

Escuela Superior Politécnica Del Litoral

Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción

Diseño e implementación de una cortadora vertical para paneles de melamina

Proyecto Integrador

Previo la obtención del Título de:

Ingeniero en Mecatrónica

Presentado por:

Kevin Milton Barreno Mora

Leandro Joel Torres Cazar

Guayaquil - Ecuador

Año: 2023

Dedicatoria

El presente proyecto lo dedico a mis padres, Sergio Barreno y Glamis Mora, ya que este logro es el producto de todo el apoyo que me han brindado en esta etapa de mi vida.

A mis hermanas Lissete y Nathaly Barreno, porque siempre me dan ánimos y fuerzas para seguir adelante.

Kevin Barreno

Dedicatoria

La tesis principalmente se la dedico a Dios, por la disciplina, la voluntad y la sabiduría que me dio para completar mi proyecto final y mi carrera.

A mi Madre Sara Cazar y mi hermano Kevin Torres, que estuvieron conmigo, no solo en los años de mi universidad, también desde mi infancia hasta la elaboración de este documento dándome mucho amor y apoyo que han sido mi fortaleza en toda mi vida.

En memoria de mi amigo Andrés Tucunango Loor, la persona que fue una influencia en mi desarrollo, me ayudó en diferentes momentos de mi vida y a desarrollar mi pensamiento.

Leandro Torres

Agradecimientos

Agradezco a Dios por la salud, disciplina y fuerza que me ha dado en todos estos años de estudio.

A mis padres porque sin su apoyo y amor este logro habría sido mucho más difícil de conseguir.

A mis hermanas y mis sobrinas, que me daban momentos de alegría cuando tomaba mis ratos de descanso.

A mi cuñado el Ing. David León, quien fue el que me incentivó a seguir el maravilloso mundo de la ingeniería y, además, me ayudó con sus conocimientos para el ingreso a la ESPOL.

A mi amiga, ahora, la Ing. Samantha Alcívar, quien fue mi compañera de carrera y me ayudó a lo largo de mi vida universitaria con sus conocimientos.

Kevin Barreno

Agradecimientos

Primero agradecer a Dios, por darme la sabiduría que pude adquirir a lo largo de la carrera y ponerlo en práctica en este documento.

A mi madre por haberme influenciado a seguir estudiando, escoger mi carrera, haberme apoyado a lo largo de la tesis brindando asistencia y ayuda económica en todo lo que necesité.

A la ESPOL, universidad que me ha dado el privilegio de adquirir conocimientos avanzados para elaborar esta tesis.

Leandro Torres

Declaración Expresa

“Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; *Kevin Milton Barreno Mora* y *Leandro Joel Torres Cazar* damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual”



Kevin Milton Barreno
Mora



Leandro Joel Torres
Cazar

Evaluadores

Bryan Puruncajas, M.Sc.

Profesor de Materia

Jorge Hurel, Ph.D.

Tutor de proyecto

Resumen

La mejor herramienta para cortar paneles de melamina es la cortadora vertical por su seguridad, precisión, entre otras ventajas. No existe producción nacional de este producto, sin embargo, grandes industrias las importan. Las cortadoras verticales son grandes y pesadas, dificultando su transporte. Para los microempresarios, su adquisición es difícil debido al alto valor de estos equipos. Por lo que se propone un diseño de cortadora dirigido a microempresarios, que permita realizar cortes en paneles de melamina de manera automatizada.

Se utilizó Inventor para diseñar la estructura mecánica de la cortadora, y comprobar, mediante el análisis de elementos finitos, que el material seleccionado y el diseño de las piezas, sean adecuados. Para el diseño de control se utilizó un kit CNC y un controlador que permite manejar los movimientos de corte.

El diseño mecánico, se desarrolló exitosamente en inventor y se logró su implementación en cuanto a la soldadura. El diseño de software y control funcionó como se esperaba, los motores responden a las ordenes que el usuario envía por medio de la aplicación móvil. El proyecto concluye que sí es posible diseñar una cortadora vertical para paneles de melamina económicamente accesible, de fácil transporte y que realice cortes de manera automatizada.

Palabras Clave: madera, económico, portable, automatización, aplicación

Abstract

The best tool for cutting melamine panels is the vertical cutter due to its safety, precision, and other advantages. There is no domestic production of this product; however, large industries import them. Vertical cutters are large and heavy, making them difficult to transport. For micro-entrepreneurs, their acquisition is difficult due to the high value of this equipment. Therefore, we propose a cutting machine design aimed at micro-entrepreneurs, which allows cutting melamine panels in an automated way.

Inventor was used to design the mechanical structure of the cutter, and to verify, by means of finite element analysis, that the selected material and the design of the parts are adequate. For the control design, a CNC kit and a controller was used to manage the cutting movements.

The mechanical design was successfully developed in inventor and its implementation was achieved in terms of welding. The software and control design worked as expected, the motors respond to the commands sent by the user through the mobile application. The project concludes that it is possible to design a vertical cutter for melamine panels that is economically accessible, easy to transport and performs automated cuts.

Keywords: wood, economical, portable, automation.

Índice general

RESUMEN	I
ABSTRACT	II
ÍNDICE GENERAL	III
ABREVIATURAS	VI
SIMBOLOGÍA	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VIII
ÍNDICE DE TABLAS	X
ÍNDICE DE PLANOS	XI
1 CAPÍTULO 1	1
1.1 Introducción	2
1.2 Descripción del problema.....	3
1.3 Justificación del problema.....	4
1.4 Objetivos	5
1.4.1 Objetivo general.....	5
1.4.2 Objetivos específicos	5
1.5 Marco teórico	6
1.5.1 Industria de fabricación de modulares en Ecuador	6
1.5.2 Tecnologías de corte empleadas en paneles de madera	7
1.5.3 Cortadoras verticales vs cortadoras horizontales	9
1.5.4 Desventajas de las cortadoras verticales para paneles de madera tradicionales	10
1.5.5 Impacto comercial.....	11
1.5.6 Estado del arte.....	12
2 CAPÍTULO 2	13
2.1 Metodología	14

2.2	Proceso de diseño	14
2.3	Requerimientos y limitaciones del diseño.....	16
2.4	Selección de la alternativa de solución	16
2.5	Diseño conceptual	23
2.5.1	Ilustraciones del corte vertical	26
2.5.2	Ilustraciones del corte horizontal	27
2.6	Diseño mecánico	28
2.6.1	Componentes del diseño mecánico.....	28
2.6.2	Componentes mecánicos de la estructura de la cortadora	30
2.7	Diseño eléctrico.....	34
2.7.1	Componentes del diseño eléctrico	34
2.7.2	Conexiones del circuito principal	35
2.7.3	Diagrama esquemático del circuito de mando para control.....	36
2.7.4	Selección de dispositivos eléctricos.....	38
2.7.5	Cálculos para la selección de un disyuntor	39
2.7.6	Sistema de transmisión de potencia:	41
2.8	Diseño del sistema de control.....	43
2.8.1	Selección del controlador.....	44
2.8.2	Arquitectura de control	46
2.8.3	Aplicación móvil.....	48
2.8.4	Bloqueo de los movimientos de la sierra	50
3	CAPÍTULO 3	51
3.1	Resultados y análisis	52
3.2	Diseño mecánico	52
3.2.1	Sistema de corte	52

3.2.2	Base de la estructura	54
3.2.3	Cama	55
3.2.4	Diseño mecánico final.....	55
3.2.5	Análisis de elementos finitos	59
3.3	Resultados físicos.....	71
3.4	Conexiones del sistema de control.....	74
3.5	Interfaz de la aplicación	75
3.6	Prueba del funcionamiento de control de los motores	79
3.7	Análisis de costos.....	79
4	CAPÍTULO 4	80
4.1	Conclusiones	81
4.2	Recomendaciones.....	81
	Referencias.....	82
	Apéndices.....	87

Abreviaturas

ESPOL Escuela Superior Politécnica del Litoral

CNC Control numérico por computadora

Simbología

kg	Kilogramo
N	Newton
m	Metro
mm	Milímetro
V	Voltaje
W	Watts
ω	Velocidad angular
cm	Centímetros
A	Amperaje
σ	Resistencia a la flexión
τ	Torque
s	Segundos
RPM	Revoluciones por minuto

Índice de figuras

Figura 1.1 Paneles de melamina	6
Figura 1.2 Sierra circular	8
Figura 1.3 Sierra escuadradora P305	8
Figura 1.4 Seccionadora Vertical SVP 145 PLUS marca Putsch Meniconi.	9
Figura 1.5 Dimensiones de la cortadora vertical SVP 145 PLUS marca Putsch Meniconi	10
Figura 2.1 Metodología de diseño	14
Figura 2.2 Alternativa 1 de solución.....	17
Figura 2.3 Alternativa 2 de solución.....	19
Figura 2.4 Alternativa 3 de solución.....	20
Figura 2.5 Diseño conceptual	24
Figura 2.6 Vista en perspectiva.	24
Figura 2.7 Vista lateral.	25
Figura 2.8 Corte vertical (posición inicial de la base móvil: arriba).	26
Figura 2.9 Corte vertical (posición final de la base móvil: abajo).	26
Figura 2.10 Corte horizontal (posición de la base móvil: izquierda).....	27
Figura 2.11 Corte horizontal (posición de la base móvil: derecha)	27
Figura 2.12 Tubo cuadrado.	31
Figura 2.13 Plancha de acero negro	31
Figura 2.14 Perfil estructural, correa “G”	32
Figura 2.15 Perfil estructural, ángulo	32
Figura 2.16 Polea para el sistema de transmisión	33
Figura 2.17 Conexión de alimentación principal	35
Figura 2.18 Diagrama esquemático del control	36
Figura 2.19 Representación de cadena en el sistema de corte	41
Figura 2.20 Base superior de la base móvil	42
Figura 2.21 Movimiento horizontal de la base móvil	42
Figura 2.22 Entrada y salida del sistema de control	47
Figura 2.23 Diagrama de entrada y salida del controlador	47
Figura 2.24 Boceto de pantalla de la búsqueda de bluetooth y del modo horizontal de la aplicación móvil	48
Figura 2.25 Boceto de pantalla del modo vertical de la aplicación móvil.....	48
Figura 2.26 Posiciones de los finales de carrera.....	50
Figura 3.1 Componentes del sistema de corte: (1) Rodamientos de bolas de movimiento lineal, (2) ruedas en V, (3) piñones, (4) lámina de acrílico, (5) barras de acero cromado, (6) ángulo de 90°	53
Figura 3.2 Ruedas en V sobre ángulo de 90°	53
Figura 3.3 Base de la estructura	54
Figura 3.4 Cama de la estructura	55
Figura 3.5 Vista en perspectiva del diseño final de la estructura	56
Figura 3.6 Vista Lateral del diseño final de la estructura.....	57
Figura 3.7 Base móvil	57
Figura 3.8 Vista superior frontal en perspectiva de la estructura de corte	58
Figura 3.9 Vista superior trasera en perspectiva de la estructura de corte.....	58

