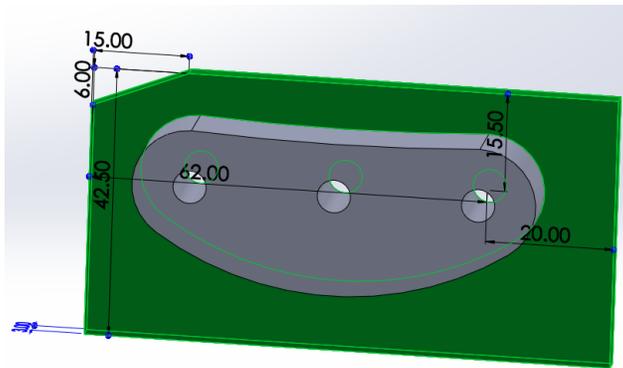


Figura 24 Molde del dedal inferior de tijera (Autores).

5.2.4 Desarrollo de mecanismo Manivela-Balancín

Después de las diferentes propuestas que se tenían durante la investigación de los distintos mecanismos que existen, se decidió utilizar un mecanismo “Manivela Balancín” el cual permite generar directamente una amplia variedad de movimientos (curvas) para así mismo generar una apertura en los mangos de los dedales de la tijera y así poder realizar el corte en la tela.

El mecanismo manivela balancín se obtiene a partir de la cadena cinemática de 4 barras y necesariamente la barra más corta tendrá que ser la manivela.

La siguiente Figura 25 sirve como ejemplo para el diseño del mecanismo en la cual se muestra que el punto A es nuestra base en la que va estar ubicado el motor y que a su vez esta acoplado con el elemento 1 que es la manivela, con un ángulo de giro igual a 360° . El elemento 3 es un balancín con un ángulo de giro igual a α y todo punto del elemento 2 describe una curva de biela. Las amplitudes angulares del movimiento de avance y retroceso del balancín CD les corresponden los ángulos $180^\circ + \theta$ y $180^\circ - \theta$ de giro de la manivela.

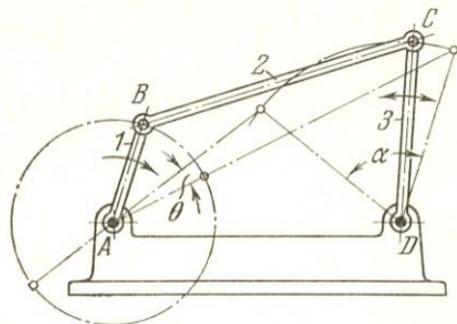


Figura 25 Mecanismo de Manivela-Balancín de 4 elementos articulados (Oliver, 2022).

Tomando en consideración lo antes mencionado y poder comenzar con el diseño y las medidas exactas de la manivela y la biela, los cuales son los elementos que nos faltan para completar el mecanismo de 4 barras, se trazó una línea desde el punto central donde se va colocar el eje del motor hasta el punto central del dedal superior el cual va estar ensamblado a la biela y así mismo se le dio un ángulo de 65° ya que es la posición donde la manivela y la biela quedarían alineadas, además teniendo en cuenta que también es una apertura considerable para que las cuchillas de la tijera puedan cortar la tela.

La Figura 26 muestra lo anterior y da como resultado una longitud de 70 mm.

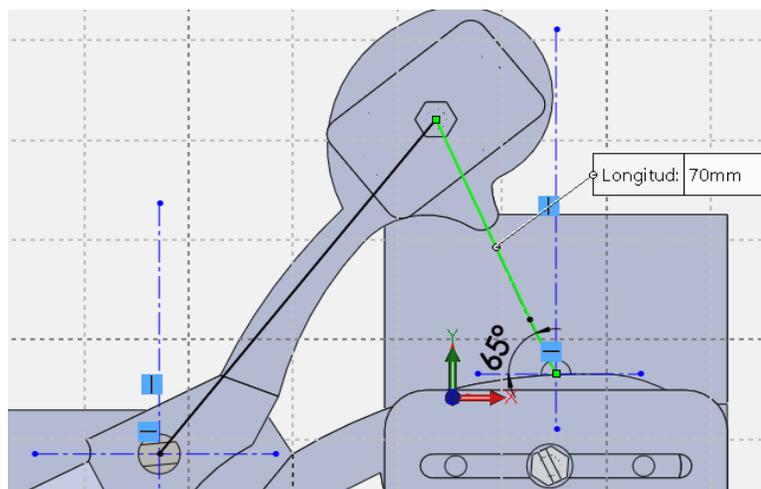


Figura 26 Trazo de línea del punto central del eje del motor al punto central del dedal superior con ángulo de 65° (Autores).

Después esa misma longitud desde el centro donde va el eje del motor se acota a un ángulo de 180° para que la manivela y la biela sigan alineadas y poder sacar las distancias exactas de nuestro mecanismo.

En la siguiente Figura 27 se muestra que la longitud de 55 mm pertenecerá a la longitud de la biela, mientras que los 15 mm restantes para igualar la longitud máxima de 70 mm de la pasada Figura 26 pertenecerán a la manivela.

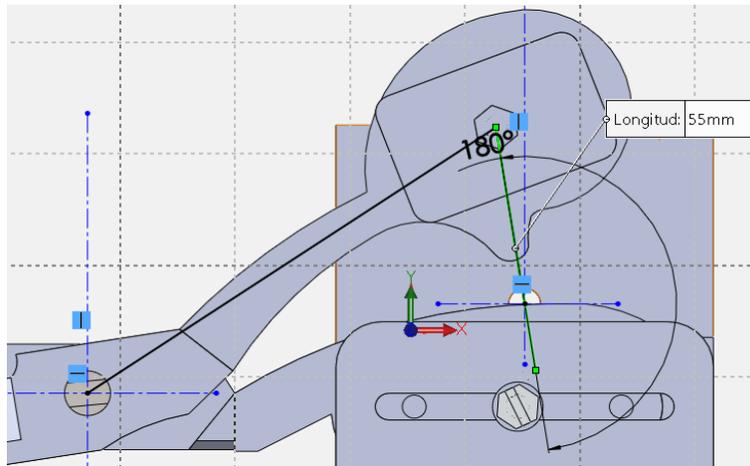


Figura 27 Trazo de línea del punto central del eje del motor al punto central del dedal superior con ángulo de 180°entre la longitud máxima de 70 mm.(Autores).

5.2.5 Numero de grados de libertad (GDL) del mecanismo

Para realizar el cálculo de los grados de libertad del mecanismo es necesario basarse a la fórmula de Gruebert o criterio de Kutzbach la cual nos indica numéricamente la movilidad que tienen el mecanismo de cualquier instante en el tiempo.

Nº GRADOS DE LIBERTAD:

$$GDL= 3*(N -1)- 2*(J1) - (J2)$$

Donde:

N = número de eslabones (incluido el eslabón fijo)

J1 = número de articulaciones completas

J2 = número de semijuntas

En este caso no hay semijuntas por lo tanto se anulan y los demás valores se sustituyen en la ecuación anterior para tener el resultado.

$$GDL= 3*(4 -1)- 2*(4)$$

$$GDL= 9-8$$

$$GDL= 1$$

Esto significa que el mecanismo es desmodrónico, es decir, que sólo una única entrada determina el movimiento del resto de los eslabones

Una vez obtenido el número de grados de libertad del mecanismo se pasa a dibujar en SolidWorks los elementos de la Manivela y la biela.

5.2.6 Diseño en Solidworks de la Manivela (Excéntrica) y biela

Para diseñar la manivela y la biela evidentemente requiere una serie de alteraciones y optimizaciones antes de llegar a la solución exacta por lo que las piezas que se muestran a continuación fueron modificadas a lo largo de realizar el ensamble para que estas realizaran el movimiento que se requiere.

En la Figura 28 se muestra una manivela de forma excéntrica, se diseñó así ya que de esta forma la pieza puede ensamblarse fácilmente al eje del motor y de igual forma resiste mayor esfuerzo por el torque que este genera.

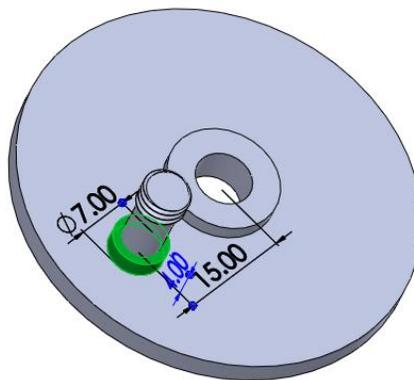


Figura 28 Excentrica (manivela) con una longitud de 15 mm.(Autores)

La Figura 29 muestra el diseño de la biela con sus acotaciones y con una longitud igual a 55 mm que fueron las medidas que anteriormente se habían sacado, también se puede observar que en la parte superior de la biela cuenta con dos agujeros de 5 mm de diámetro estos servirán para ensamblarse al dedal superior de la tijera y los cuales también dependen de que tanto se requiera tener la apertura de la tijera, como ejemplo, si se quiere tener una apertura menor, el dedal superior tendrá que ser en ensablado con el agujero que se encuentra a 45 mm de longitud de la biela.

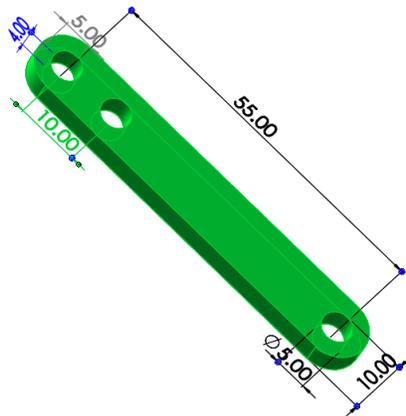


Figura 29 Biela con doble agujero para la apertura de las tijeras.(Autores)

Por último, se muestra el mecanismo ya ensamblado a las tijeras en la Figura 30.

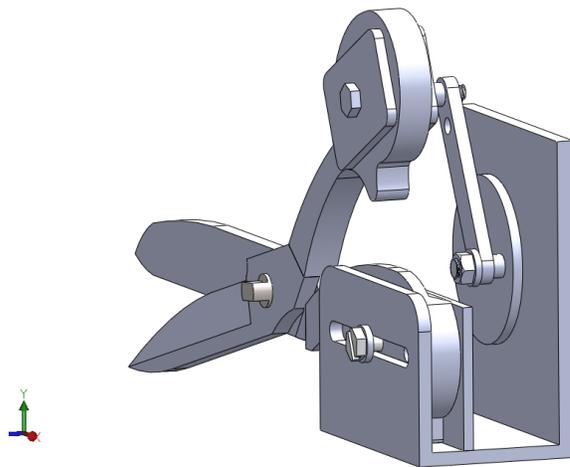


Figura 30 Ensamble de Mecanismo Excéntrica- Balancín con las Tijeras y la base.(Autores)

5.2.7 Ley de GRASHOF: Mecanismo de 4 barras articuladas

Tal y como se acaba de demostrar anteriormente, se está ante un cuadrilátero articulado con un grado de libertad. Pero esta condición no es suficiente, ya que para asegurar el movimiento relativo de los eslabones debe también de satisfacerse la ley de Grashof.

La ley de Grashof establece que: En un mecanismo plano de cuatro barras articuladas con una de ellas fija, por lo menos una de las barras podrá hacer un giro completo, siempre que la suma de la barra más corta (S) y la barra más larga (L), sea menor o igual que la suma de las otras dos (P y Q) (Zapata, 2019).

$$S + L \leq P + Q$$

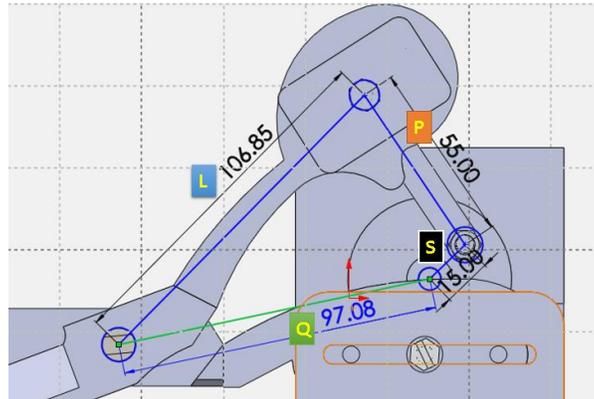


Figura 31 Mecanismo de cuatro barras que cumple la ley de Grashof (Autores)

Comprobando que este mecanismo de la Figura 31 si cumple con la ley de Grashof se sustituyen los valores de las longitudes de cada eslabón en la ecuación anterior:

$$15 + 106.85 \leq 55 + 97.08$$

$$121.85 \leq 152.08$$

5.2.8 Determinación del torque que se necesita para el motor.

Al analizar el funcionamiento que tenía que realizar los mecanismos y poder realizar el corte de tela, se realizaron los cálculos necesarios para determinar el torque que el motor o el mecanismo acoplado al motor tenía que transmitir para que funcionamiento fuera el adecuado.

Puesto que no se contaba con algún instrumento para medir la cantidad de fuerza estática que la mano puede apretar para el cierre de unas tijeras y realizar el corte de tela, se optó por investigar en diferentes fuentes de internet cual es la fuerza promedio de agarre de la mano, lo cual se encontró lo siguiente:

La prueba se realiza en ambas manos, generalmente tres apretones en cada mano, y luego se toma el promedio. Los hombres de 20 a 30 años suelen tener la mayor fuerza, mientras que las mujeres mayores de 75 años tienen la menor. En personas de 20 a 29 años, la fuerza de agarre promedio es 46 kgf para hombres y 29 kgf para mujeres (Portela, 2022).

Tomando en consideración la fuerza promedio de 46 kg para iniciar con los cálculos correspondientes era necesario convertirlos a Newton (N) como se muestra a continuación:

$$F_p = 46 \text{ Kgf} \left(\frac{9.8 \text{ N}}{1 \text{ Kgf}} \right) = 450.8 \text{ N} \approx 451$$

Para calcular el torque generado por el dedal superior del mango de la tijera se toma en cuenta el siguiente diagrama que se observa en la Figura 32, donde la fuerza promedio aplicada es vertical y que se encuentra a una distancia de 106.85 mm del eje de rotación, con un ángulo de 51.68°

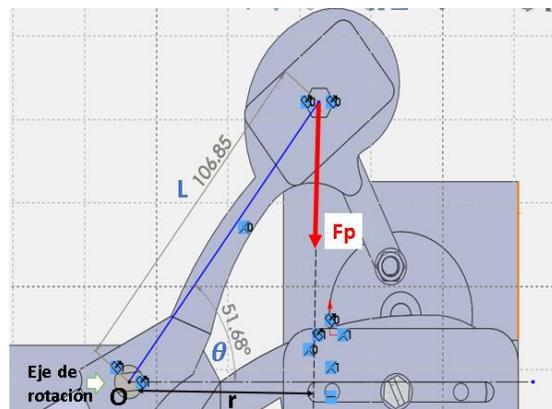


Figura 32 Diagrama para calcular el torque.(Autores)

Formula del torque:

$$\tau_o = F * r \quad (\text{Ec.1})$$

Donde la F es igual a la Fuerza promedio (Fp) calculada anteriormente y r es la distancia del punto O con la fuerza perpendicular aplicada.

Para conocer la distancia r se utilizó trigonometría ya que se forma un triángulo rectángulo.

$$\text{Cos } \theta = \frac{r}{L} \quad \rightarrow \quad r = \text{Cos} \theta * L \quad (\text{Ec.2})$$

Sustituyendo (Ec.2) en (Ec.1)

$$\tau_o = F * \text{Cos} \theta * L \quad (\text{Ec.3})$$

Sustituyendo los valores conocidos en la (Ec.3)

$$\begin{aligned} \tau_o &= -451 \text{ N} * \text{Cos}(51.68) * \left(106.85 \text{ mm} * \frac{1 \text{ m}}{1000 \text{ mm}} \right) \\ \tau_o &= \mathbf{29.88 \text{ N} \cdot \text{m}} \quad \approx + \end{aligned}$$

5.2.9 Potencia desarrollada por el torque

El par del motor es definido como el momento de fuerza que ejerce sobre el eje de transmisión.

La potencia desarrollada por el par es proporcional a la velocidad angular del eje de viniendo dada por:

$$P = \tau_o * \omega$$

Donde τ_o es el torque generado por la fuerza promedio aplicada y ω es la velocidad angular en rad/seg.

$$P = \frac{\tau_o * 2\pi}{t}$$

Dado a que la manivela completará una cierta cantidad de vueltas o “revoluciones” a lo largo de un minuto, entonces el tiempo “t” serán 60 segundos (equivalentes a 1 minuto), y como 2π , es solo “una vuelta”, tendremos que multiplicar por la cantidad de vueltas o revoluciones por minuto.

$$P = \frac{\tau_o(N \cdot m) * 2\pi * N^\circ \text{vueltas}(\text{rad})}{t(s)} \quad (\text{Ec.4})$$

Donde:

$$\tau_o = 29.88 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$N^\circ \text{vueltas} = 85 \text{ (Es la velocidad maxima de operacion de corte de tela)}$$

$$t = 60 \text{ s}$$

Se sustituyen los valores en la Ec. 4 y se calcula la potencia

$$P = \frac{29.88 \text{ N} \cdot \text{m} * 2\pi * 85}{60\text{s}} = 265.96 \text{ Watts}$$

$$P = 265.96 \text{ W} \left(\frac{1 \text{ KW}}{1000 \text{ W}} \right) = \mathbf{0.26596 \text{ KW}}$$

5.2.10 Motor seleccionado

Ya realizando los cálculos anteriores y tomando en cuenta los recursos de los materiales que se tenían para la realización del herramental dentro de la institución se optó por seleccionar el siguiente motor eléctrico mostrado en la Figura 33 en base a los parámetros obtenidos.



Figura 33 Motor seleccionado para el herramental (Digi-Key Electronics, 2022).

En la Figura 95 que se encuentra en los anexos se muestran los datos técnicos y especificaciones del motor seleccionado, así como también sus dimensiones.

Este es un motor de CC sin escobillas, también conocido como motor BLDC o motor BL, es un motor de CC conmutado electrónicamente que no tiene escobillas.

Algunas de las ventajas por las que selecciono aparte de que cumplía con casi todos los parámetros que se necesitaban son los siguientes:

- Es un motor de alto rendimiento que proporciona un gran par por pulgada cúbica en un rango de gran velocidad.
- Los motores BLDC no tienen escobillas, lo que los hace más confiables, con una alta esperanza de vida y un funcionamiento sin mantenimiento.
- Los motores sin escobillas son más eficientes ya que su velocidad está determinada por la frecuencia a la que se suministra la corriente, no por el voltaje.
- No hay chispas y mucho menos ruido durante el funcionamiento.
- Los motores BLDC aceleran y desaceleran fácilmente ya que tienen una inercia de rotor baja.

Aunque también este motor debía tener una limitante en la velocidad ya que podía afectar al mecanismo si se utilizaba su máxima velocidad de giro (rpm), que en este

caso el rango de velocidad del motor en el que trabaja es de 150 rpm a 4000 rpm, por lo que era necesario controlar su velocidad de giro a ciertas revoluciones por minuto, y así mismo diseñar un mecanismo reductor de velocidad, con el fin de que el torque aumentara a pesar de que la velocidad de giro disminuyera.

La fuente necesaria para alimentar a este motor se muestra en la Figura 34.



Figura 34 BLDC50 conductor + controlador bldc (Linengineering.com, 2012).

Algunas de las características y beneficios de este conductor y controlador son las que se presentan a continuación:

- La estructura es compacta y el parámetro es configurable.
- Tensión de alimentación de 24-48 VDC.
- Trabaja en modo de velocidad.
- Acepta señal de control analógica, señal de control digital, comando de comunicación RS-232/485 o control MMI.
- Alta respuesta del lazo de velocidad PID y control de lazo de corriente D/Q.
- Con ocho entradas aisladas ópticamente de un solo extremo (5-24 V) que se pueden configurar para sumidero o fuente mediante dos interruptores, una entrada analógica (0-5 V, se puede configurar mediante software) y dos salidas aisladas ópticamente Darlington (la corriente de salida máxima es de 80 mA).
- Las salidas se pueden configurar con 8 funciones dependiendo de los diferentes requisitos.