Figura 3.10 Vista inferior frontal en perspectiva de la base móvil	59
Figura 3.11 Rieles de acero cromado	60
Figura 3.12 Diagrama de cuerpo libre de la barra de acero cromado	61
Figura 3.13 Colocación del componente de la fuerza sobre uno de los rieles.....	64
Figura 3.14 Configuración de barra de colores.	65
Figura 3.15 Diagrama de cuerpo libre de la placa inferior	66
Figura 3.16 Simulación de carga de 193.02 N en la placa inferior.....	66
Figura 3.17 Análisis del elemento finito de los tubos que se conectan a la rueda	67
Figura 3.18 Simulación de carga de 200 N sobre el tubo de la base	67
Figura 3.19 Vista lateral del acrílico, diagrama de cuerpo libre	68
Figura 3.20 Simulación de la carga que soporta el acrílico.....	69
Figura 3.21 Vista lateral del ángulo, diagrama de cuerpo libre.....	70
Figura 3.22 Simulación de la carga que soporta el ángulo	70
Figura 3.23 Placas de acero negro del sistema móvil.....	72
Figura 3.24 Rodamiento con sistema de ojo chino para regular el ángulo de los rieles.....	72
Figura 3.25 Ojos chinos del sistema móvil.	73
Figura 3.26 Implementación de la estructura de la cortadora vertical de melamina	74
Figura 3.27 Conexiones del sistema de control, desde Arduino hasta los motores	74
Figura 3.28 Interfaz de la aplicación (modo libre) que controla los movimientos de cortes verticales....	76
Figura 3.29 Interfaz de la aplicación (modo libre) que controla los movimientos de cortes horizontales.	76
Figura 3.30 Interfaz de la aplicación (modo distancia) que controla los movimientos de cortes verticales	77
Figura 3.31 Interfaz de la aplicación (modo distancia) que controla los movimientos de cortes horizontales	78
Figura 3.32 QR para ver el video del funcionamiento de la aplicación.....	79

Índice de tablas

Tabla 1.1	Especificaciones técnicas de la seccionadora vertical SVP 145 Plus, marca Meniconi Putsch. .	10
Tabla 2.1	Requerimientos y limitaciones del diseño	16
Tabla 2.2	Criterios de selección.....	22
Tabla 2.3	Matriz de conclusiones	23
Tabla 2.4	Componentes establecidos por el cliente.....	28
Tabla 2.5	Componentes establecidos por el cliente.....	34
Tabla 2.6	Componentes establecidos por el cliente.....	43
Tabla 2.7	Criterios de selección.....	45
Tabla 2.8	Matriz de conclusión	46
Tabla 3.1	Análisis de tensión de los rieles, resultados obtenidos de Autodesk Inventor	64
Tabla 3.2	Informe de los resultados de inventor del acrílico	69
Tabla 3.3	Características del material simulado.....	71
Tabla 3.4	Rubros	79

ÍNDICE DE PLANOS

PLANO 1	Renderizado cortadora vertical
PLANO 2	Partes de la base de la estructura
PLANO 3	Base de la estructura, vista explosionada
PLANO 4	Dimensiones de la base de la estructura
PLANO 5	Cama, plano conjunto
PLANO 6	Cama, vista explosionada
PLANO 7	Dimensiones de la cama de la cortadora vertical
PLANO 8	Diseño mecánico completo
PLANO 9	Partes del sistema de corte
PLANO 10	Sistema de corte, vista explosionada
PLANO 11	Ojo chino
PLANO 12	Dimensiones del ensamble de la parte superior del sistema de corte

CAPÍTULO 1

1.1 Introducción

Ecuador y ciertos países de América del sur tienen industrias pequeñas, medianas y grandes que comercializan planchas de madera o realizan servicios de corte, como EDIMCA [5]. Este tipo de empresas utilizan cortadoras, las cuales sirven para reducir el tamaño de las grandes planchas de madera mediante cortes, y así poder comercializar pequeñas piezas, las que son componentes con tamaños adecuados para la fabricación de productos como anaqueles de cocina, modulares, etc. [1].

Existen cortadoras de paneles, por ejemplo: sierras circulares, sierras de mesa y cortadoras verticales, siendo estas últimas las que permiten realizar cortes más precisos. Actualmente, en el mercado ecuatoriano están disponibles cortadoras verticales de paneles de madera, de marcas como HOLZER o PUTSCH (ambas marcas originarias de Alemania) distribuidas por proveedores de maquinaria para la madera; es decir, no existe una producción nacional de esta maquinaria, ya que las existentes son importadas [2].

Las seccionadoras verticales desempeñan un papel importante en la industria de fabricación de modulares, pues son unas de las mejores máquinas para realizar cortes con una gran facilidad y, sobre todo, precisión; a razón de esto, son la maquinaria de elección para el área de construcción de muebles [3].

Debido al papel fundamental que tienen estas máquinas en las industrias de fabricación de modulares, este proyecto busca diseñar una cortadora vertical de bajo costo y de fácil transporte, con el propósito de lograr el crecimiento de las microempresas, fomentando la producción nacional.

1.2 Descripción del problema

Las seccionadoras verticales son las más adecuadas para realizar cortes en planchas de madera, por diferentes razones como: la seguridad, su buena precisión y adaptabilidad a diferentes tamaños, entre otras ventajas [3]. Sin embargo, presentan ciertas problemáticas, la primera y más importante es su costo, pues es muy elevado, sin considerar el precio de importación y/o transporte. Vendedores en Ecuador, disponen de cortadoras verticales de dos diferentes marcas, HOLZ-HER en 16000 USD y PUTSCH en 18000 USD ambas de segunda mano, y nuevas tienen un precio aproximado de 34000 o 36000 USD.

La segunda problemática es la dificultad para ser transportada debido a su peso, este equipo de corte tiene un peso aproximado de 750 - 1500 kg [4,14]; además, trasladarlos de una provincia a otra, tiene un valor aproximado de 800 USD, según las investigaciones realizadas sobre los pocos proveedores de esta maquinaria.

Ecuador no cuenta con una producción local de estas cortadoras verticales, por lo que, empresas como EDIMCA, no tienen la opción de comprar esta maquinaria a un fabricante nacional, ni tampoco disponen de otra alternativa que adquirir una cortadora vertical extranjera. En cambio, para las microempresas no es posible adquirirlas debido a los elevados precios [5].

1.3 Justificación del problema

En la industria de la fabricación de modulares existen algunos equipos, herramientas de corte y maquinarias, que son importantes para la fabricación de productos de madera. Como principal objeto de estudio, este proyecto se centra en el análisis de las cortadoras verticales de paneles de madera, las cuales, como ya se ha mencionado, realizan cortes con buena precisión y de alta calidad [3].

Debido a las desventajas de las cortadoras mencionadas en la sección 1.2, a las pequeñas industrias de fabricación de modulares, se les complica obtener una de estas, debido a que no tienen mucho espacio en sus talleres, o tienen poco capital para invertir en estas costosas seccionadoras verticales; en consecuencia, existe una necesidad inevitable de desarrollar una maquinaria de corte vertical que sea económicamente accesible y fácil de transportar, de esta manera, las microempresas lograrían acceder a herramientas de corte eficientes, sin la necesidad de realizar una gran inversión, aumentando el mercado de seccionadoras verticales y la industrialización de ellas en el país.

Por lo tanto, este proyecto busca solucionar esta problemática, diseñando una cortadora vertical más accesible y con mejor movilidad, que pueda ser utilizada por pequeñas industrias que no cuentan con el capital para adquirirlas.

1.4 Objetivos

1.4.1 *Objetivo general*

- Diseñar una cortadora vertical para paneles de madera de 2438 x 1219 mm y 20 mm de espesor, que sea económicamente accesible y de fácil movilidad, mediante la implementación de materiales de bajo costo, dirigido a las pequeñas industrias de fabricación de modulares.

1.4.2 *Objetivos específicos*

- Prototipar un sistema mecatrónico que permita la movilidad de una sierra circular orientada a la realización de cortes verticales y horizontales en paneles de madera, mediante el uso de motores para la automatización de su movimiento.
- Desarrollar una estructura que soporte paneles de madera con bajos costos de producción, utilizando materiales ligeros, para facilitar el transporte de la cortadora en talleres que tengan poco espacio.
- Diseñar un sistema de limpieza, utilizando una aspiradora, para que recoja los residuos generados con el corte de la madera.

1.5 Marco teórico

1.5.1 Industria de fabricación de modulares en Ecuador

Esta industria tiene ciertas necesidades que deben ser consideradas para que tengan un buen crecimiento:

- Materia prima: Es importante que estas empresas tengan acceso a materias primas de buena calidad, como los diferentes tipos de madera, paneles de melamina (Figura 1.1), y otros materiales que se emplean en la fabricación de modulares o muebles de cocina. Por lo tanto, es necesario tener proveedores de materia prima para elaborar productos de calidad [6].

Figura 1.1

Paneles de melamina [7]



- Acceso a herramientas y maquinaria: Se necesita tener un amplio catálogo de herramientas y maquinarias para elaborar productos de carpintería, lo cual incluye sierras, cortadoras, lijadoras, tornos, cepilladoras, y otras herramientas especializadas que le permitan, a los fabricantes, trabajar en las diferentes necesidades de estos procesos [8].