(linengineering, 2022)

5.2.11 Circuito para controlar el motor eléctrico

A continuación, en la Figura 35 se muestra la representación del circuito eléctrico que se va utilizar en el herramental en el que se observa los diferentes elementos que estarán conectados entre sí para poder controlar las revoluciones por minuto del motor BLDC de acuerdo a los parámetros de velocidad ya establecidos y que en este caso se tendrán tres velocidades diferentes: la velocidad baja de 500 rpm, la velocidad media de 1000 rpm y la velocidad alta de 1500 rpm.

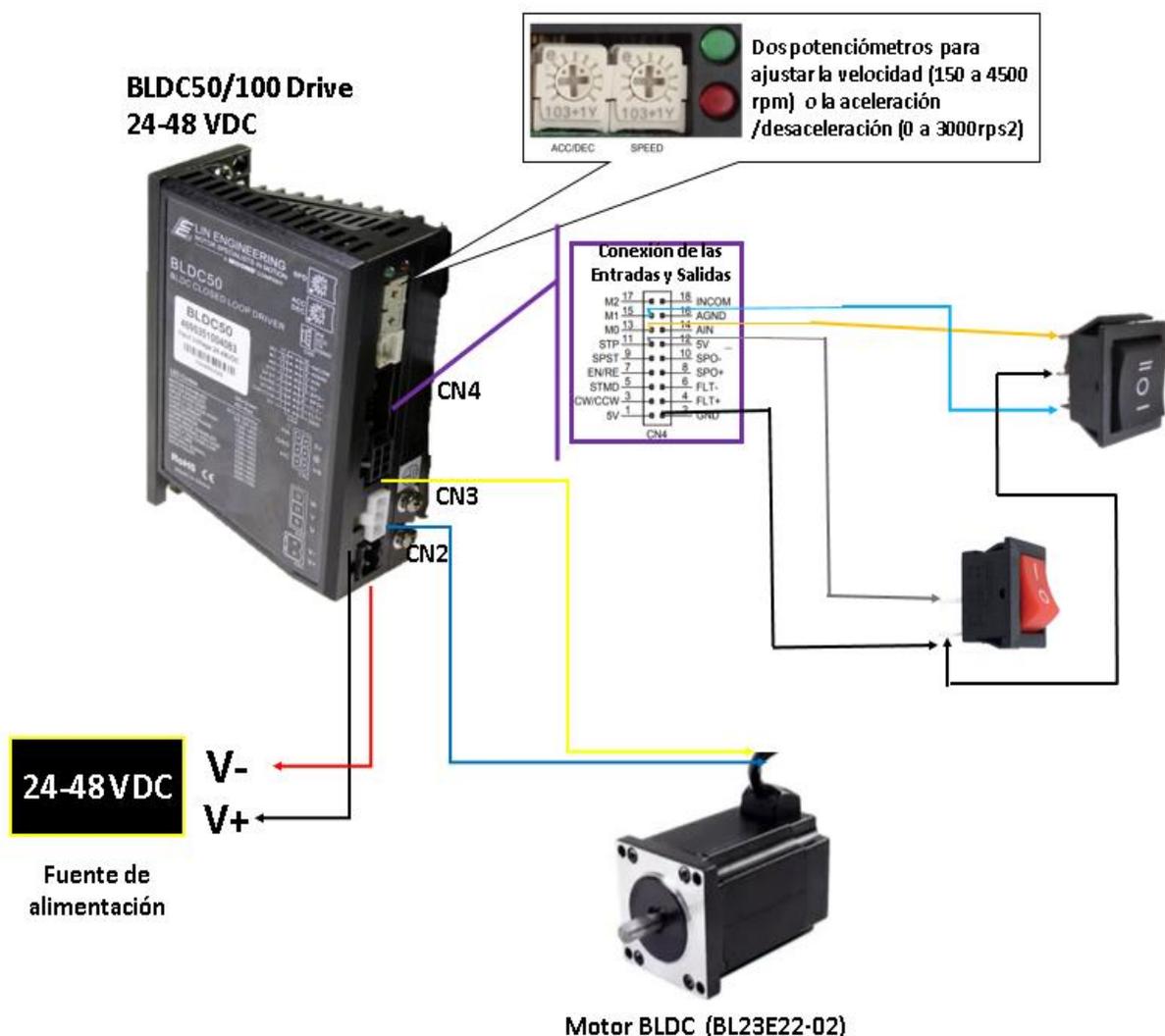


Figura 35 Representación del circuito eléctrico para controlar las RPM del motor BLDC

Una vez teniendo el circuito eléctrico con las conexiones especificadas de cada elemento, se utilizó la tabla de verdad de la hoja de datos del driver BLDC 50/100 para poder habilitar las rpm que queríamos obtener de funcionamiento del motor mediante dos interruptores, en este caso el de encendido y apagado entrelazado a otro interruptor de tres pasos para así controlar las tres velocidades que deseamos trabajar en el herramental, es por eso que las entradas (M0 Y M1) del CN4 del driver estarán conectadas a este interruptor de tres pasos para habilitarlas.

Una vez explicado esto, se puede observar en la siguiente Figura 36 la tabla de verdad ya mencionada la cual nos muestra las variables de entrada para seleccionar la velocidad de funcionamiento del motor.

Tabla 3 Tabla de verdad para la selección de velocidad de funcionamiento del motor

Default operating data	Operating speed selection			Speed setting method
	M0	M1	M2	
0rpm	OFF	OFF	OFF	Internal speed setting
500rpm	ON	OFF	OFF	Digital setting
1000rpm	OFF	ON	OFF	Digital setting
2000rpm	ON	ON	OFF	Digital setting
3000rpm	OFF	OFF	ON	Digital setting
3500rpm	ON	OFF	ON	Digital setting
4000rpm	OFF	ON	ON	Digital setting
4500rpm	ON	ON	ON	Digital setting

Una vez utilizando la tabla anterior y teniendo ya el circuito eléctrico conectado a una fuente, se comprobó con ayuda de un tacómetro si las revoluciones por minuto del motor si eran las que ya estaban contempladas para su funcionamiento y que en este caso eran tres velocidades propuestas:

- La velocidad mínima de 500 rpm.
- La velocidad media de 1000 rpm.
- La velocidad máxima de 1500 rpm.

Las comprobaciones de las medidas con el tacómetro en las revoluciones de salida del motor se muestran en la Figura 36.

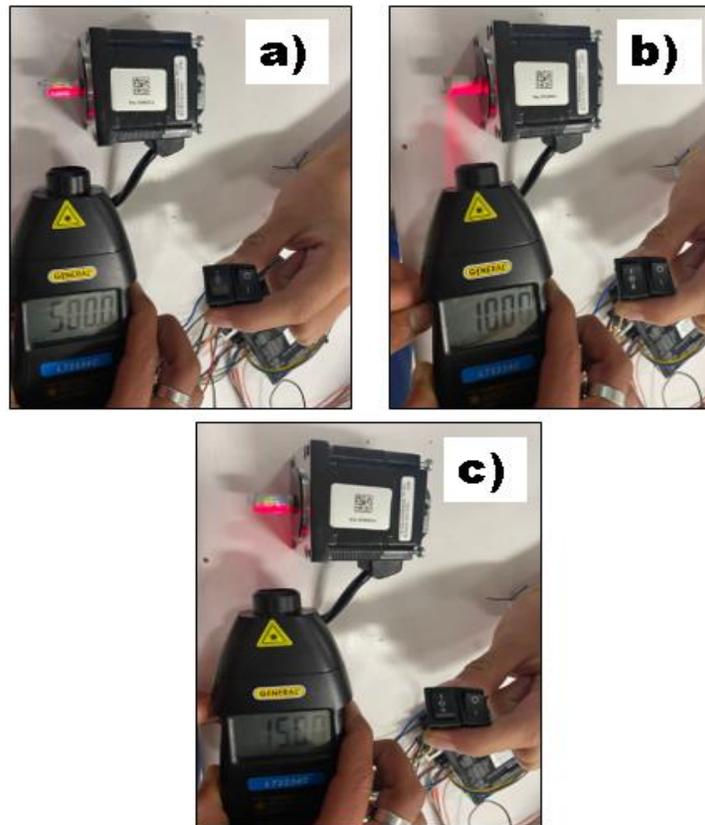


Figura 36 Comprobación de las tres velocidades de funcionamiento

a) Velocidad baja 500 RPM ; b) Velocidad media 1000 RPM ; C) Velocidad alta 1500 RPM (Autores)

5.2.12 Cálculos de diseño del tornillo sin fin y corona.

Partiendo principalmente con los datos iniciales que teníamos, se comienza a calcular el número de dientes de la corona para que exista una relación con el tornillo sin fin. Por lo tanto, la fórmula del tornillo sin fin es la siguiente:

$$n_1 * e_1 = n_2 * Z_2 \quad (\text{Ec. 5})$$

Donde:

- n_1 es el número de vueltas del tornillo = 1000 rpm (velocidad normal de funcionamiento del motor propuesta)
- e_1 es el número de entradas del tornillo = 2 (propuesto)
- n_2 es el número de vueltas de la corona = 60 rpm (velocidad normal de funcionamiento de corte del herramienta)
- Z_2 es el número de dientes de la corona = ¿?

Despejando la variable “Z2” de la Ec. 5 y sustituyendo los valores anteriores en la formula se obtiene los siguientes resultados:

$$Z_2 = \frac{n_1 * e_1}{n_2} = \frac{1000rpm * 2}{60 rpm} = 33.3 \approx 33 \text{ Dientes}$$

Por lo que la fórmula de relación de transmisión de este mecanismo es:

$$i = \frac{e_1}{Z_2} \quad (\text{Ec.6})$$

Sustituyendo los valores de e1 y Z2 en la Ec.6 se obtiene la relación de transmisión

igual a:

$$i = \frac{2}{33}$$

Ahora si para encontrar las dimensiones de la corona y el tornillo sin fin se deben tomar en cuenta los datos propuestos y los calculados anteriormente.

Los cuales se encuentran en la siguiente Tabla 4.

Tabla 4 Datos conocidos y propuestos

Datos conocidos		
Módulo (M)	2 (propuesto)	
Número de Dientes de la rueda (N)	33 (calculado)	
Entradas del tornillo sin fin (n)	2 (propuesto)	
Ángulo Beta del Tornillo Sin Fin (β)	20° (Filete reforzado)	
Angulo de presión (θ) rad	$(20^\circ * \pi) / 180$	0.3491

Todos los elementos que se van a calcular para diseñar el tornillo sin fin con estos datos conocidos se muestran a continuación en la Figura 37 y en la Figura 38 y así observar con que letras o variables están representadas cada una.

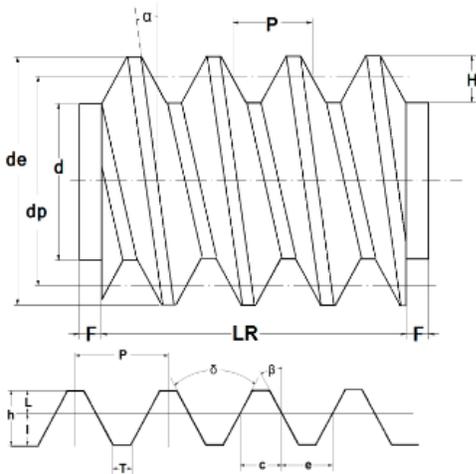


Figura 38 Variables de los elementos que componen el tornillo sin fin. (Mario, 2016)

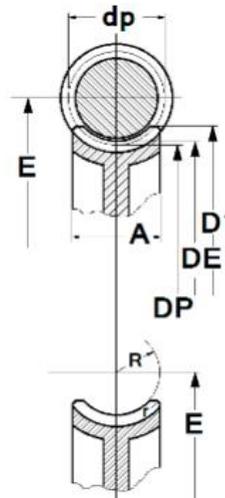


Figura 37 Variables de los elementos que componen la Corona. (Mario, 2016)

Los elementos calculados se mostrarán en la Tabla 5 con sus respectivas fórmulas para encontrar las dimensiones del tornillo sin fin.

Tabla 5 Dimensiones del Tornillo sin fin

TORNILLO SIN FIN		
ELEMENTO	FÓRMULA	VALOR
Paso (p)	$\pi * M$	6.28 mm.
Altura del Filete (h)	$2.167 * M$	4.33 mm.
diámetro primitivo(dp)	$8 * M$	16 mm.
diámetro exterior (de)	$dp + (2 * M)$	20 mm.
diámetro interior (d)	$de - (2 * h)$	11.33 mm.
Ángulo del filete (α)	$\tan^{-1} [M(n)/dp]$	14.036°
espesor del filete (e)	$p/2$	3.14 mm.
Espacio entre dientes (c)	$p/2$	3.14 mm.
Altura de la cabeza del filete (L)	M	2 mm.
Altura del pie del diente (l)	$1.167 * M$	2.33 mm.

beta (β)	Propuesto	20°
Ancho del fondo del filete (T)	$(((P)/(4*\tan\beta))-l)*(2*tg\beta)$	1.44 mm.
Longitud roscada (LR)	$P(4.5)+(N/50)$	32.42 mm.
Extremos sin rosca (f)	P	6.28 mm.
Radio de la cabeza (r)	$0.05*P$	0.31 mm.
Delta (δ)	$2*\beta$	40°

Ahora los elementos calculados para las dimensiones de la corona se mostrarán en la siguiente Tabla 6 con sus respectivas fórmulas.

Tabla 6 Dimensiones de la corona

CORONA		
ELEMENTO	FÓRMULA	VALOR
Diámetro Primitivo (DP)	$M*N$	66 mm.
Diámetro Exterior (DE)	$DP + (2*M)$	70 mm.
Paso (P)	$\pi*M$	6.28 mm.
Altura de Diente (H)	$2.167*M$	4.33 mm.
Diámetro Mayor y Sobre aristas (D1)	$DE + (0.4775*P)$	73.00 mm.
Diámetro interior (Di)	$DE - (2*H)$	61.34 mm.
Ancho de la Corona (A)	$6+(2.38*P)$	20.95 mm.
Concavidad Periférica (R)	$(0.5*dp)-M$	6.00 mm.
Radio de la Cabeza (r)	$0.25*P$	1.57 mm.
Distancia entre centros (E)	$(DP + dp)/2$	41 mm.

5.2.13 Diseño del Tornillo Sin fin y Corona

Una vez calculado las dimensiones del tornillo sin fin y la corona se procede a diseñar en el software de solidworks estas dos piezas para después crear un ensamble e implementarlo al motor eléctrico.

Cabe destacar que hay que ser cuidadosos al meter las dimensiones calculadas y hay que saber interpretarlas de acuerdo a las Figuras 37 y 38, ya que el tornillo sin fin y la corona van relacionadas entre sí para que al final puedan ensamblar bien y su funcionamiento sea el correcto.

Primeramente, se diseñó la corona partiendo de un croquis el cual tiene como finalidad que tanto el tornillo sin fin y la corona se relacionen porque los diseños de los dos deben de partir respecto a ese croquis, como se observa en la siguiente Figura 39.

Donde también se muestran las dimensiones del radio de concavidad, el ancho de la rueda, el diámetro mayor, diámetro exterior y finalmente el radio de la cabeza calculados anteriormente en la Tabla 5.

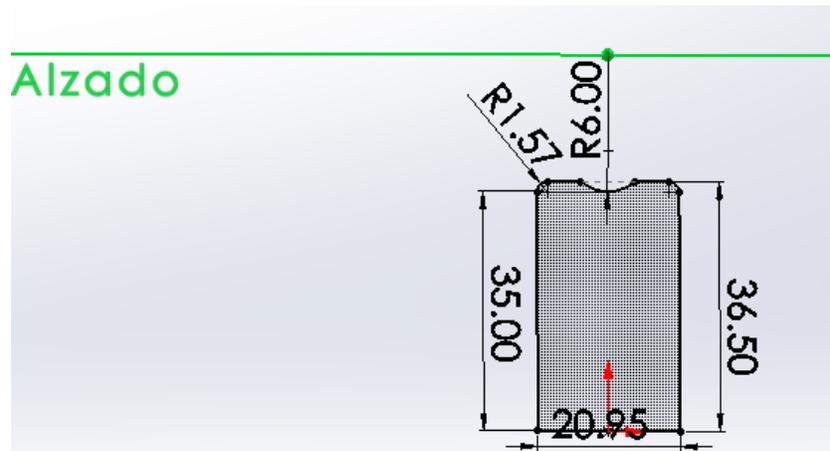


Figura 39 Croquis principal en plano alzado de la corona con sus dimensiones correspondientes
(Autores)

Después se utilizó la operación de revolución de 360° para generar lo que es la rueda completa respecto al eje inferior del croquis como se muestra en la Figura 40. Y una vez realizada la operación, en el plano de planta se dibuja uno de los elementos más importantes que es el ángulo de inclinación del filete y la hélice, que es el ángulo que va ensamblar el diente del tornillo sin fin con la corona, como se muestra en la Figura 41.

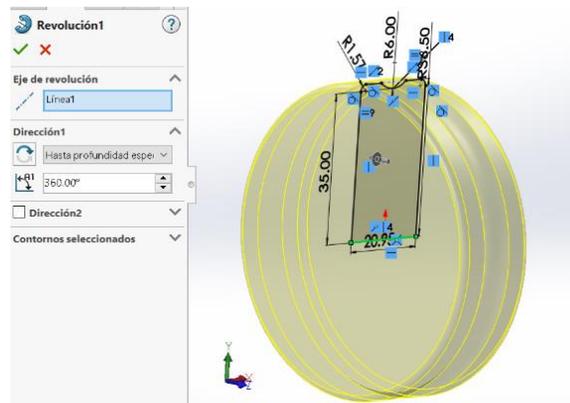


Figura 40 Operación de revolución de 360° (Autores)

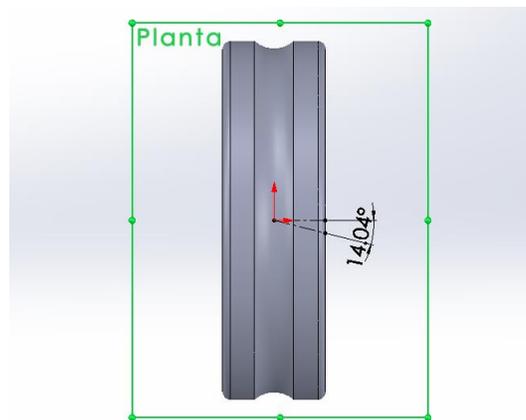


Figura 41 Angulo de inclinación del filete y la hélice (Autores).

Dibujar el ángulo de inclinación anterior servirá para poder generar un plano respecto a ese ángulo y al punto de origen y poder trazar los diámetros de los círculos, como en la Figura 42 en la que muestra el círculo exterior, el círculo primitivo, el círculo de trazo y el interior, así como también se puede observar el ángulo de 20° el cual es el ángulo del filete reforzado.

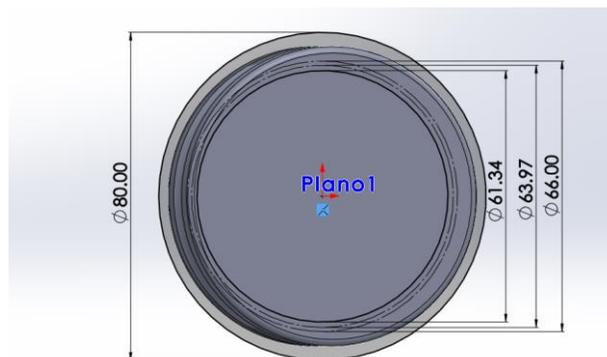


Figura 42 Dimensiones de los círculos en la rueda y el ángulo del filete reforzado (Autores).

Una vez hecho eso, se procede a dibujar las dimensiones del perfil del diente, tomando en cuenta las medidas calculadas del espesor del diente y el ángulo de presión que en este caso es de 20° así mismo utilizando la herramienta de simetría para que el croquis del perfil quede completamente definido y poder utilizar la operación de revolución de corte y así crear los dientes de la corona, como se observa en la Figura 43.