- Capacitación del personal: Es necesaria la capacitación del personal en el desarrollo de productos de madera, lo que implica que tengan conocimientos sobre técnicas de carpintería, operar máquinas, diseño de acabados de los modulares, etc [8].

1.5.2 Tecnologías de corte empleadas en paneles de madera

Se utilizan diferentes tecnologías para realizar cortes en paneles de madera, estas herramientas son elementos clave para las industrias de fabricación de modulares. Entre las tecnologías que se usan para esta actividad, destacan:

- Sierra de mesa: Realiza cortes de alta precisión en paneles de madera, el operario puede ajustar la altura y el ángulo según sus necesidades. Una de las desventajas de este tipo de sierra es que al usarlas producen bastante ruido y tienen un alto precio [9]. En Ecuador se las puede adquirir aproximadamente por 300 USD [10].
- Sierra circular: Es una herramienta muy utilizada, ya que puede efectuar cortes curvos y rectos de una forma rápida, es útil para el corte longitudinal de paneles [11]. Tiene un motor eléctrico que hace girar una hoja circular a grandes velocidades, lo que permite realizar cualquier tipo de corte [12]. En la Figura 1.2 se puede observar un ejemplo de sierra circular, en este caso de marca Bosch.

Figura 1.2
Sierra circular [13]



- Cortadora horizontal: También conocidas como “escuadradoras” (observar Figura 1.3), son una alternativa de maquinaria análoga a las cortadoras verticales. El ajuste es fácil y puede ayudar a ahorrar tiempo. La guía utilizada para realizar el corte transversal es estable y permite hacer cortes precisos [23].

Figura 1.3
Sierra escuadradora P305 [24]



- Cortadora vertical: Tiene una hoja de sierra vertical que se traslada de forma descendente, permitiendo así el corte del material. Al poder realizar cortes en las grandes planchas de madera y generar piezas pequeñas, estas se pueden emplear en la industria de fabricación de modulares como anaqueles de cocina, closets, etc. Otra característica importante es su facilidad para realizar cortes en diferentes materiales, por ejemplo, madera maciza, madera

contrachapada, MDF, PVC, placa ignífuga y placa de aluminio puro [14]. En la Figura 1.4 se observa uno de los tipos de cortadoras verticales que existen.

Figura 1.4

Seccionadora Vertical SVP 145 PLUS marca Putsch Meniconi [15]



Una de las ventajas de este tipo de maquinaria, como la cortadora SVP 133, es su eficiencia, ya que permite efectuar cortes en grandes cantidades, reduciendo la carga física del operario, lo cual aumenta la productividad de la empresa al generar más piezas de madera [17].

1.5.3 Cortadoras verticales vs cortadoras horizontales

El área que ocupan las escuadradoras en el suelo del taller es mayor que el de las cortadoras verticales. La ubicación de esta escuadradora no debe estar cerca de paredes u otras maquinarias, ya que cuando el operario realiza el movimiento de corte, necesita espacio para poder moverse libremente (como se puede observar en la Figura 1.3), el operador debe caminar de un extremo a otro para poder efectuar el corte, en comparación con las cortadoras verticales en donde sólo para hacer cortes horizontales el operador debe caminar de un lado a otro.

En la Tabla 1.1 se muestran ciertas características sobre un modelo de cortadoras vertical.

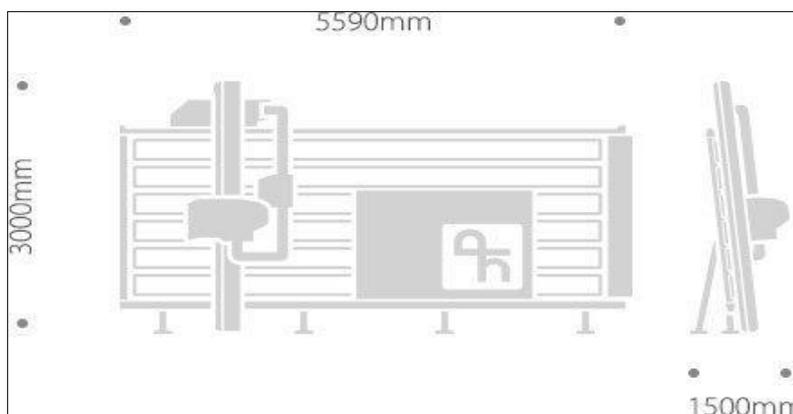
Tabla 1.1

Especificaciones técnicas de la seccionadora vertical SVP 145 Plus, marca Meniconi Putsch [15]

Especificaciones técnicas de la Seccionadora Vertical SVP 145 PLUS	
Potencia del motor	5HP
Rev. de la hoja	5300 rpm
Diámetro de la hoja	250 mm
Soportes y rueda	Aluminio, recubiertos de polizeno
Parrilla móvil	Manual
Máximo largo de corte horizontal	4200 mm
Máxima altura de corte horizontal	2080 mm
Máxima altura de corte vertical	2200 mm
Diámetro de hoja incisor	70 mm
Máximo grueso de corte	60 mm
Potencia motor grupo incisor a cuchillas	(No aplica)
Motor independiente del grupo incisor.	(No aplica)

Figura 1.5

Dimensiones de la cortadora vertical SVP 145 PLUS marca Putsch Meniconi [15]



1.5.4 Desventajas de las cortadoras verticales para paneles de madera tradicionales

A pesar de los grandes beneficios que ofrecen las cortadoras verticales para paneles de madera, también presentan ciertas desventajas:

- ✓ Precio alto: El precio de las cortadoras nuevas en el extranjero tienen un valor aproximado de 15000 USD [18]. En Ecuador hay disponibilidad sumamente

limitada, existen vendedores, que ofrecen estas máquinas usadas entre 11000 USD a 18000 USD, y nuevas entre 34000 USD a 36000 USD [19]. Debido al alto precio es muy complicado que las microempresas, que cuentan con poco capital, puedan realizar una inversión en esta maquinaria.

- ✓ Tamaño y peso: Estas seccionadoras son grandes (ver Figura 1.5), pesadas y ocupan mucho espacio, lo cual representa un problema para las industrias pequeñas, debido al costo de envío hacia las diferentes provincias del Ecuador.

1.5.5 Impacto comercial

La creación de una cortadora vertical para paneles de madera, que sea económica y de fácil transporte, generaría diferentes impactos comerciales, como los siguientes:

- Accesibilidad para emprendedores: Sería más fácil que los microempresarios puedan adquirir una cortadora de bajo costo, de esta manera, la capacidad de producción aumentaría.
- Desarrollo de nuevas oportunidades de negocio: Los emprendedores y/o las empresas pequeñas tendrían mayor accesibilidad a esta cortadora vertical, se podrían generar fuentes de negocio, por ejemplo: cortar de manera personalizada las planchas de melamina o también el alquiler de cortadoras para otros talleres o usuarios ocasionales.
- Aumento de demanda de cortadoras en la industria de modulares y muebles: Los microempresarios que antes no podían obtener este tipo de cortadoras por su alto precio, ahora tendrían acceso a una opción asequible y portátil, por lo tanto, el número de compradores aumentaría.
- Fomentar la producción nacional en Ecuador: Como se mencionó, las pocas empresas o vendedores de estas cortadoras en Ecuador son limitadas y extranjeras; es decir, en el país

no hay ninguna empresa que las fabrique, de esta forma, se fomentaría la producción nacional.

1.5.6 Estado del arte

En Ecuador no se ha encontrado información de ninguna fábrica o medio de producción que industrialice este tipo de cortadora, sin embargo, hay empresas proveedoras de materia prima que las utilizan, como la empresa EDIMCA [23].

El origen de las cortadoras verticales y su funcionamiento se derivan de su principal herramienta conocida como sierra. Actualmente, existen diferentes diseños en el mercado, pero todas cumplen con tener una estructura vertical [18].

El funcionamiento de este tipo de mecanismo de corte consiste en realizar un movimiento vertical para efectuar un corte preciso sobre los paneles de diferentes tipos de materiales como la madera, plástico, aluminio y, principalmente, melamina [20].

Analizando el mercado de estas seccionadoras verticales, se observa que cuentan con una técnica muy avanzada para facilitar al operador con el movimiento del corte. Sin embargo, estas tecnologías no son tan necesarias para realizar un corte recto simple. Como ya se ha mencionado, el precio puede rondar los 30000 USD, no obstante, se podrían reducir los gastos en la fabricación utilizando componentes más económicos, por ejemplo, empleando motores sencillos para el movimiento de la sierra. Este tipo de análisis posibilita pensar en la creación de una cortadora vertical con un valor de coste relativamente bajo en comparación con las actuales en el mercado, fomentando la producción nacional [22].

CAPÍTULO 2

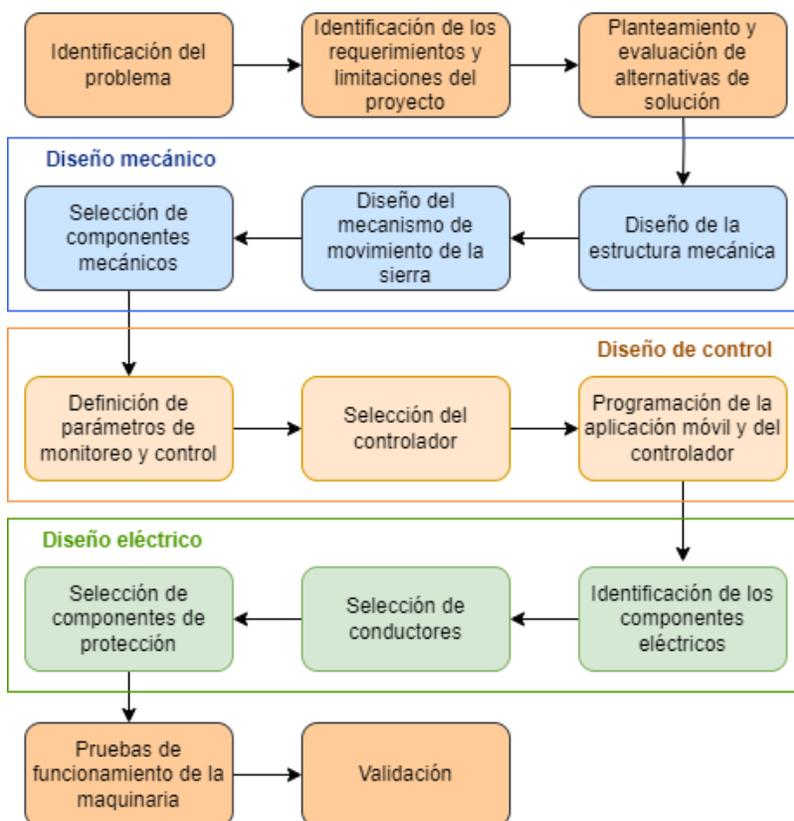
2.1 Metodología

En esta sección se explica el procedimiento utilizado para cumplir con los objetivos del proyecto. Se da a conocer cada etapa del diseño, se identifican las exigencias del sistema a base de los requerimientos del cliente y, por último, se detalla la selección de elementos mecánicos, eléctricos y de control que permitan obtener el diseño planteado.