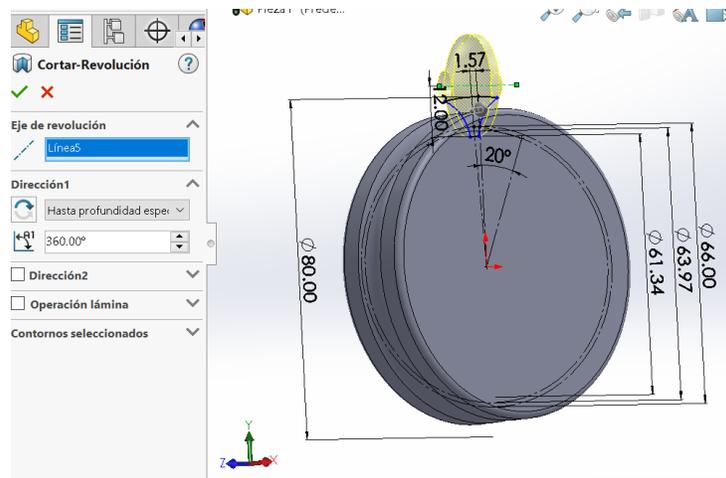


Figura 43 Croquis del perfil del diente y operación de revolución de corte (Autores).

Las siguientes Figuras (44, 45, 46 y 47) se muestran los últimos pasos para el acabado del diseño de la corona, se puede ver que en la Figura 44 se utilizó la operación de Matriz respecto a la operación anterior de corte-revolución y así poder crear el número de dientes que se tenían ya establecidos, en este caso fueron 33 dientes en una separación de 360° .

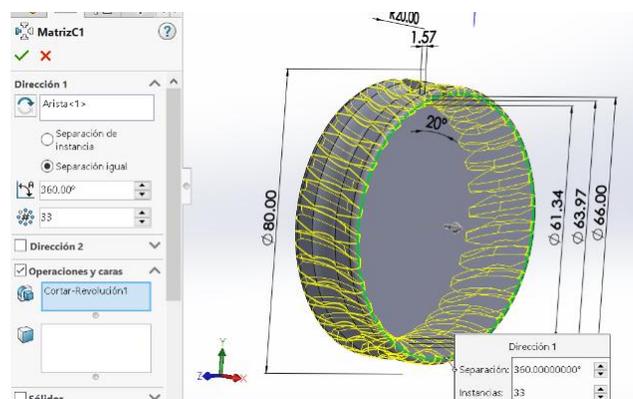


Figura 44 Matriz del perfil del diente (Autores).

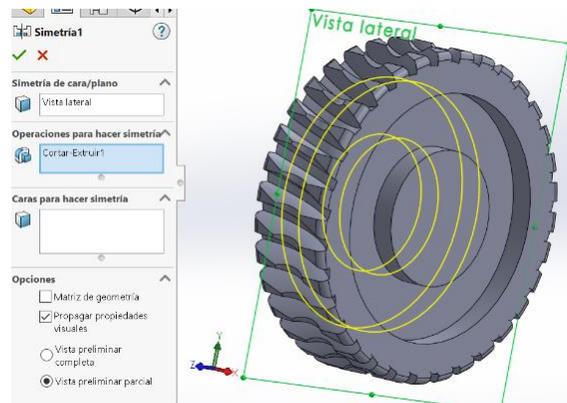


Figura 45 Extrusión corte en ambos lados de la corona (Autores).

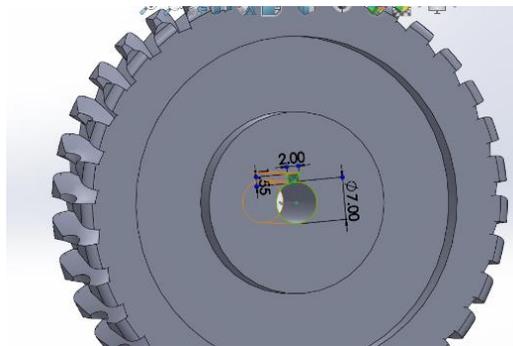


Figura 46 Extrusión corte para el eje (Autores).

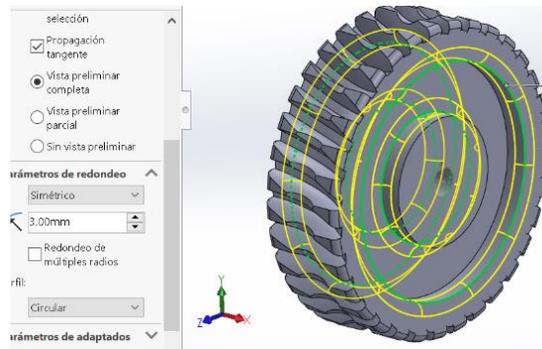


Figura 47 Redondeo en aristas para darle mejor aspecto a la corona (Autores).

Ahora se va diseñar el tornillo sin fin, comenzando de igual manera con el croquis de la Figura 39, el cual se muestra en plano alzado y servirá como ayuda para poder crear el tornillo, es por eso que el croquis se construye con líneas de construcción y por lo tanto no afectara el diseño que queremos realizar.

En la Figura 48 se puede observar lo que se mencionó anteriormente y ahora se dibuja dos circunferencias con las medidas del diámetro exterior e interior, ya calculados en la Tabla 5.

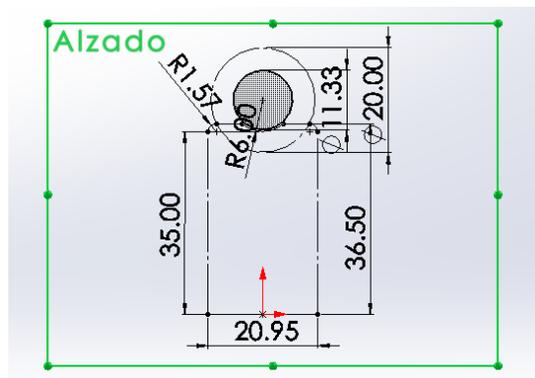


Figura 48 Diametro Exterior e interior del tornillo sin fin en el croquis principal del diseño (Autores).

Después se realiza una extrusión en plano medio de la circunferencia del diámetro interior con la medida de la longitud roscada de la Tabla 5 y así poder comenzar a trabajar con las medidas de las entradas que debe tener el tornillo sin fin, como en la siguiente Figura 49.

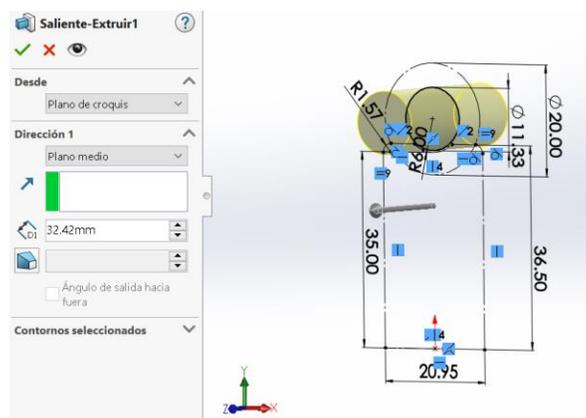


Figura 49 Saliente Extrusion del diámetro interior con la medida de la longitud roscada. (Autores)

Para realizar las entradas del tornillo se debe crear unas hélices, por lo que se creó un croquis en la cara frontal y luego se utilizó la herramienta de convertir entidades y se seleccionó la arista de la circunferencia como la Figura 50, para después utilizar la operación de hélice/espiral y colocar las medias de la alto que es la medida que corresponde de la longitud roscada ya calculada y el paso de rosca el cual es la medida del paso calculada y multiplicada por el doble porque es tornillo de dos entradas como se muestra en la Figura 51.

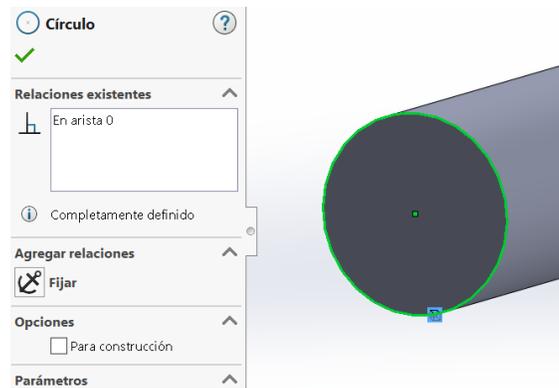


Figura 50 Herramienta de convertir entidades y selección de la arista de la circunferencia. (Autores)

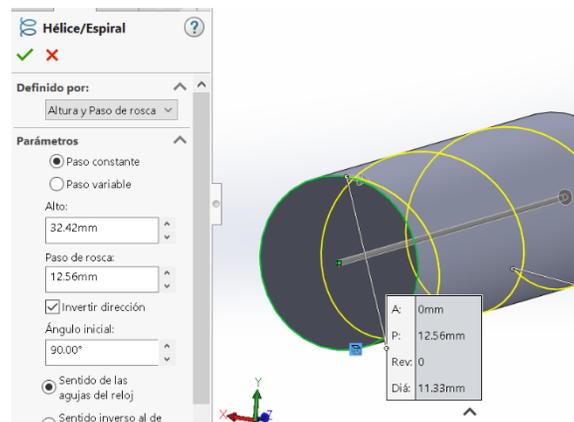


Figura 51 Operación Hélice/Espiral (Autores).

Una vez hecho lo anterior se procede a dibujar en el plano lateral el perfil de los dientes del tornillo sin fin con sus medidas correspondientes del radio primitivo, el radio exterior, radio de la cabeza del filete, el ángulo beta del filete y su espesor de la Tabla 5, como se muestra en la siguiente Figura 52.

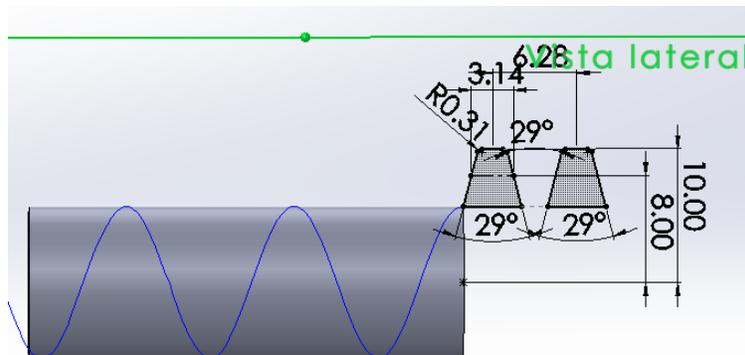


Figura 52 Perfil de los dientes del tornillo sin fin y sus medidas correspondientes (Autores).

Enseguida se utilizó la operación de Saliente/base barrido seleccionando como croquis el perfil del diente y trayectoria la hélice ya dibujada para poder aplicar la operación como en la Figura 53.

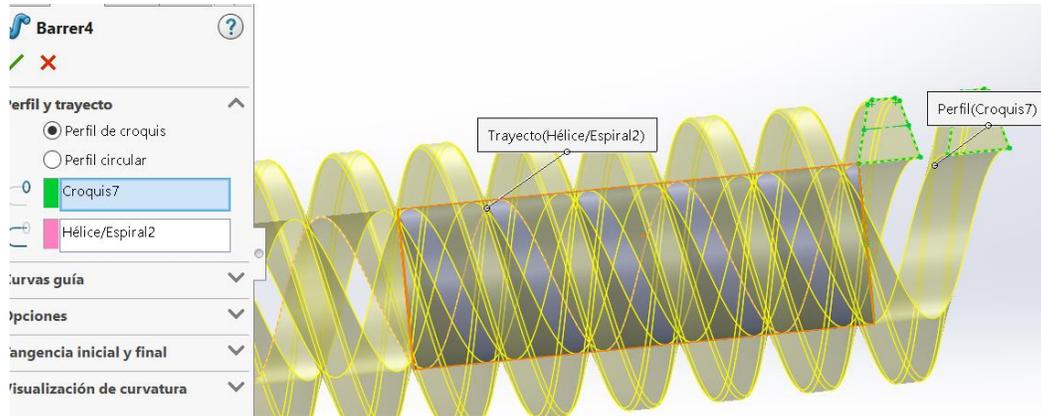


Figura 53 Operación Saliente/Base barrido del perfil del diente con la hélice(Autores).

Una vez ya extruida la hélice se procedió a realizar un corte en los lados sobrantes ya que la longitud roscada tenía un valor ya calculado en la Tabla 5 por lo tanto se tenía que respetar la medida como se observa en la Figura 54.

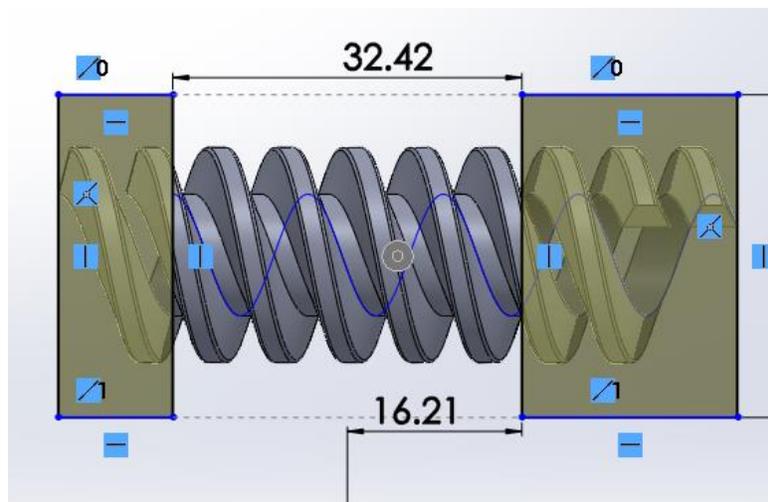


Figura 54 Corte de la hélice sobrante a la medida calculada (Autores).

Por último, se dibujó una circunferencia en plano medio de la misma medida del diámetro interior para así mismo proceder hacer una extrusión saliente con una medida de 50 mm como se muestra en la Figura 55, para después poderla acoplar al eje del motor y poder realizar la simulación del mecanismo tornillo sin fin.

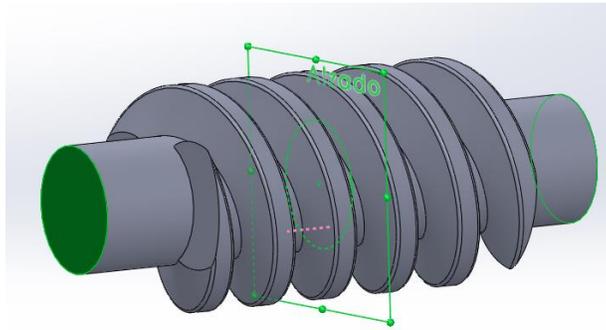


Figura 55 Operación de Extrusión saliente bde 50 mm, del diámetro interior en plano medio (Autores).

Por último, se realizó una extrusión de corte en una cara del tornillo sin fin para poderlo acoplar al eje giratorio del motor, como se puede ver en la Figura 56.

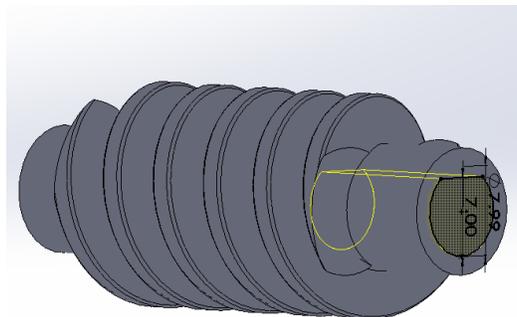


Figura 56 Operación de Extrusión corte para adaptarlo al eje del motor (Autores).

Una vez diseñado las dos piezas que componen el mecanismo tornillo sin fin se procedió a realizar un ensamble y para eso se tuvo que crear otras piezas secundarias y que estuvieran a la medida de las piezas ya creadas, como lo fue en este caso: una base para fijar todos los componentes, el motor BLDC para simular su medida real conectado al tornillo sin fin, el eje de la corona que transmitirá el movimiento a la excéntrica, los sujetadores de los ejes transmisores y a su vez los rodamientos de bolas. Después se utilizó la carpeta de relación de posición para crear relaciones geométricas entre los componentes anteriormente creados para el ensamble y así mismo dejarlo completamente definido con sus respectivos movimientos, como se puede observar en la Figura 57.

Cabe mencionar que una de las relaciones de posición más importantes que se utilizó en este mecanismo es la “relación de posición mecánica” esta ayuda a que las dos piezas tengan una relación mecánica entre los dientes de cada pieza y así generar el movimiento giratorio de transmisión de uno hacia otro, pero para eso primero se debe someter ese mismo ensamble a un cálculo de detección de interferencias para demostrar con resultados que ninguna pieza está generando un mal contacto con otra e influya en el movimiento, por lo tanto se puede observar en la Figura 58 que no se tiene ninguna interferencia y ahora si poder utilizar la relación de posición mecánica ya mencionada como la Figura 59.

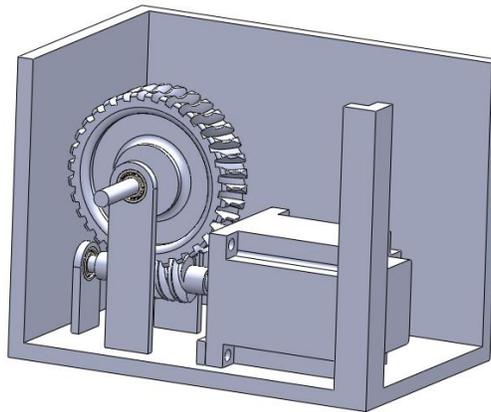


Figura 57 Ensamble del Tornillo sin fin y Corona (Autores).

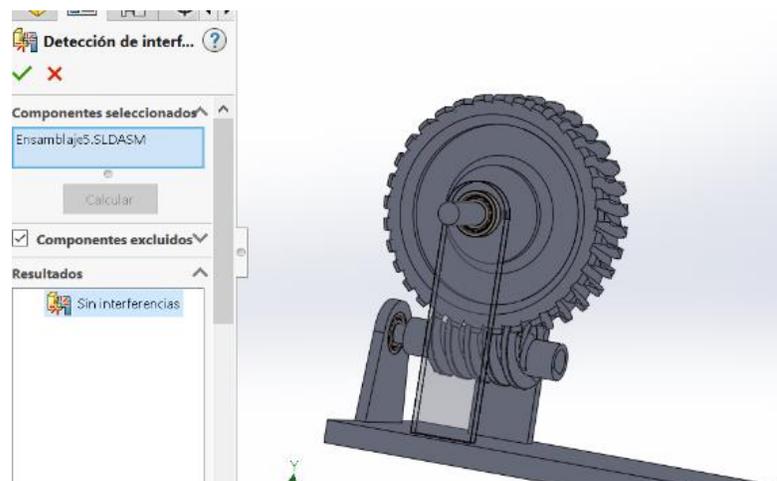


Figura 58 Detección de interferencias en el ensamble del tornillo sin fin y corona (Autores).

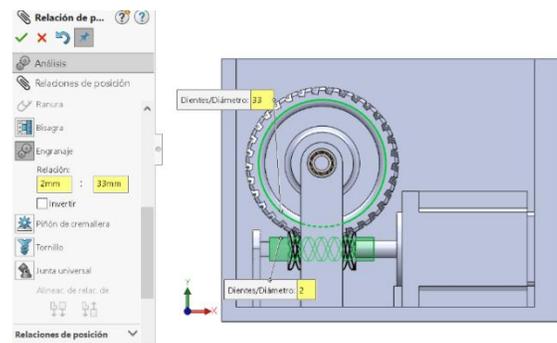


Figura 59 Relación de posición mecánica entre Engranaje del tornillo sin fin y la corona (Autores).

5.2.14 Piezas secundarias creadas para el herramental

A continuación, se muestran las siguientes piezas que también se diseñaron respecto a sus medidas reales en milímetros pero que en realidad nada más servirán como simulación de sus tamaños para tomarlos en cuenta al diseñar todo el tamaño del herramental.

Las siguientes piezas son: Motor BLDC (Figura 60), driver controlador BLDC (Figura 61), interruptores de on/off y de 3 velocidades (Figura 62), mango del herramental (Figura 63) y base de los componentes (Figura 64)

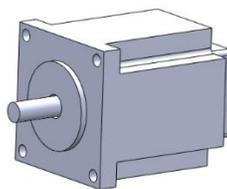


Figura 60 Motor BLDC (Autores).



Figura 61 Driver controlador BLDC (Autores).