2.2 Proceso de diseño

El proyecto atravesó algunas etapas, en las cuales se desarrolló cada aspecto de su diseño sin descuidar los requerimientos del cliente. En la Figura 2.1 se puede observar la metodología utilizada para el desarrollo del proyecto.

Figura 2.1
Metodología de diseño



La metodología de diseño empezó identificando la problemática, detallada en el Capítulo 1. Posteriormente en reuniones con el cliente se establecieron los requerimientos y limitaciones del proyecto los cuales se detallan en la sección 2.3. Para el diseño mecánico primero se analiza el tipo de estructura mecánica, luego se define el movimiento de la sierra y cómo se traslada de un punto a otro; por último, se realizó la selección de los materiales para construir la estructura.

En el diseño de control se definen los parámetros de movimientos, velocidad y distancia que va a recorrer el sistema móvil (de manera vertical como horizontal). Luego se realizó una selección de controlador, debido a que, el que propuso el cliente tiene muchas limitaciones (ver sección 2.8.1), después, se programó el controlador para realizar los movimientos a los motores, y luego se realizó la programación de la aplicación móvil, que sirve para que el usuario controle los movimientos de la sierra circular.

En la parte eléctrica, primero se identificaron todos los componentes eléctricos que se utilizan, los principales son: la sierra circular, la aspiradora y la fuente de poder, los cuales funcionan con corriente alterna. La fuente alimenta a un circuito de corriente continua, este circuito es el sistema encargado para el movimiento del sistema móvil. Se analizaron los tipos de conductores, de diferentes calibres dependiendo del amperaje utilizado en cada malla, tanto para la sección de corriente alterna como la parte de corriente continua. Para proteger al sistema eléctrico se utiliza un disyuntor, que es un componente que evita sobrecargas; y para la seguridad del usuario se utiliza un botón de emergencia.

2.3 Requerimientos y limitaciones del diseño

En la Tabla 2.1 se detallan los requerimientos y limitaciones que el cliente especificó para el desarrollo de la cortadora vertical:

Tabla 2.1
Requerimientos y limitaciones del diseño

Funcionalidad	<ul style="list-style-type: none"> • La cortadora puede realizar cortes precisos tanto verticales como horizontales. • El usuario puede operar con facilidad al sistema, garantizando una experiencia intuitiva y sencilla. • La estructura puede ser transportada con facilidad. • La maquinaria cuenta con un sistema de aspirado de residuos de madera.
Autonomía	<ul style="list-style-type: none"> • Los cortes se realizan de manera automatizada, sin intervención directa del operador.
Costos	<ul style="list-style-type: none"> • El costo de la producción total no debe superar los 2000 USD.
Tamaño	<ul style="list-style-type: none"> • Las dimensiones máximas de los paneles permitidos son de 2438 x 1219 mm y con un espesor de 20 mm. • El ancho máximo de la cortadora vertical no debe superar los 3 metros.

2.4 Selección de la alternativa de solución

Después de conocer los requerimientos y limitaciones del proyecto, se plantean y analizan 3 alternativas de solución. Cada una busca cumplir con los objetivos planteados en el Capítulo 1:

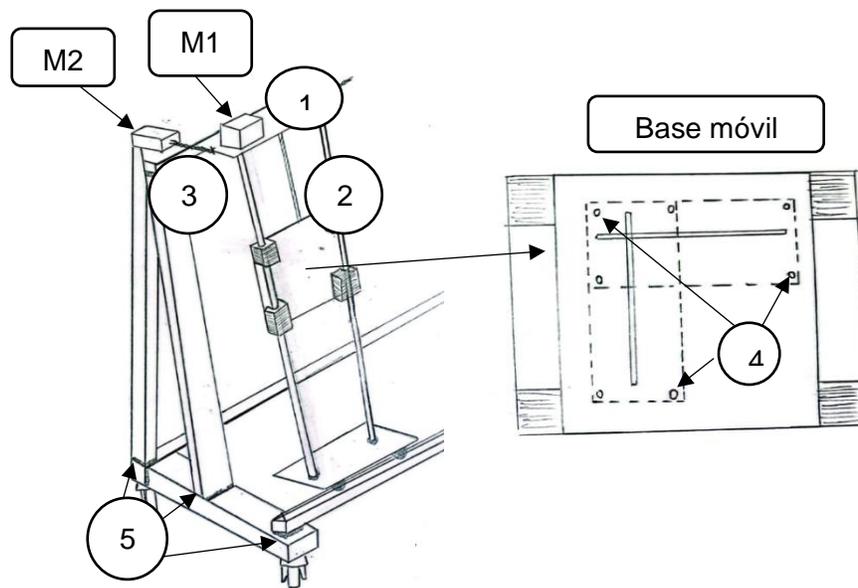
Alternativa 1

- ✓ Emplear dos motores para el movimiento automático de la sierra, un motor (M1) que mueva la sierra de arriba hacia abajo, y otro motor (M2) que ayude a realizar los cortes horizontales.
- ✓ El operador debe cambiar la orientación de la sierra manualmente para que haga los cortes horizontales o verticales según corresponda.

- ✓ Considerar una estructura desmontable la cual cuente con un sistema de movilidad basado en ruedas, permitiendo cambiar de fijo a móvil cuando se desee transportar la maquinaria.
- ✓ Diseño y material de la estructura donde va a estar apoyada la madera, que sea de acero para que resista el peso de los paneles.

La Figura 2.2 muestra un boceto de la alternativa 1 de solución.

Figura 2.2
Alternativa 1 de solución



En el motor M1 se incrusta un piñón (referencia 1) que rotará junto al motor, el piñón estaría en contacto con una cadena y esta a su vez a la base móvil (referencia 2).

En el motor M2 también se encuentra incrustado un piñón el cual, por medio de una cadena, hala a la placa que sostiene al sistema móvil permitiendo que este se mueva de izquierda a derecha (referencia 3).

El cambio de orientación de la sierra, la haría el operario manualmente, si la sierra se encuentra vertical y se desea hacer el cambio a horizontal, se desconecta y se la gira (hasta colocarla en posición horizontal). Para volver a conectarla, la conexión sería posible gracias a los orificios (referencia 4) que se observan en el tablero. En estos orificios se colocarían los pernos incrustados para sostener la sierra.

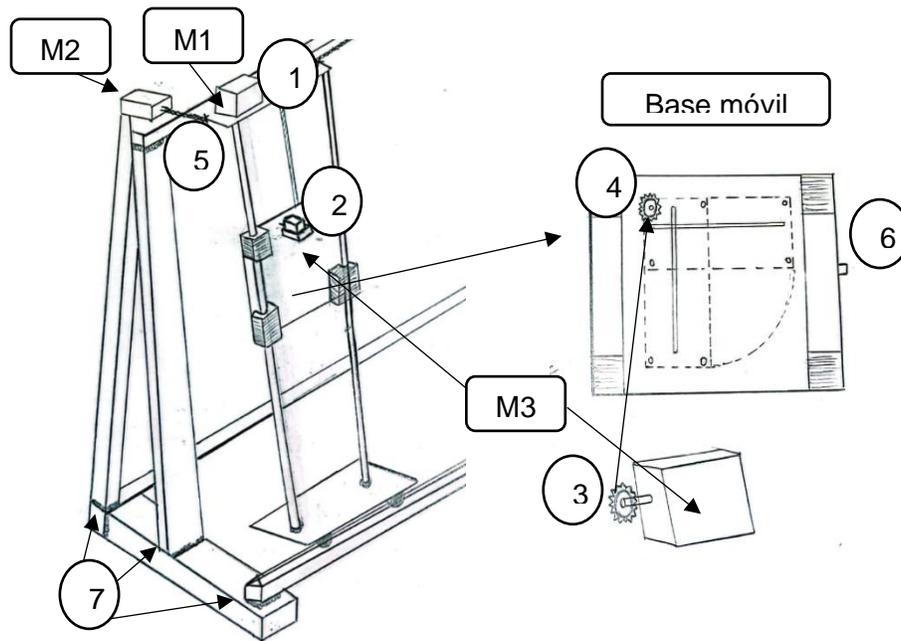
La estructura tendrá partes soldadas (referencia 5), también habrá partes que estén unidas mediante pernos para poder desmontarlas, en el caso de que el usuario quiera movilizar la maquinaria de un taller a otro.

Alternativa 2

- ✓ Emplear tres motores para el movimiento de la sierra, un motor (M1) que mueva la sierra de arriba hacia abajo, otro motor (M2) que ayude a realizar los cortes horizontales, y el tercer motor (M3) que se encargue de girar la sierra para que ejecute los cortes horizontales o verticales según corresponda.
- ✓ Considerar una estructura de soporte que sea soldada totalmente para garantizar su estabilidad.
- ✓ Con el fin de conocer cuántos milímetros han sido cortados, utilizar una cámara que sea capaz de detectar la medición de corte.

La Figura 2.3 muestra un boceto de la alternativa 2 de solución.