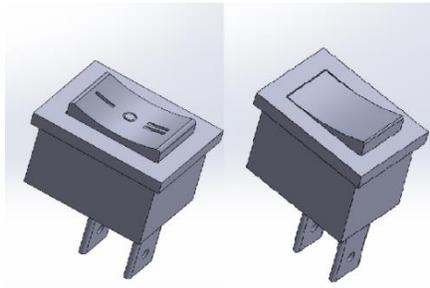


Figura 62 Interruptores de velocidades y de On/Off (Autores).

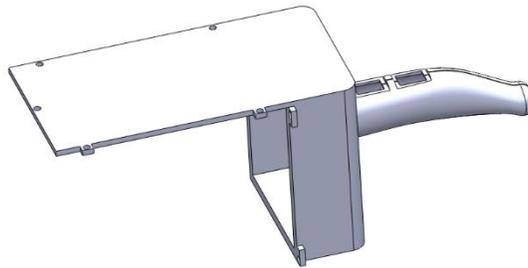


Figura 63 Mango del herramental (Autores).

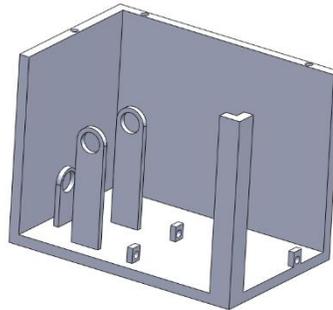


Figura 64 Base de componentes
(Autores).

5.3 Análisis de Movimiento utilizando Solidworks

Gracias a que se utilizó un software de diseño muy completo, como lo es Solidworks, también se pueden calcular los resultados cinemáticos de este mecanismo realizando un Análisis de movimiento.

El análisis de posición de un mecanismo de 4 barras consiste en determinar las coordenadas y ángulos de referencia de los eslabones del mecanismo a partir de la posición del eslabón de entrada que, mediante procedimientos analíticos, puede definir la posición de los eslabones restantes. En la Figura 65 se presenta el plano

de la vista frontal de las tijeras y la base fija, en donde se aprecia el mecanismo de 4 barras mencionado, cuyo diagrama se muestra en la Figura 66.

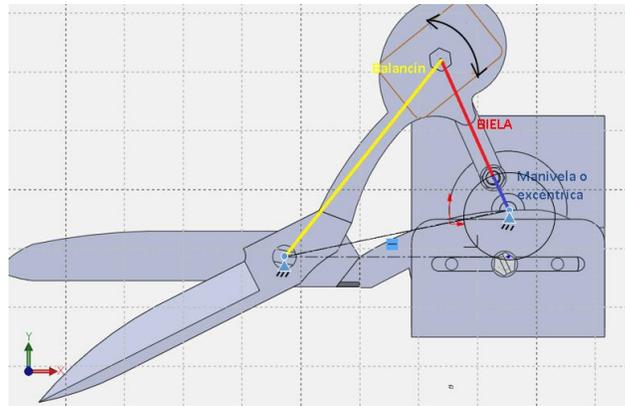


Figura 65 Mecanismo de 4 barras en la Vista frontal de las tijeras y la base fija. (Autores)

Para analizar la posición, su velocidad y aceleración analíticamente se pone cada eslabón como un vector, según el diagrama del mecanismo, en este caso el diagrama vectorial es el que se muestra en la Figura 66.

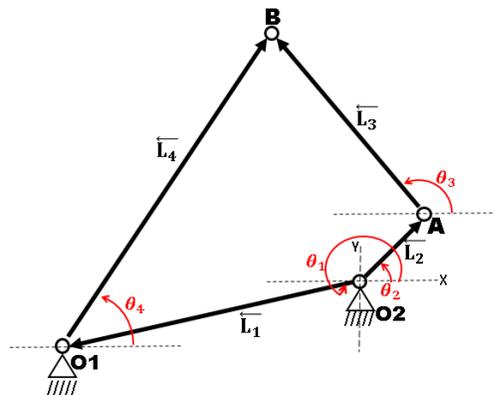


Figura 66 Diagrama Vectorial de Posición del Mecanismo. (Autores)

Los pasos para realizar este análisis en el software son los siguientes:

- 1) Primero se debe activar el complemento de SolidWorks Motion el cual va permitir que se habilite la opción de análisis de movimiento, por lo que es necesario dar click en la pestaña herramientas y luego dirigirte a la opción de "Complementos" para así habilitarla, como se muestra en la siguiente Figura 67.

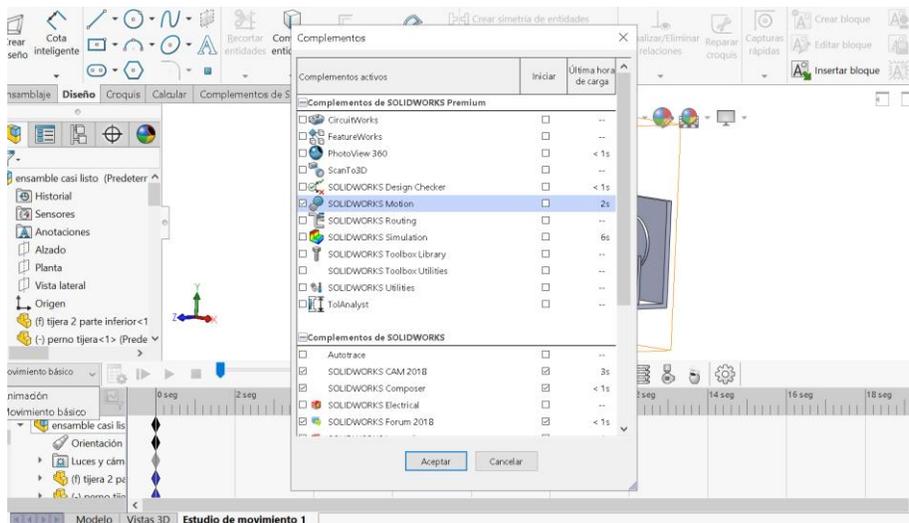


Figura 67 Activación de Complemento Solidworks Motion en el Software (Autores)

- 2) Una vez activada es necesario ir a la pestaña de Estudio de Movimiento 1 y luego dirigirse a la opción de Movimiento básico para que se desplegué las demás opciones y así poder seleccionar la de Análisis de Movimiento como se muestra la Figura 68.

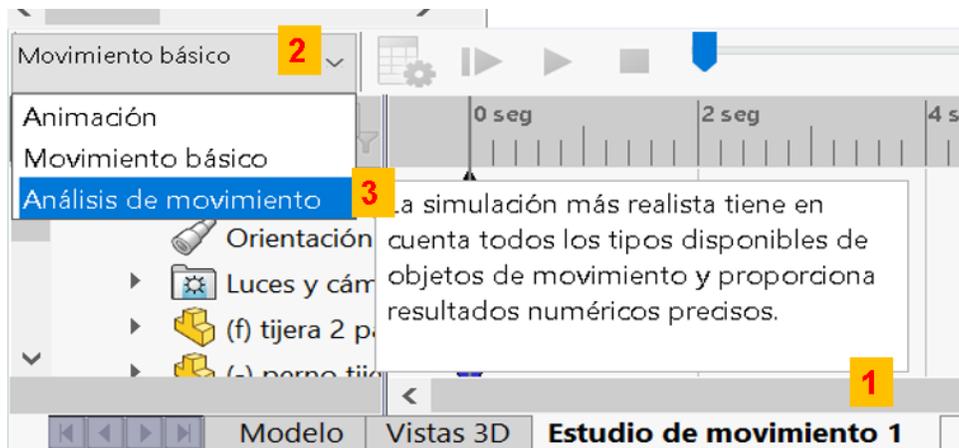


Figura 68 Selección de Análisis de Movimiento (Autores)

- 3) Se aplica un motor rotatorio en la parte donde va ir conectado el eje de transmisión de velocidad de la corona a la excéntrica y se le da el valor de revoluciones por minuto al que se desee trabajar el análisis de los cálculos que posteriormente se van a calcular. En este caso se colocaron 60 rpm ya

que es la velocidad media que se utilizara en el herramental para el funcionamiento de corte, Figura 69.

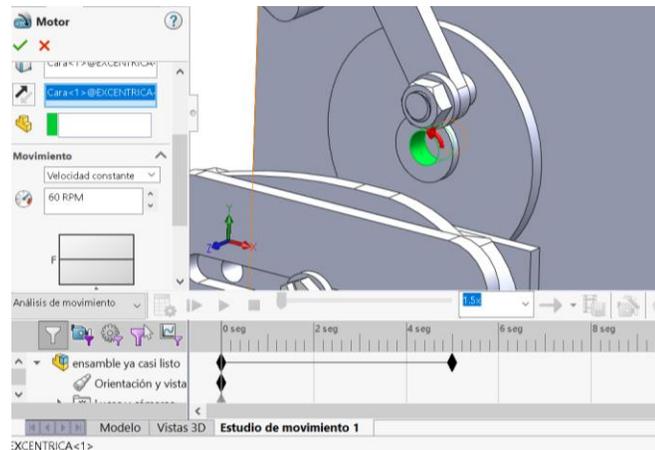


Figura 69 Aplicación de un motor rotatorio de 60 rpm en el centro de la excéntrica (Autores).

- 4) Aplicando ya el motor rotatorio se simula su funcionamiento en la parte de inferior donde se reproduce el movimiento que se aplico y una vez hecho esto se calcula los resultados a obtener, en este se calculara lo que es el desplazamiento, la velocidad y la aceleración del eslabon superior ya que es el que esta conectado con el dedal del mango superior de la tijera y es el que realiza el movimiento de desplazamiento porque el dedal inferior esta fijo, como se observa en la Figura 70.

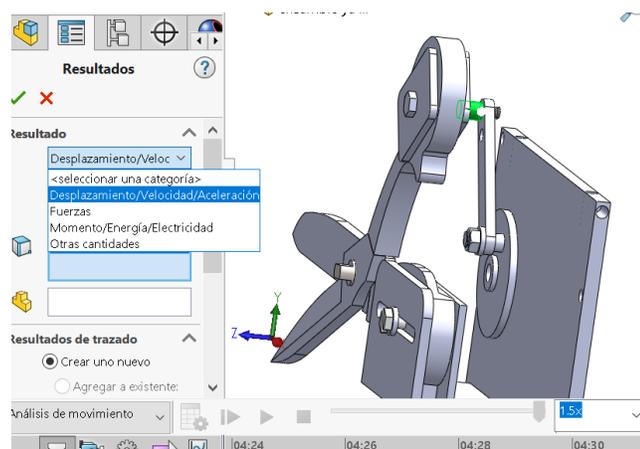


Figura 70 Calculo de desplazamiento, velocidad y aceleración del dedal superior de la tijera.

(Autores)

Si se quisiera saber por ejemplo el desplazamiento angular que tiene la biela respecto al tiempo en el que sube o baja por medio de la velocidad en rpm del motor que se le aplico al mecanismo para realizar el análisis, se puede calcular de la siguiente manera como la Figura 71.

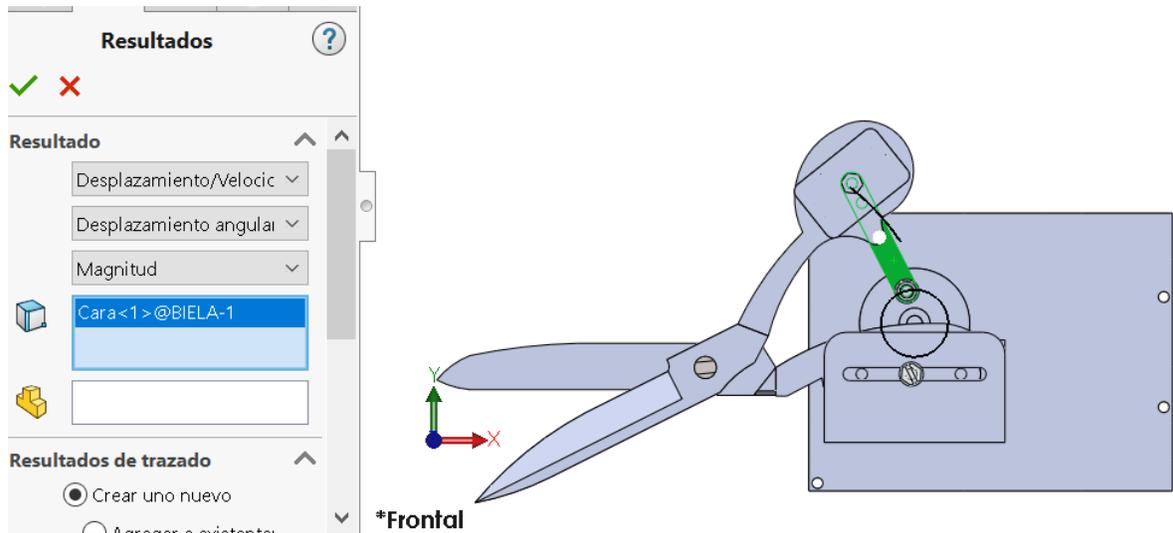


Figura 71 Análisis s de desplazamiento angular de la biela (Autores)

Y una vez calculado en el software se puede mandar los datos obtenidos de la gráfica de desplazamiento y así mismo los valores de cada punto en la gráfica que se muestran.

En la Figura 72 se indican las celdas que se deben seleccionar para poder obtener los resultados.

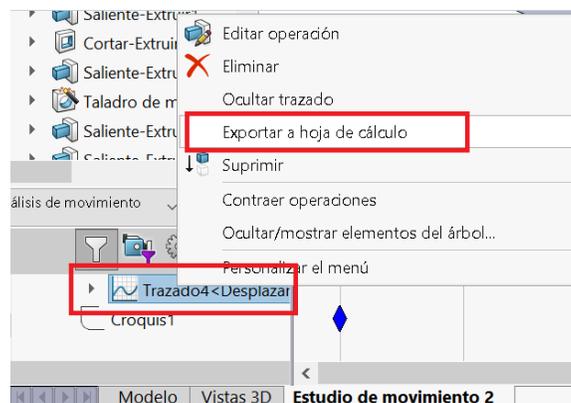


Figura 72 Pasos para obtener los resultados del desplazamiento angular y su grafica correspondiente (Autores)

5.4 Análisis de elementos finitos utilizando Ansys

Lo primero que se realizó para hacer un análisis de elementos finitos (FEA) en el software de Ansys Workbench fue seleccionar en las Toolbox un Analysis Static Structural e importar la geometría del modelo en el formato "Parasolid" o "IGES" ya diseñado en solidworks que es este caso era en ensamble del tornillo sin fin y la corona como lo muestra la siguiente Figura 73.

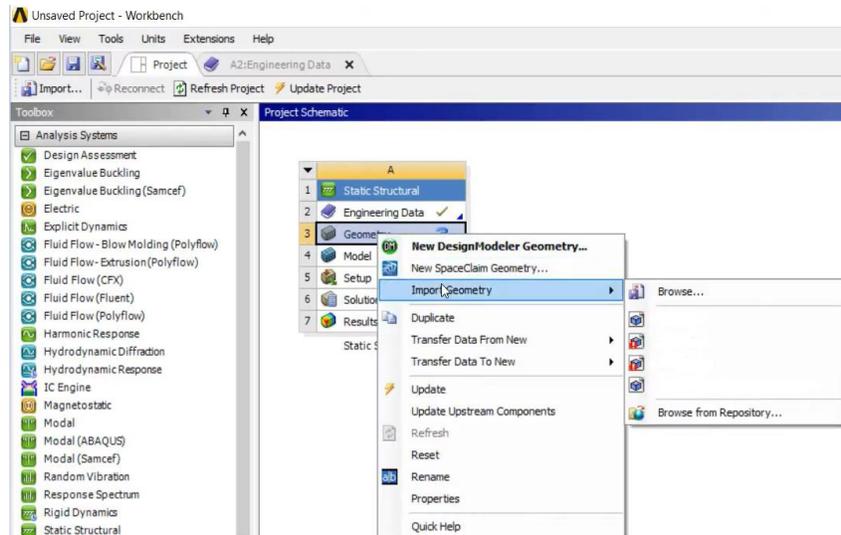


Figura 73 Importacion de Geometria en formato "parasolid" del modelodel tornillo sin fin y corona
(Autores)

Después se comprobó que el modelo estuviera correcto y se eligió nada más los componentes que se iban analizar por lo que se eligió en este caso el tornillo sin fin y la corona, esto gracias a que el software nos permite realizar estos tipos de análisis y de manera más simplificada y eficiente.

Como se iba a trabajar con materiales ya especificados para el proyecto se debía tomar en cuenta las propiedades del material a utilizar, por lo que se creó un nuevo material con sus propiedades ya establecidas, las cuales se muestran a continuación en la siguiente Tabla 7 y las propiedades del material del aluminio ya están incorporadas en el software por lo que nada más se agregó ese material como lo muestra la Tabla 8.

Tabla 7 Propiedades del PLA (Autores)

Properties of Outline Row 3: PLA				
	A	B	C	
1	Property	Value	Unit	
2	Material Field Variables	Table		
3	Isotropic Elasticity			
4	Derive from	Young's Modulus and Poisson...		
5	Young's Modulus	3.5E+09	Pa	
6	Poisson's Ratio	0.36		
7	Bulk Modulus	4.1667E+09	Pa	
8	Shear Modulus	1.2868E+09	Pa	
9	Tensile Yield Strength	7E+07	Pa	

Tabla 8 Propiedades del Aluminio(Autores)

Properties of Outline Row 4: Aluminum Alloy				
	A	B	C	
1	Property	Value	Unit	
2	Density	2770	kg m ⁻³	
3	Isotropic Secant Coefficient of Thermal Expansion			
5	Isotropic Elasticity			
6	Derive from	Young's Modulus and Poisson's...		
7	Young's Modulus	7.1E+10	Pa	
8	Poisson's Ratio	0.33		
9	Bulk Modulus	6.9608E+10	Pa	
10	Shear Modulus	2.6692E+10	Pa	
11	S-N Curve	Tabular		
15	Tensile Yield Strength	2.8E+08	Pa	
16	Compressive Yield Strength	2.8E+08	Pa	
17	Tensile Ultimate Strength	3.1E+08	Pa	
18	Compressive Ultimate Strength	0	Pa	

Enseguida se abrió la celda de “Model” en el static structural y se eligió correctamente el sistema de unidades de medición con las que se desea trabajar y así poder comenzar con el mallado del modelo y las condiciones de frontera planeadas.

En la Figura 74 se puede ver el mallado que se generó con un element size de 1.22 mm. en la geometría, donde también se puede decir se llevó hasta el límite el mallado, contando con 116487 nodos y sabiendo que el límite de nodos/elementos para la licencia de estudiante en el software es de máximo 120000.

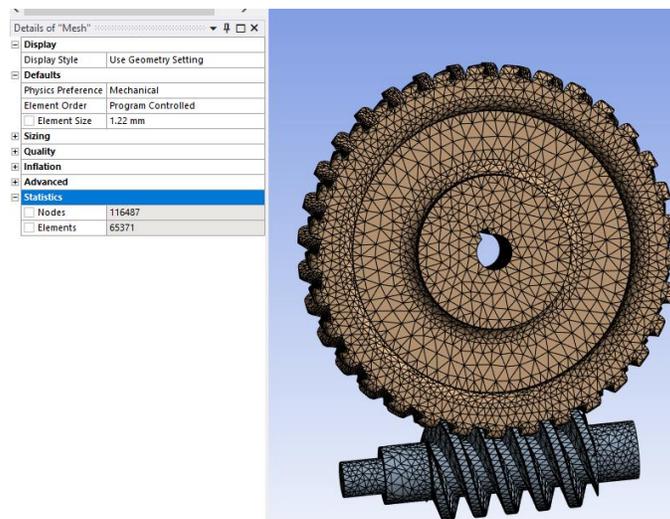


Figura 74 Mallado de 1.22 mm en la geometría del mecanismo (Autores).

Después de haber generado el mallado se establecieron las condiciones de frontera bajo las cuales se realizará el análisis de elementos finitos, en este caso se aplicó dos frictionless support en las caras que se muestran en la Figura 75, así como también se aplicó un momento de 0.145 N·m como se observa, esto simulando el valor del torque que el motor tiene de salida en su eje, como lo indica en su hoja de datos que se puede encontrar en los anexos del documento.