Figura 2.3
Alternativa 2 de solución



En el motor M1 se incrusta un piñón (referencia 1) que rotará junto al motor, el piñón estaría en contacto con una cadena y esta a su vez a la base móvil (referencia 2). En la base móvil se encuentra el motor M3, en su eje estará incrustado una especie de engranaje (referencia 3) para que se embone al orificio ubicado en la base móvil (referencia 4), de tal manera que cuando el motor M3 gire, también girará la base móvil, permitiendo el giro de la sierra para los cortes verticales u horizontales según corresponda. En el motor M2 también se encuentra incrustado un piñón el cual, por medio de una cadena, hala a la placa que sostiene al sistema móvil permitiendo que este se mueva de izquierda a derecha (referencia 5).

En esta alternativa se utiliza una cámara para detectar la medición de corte, su ubicación estaría en la referencia 6.

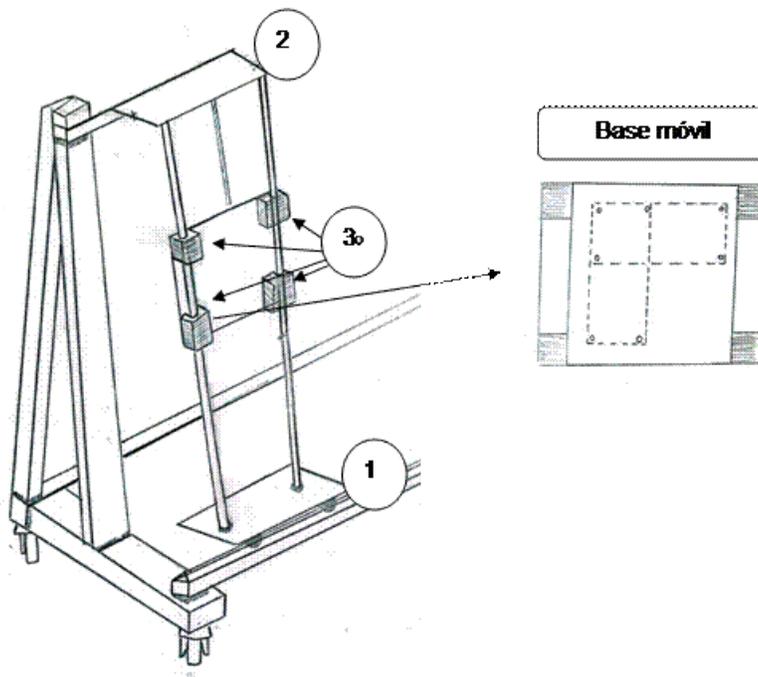
En la referencia 7 se simboliza que la estructura en su totalidad está diseñada para que no sea desarmable, es decir, sería 100% unida por soldadura.

Alternativa 3

- ✓ No emplear ningún motor para el movimiento de la sierra, los cortes verticales, horizontales, y el cambio de orientación de la sierra, la haría el operario manualmente, reduciendo así considerablemente el costo de la cortadora vertical.
- ✓ Ayudar al operador mediante rodamientos en los rieles de la sierra, reduciendo así el nivel de esfuerzo del operador que emplea para mover la sierra o los paneles.

La Figura 2.4 muestra un boceto de la alternativa 3 de solución.

Figura 2.4
Alternativa 3 de solución



Para los movimientos horizontales, el usuario empuja manualmente a la base móvil con ayuda de rodamientos que se encuentran abajo (referencia 1) y arriba (referencia 2) del sistema móvil, y para los movimientos verticales habrá 4 rodamientos (referencia 3) que permitan que la base móvil suba y baje con facilidad.

El cambio de orientación de la sierra lo haría el usuario manualmente, si la sierra se encuentra vertical y se desea hacer el cambio a horizontal, se desconecta y se la gira para volver a conectarla, la conexión sería posible gracias a los orificios (referencia) que se ven en el tablero.

Se analizaron las alternativas en función de los criterios más importantes para el diseño de la estructura de la cortadora, a continuación, se describe cada criterio:

- **Estructura:** Armable y de fácil transporte, que cualquier persona cuente con la facilidad de armar, desarmar o movilizar la estructura.
- **Capacidad:** El tamaño máximo del panel de madera permitido. El ancho máximo de la cortadora.
- **Automatización:** Los cortes verticales y horizontales se realizan sin intervención directa del usuario.
- **Grado de innovación:** Que tan llamativo resulta la estructura para las pequeñas industrias madereras.
- **Costos:** La producción total debe ser menor que 2000 USD.

El criterio más importante para considerar en este análisis era “costos”, ya que la mayor problemática que resuelve este proyecto es el precio de las cortadoras verticales, por lo tanto, la alternativa a considerar debe ser la que menos presupuesto requiera. El siguiente criterio analizado fue la “estructura”, debido a que la segunda problemática a solucionar es la facilidad de transportar esta maquinaria de un lugar a otro. Posteriormente se consideró el criterio “automatización”, ya que una de las solicitudes del cliente era que los cortes verticales y horizontales sean automatizados. En el penúltimo criterio se estableció la “capacidad”, el cliente requiere de una cortadora cuya capacidad máxima de paneles de madera a cortar sea de 2438 x 1219 mm. Por último, se consideró el “grado de innovación”, este criterio indica que tan innovador o llamativo

es el diseño de la estructura para los usuarios. En la Tabla 2.2 se muestra el análisis de los criterios considerados para la selección de la alternativa de solución.

Tabla 2.2
Criterios de selección

Criterio	Estructura	Capacidad	Automatización	Grado de innovación	Costos	$\Sigma+1$	Ponderación
Estructura	x	1	1	1	0	4	0.26667
Capacidad	0	x	0	1	0	2	0.13333
Automatización	0	1	x	1	0	3	0.2
Grado de innovación	0	0	0	x	0	1	0.06667
Costos	1	1	1	1	x	5	0.33333
					Suma	15	1

Costos > Estructura > Automatización > Capacidad > Grado de innovación

Se evaluaron las alternativas propuestas según los criterios mencionados. Después de que se realizó el análisis de las diferentes opciones, la alternativa seleccionada fue la número 1, ya que esta opción permite cumplir con los objetivos planteados (una cortadora más económica y de fácil transporte). Además, el diseño permitirá que la cortadora se pueda armar y desarmar con facilidad para su movilidad. En la Tabla 2.3 se evidencian los resultados de la evaluación de cada alternativa.

Tabla 2.3
Matriz de conclusiones

Criterio	Estructura	Capacidad	Automatización	Grado de innovación	Costos	$\Sigma+1$	Prioridad
Alternativa 1	0.13	0.04329	0.0666	0.02331	0.10989	0.37309	1
Alternativa 2	0.08658	0.04329	0.1	0.035	0.05511	0.31998	2
Alternativa 3	0.04342	0.04329	0.0334	0.01169	0.165	0.2968	3

2.5 Diseño conceptual

La función de la seccionadora vertical es, mediante una sierra circular, cortar paneles de madera de un tamaño máximo de 2438 x 1219 mm. La sierra circular estará colocada sobre una base móvil la cual, con ayuda de dos rieles, se deslizará de arriba hacia abajo y con ayuda de un ángulo (donde rodarán unas ruedas en V) de lado a lado, realizando cortes verticales y horizontales a través del panel de madera.

Se bosquejaron algunas ideas para el diseño de la estructura mecánica (logrando cumplir los requerimientos del cliente), se obtiene el diseño mecánico mostrado en la Figura 2.5.

Figura 2.5
Diseño conceptual.

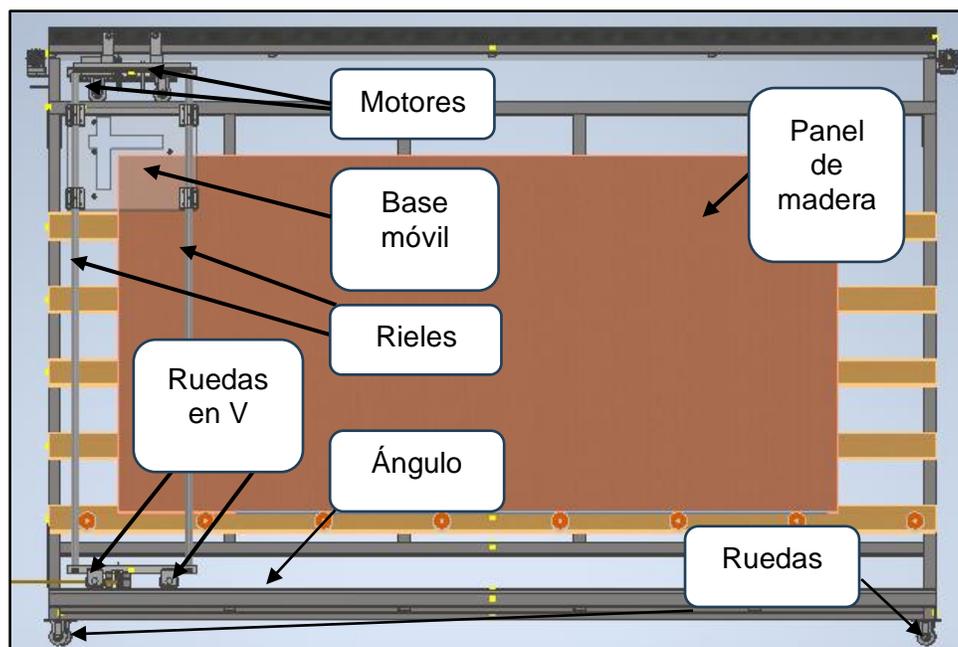


Figura 2.6
Vista en perspectiva.