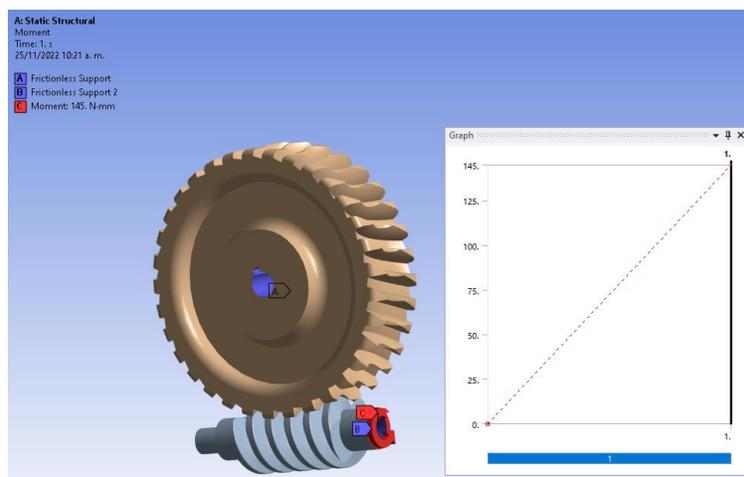


Figura 75 Condiciones de frontera aplicados (Autores)

Por último, se selecciona la solución en el esquema de árbol, y se elige las opciones de los resultados que se desean obtener, en este caso para comparar los dos materiales se eligió para ambos casos como resultados la:

- Total deformation

5.5 Impresión de piezas en 3D para realizar pruebas de funcionamiento.

Para poder imprimir las piezas del prototipo se utilizó el Software de Creality Slicer 4.8, primeramente, los diseños de las piezas a utilizar se guardaron en formato .STL como se puede observar en la Figura 77 ya que ese formato es el adecuado para que el software las pueda reconocer e importar dentro de el y así seguir con los siguientes pasos.

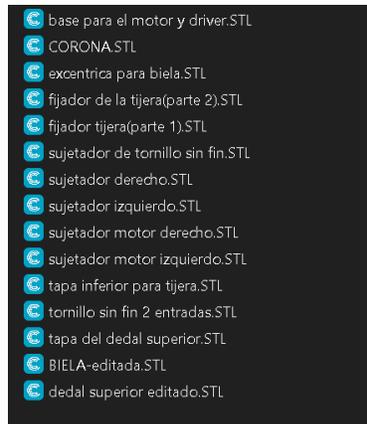


Figura 77 Piezas guardadas en formato .STL

Una vez guardado las piezas con el formato .STL se procede a abrir el software Creality Slicer 4.8 para configurar los parámetros en los que se desea imprimir los diseños de cada pieza que ya tenemos y así mismo poder tener una simulación virtual del tiempo de lo que tardara en realizarlas.

En la siguiente Figura 78 se muestra un ejemplo dentro del software de como algunas de las piezas serán impresas con una impresora 3D “Ender 6”.

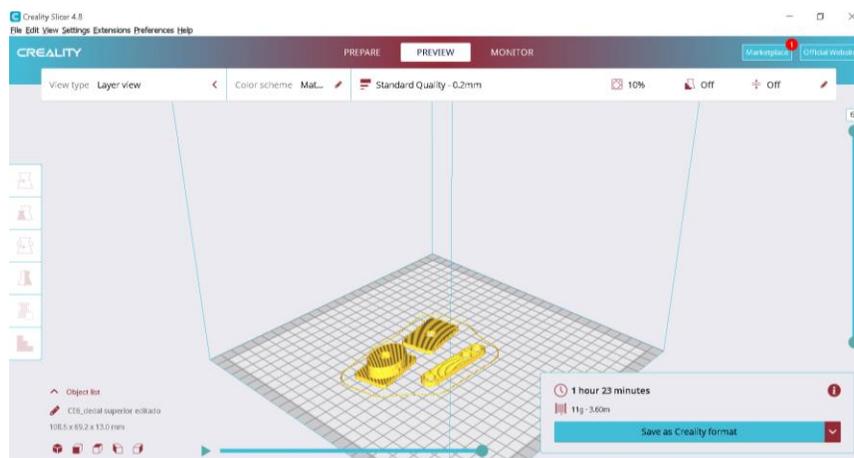


Figura 78 Piezas a imprimir dentro del software Creality Slicer 4.8

Capítulo 6

Resultados

6.1 Diseño Prototipo final

Uno de los principales resultados que se obtuvieron al realizar todo este proyecto es el siguiente diseño final propuesto del herramiental que se muestra en la Figura 79 en el cual se puede observar todas las piezas que se diseñaron en el software de solidworks paso por paso y con las medidas reales en milímetros para poder lograr un ensamble final de todos los componentes utilizados.

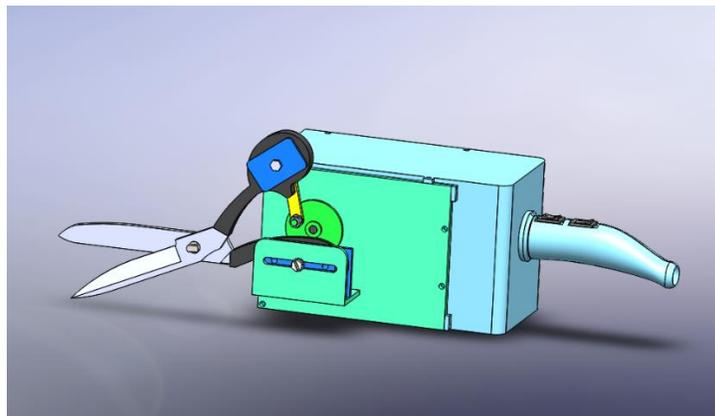


Figura 79 Diseño final propuesto del herramiental automatizado de las tijeras (Autores)

En la siguiente Figura 80 se encuentran los elementos interiores que también conforman el herramiental para su funcionamiento eficiente.

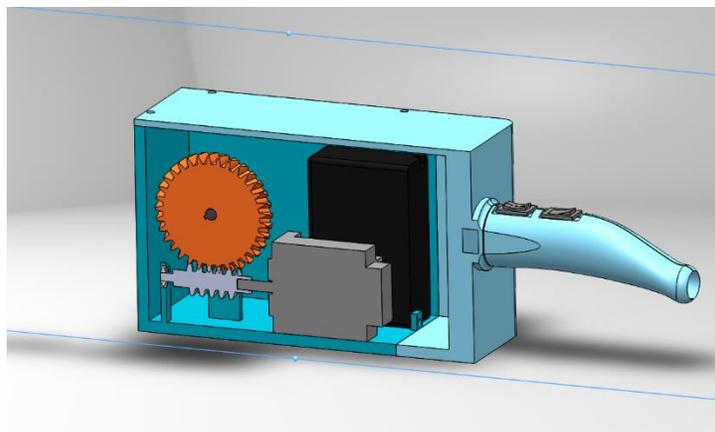


Figura 80 Elementos en la parte interior del herramiental (Autores)

6.2 Resultados del Análisis de movimiento del herramental en Solidworks Motion

Otro de los resultados obtenidos fue la simulación de forma precisa del funcionamiento que debía tener el herramental al contar con todos sus componentes ya ensamblados y con las relaciones de posición correctas para cada pieza.

La simulación realizada se puede ver escaneando el siguiente QR de la Figura 81 en el cual se podrá observar también los elementos que lo componen y en diferentes ángulos de vista del herramental.



Figura 81 QR del video del Análisis de movimiento del herramental (Autores)

6.3 Desplazamiento, velocidad y aceleración

Resultados del Análisis de desplazamiento

En la siguiente Figura 82 que se muestran los trazados que se realizan, un trazado en el punto central del dedal superior que es el punto donde está sujeto con la biela y es el que realiza el movimiento oscilatorio y el otro trazado de la excéntrica que es de manera circular de 360°.

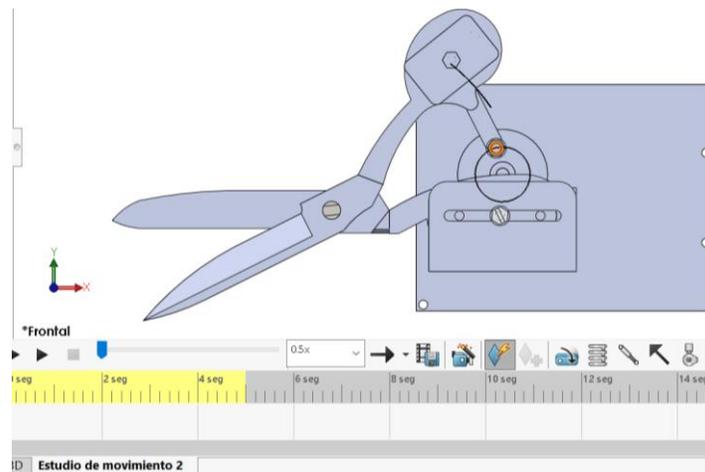


Figura 82 Trazados en el análisis de desplazamiento (Autores)

Una vez hecho el análisis de desplazamiento angular de la biela en 5 segundos con 25 tramas por segundo, en el mecanismo se obtuvieron los siguientes resultados de la Figura 83.

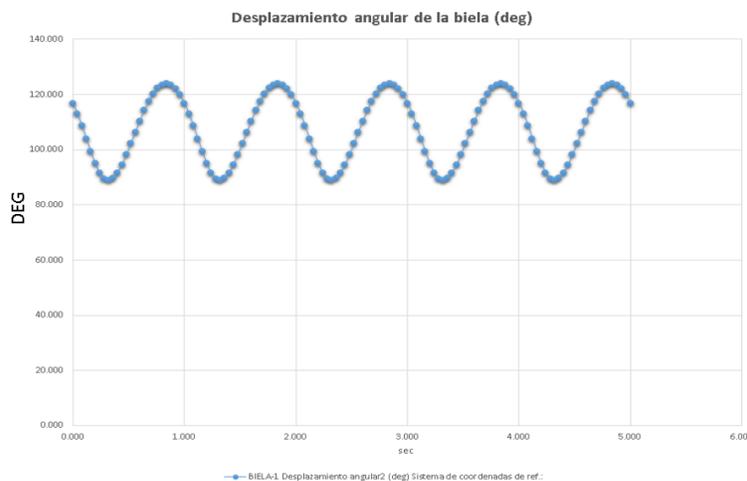


Figura 83 Grafica del desplazamiento angular de la Biela a 60 rpm (Autores)

En los Anexos del documento se pueden ver todos los datos obtenidos en el análisis de desplazamiento angular respecto al tiempo.

Resultados del Análisis de Velocidad angular en la cuchilla cortante

En este análisis se obtuvieron los resultados de la velocidad angular en la que corta la cuchilla seleccionada como se observa en la siguiente Figura 84, en un tiempo de 3 segundos, este cálculo se realizó a una velocidad en la que el herramental funcionara, la cual es a 60 rpm.

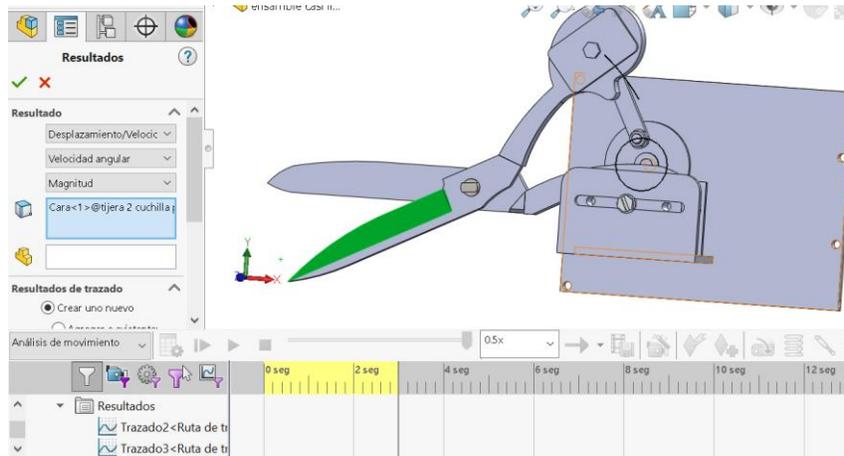


Figura 84 Cálculo de velocidad angular en la cuchilla cortante (Autores)

La grafica de los resultados de la velocidad angular en la cuchilla a 60 rpm se observan en la Figura 85, de igual manera si se desean saber los datos obtenidos respecto al tiempo, en los anexos se puede encontrar la tabla de todos los datos.

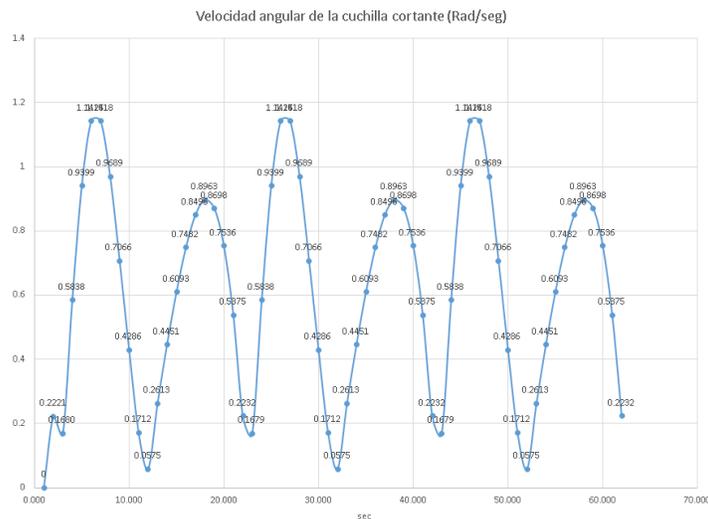


Figura 85 Grafica de la velocidad angular a 60 rpm.(Autores)

Resultados del Análisis de Aceleración angular en la cuchilla cortante

En este análisis se obtuvieron los resultados de la aceleración angular en la que corta la cuchilla seleccionada como se puede ver en la Figura 84, y durante un tiempo de 3 segundos, este cálculo se realizó a la misma velocidad del motor pasada que fue de 60 rpm que es la velocidad media en la que trabaja el herramental.

La grafica de los resultados que se obtuvieron al realizar este análisis de aceleración angular por medio del software de solidworks se encuentra en la siguiente Figura 86.

Y los datos de cada punto que construyen esta grafica se pueden comprobar en la tabla de resultados con respecto al tiempo que está ubicada en los anexos del documento.

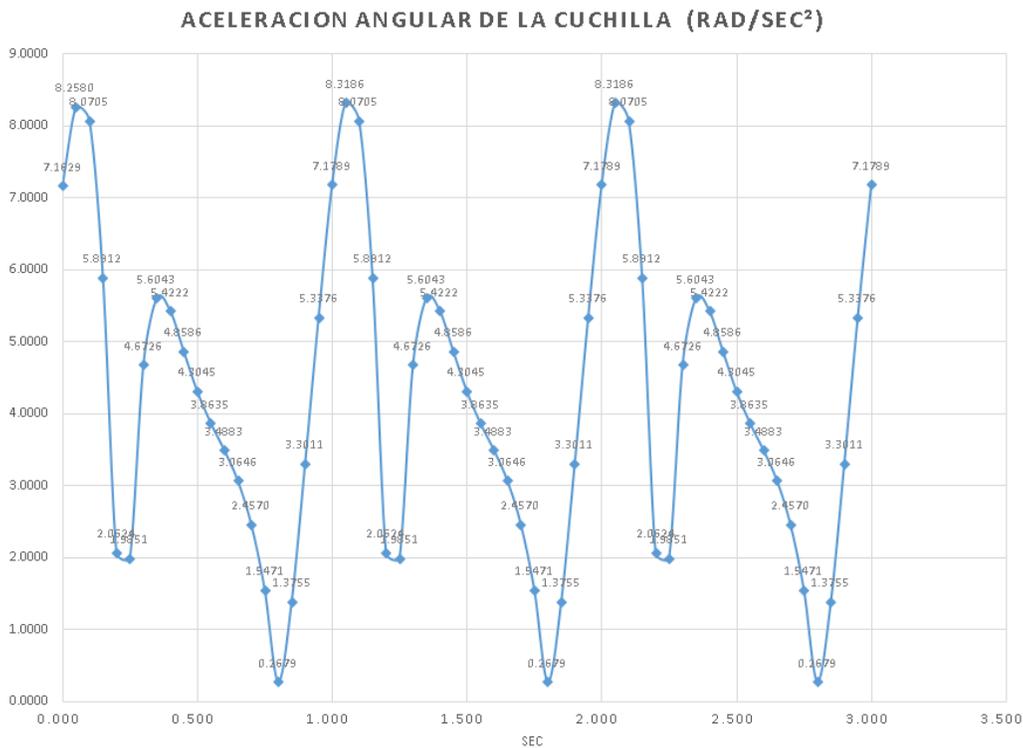


Figura 86 Grafica de la aceleración angular a 60 rpm.(Autores)

6.4 Análisis de elementos finitos del mecanismo tornillo sin fin en Ansys Workbench

Haciendo una comparativa entre los resultados que nos arrojó el software de Ansys Workbench entre usar el material de PLA o el material de aluminio y ver la diferencia que existe en las deformaciones entre uno y otro.

Primeramente, existe una comparativa de los resultados en la deformación total utilizando PLA en el modelo, como se muestra en la Figura 87 y haciendo la comparación con los resultados de la Figura 88 en la cual se utilizó el material de aluminio.

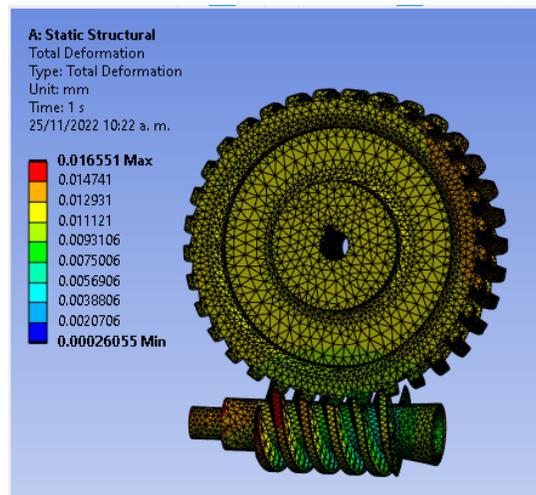


Figura 87 Deformacion total utilizando el material PLA (Autores)

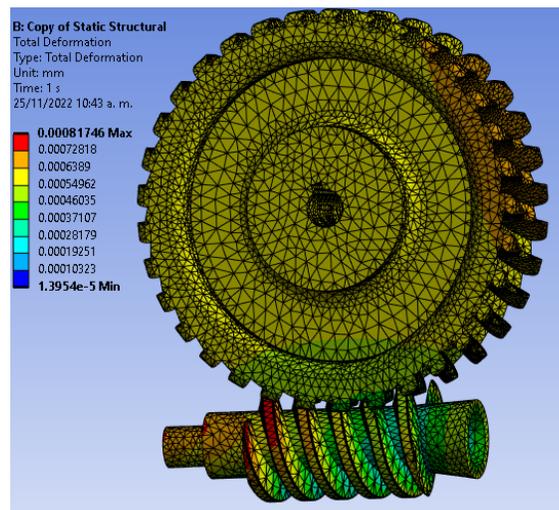


Figura 88 Deformacion total utilizando material de Aluminio (Autores).

Después, se encuentra la siguiente comparativa de los resultados obtenidos en el esfuerzo equivalente del modelo, utilizando como material el PLA y también el aluminio, como se muestran a continuación en las Figuras 89 y 90.

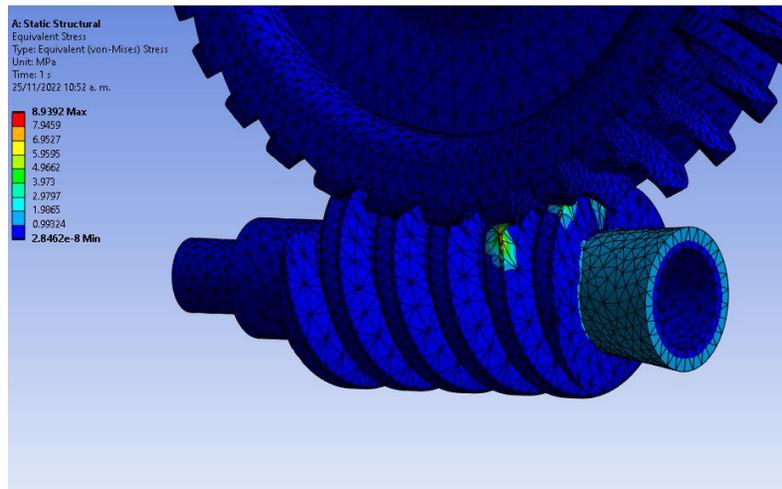


Figura 89 Esfuerzo equivalente utilizando material de PLA (Autores).