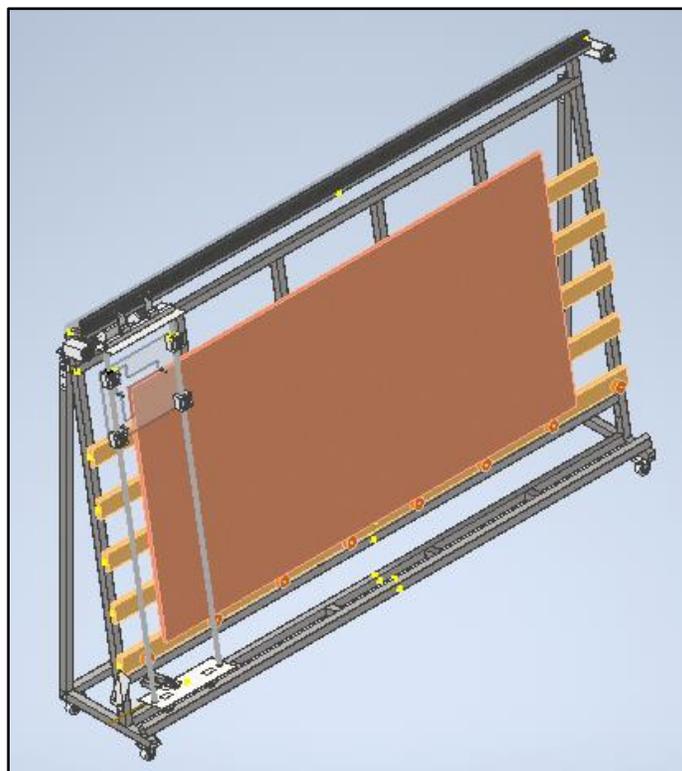
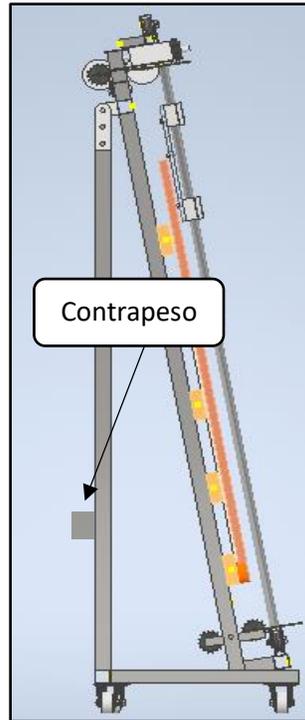


Figura 2.7
Vista lateral.



En la Figura 2.6 se muestra la vista desde otra perspectiva del boceto de la cortadora y en la Figura 2.7 se observa el contrapeso, cuya función es permitir que la base móvil se encuentre en equilibrio, para que esta no se vea afectada por la gravedad. El contrapeso ayudará a minimizar la fuerza requerida del motor para subir a la base móvil, a través de los rieles.

2.5.1 Ilustraciones del corte vertical

Las Figuras 2.8 y 2.9, muestran cómo la sierra realiza los cortes de arriba hacia abajo.

Figura 2.8

Corte vertical (posición inicial de la base móvil: arriba).

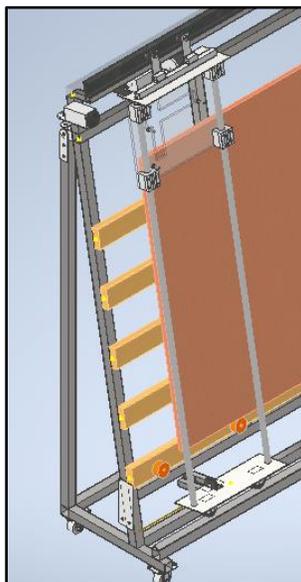
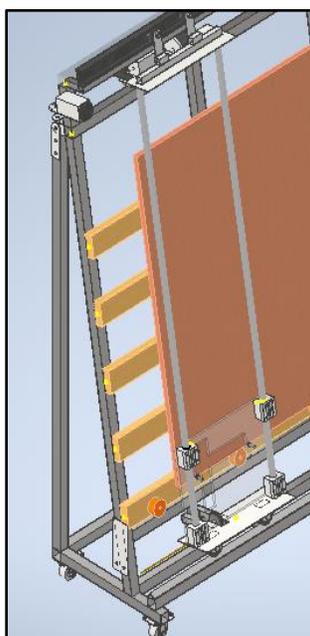


Figura 2.9

Corte vertical (posición final de la base móvil: abajo).



2.5.2 Ilustraciones del corte horizontal

Se puede observar cómo se lleva a cabo el movimiento horizontal, el movimiento empieza desde la parte izquierda (Figura 2.10) y termina en la parte derecha (Figura 2.11).

Figura 2.10

Corte horizontal (posición de la base móvil: izquierda)

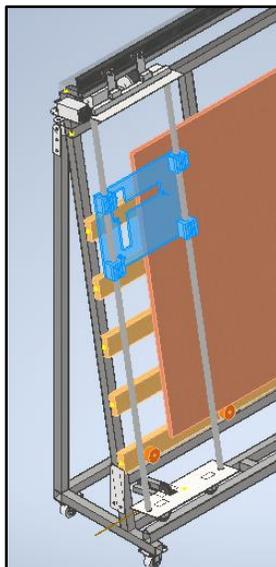
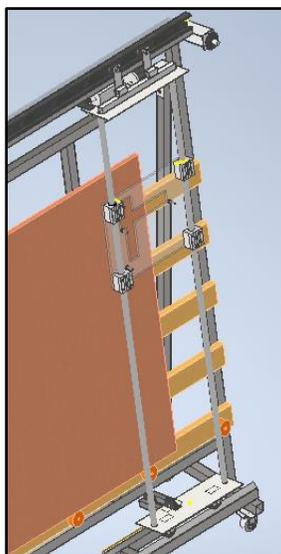


Figura 2.11

Corte horizontal (posición de la base móvil: derecha)

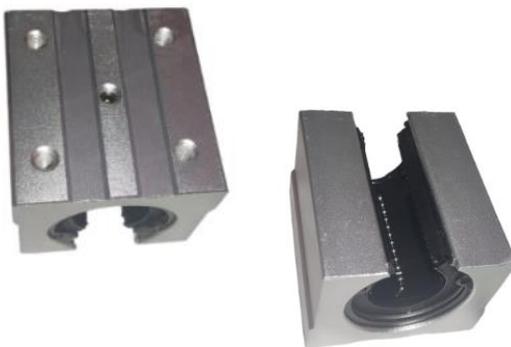


2.6 Diseño mecánico

2.6.1 Componentes del diseño mecánico

Para iniciar con el diseño mecánico de la cortadora vertical se consideraron limitaciones acerca de ciertos componentes ya que el cliente proporcionó algunos, los cuales se pueden observar en la Tabla 2.4:

Tabla 2.4
Componentes establecidos por el cliente

Componente	Imagen
<p><u>Rodamientos de bolas de movimiento lineal:</u></p> <p>Van colocados en cada extremo de la base móvil para que esta pueda subir y bajar a través de barras de acero cromado de 25 mm de diámetro.</p>	
<p><u>Ruedas en V:</u> Son las ruedas inferiores de la estructura de corte que permitirán que la base móvil se mueva de lado a lado. Las ruedas estarán en contacto sobre un ángulo de acero negro, el cual permite los movimientos laterales.</p>	

Rodamientos aéreos: Tienen la misma función que las ruedas en v, están ubicadas en la parte superior de la estructura de corte. Harán su movimiento a través de una correa en G ubicada horizontalmente a lo largo de la cortadora.



Piñones: Los piñones están incrustados en los motores, por lo tanto, cuando los motores giran, los piñones también lo harán.



Cadenas: Las cadenas están colocadas en los piñones, y halan al sistema de corte según sea el giro del motor. Se utilizan cadenas debido a que principalmente se requiere potencia para hallar al sistema de corte.



Rodillos: Son utilizados para desplazar fácilmente a los paneles a ser cortados a lo largo de la seccionadora.



Ruedas con seguro: Tienen dos usos, uno para facilitar la movilización de la cortadora y el segundo de estabilizar a la cortadora mediante un bloqueo.



Lámina de acrílico: El tablero en donde está ubicada la sierra circular está hecho de un material llamado “acrílico”.



Barras de acero cromado para deslizamiento: Estas barras funcionan como rieles para la base móvil, están sujetos en la parte de arriba y en la parte de abajo mediante un perno, cada barra mide 1,7 m.



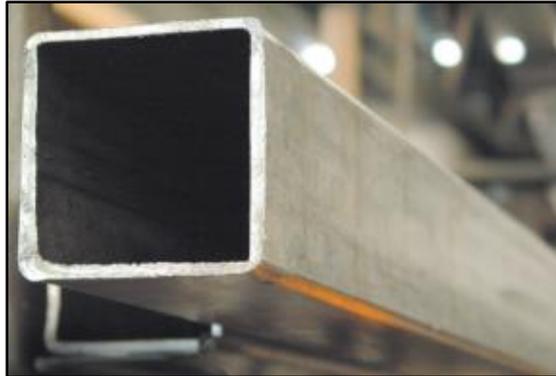
2.6.2 Componentes mecánicas de la estructura de la cortadora

El material utilizado en toda la estructura es el acero negro, debido a que es un material resistente y duradero, ideal para las cargas que soportará, se descarta el acero inoxidable debido a que su precio es mucho mayor y no es necesario este material para esta estructura.

Con los resultados obtenidos de las simulaciones realizadas en el Capítulo 3 se comprobó que los materiales seleccionados funcionan como se esperaba.

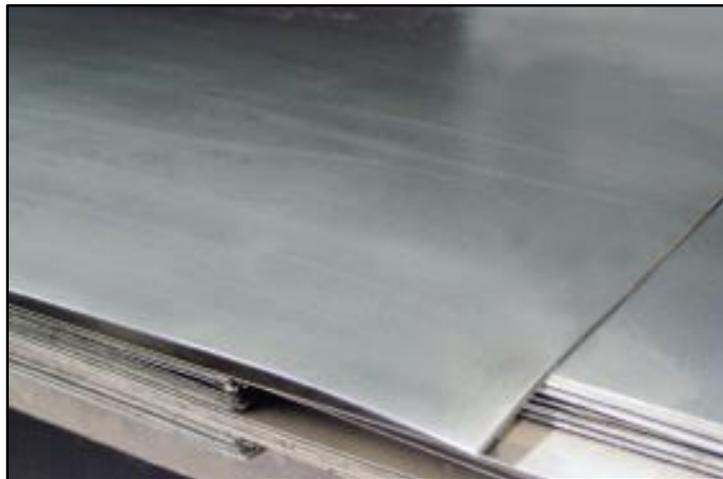
Tubos: Se necesitaron 2 medidas de tubos cuadrados de acero negro para armar la estructura y poder apoyar los diferentes componentes de la cortadora. Las medidas de los tubos cuadrados son: 40 mm y 25 mm, ambas de 1.5 mm de grosor. En la Figura 2.12 se observa la geometría de los tubos utilizados.