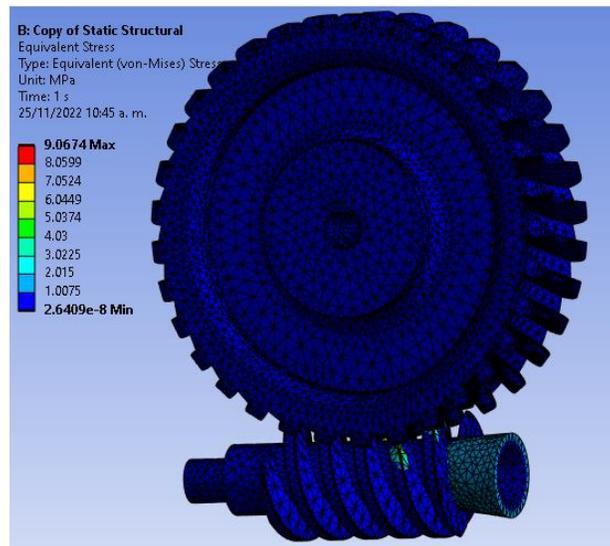


Figura 90 Esfuerzo equivalente utilizando material de Aluminio (Autores).

Seguido de los anteriores resultados, después se hizo otra comparativa de los resultados de las deformaciones en los diferentes ejes, como lo son en este caso, en el eje X; eje Y; eje Z. con los dos tipos de materiales que se siguen utilizando en este análisis que es el PLA y el aluminio.

Como se pueden ver en las Figuras 91 y 92 el eje x es donde mayor existe deformación direccional en comparación a los demás ejes.

También se puede observar que cualitativamente las áreas deformadas son iguales en ambos materiales, en términos de colores de deformación se puede ver que en ambos casos las partes en color rojo son las que mayormente se deforma, aunque en términos numéricos sus resultados son diferentes como se muestran en la Tabla 9.

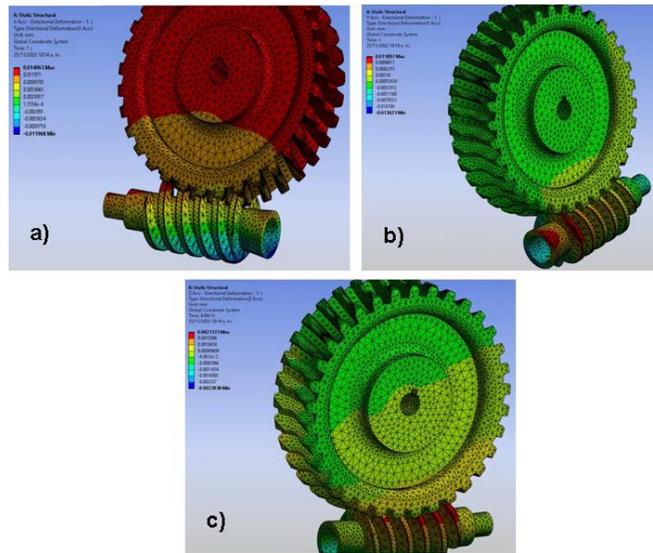


Figura 91 Deformaciones Direccionales utilizando PLA de material y en los ejes:

a)Eje X; b)Eje Y; c)Eje Z (Autores)

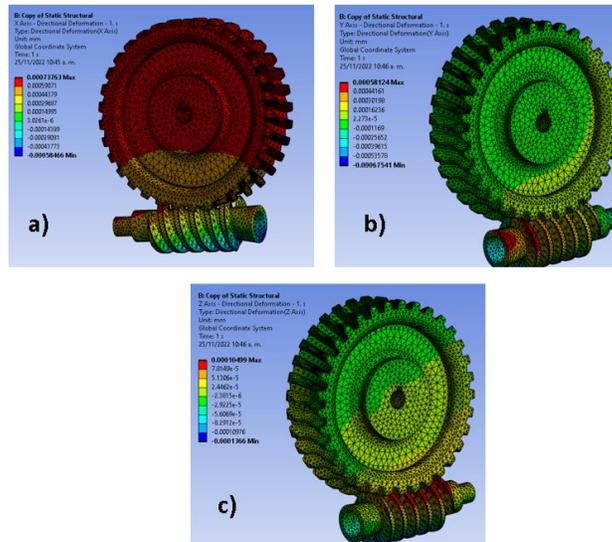


Figura 92 Deformaciones Direccionales utilizando de material Aluminio y en los ejes:

a)Eje X; b)Eje Y y c)Eje Z (Autores).

En la siguiente Figura 95 se muestra el código QR para poderlo escanear y ver los resultados de manera simulada que se realizó en Ansys de acuerdo a las condiciones de frontera y las restricciones de geometría ya mencionadas en la metodología de este análisis y con las propiedades del material del PLA.



Figura 95 QR de la simulación en Ansys del tornillo sin fin con material PLA (Autores).

En la siguiente Figura 96 se muestra el código QR para poderlo escanear y ver los resultados de manera simulada que se realizó en Ansys de acuerdo a las condiciones de frontera y las restricciones de geometría ya mencionadas en la metodología de este análisis y con las propiedades del material de Aluminio.



Figura 96 QR de la simulación en Ansys del tornillo sin fin con material Aluminio (Autores).

6.5 Impresión en 3D de prototipo de prueba

En esta etapa se imprimieron algunas de las piezas que conforman el herramental automatizado ya diseñado en el software Solidworks.

En la siguiente Figura 97 se muestran cada una de las piezas ya impresas en material PLA para poder realizar el ensamble del mecanismo y poder realizar algunas pruebas de funcionamiento.



Figura 97 Piezas impresas en PLA:

- a)Excentrica; b)Tapas del dedal superior; c)Postes fijadores del motor; d)Biela
- e)Molde de tapa dedal inferior; f)Sujetador de tornillo sin fin; g)Postes fijadores de molde de tijera
- h)Fijador de tijera; i)Sujetadores de eje central; j)Base de mecanismo; k)Corona; l)Tornillo sin fin.

(Autores)

También se utilizaron 3 ejes de diferente tamaño, los cuales fueron hechos con material de varilla roscada de aluminio para poder agregar tuercas y rondanas planas para que el herramental funcionara correctamente transmitiendo el movimiento oscilatorio y el torque que genera el mecanismo utilizado.

En la siguiente Figura 98 se muestran los 3 ejes utilizados.



Figura 98 Ejes de transmisión del movimiento del mecanismo.(Autores).

6.6 Ensamble del prototipo en 3D y su funcionamiento

En la Figura 99 se observa el prototipo ensamblado con cada uno de los componentes que se imprimieron anteriormente y en el cual también se muestran los demás componentes electrónicos que se necesitan para poder accionar su funcionamiento y poner a prueba su correcto uso.

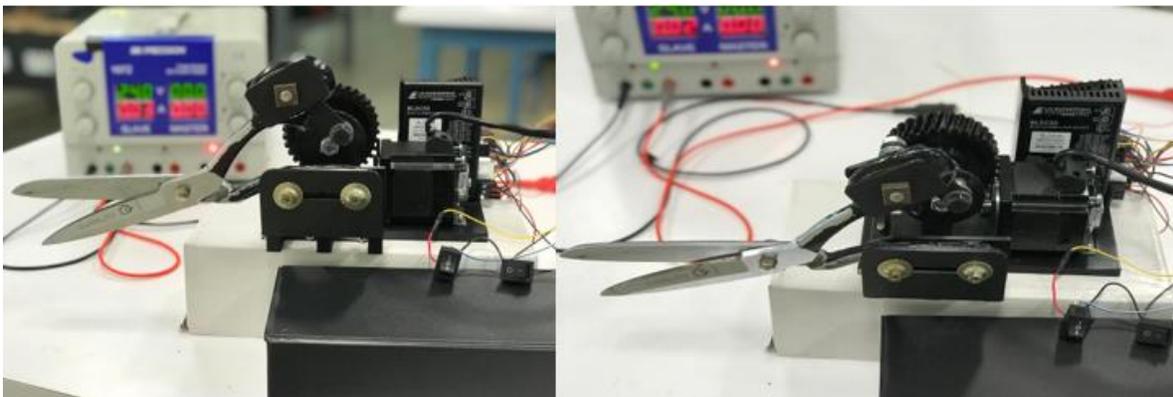


Figura 99 Prototipo de pruebas ya ensamblado (Autores).

Una vez ya montado el herramental se realizaron pruebas de velocidad del mecanismo tornillo sin fin y el motor, ya que uno de los objetivos importantes en el diseño de este mecanismo consistía en disminuir las velocidades en las que iba a trabajar el motor al accionar el switch de encendido/apagado junto al interruptor de tres pasos que controla las velocidades propuestas anteriormente.

Con ayuda de un tacómetro se midieron las tres velocidades en las que funciona el motor como se puede observar en la Figura 36 para después de igual manera medir las tres velocidades de funcionamiento, pero ahora tomando en cuenta el mecanismo tornillo sin fin y la excéntrica para comprobar que los resultados obtenidos son correctos a lo que se diseñó desde el software CAD.

En la Figura 100 se puede observar que las tres velocidades de funcionamiento disminuyeron con la ayuda del mecanismo diseñado y así mismo aumentar el torque de salida en la excéntrica.



Figura 100 Tres velocidades de funcionamiento del herramental:
a)Velocidad minima; b)Velocidad normal; c)Velocidad Maxima
(Autores).

Una vez hecha la prueba de medición de la

velocidad reductora en RPM que se logró mediante el mecanismo implementado, se obtuvieron resultados muy similares a los que el software de Solidworks arrojó en las distintas velocidades que se puede controlar el motor.

Como se puede observar en la Figura 101, Figura 102 y Figura 103 las gráficas que se obtuvieron de velocidad angular, tanto en Solidworks con unidades (deg/sec) y en Excel con unidades convertidas en rpm, los resultados de las tres velocidades calculados en un tiempo de 2 segundos se pueden apreciar en el Anexo I, Anexo J y en el Anexo K.

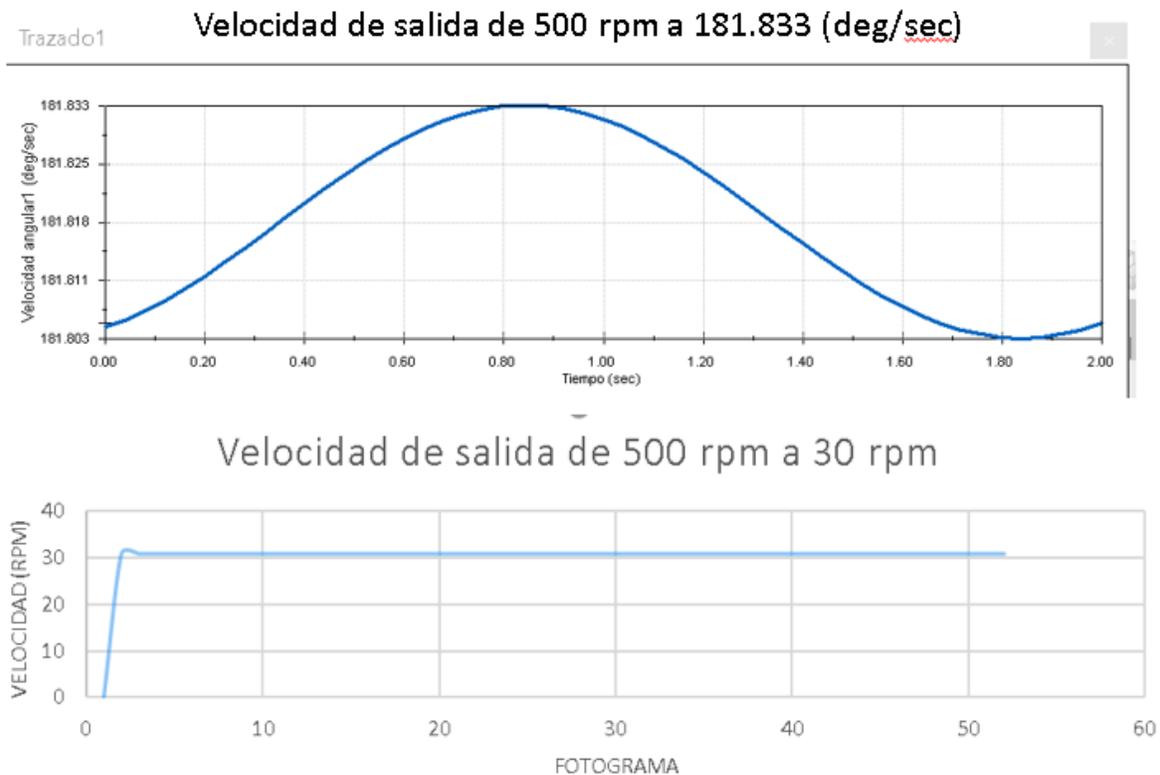


Figura 101 Graficas de velocidad mínima medidas en la salida del reductor de velocidad (Tornillo sin fin) (Autores).

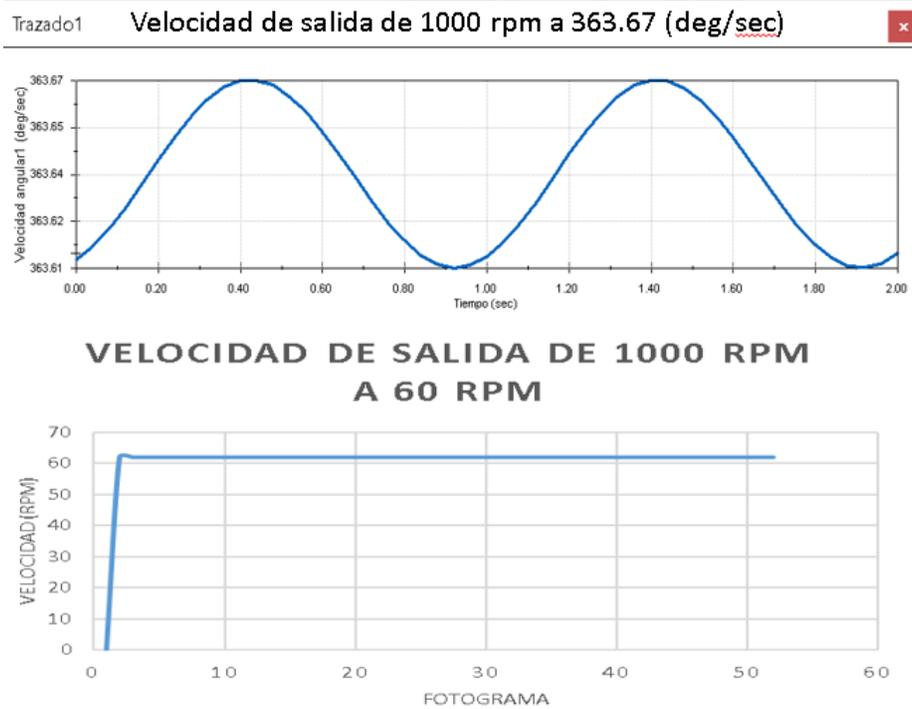


Figura 102 Graficas de velocidad media medidas en la salida del reductor de velocidad (Tornillo sin fin) (Autores).

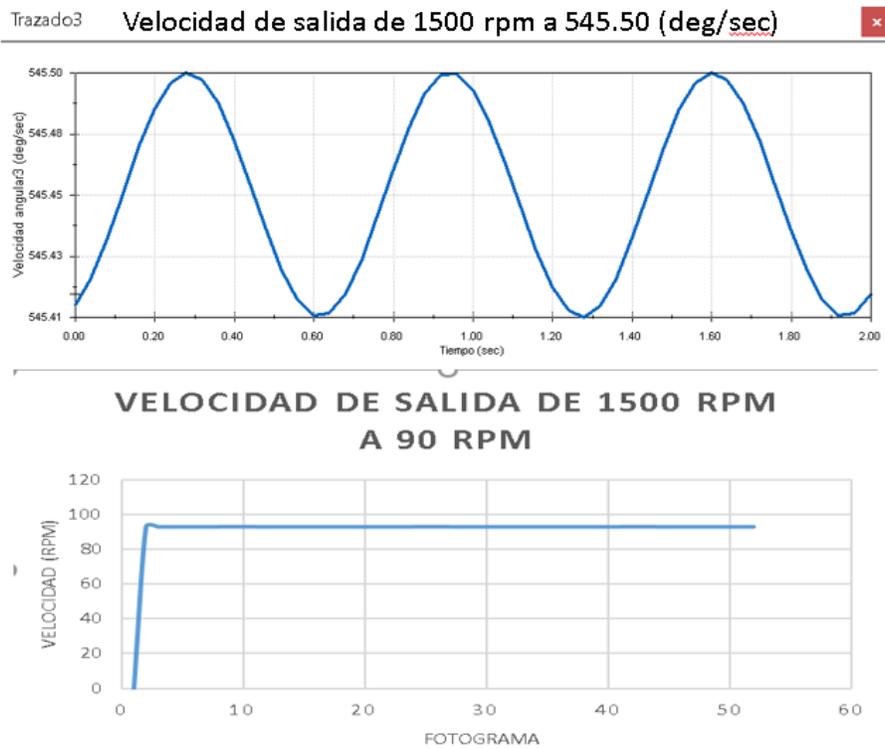


Figura 103 Graficas de velocidad maxima medidas en la salida del reductor de velocidad (Tornillo sin fin) (Autores).

En la Figura 104 se observa el código QR del video donde se muestra cómo es que realiza su funcionamiento el herramental y como es la velocidad de corte de las tijeras, lo cual muestra cómo es que el mecanismo transmite un movimiento giratorio y con mayor velocidad a un movimiento oscilatorio de arriba hacia abajo y con menor velocidad, pero mayor torque y así el dedal de la tijera tenga la fuerza necesaria y poder cortar la tela.



Figura 104 Código QR del funcionamiento del herramental automatizado con las tijeras de corte textil. (Autores)

Capítulo 7

Análisis de resultados

El diseño del prototipo final de la Figura 79 muestra un sistema eficiente y simple de controlar; la cantidad de elementos involucrados es mínima comparado a otras máquinas. Principalmente cumple con los objetivos planteados, ya que permite realizar el movimiento oscilatorio de subir y bajar que requiere la tijera, así como también la fuerza necesaria para poder realizar un corte en la tela, y todo esto gracias a los mecanismos que desde un inicio se propusieron en el diseño para crear el herramental.

Al ver el video de la simulación que se encuentra en el QR de la Figura 81 podemos analizar cómo es que realiza su funcionamiento final la tijera, comenzando primeramente con el accionamiento del motor por medio de los interruptores colocados en el mango de agarre del herramental, para enseguida llevar el movimiento de transmisión del motor al mecanismo que se utilizó para reducir la velocidad del motor que en este caso fue por medio de un mecanismo tornillo sin fin y corona como se puede ver en la Figura 80 para después transmitir con un eje la velocidad ya disminuida pero con un mayor torque al siguiente mecanismo que es el la excéntrica biela y que tiene como función convertir el movimiento giratorio a un movimiento oscilatorio en el dedal superior por medio de la biela diseñada y así poder realizar el corte de manera automatizada como se tenía planeado y se pudo diseñar de manera satisfactoria.

Después por medio del software de Solidworks se realizó un análisis cinemático en el cual se pudo calcular y observar el trazado de desplazamiento de la biela y del dedal superior, esto con la finalidad de si se requiere realizar cálculos manualmente se puede considerar el posicionamiento que tiene la biela y los demás componentes respecto al tiempo en segundos y así mismo también se pudo calcular la velocidad angular y su aceleración de corte de la cuchilla en rad/seg o rad/seg² de acuerdo a su velocidad media de funcionamiento del herramental, para comprobar después de manera experimental que los valores de la velocidad angular de reducción con los

mecanismos diseñados e implementados en el herramental son similares a lo que nos arroja el software de solidworks mediante un análisis de movimiento calculando así la velocidad de salida en rpm que transmite el tornillo sin fin a la excéntrica.