Figura 2.12
Tubo cuadrado [25]



Placas del sistema móvil: Se utilizaron placas de acero negro que sirven para unir las ruedas en V, los piñones, los rieles, rodamientos aéreos, un motor y poleas. En la Figura 2.13 se muestran planchas de acero negro.

Figura 2.13
Plancha de acero negro [25]



Correa G: Los rodamientos aéreos se desplazan a través de este canal, con ayuda de las ruedas en V se logra el movimiento lateral. En la Figura 2.14 se muestra el perfil de las correas G.

Figura 2.14

Perfil estructural, correa "G" [25]



Ángulo de 90°: Las ruedas en V se desplazan a través de este ángulo, logrando el movimiento lateral con ayuda de los rodamientos aéreos. En la Figura 2.15 se muestra la geometría de este perfil.

Figura 2.15

Perfil estructural, ángulo [25]



Poleas: Sirven para transmitir fuerza, logrando que el contrapeso ayude con el movimiento de corte vertical. En la Figura 2.16 se muestra una polea, la cual servirá para ayudar a que el sistema de corte (por medio de un cable de acero) suba y baje con mayor facilidad gracias al contrapeso.

Figura 2.16
Polea para el sistema de transmisión



2.7 Diseño eléctrico

2.7.1 Componentes del diseño eléctrico

Para el diseño eléctrico de la cortadora vertical se toman en cuenta ciertas limitaciones acerca de los componentes, ya que el cliente proporcionó algunos, los cuales se pueden observar en la Tabla 2.5:

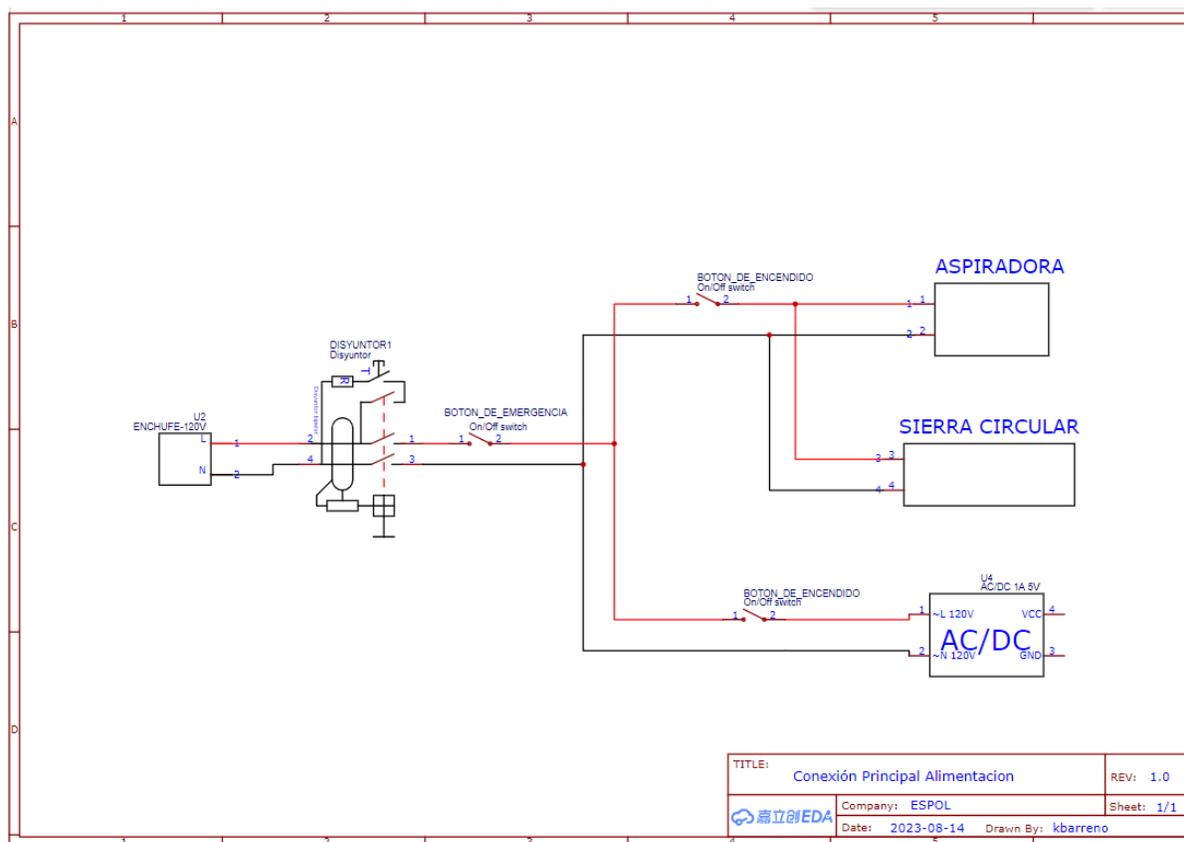
Tabla 2.5
Componentes establecidos por el cliente

Componente	Imagen
<p><u>Sierra circular:</u> Cuenta con una hoja de corte de 185 mm de diámetro, este dato indica a qué distancia puede estar la sierra del panel, debido a que la sierra debe topar en todo momento con el tablero a ser cortado.</p>	
<p><u>Motores:</u> Longs stepper motor 23HS9430B, se encargan de los movimientos del sistema de corte, son motores a paso que funcionan con los drivers DM542A.</p>	
<p><u>Fuente de poder:</u> Tiene una potencia de 350 W para los motores paso a paso, cuenta con una salida máxima de 10 A.</p>	

No fue necesario utilizar resistencias, ya que el driver funciona desde 18 a 50 V y la fuente arroja un voltaje de hasta 36 V, el Arduino UNO arroja una señal de 5 V lo cual es lo que necesita el bluetooth para funcionar.

2.7.2 Conexiones del circuito principal

Figura 2.17
Conexión de alimentación principal

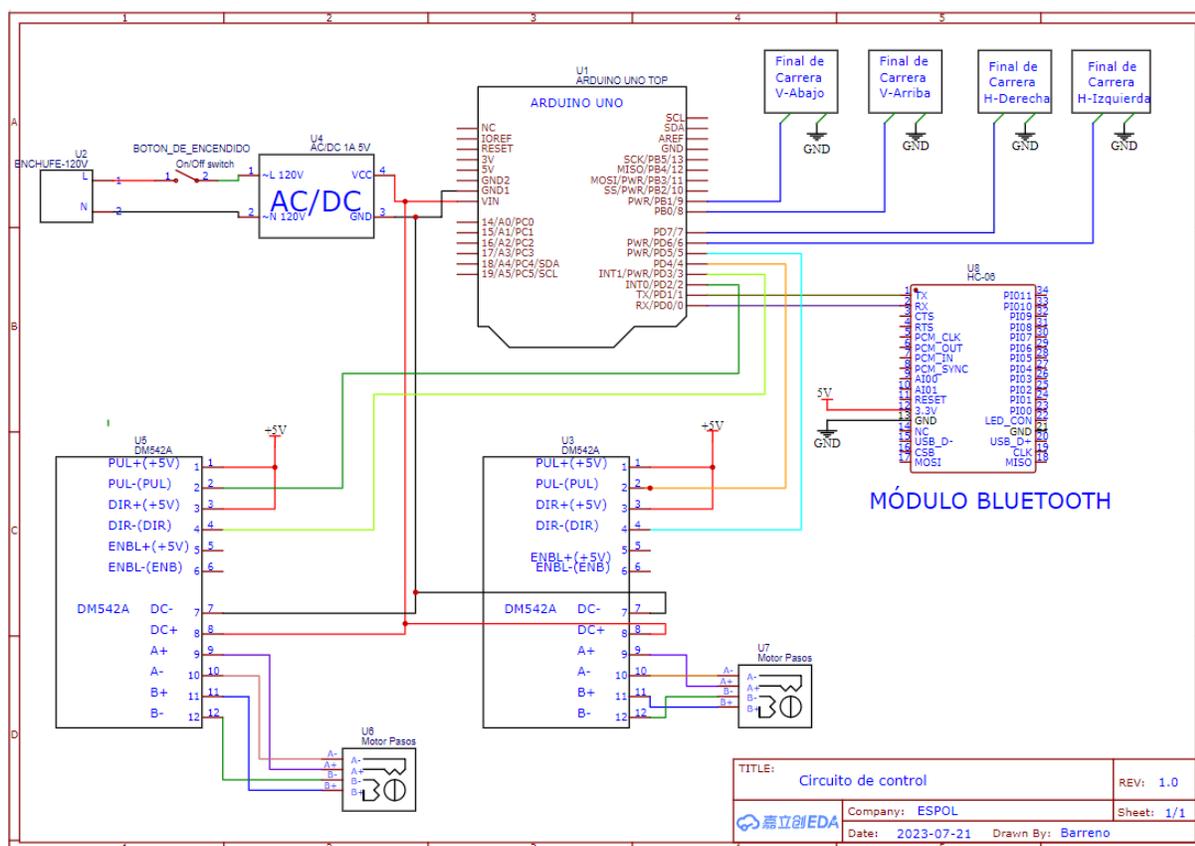


En la Figura 2.17 se observa el primer esquemático eléctrico el cual muestra las conexiones iniciales que tiene el circuito de alimentación. La fuente principal del todo el sistema tiene un disyuntor (en serie) como un interruptor de todo el sistema, seguido de un botón de emergencia el cual funciona como un switch cerrado hasta que el operario presione el botón del switch y corte toda alimentación.

El circuito se divide en dos, ambos cuentan con un switch, funcionará como botón de encendido y apagado. El primer circuito consta de la cortadora y la aspiradora, el segundo consta de los motores y el sistema de control, lo cual se explica en el esquema de la Figura 2.18.