Los resultados obtenidos en el software de Ansys Workbench del mecanismo diseñado para reducir la velocidad el motor en los distintos materiales que se tomaron en cuenta para realizar el análisis de elementos finitos permitió la elección tanto de material como de manufactura ideales para este herramental. (Tabla 9).

Se puede observar algunas deformaciones y esfuerzos importantes que pueden limitar el uso de un material como el PLA, sin embargo, al comparar los resultados obtenidos con las del aluminio no se puede descartar por completo el uso de estos dos materiales, ya que de manera estructural de acuerdo a sus diferentes propiedades los dos pueden aguantar los esfuerzos y deformaciones que causa torque del motor utilizado.

Tabla 9 Resultados obtenidos del static structural en el software de Ansys Worbench

Solution	PLA	Aluminio
	Results Maximum	
Total Deformation	0.16551 mm	0.00081746 mm
Equivalent (von-Mises) Stress	8.9392 MPa	9.0674 MPa
Directional Deformation X Axis	0.014963 mm	0.00073763 mm
Directional Deformation Y Axis	0.011897 mm	0.00058124 mm
Directional Deformation Z Axis	0.0021373 mm	0.00010499 mm
	Results Minimum	
Safety Factor	7.8307	15

De acuerdo a los resultados obtenidos en el software y plasmados en la Tabla 9 donde se hace una comparación de las soluciones de los dos materiales que se analizaron que en este caso fue el PLA y el Aluminio para poder seleccionar en un futuro el material más adecuado para la fabricación del tornillo sin fin y la corona y hacer que el mecanismo nos brinde una mejor eficiencia en el funcionamiento de todo el herramental.

Primeramente, en los resultados de la deformación total comparando los dos materiales se puede concluir que hay mayor deformación total en el material del PLA que con el aluminio, también se puede observar claramente en cual eje existe mayor deformación direccional, que en este caso fue en el eje X esto pues debido al torque que el eje del motor aplica al estar acoplado al mecanismo y por las partes en las que hay mayor contacto en los dientes del tornillo y la corona.

Finalmente cabe destacar que a pesar de que el PLA es un polímero y el aluminio un metal, de acuerdo a los resultados obtenidos en el factor de seguridad del modelo analizado, estructuralmente soporta las condiciones de carga sin ningún problema y puede considerarse buen material para usarlo e imprimirlo en 3D y así poder realizar otro tipo de pruebas y finalmente comprobar si con el PLA sería una buena opción.

Una vez realizado estas pruebas dentro del software ya mencionado, con los dos tipos de materiales a considerar, se llevó a cabo la impresión en 3D con material PLA de algunos de los componentes del herramental ya diseñados pero en esta ocasión un poco más simples ya que se quería comprobar de manera real si el PLA si contaba con la resistencia necesaria para este tipo de mecanismos, en el cual como se pudo observar en el video de su funcionamiento que se muestra en el código QR de la Figura 104 que el material resiste y realiza completamente bien su funcionamiento, por lo que queda comprobado que no existen deformaciones y esfuerzos muy significantes que limiten el uso de este material.

Capítulo 8

Conclusiones

Se diseñó y desarrollo un herramental automatizado para acoplar casi cualquier tijera que son específicamente usadas por los operadores de corte en un taller textil que trabajan con telas acrílicas, con el fin de evitar el uso de estas tijeras manualmente con ayuda de las nuevas tecnologías de diseño y con la creatividad. Por lo que gracias a los softwares utilizados en este proyecto se pudo diseñar un prototipo final tomando en cuenta primeramente la integridad física de los operadores en cual se ayudó a poder disminuir la fatiga causada por el uso manual las tijeras y con la finalidad de aumentar la productividad de los operadores al reducir el tiempo de corte constantemente.

A partir de los softwares utilizados, se encontró que el diseño automatizado para las tijeras es factible, desde el punto de vista del movimiento hasta la resistencia del material empleado, debido a los resultados del factor de seguridad obtenidos.

Por otro lado, se pudo comprobar de manera física, gracias a la impresión en 3D de algunos de los elementos del herramental para observar que el movimiento del herramental automatizado era el que se espera al igual que comprobar que el uso de ese material era adecuado para su funcionamiento.

Con esto se logra cumplir con las expectativas para la realización del herramental y con los objetivos que se tenían planeados desde un inicio.

Actualmente debido a que no existe ninguna maquina o algún otro herramental ya fabricado en la industria de incorpore las tijeras a su mecanismo para poder realizar su corte como si algún operador lo realizara, puede permitir que este herramental sea de gran ayuda para todas las personas que lo necesiten y sea una gran invención en la actualidad de la industria textil de corte.

Trabajo a futuro

Principalmente en el presente trabajo se tuvo algunos percances dentro de la institución con algunas herramientas y componentes que nos ayudarían a poder llevar este herramental hasta su etapa final, ya que por cuestiones de tiempo y por cuestiones de dichas pruebas que se realizaron con un prototipo impreso en 3D más simple del que ya se tenía, con el fin de ver algunas problemáticas que se tuvieron con el ensamblado de sus componentes, al igual y aún más importante que era el de probar si su funcionamiento de los mecanismos integrados con el motor y sus demás componentes electrónicos para la automatización del herramental era el adecuado para un futuro uso industrial.

Por lo que se planea que un futuro se llegara a poder imprimir todos y cada uno de los elementos ya diseñados y corregidos de acuerdo a las problemáticas que se tuvieron en las pruebas realizadas y así poder construir el herramental final como se tenía pensado y poder hacer uso de el para ver los resultados finales obtenidos.

También se planea tal vez utilizar algún otro motor con menos peso y con mejores parámetros que ayude a ser más eficiente en la velocidad de corte de las tijeras y así mismo al tener un motor con menos dimensionamiento hacer un poco más compacto el diseño del herramental para que sea más fácil su uso.

Por último, se puede también mejorar el agarrado del herramental que en este caso es el mango, imprimiéndolo o diseñándolo de algún otro material que ayude a ser más ergonómico para su uso constante o al igual que se pueda diseñar conforme a lo que el cliente u operador de la maquina lo quiera para su uso.

Referencias bibliográficas

- Alcantara, W. (2008, Febrero 24). *Historia de Las Tijeras*. Retrieved from <https://latelaranadewen.blogspot.com/2008/02/historia-de-las-tijeras.html>
- Amazon.com.mx. (2022). *CGOLDENWALL Industrial eléctrico octogonal textil de la máquina de corte de tela tijeras circulares cuchillo tijeras de tela cortador de la hoja de diámetro 125 mm 110 V/220 V : Amazon.com.mx: Hogar y Cocina*. Retrieved from <https://www.amazon.com.mx/CGOLDENWALL-el%C3%A9ctricas-industriales-cortadoras-di%C3%A1metro/dp/B07537F3V4>
- Amazon.com.mx. (2022). *MXBAOHENG Wbt-1 - Tijeras de tela eléctricas inalámbricas, cortador de tela recargable para alfombra/cuero/goma/cartón (1 batería y una cuchilla) : Amazon.com.mx: Hogar y Cocina*. Retrieved from <https://www.amazon.com.mx/WBT-1-tijeras-el%C3%A9ctricas-cortador-el%C3%A9ctrica-port%C3%A1til/dp/B00PQNWTAU>
- Amazon.es. (2022). *KKTECT Cortador de calor eléctrico Cuchillo caliente eléctrico de 100W Cortador de espuma Kit de herramientas de corte con 4 tipos de moldes para cuchillos para cortar tela/caucho/plástico/acrílico : Amazon.es: Bricolaje y herramientas*. Retrieved from https://www.amazon.es/dp/B09QM3X1SW/ref=sspa_dk_detail_4?ie=UTF8&psc=1&pd_rd_i=&pd_rd_i=B09QM3X1SWp13NParams&sp_csd=d2lkZ2V0TmFtZT1zcF9kZXRhaWxfdGhlbWF0aWM
- Boone, D. (2021, Noviembre 23). *Tipos de máquinas de corte y confección industrial*. Retrieved from https://www.ehowenespanol.com/tipos-maquinas-corte-confeccion-industrial-info_229245/
- Breveconsejo.com.mx. (2019, Octubre 30). *Que es una tijera y para que sirve? – Breve con Sejo*. Retrieved from <https://breveconsejo.com.mx/que-es-una-tijera-y-para-que-sirve/>

- Costilla, L. (2011, Junio 1). *Procesos de fabricacion unidad 5*. Retrieved from <https://www.buenastareas.com/ensayos/Procesos-De-Fabricacion-Unidad-5/2304070.html>
- Davis, R. (2020, Abril 29). *Desarrollos Automatizados de Corte y Costura | Textiles Panamericanos*. Retrieved from <https://textilspanamericanos.com/textiles-panamericanos/2020/04/desarrollos-automatizados-de-corte-y-costura/>
- De Máquinas y Herramientas. (2018, Diciembre 16). *Partes de un taladro*. Retrieved from <https://www.demaquinasyherramientas.com/herramientas-electricas-y-accesorios/partes-de-un-taladro>
- Debem. (2022, Marzo 17). *Análisis FEM - Método de elementos finitos - Debem*. Retrieved from <https://www.debem.com/es/analisis-fem/>
- Digi-Key Electronics. (2022). *BL23E22-02D-05RO*. Retrieved from <https://www.digikey.co.uk/en/products/detail/lin-engineering/BL23E22-02D-05RO/15212577>
- faq-inf.com. (2021, Diciembre 9). *¿Cuál es el grado de las tijeras?* Retrieved from <https://faq-inf.com/es/Q&A/page=903463d90c6a2e6681ed3ce271eec13f>
- leslacabrera.org. (2014). *Mecanismos de transmisión circular – Tecnología, Programación y Robótica*. Retrieved from <https://tecnologia.ieslacabrera.org/2012/02/04/mecanismos-de-transmision-circular/>
- Jack. (2022, Julio 4). *Guía del comprador para elegir la máquina cortadora de telas*. Retrieved from <https://es.elephant-cnc.com/blog/buyer-guide-for-choosing-fabric-cutting-machine/>
- linengineering. (2022). *BLDC50 Driver*. Retrieved from <https://www.linengineering.com/products/value-add/drivers-and-controllers/bldc50>
- Linengineering.com. (2012). *BLDC50*. Retrieved from <https://www.linengineering.com/products/value-add/drivers-and-controllers/bldc50>
- Luis, J. (2021). *Palanca (Física)*. Retrieved from <https://como-funciona.co/palanca-fisica/>

- m.spanish.alibaba.com. (2022). *Source Máquina cortadora de cuchillos de espuma EVA EPE, CNC, 50mm de espesor, XPE*. Retrieved from <https://m.spanish.alibaba.com/p-detail/CNC-50mm-thickness-XPE-EVA-EPE-60812339412.html?language=spanish&redirect=1>
- Marín, E. (2021, Septiembre 11). *¿Cuáles son las máquinas de corte textil que existen?* Retrieved from <https://jerezanito.com/aprende-sobre-las-maquinas-de-corte-textil-y-manuales/>
- Mario. (2016, Abril 13). *Cálculo de Tornillo Sin Fin y su Rueda*. Retrieved from <https://www.metalmecanica-facil.mahtg.com/calculo-de-tornillo-sin-fin-y-su-rueda/>
- Martinez. (2022). *1.2.Clases de Máquinas - MECANISMOS*. Retrieved from <https://sites.google.com/site/mecanismosmartinez/home/clases-de-maquinas>
- Mfgrobots.com. (2022). *Cortadora de tela industrial automática inteligente*. Retrieved from <http://es.mfgrobots.com/equipment/cnc/1003013144.html>
- Mireia. (2018, Marzo 23). *Ibercondor*. Retrieved from <https://ibercondor.com/blog/la-industria-textil-mexico/>
- Oliver, J. (2022). *02-11-I-MANI-BAL*. Retrieved from <http://www.upv.es/vltmodels/02-11-i-mani-bal.html>
- Portela, V. (2022, Mayo 17). *¿Cómo se mide el agarre de la mano?* Retrieved from <https://solofaq.com/como-se-mide-el-agarre-de-la-mano/>
- Salazar, V. (2021, Marzo 8). *Mecanismo de 4 barras - Practicas esenciales de la materia*. Retrieved from <https://www.studocu.com/es-mx/document/instituto-tecnologico-de-la-laguna/mecanismos/mecanismo-de-4-barras-practicas-esenciales-de-la-materia/24793695>
- Sanchez, G. (2022). *ANALISIS SISTEMICO DEL OBJETO TECNICO "Las Tijeras"*. Retrieved from <https://es.scribd.com/doc/49432478/Analisis-Sistemico-de-Objeto-Tecnico-Las-TIJERAS>
- Slideshare.net. (2019). *Clase ejes*. Retrieved from <https://es.slideshare.net/VicenteDiazUNEFA/clase-ejes>

- SolidBI. (2022, Agosto 2). *SOLIDWORKS - Qué es y para qué sirve*. Retrieved from <https://solid-bi.es/solidworks/>
- Velez, A. (2014, Mayo 4). *Apología de las tijeras*. Retrieved from <https://blogs.elespectador.com/actualidad/catrecillo/apologia-de-las-tijeras/amp>
- Zapata, F. (2019, Octubre 19). *Ley de Grashof: casos, mecanismos, ejemplos, aplicaciones*. Retrieved from <https://www.lifeder.com/ley-de-grashof/>

Anexo A



MOTOR SPECIFICATIONS

Part Number	BL23E22-02D-05R0
Length Dimension	54.5 mm [2.15 in]
Rated Voltage	48 VDC
Rated Output Power	60 W
Pole Number	8
Phase Number	3
Rated Speed	4000 RPM
Max Speed	5000 RPM
Rated Torque	0.145 N-m [20.53 oz-in]
Rated Current	1.5 Amps
Back EMF Constant	7 Vrms/krpm [9.90 Vpeak/krpm]
Moment of Inertia	0.0000148 kg-m ² [0.81 oz-in ²]
Resistance	1.8 Ohms
Inductance	1.9 mH
Weight	0.64 kg [1.41lb]

ENCODER SPECIFICATIONS

Part Number	E5 Encoder
Type	Optical Incremental Encoder
Resolution	1000 CPR
Index	Yes
Output Type:	Differential

MOTOR OPERATING SPECIFICATIONS

Hall Effect Angle	120° electrical Angle
Radial Play	0.002 in [0.05 mm] @ 0.99 lbs [0.45 kg]
End Play	0.003 in [0.08 mm] @ 99.21 lbs [45.00 kg]
Max. Radial Force	0.787 in [20.00 mm] @ 16.80 lbs [7.62 kg]
Max. Axial Force	3.37 lbs [1.53 kg]
Insulation Class	Class B
Dielectric Strength	500 VDC for 1 minute
Insulation Resistance	100 Ω min. 500 VDC
Ambient Operating Temp.	-20°C to 50°C
Storage Temperature	-20°C to 100°C
Humidity Range (%)	85% (RH) non-condensing

Figura 105 Datos técnicos del motor BLDC sin escobillas

Anexo B

DIMENSIONS

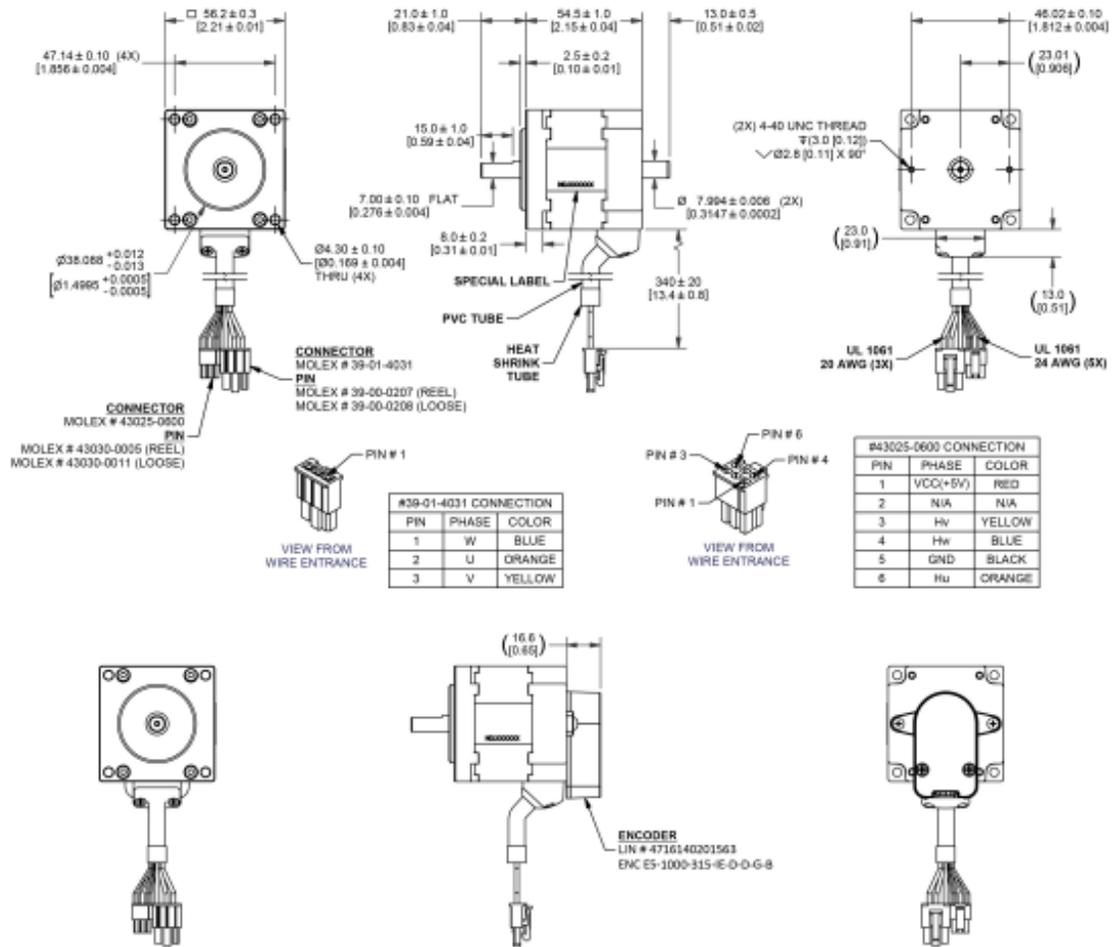
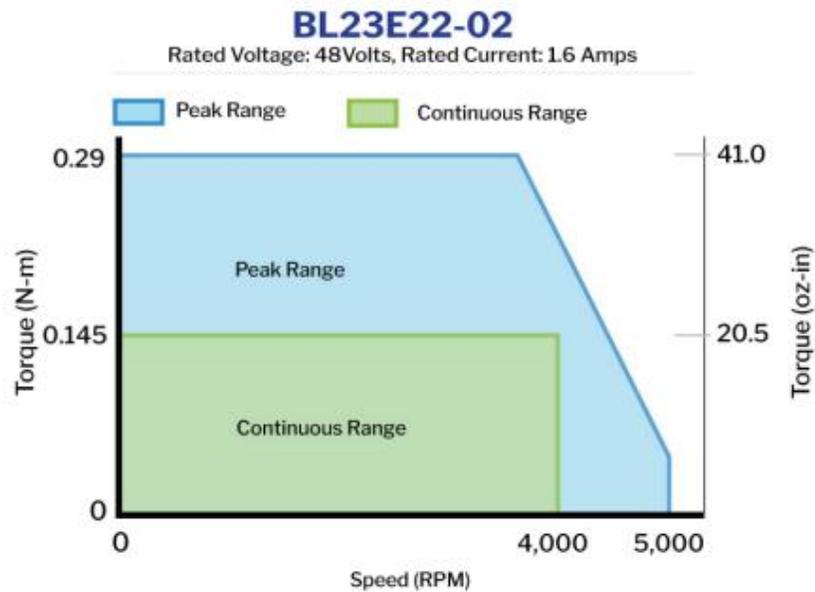


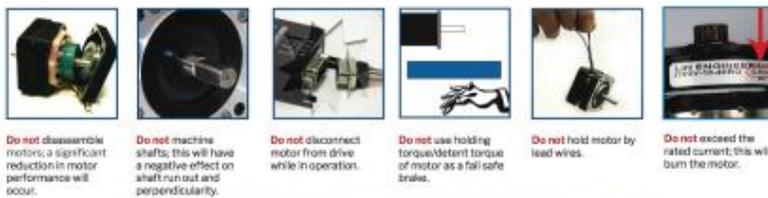
Figura 106 Dimensiones del motor BLDC

Anexo C

PERFORMANCE CURVE



OPERATION & USAGE TIPS



FAILURE TO COMPLY WITH THESE RECOMMENDATIONS WILL VOID ALL WARRANTY TERMS

Figura 107 Gafica del torque respecto a la velocidad en rpm

Anexo D



This Driver is Designed to Operate:



Motor Part Number	BL23E22-02
-------------------	------------

SPECIFICATIONS

Part Number	BLDC50-BL23E22-02
Supply Voltage	24 - 48 VDC
Output Current	0.1 - 5.0 A/Phase
Communication Port	RS-232
Status LEDs	1 Red, 1 Green
Digital Inputs	8
Digital Outputs	2
Analog Inputs	1
Under Voltage Protection	8.5 V
Input Signals Voltage	5 - 28 V
Speed Range	150 - 4500 RPM
Rated Velocity Error	+/- 0.5 %
Weight	6 oz

OPERATING CONDITIONS

Ambient Temperature	0 to 40 °C
Storage Temperature	-10 to 70 °C
Humidity	90% (Non-Condensing)

DIMENSIONS

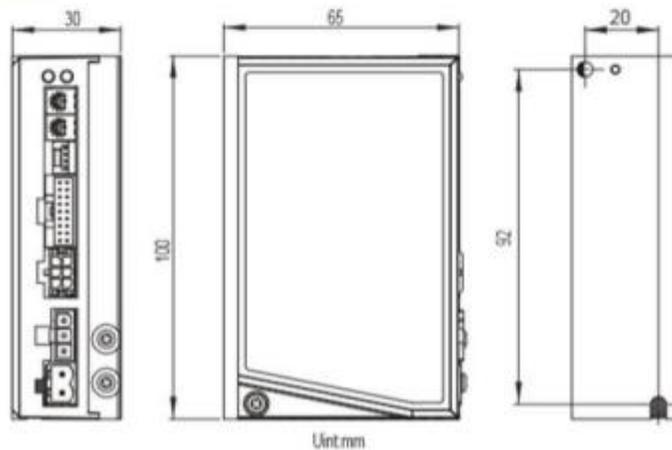


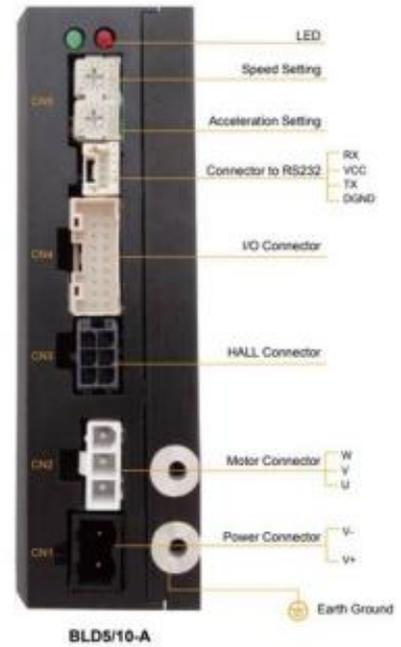
Figura 108 Datos técnicos del Controlador Driver 50/100

Anexo E

INPUT/OUTPUT SPECIFICATION

PIN NUM	SIGNAL TYPE	SIGNAL NAME		FUNCTION
		BASIC	GENERAL	BASIC
1	POWER SUPPLY	+5V USER		The drive provides users with up to 100mA +5V supply
2		GND		External control signal GND
18		INCOM		External opto-coupler power input (common anode or common cathode connection can dial to select)
3	INPUT	CW/CCW	X1	Clockwise/Counter Clockwise Select
5		STMD (STOP MODE)	X2	Stop mode choice input
7		EN/RE (Enable/Reset)	X3	Motor enable/disable. It can be used for alarm reset as well.
9		SPST (SPEED-SET)	X4	Internal/external speed-set choice
11		STOP	X5	The electromagnetic brake operation is selected when the motor is stopped.
13		M0	X6	For multi-speed operation, the M0, M1, M2 signals are used in combination.
15		M1	X7	
17		M2	X8	
12	ANALOG INPUT	Analog VCC	-	Using external speed potentiometer setting speed
14		Analog In	-	
16		Analog GND	-	
4	OUTPUT	Fault+	Y1+	Fault output
6		Fault-	Y1-	
8		Speed Out+	Y2+	6 pulses are output per each rotation of the motor output shaft. It can be changed by BLD configurator.
10		Speed Out-	Y2-	
-		MOVE	-	This signal is output during motor rotation.
-		VA	-	Output a signal as speed achieved
-		Fault2	-	This signal is output when the overload warning level is exceed when the overload warning function is set to enable. In addition, also outputs if an overload alarm is generated even when the overload warning function is set to disable (normally closed).
-		Warning	-	This signal is output if a warning is generated (overload warning function is activated)While, it turns OFF if the warning is released.
-		TLC	-	This signal is output when the motor output-torque reaches the torque limiting value.
-		IDLE	-	Configuring as general output

INTERFACE LAYOUT



I/O CONNECTOR DIAGRAM

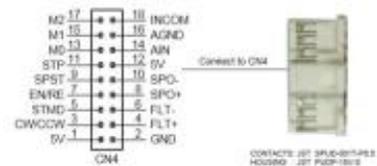


Figura 109 Conexiones del driver para el motor.

Anexo F

Datos calculados en el desplazamiento angular de la biela.

BIELA-1			36.000	1.400	91.716
Desplazamiento			37.000	1.440	94.687
angular2 (deg)			38.000	1.480	98.318
Sistema de			39.000	1.520	102.329
Fotograma	Tiempo	coordenadas de ref.:	40.000	1.560	106.470
1.000	0.000	116.933	41.000	1.600	110.519
2.000	0.040	113.168	42.000	1.640	114.282
3.000	0.080	108.804	43.000	1.680	117.592
4.000	0.120	104.080	44.000	1.720	120.311
5.000	0.160	99.348	45.000	1.760	122.328
6.000	0.200	95.054	46.000	1.800	123.563
7.000	0.240	91.666	47.000	1.840	123.962
8.000	0.280	89.560	48.000	1.880	123.496
9.000	0.320	88.916	49.000	1.920	122.157
10.000	0.360	89.700	50.000	1.960	119.956
11.000	0.400	91.716	51.000	2.000	116.933
12.000	0.440	94.687	52.000	2.040	113.168
13.000	0.480	98.318	53.000	2.080	108.804
14.000	0.520	102.329	54.000	2.120	104.080
15.000	0.560	106.470	55.000	2.160	99.348
16.000	0.600	110.519	56.000	2.200	95.054
17.000	0.640	114.282	57.000	2.240	91.666
18.000	0.680	117.592	58.000	2.280	89.560
19.000	0.720	120.311	59.000	2.320	88.916
20.000	0.760	122.328	60.000	2.360	89.700
21.000	0.800	123.563	61.000	2.400	91.716
22.000	0.840	123.962	62.000	2.440	94.687
23.000	0.880	123.496	63.000	2.480	98.318
24.000	0.920	122.157	64.000	2.520	102.329
25.000	0.960	119.956	65.000	2.560	106.470
26.000	1.000	116.933	66.000	2.600	110.519
27.000	1.040	113.168	67.000	2.640	114.282
28.000	1.080	108.804	68.000	2.680	117.592
29.000	1.120	104.080	69.000	2.720	120.311
30.000	1.160	99.348	70.000	2.760	122.328
31.000	1.200	95.054	71.000	2.800	123.563
32.000	1.240	91.666	72.000	2.840	123.962
33.000	1.280	89.560	73.000	2.880	123.496
34.000	1.320	88.916	74.000	2.920	122.157
35.000	1.360	89.700	75.000	2.960	119.956
			76.000	3.000	116.933

Anexo G

Datos calculados de la velocidad angular de la cuchilla cortante

				32	1.550	14.9720	0.2613
				33	1.600	25.5002	0.4451
				34	1.650	34.9106	0.6093
				35	1.700	42.8706	0.7482
				36	1.750	48.6762	0.8496
				37	1.800	51.3524	0.8963
				38	1.850	49.8333	0.8698
				39	1.900	43.1770	0.7536
				40	1.950	30.7992	0.5375
				41	2.000	12.7866	0.2232
				42	2.050	9.6214	0.1679
				43	2.100	33.4500	0.5838
				44	2.150	53.8522	0.9399
				45	2.200	65.4602	1.1425
				46	2.250	65.4198	1.1418
				47	2.300	55.5120	0.9689
				48	2.350	40.4872	0.7066
				49	2.400	24.5580	0.4286
				50	2.450	9.8107	0.1712
				51	2.500	3.2935	0.0575
				52	2.550	14.9720	0.2613
				53	2.600	25.5002	0.4451
				54	2.650	34.9106	0.6093
				55	2.700	42.8706	0.7482
				56	2.750	48.6762	0.8496
				57	2.800	51.3524	0.8963
				58	2.850	49.8333	0.8698
				59	2.900	43.1770	0.7536
				60	2.950	30.7992	0.5375
				61	3.000	12.7866	0.2232
				<hr/>			
				tijera 2			
				cuchilla			
				parte sup-1			
				Velocidad			
				angular2			
				(deg/sec)			
				<hr/>			
				Sistema de			
				coordenadas			
				de ref.:			
Fotograma	Tiempo	Rad/seg					
1	0.000	12.7227	0.2221				
2	0.050	9.6239	0.1680				
3	0.100	33.4500	0.5838				
4	0.150	53.8522	0.9399				
5	0.200	65.4602	1.1425				
6	0.250	65.4198	1.1418				
7	0.300	55.5120	0.9689				
8	0.350	40.4872	0.7066				
9	0.400	24.5580	0.4286				
10	0.450	9.8107	0.1712				
11	0.500	3.2935	0.0575				
12	0.550	14.9720	0.2613				
13	0.600	25.5002	0.4451				
14	0.650	34.9106	0.6093				
15	0.700	42.8706	0.7482				
16	0.750	48.6762	0.8496				
17	0.800	51.3524	0.8963				
18	0.850	49.8333	0.8698				
19	0.900	43.1770	0.7536				
20	0.950	30.7992	0.5375				
21	1.000	12.7866	0.2232				
22	1.050	9.6214	0.1679				
23	1.100	33.4500	0.5838				
24	1.150	53.8522	0.9399				
25	1.200	65.4602	1.1425				
26	1.250	65.4198	1.1418				
27	1.300	55.5120	0.9689				
28	1.350	40.4872	0.7066				
29	1.400	24.5580	0.4286				
30	1.450	9.8107	0.1712				
31	1.500	3.2935	0.0575				

Anexo H

Datos calculados de la aceleración angular de la cuchilla cortante

tijera 2 cuchilla parte sup-1 Aceleración angular1 (deg/sec**2)				Sistema de coordenadas			
Fotograma	Tiempo	de ref.:	Rad/sec				
1	0.000	410.4063	7.1629	33	1.600	199.8677	3.4883
2	0.050	473.1478	8.2580	34	1.650	175.5897	3.0646
3	0.100	462.4067	8.0705	35	1.700	140.7750	2.4570
4	0.150	337.5387	5.8912	36	1.750	88.6398	1.5471
5	0.200	118.1666	2.0624	37	1.800	15.3507	0.2679
6	0.250	113.7366	1.9851	38	1.850	78.8093	1.3755
7	0.300	267.7225	4.6726	39	1.900	189.1405	3.3011
8	0.350	321.1054	5.6043	40	1.950	305.8220	5.3376
9	0.400	310.6673	5.4222	41	2.000	411.3193	7.1789
10	0.450	278.3769	4.8586	42	2.050	476.6223	8.3186
11	0.500	246.6309	4.3045	43	2.100	462.4067	8.0705
12	0.550	221.3631	3.8635	44	2.150	337.5387	5.8912
13	0.600	199.8677	3.4883	45	2.200	118.1666	2.0624
14	0.650	175.5897	3.0646	46	2.250	113.7366	1.9851
15	0.700	140.7750	2.4570	47	2.300	267.7225	4.6726
16	0.750	88.6398	1.5471	48	2.350	321.1054	5.6043
17	0.800	15.3507	0.2679	49	2.400	310.6673	5.4222
18	0.850	78.8093	1.3755	50	2.450	278.3769	4.8586
19	0.900	189.1405	3.3011	51	2.500	246.6309	4.3045
20	0.950	305.8220	5.3376	52	2.550	221.3631	3.8635
21	1.000	411.3193	7.1789	53	2.600	199.8677	3.4883
22	1.050	476.6223	8.3186	54	2.650	175.5897	3.0646
23	1.100	462.4067	8.0705	55	2.700	140.7750	2.4570
24	1.150	337.5387	5.8912	56	2.750	88.6398	1.5471
25	1.200	118.1666	2.0624	57	2.800	15.3507	0.2679
26	1.250	113.7366	1.9851	58	2.850	78.8093	1.3755
27	1.300	267.7225	4.6726	59	2.900	189.1405	3.3011
28	1.350	321.1054	5.6043	60	2.950	305.8220	5.3376
29	1.400	310.6673	5.4222	61	3.000	411.3193	7.1789
30	1.450	278.3769	4.8586				
31	1.500	246.6309	4.3045				
32	1.550	221.3631	3.8635				

Anexo I

Datos de velocidad angular calculados por el software Solidworks en la salida del mecanismo reductor (Tornillo sin fin y Corona) a una velocidad minima de 500 rpm.

		Velocidad del motor a 500 RPM	
		EXCENTRICA	
		Velocidad de salida	
Fotograma	Tiempo	Velocidad angular (deg/sec)	RPM
1	0.000	181.805	30.9067902
2	0.040	181.805	30.9069276
3	0.080	181.807	30.9071372
4	0.120	181.808	30.90736
5	0.160	181.809	30.9076108
6	0.200	181.811	30.9078855
7	0.240	181.813	30.9081796
8	0.280	181.815	30.9084883
9	0.320	181.817	30.9088065
10	0.360	181.818	30.9091289
11	0.400	181.820	30.9094502
12	0.440	181.822	30.909765
13	0.480	181.824	30.9100678
14	0.520	181.826	30.9103545
15	0.560	181.827	30.9106191
16	0.600	181.829	30.9108584
17	0.640	181.830	30.9110681
18	0.680	181.831	30.9112449
19	0.720	181.832	30.911386
20	0.760	181.832	30.9114892
21	0.800	181.833	30.9115529
22	0.840	181.833	30.9115764
23	0.880	181.833	30.9115593
24	0.920	181.832	30.9115022
25	0.960	181.832	30.9114061
26	1.000	181.831	30.9112726
27	1.040	181.830	30.911104
28	1.080	181.829	30.9109031
29	1.120	181.827	30.9106732
30	1.160	181.826	30.910418
31	1.200	181.824	30.9101415
32	1.240	181.823	30.909848
33	1.280	181.821	30.9095423
34	1.320	181.819	30.9092291
35	1.360	181.817	30.9089132
36	1.400	181.815	30.9085996
37	1.440	181.813	30.9082932
38	1.480	181.812	30.9079988
39	1.520	181.810	30.907721
40	1.560	181.809	30.9074642
41	1.600	181.807	30.9072325
42	1.640	181.806	30.9070295
43	1.680	181.805	30.9068586
44	1.720	181.804	30.9067226
45	1.760	181.804	30.9066238
46	1.800	181.803	30.9065638
47	1.840	181.803	30.9065439
48	1.880	181.803	30.9065644
49	1.920	181.804	30.9066253
50	1.960	181.804	30.9067256
51	2.000	181.805	30.906864

Anexo J

Datos de velocidad angular calculados por el software Solidworks en la salida del mecanismo reductor (Tornillo sin fin y Corona) a una velocidad media de 1000 rpm.

Velocidad del motor a 1000 RPM			
EXCENTRICA			
Velocidad de salida			
Fotograma	Tiempo	Velocidad angular (deg/sec)	RPM
1	0.000	363.6090	61.8135
2	0.040	363.6130	61.8142
3	0.080	363.6185	61.8151
4	0.120	363.6251	61.8163
5	0.160	363.6324	61.8175
6	0.200	363.6400	61.8188
7	0.240	363.6473	61.8200
8	0.280	363.6539	61.8212
9	0.320	363.6593	61.8221
10	0.360	363.6631	61.8227
11	0.400	363.6652	61.8231
12	0.440	363.6655	61.8231
13	0.480	363.6638	61.8228
14	0.520	363.6604	61.8223
15	0.560	363.6554	61.8214
16	0.600	363.6493	61.8204
17	0.640	363.6423	61.8192
18	0.680	363.6349	61.8179
19	0.720	363.6275	61.8167
20	0.760	363.6207	61.8155
21	0.800	363.6149	61.8145
22	0.840	363.6104	61.8138
23	0.880	363.6075	61.8133
24	0.920	363.6064	61.8131
25	0.960	363.6072	61.8132
26	1.000	363.6099	61.8137
27	1.040	363.6142	61.8144
28	1.080	363.6200	61.8154
29	1.120	363.6269	61.8166
30	1.160	363.6343	61.8178
31	1.200	363.6419	61.8191
32	1.240	363.6490	61.8203
33	1.280	363.6553	61.8214
34	1.320	363.6604	61.8223
35	1.360	363.6638	61.8229
36	1.400	363.6655	61.8231
37	1.440	363.6652	61.8231
38	1.480	363.6631	61.8227
39	1.520	363.6593	61.8221
40	1.560	363.6540	61.8212
41	1.600	363.6476	61.8201
42	1.640	363.6404	61.8189
43	1.680	363.6330	61.8176
44	1.720	363.6258	61.8164
45	1.760	363.6192	61.8153
46	1.800	363.6136	61.8143
47	1.840	363.6095	61.8136
48	1.880	363.6070	61.8132
49	1.920	363.6064	61.8131
50	1.960	363.6077	61.8133
51	2.000	363.6108	61.8138

Anexo K

Datos de velocidad angular calculados por el software Solidworks en la salida del mecanismo reductor (Tornillo sin fin y Corona) a una velocidad máxima de 1500 rpm.

		Velocidad del motor a 1500 RPM	
		EXCENTRICA	
		Velocidad de salida	
Fotograma	Tiempo	Velocidad angular (deg/sec)	RPM
1	0.000	545.4136	92.7203061
2	0.040	545.4233	92.7219668
3	0.080	545.4376	92.7243863
4	0.120	545.4543	92.7272316
5	0.160	545.4710	92.7300695
6	0.200	545.4852	92.7324821
7	0.240	545.4948	92.7341187
8	0.280	545.4985	92.7347489
9	0.320	545.4958	92.7342933
10	0.360	545.4872	92.7328288
11	0.400	545.4739	92.730571
12	0.440	545.4579	92.7278406
13	0.480	545.4413	92.7250187
14	0.520	545.4265	92.7224977
15	0.560	545.4155	92.7206319
16	0.600	545.4099	92.71969
17	0.640	545.4107	92.7198163
18	0.680	545.4177	92.721005
19	0.720	545.4300	92.7230937
20	0.760	545.4458	92.7257828
21	0.800	545.4628	92.7286783
22	0.840	545.4785	92.7313531
23	0.880	545.4907	92.733415
24	0.920	545.4975	92.7345682
25	0.960	545.4980	92.7346556
26	1.000	545.4922	92.7336766
27	1.040	545.4811	92.731781
28	1.080	545.4661	92.729242
29	1.120	545.4495	92.7264163
30	1.160	545.4335	92.723697
31	1.200	545.4204	92.7214636
32	1.240	545.4120	92.7200331
33	1.280	545.4095	92.7196163
34	1.320	545.4134	92.7202844
35	1.360	545.4233	92.7219527
36	1.400	545.4376	92.7243862
37	1.440	545.4543	92.7272315
38	1.480	545.4710	92.7300694
39	1.520	545.4852	92.732482
40	1.560	545.4948	92.7341186
41	1.600	545.4985	92.7347489
42	1.640	545.4958	92.7342933
43	1.680	545.4872	92.7328288
44	1.720	545.4739	92.7305711
45	1.760	545.4579	92.7278407
46	1.800	545.4413	92.7250188
47	1.840	545.4265	92.7224978
48	1.880	545.4155	92.7206319
49	1.920	545.4099	92.71969
50	1.960	545.4107	92.7198163
51	2.000	545.4177	92.7210049