2.7.3 Diagrama esquemático del circuito de mando para control

Figura 2.18
Diagrama esquemático del control



En la Figura 2.18 se indica el funcionamiento del diseño eléctrico y de control, este inicia con el tomacorriente de 120 V. El primer elemento eléctrico es un botón switch para controlar el encendido y apagado del sistema. El siguiente componente es la fuente de poder, esta es la encargada de transformar la corriente alterna, en corriente continua de 5 V, alimentando al controlador y a los drivers. El controlador del sistema es un Arduino UNO, el cual envía las señales

a los drivers de cada motor indicando la dirección de giro para que se muevan según la programación realizada. Por último, los drivers están conectados a las dos bobinas de los servomotores, esperando la señal para que la corriente fluya a través de ellas y el motor pueda girar. Hay 4 finales de carreras conectados al Arduino UNO, 2 por cada dirección, que son medidas de seguridad para evitar que los motores sigan generando torque o movimiento cuando el sistema móvil haya llegado a unos de los límites de la cortadora.

2.7.4 Selección de dispositivos eléctricos

En la Tabla 2.6 se muestran los elementos necesarios para el sistema eléctrico.

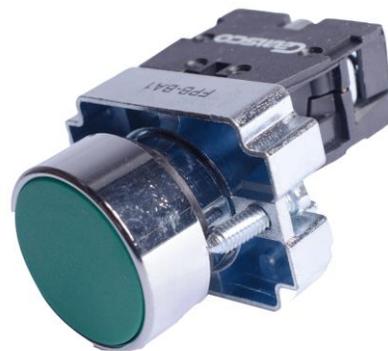
Tabla 2.6

Pulsadores del sistema de control

Pulsador de emergencia: Es un switch, ubicado al inicio del circuito de alimentación, que normalmente está cerrado y deja de transmitir corriente al todo el circuito entero. Este botón se usa en caso de que el sistema este fuera de control, al pulsarlo corta todo paso de corriente apagando todos los dispositivos



Pulsador CAMSCO: Es un contacto normalmente abierto. Es usado como botón de encendido para cada parte del circuito. Un botón para encender a la aspiradora y a la sierra circular al mismo tiempo. El segundo pulsador para encender la fuente que permite el funcionamiento del controlador y los motores.



Final de Carrera: Es un interruptor mecánico que se activa cuando la palanca de acción sufra un desplazamiento hacia la carcasa negra, cerrando los contactos y enviando una señal del estado actual al controlador.



2.7.5 Cálculos para la selección de un disyuntor

Los disyuntores son utilizados principalmente para la protección de las personas y de los dispositivos eléctricos que conforman un sistema eléctrico, ya que este dispositivo corta el paso automático de la corriente eléctrica cuando sucede una sobrecarga o un cortocircuito [26].

Luego de conocer el valor total de todas las corrientes máximas de cada componente del sistema eléctrico, se puede seleccionar un disyuntor.

A continuación, se identifican las corrientes y voltajes máximos que consumen los componentes eléctricos.

Sierra circular:

- $Voltaje = 110\text{ V (dato del fabricante)}$
- $Corriente\ máxima = \frac{Potencia}{Voltaje} = \frac{1400\text{ W (dato del fabricante)}}{110\text{ V}} = 12.727\text{ A}$

Fuente de poder:

- $Voltaje = 115\text{ VAC (dato del fabricante)}$

- *Corriente máxima = 6.5 A (dato del fabricante)*

Arduino UNO:

- *Voltaje = 12 V (dato del fabricante)*
- *Corriente máxima = 500 mA (puede variar, dato del fabricante)*

Drivers (cantidad 2):

- *Voltaje = 50 V (dato del fabricante [26])*
- *Corriente máxima = 4 A (dato del fabricante) [26]*

Los motores (cantidad 2):

- *Voltaje = 4.5 V (dato del fabricante)*
- *Corriente máxima = 3 A (dato del fabricante)*

Aspiradora

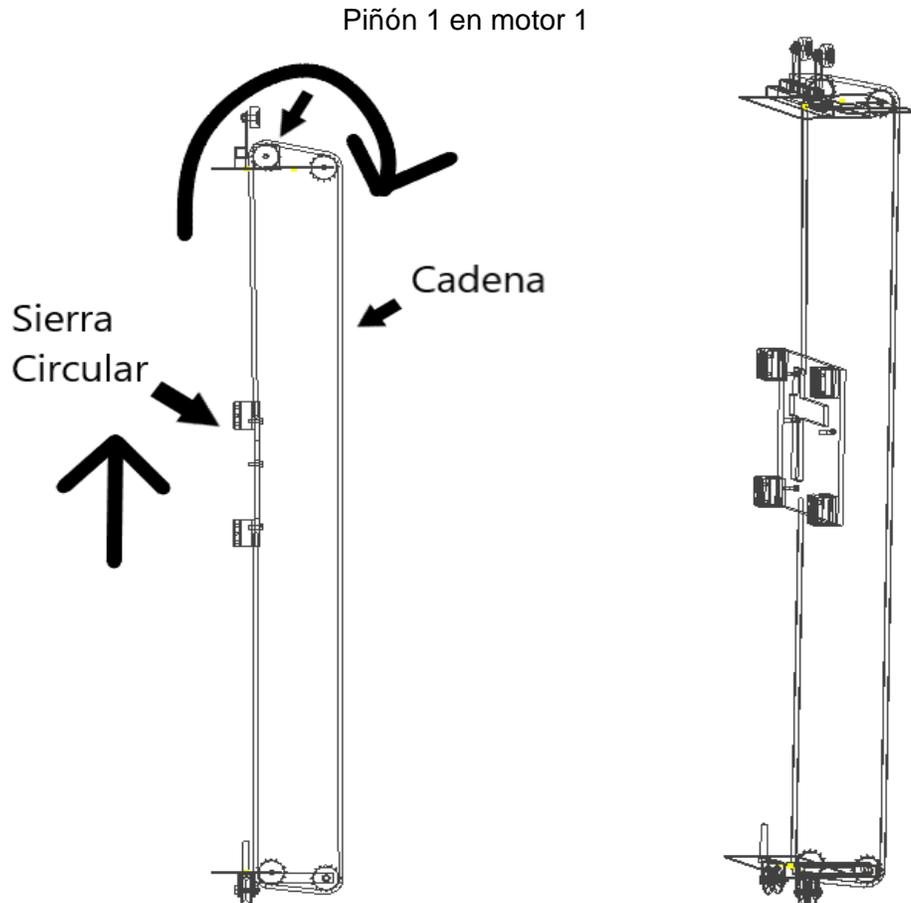
- *Voltaje = 120 V*
- *Corriente máxima = 12 A*

Para conocer el disyuntor adecuado para el circuito, se suman las corrientes de la fuente de poder (6.5 A), la sierra circular (12.727 A) y la aspiradora (12 A) y se obtiene una corriente total de 31.227 A. El disyuntor para elegir debe ser mayor en un 25% de la corriente total, es decir, 39 A, en el mercado se encuentran disponibles disyuntores de 40 A [27].

2.7.6 Sistema de transmisión de potencia:

Figura 2.19

Representación de cadena en el sistema de corte

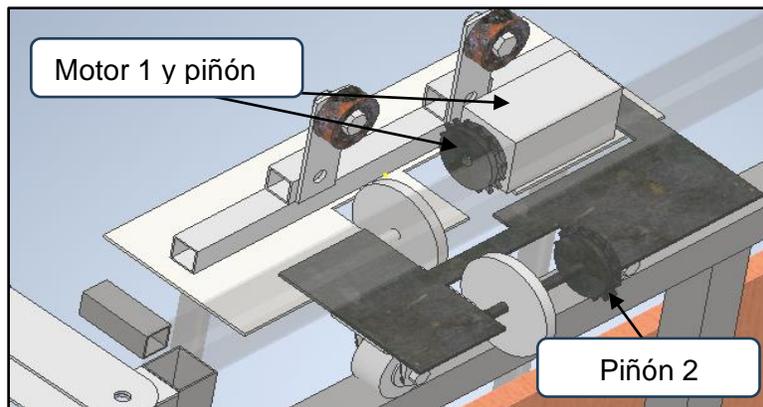


En la Figura 2.19 se muestra cómo funciona el sistema de transmisión de potencia

En secciones anteriores se mencionó que el sistema cuenta con dos motores: el motor 1 se encarga del movimiento vertical y el motor 2 del movimiento horizontal.

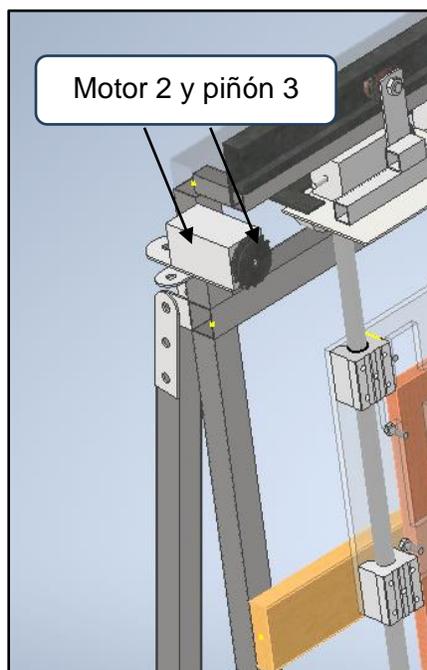
Movimiento vertical: En la Figura 2.19 se observa que en la parte superior se encuentra el motor 1 incrustado en el piñón 1. Cuando el motor 1 gire en un sentido, el piñón 1 también lo hará. En el modelo implementado, se encuentra una cadena en los piñones (1 y 2) la cual hala a la base móvil, permitiendo realizar los movimientos para efectuar los cortes.

Figura 2.20
Base superior de la base móvil



Observando la Figura 2.20 y partiendo del punto de referencia en dónde la base móvil se encuentra en la parte de arriba, cuando el motor 1 gira en sentido antihorario, los piñones con las cadenas y las poleas con el cable de acero lograrán bajar a la base móvil. Pero si el motor 1 gira en sentido horario, el sistema móvil subirá, con ayuda del contrapeso.

Figura 2.21
Movimiento horizontal de la base móvil



Movimiento horizontal: En la Figura 2.21 se observa que, en la parte superior izquierda el piñón 3 se encuentra incrustado en el motor 2, en el modelo implementado, se encuentra una cadena en el piñón 2, por lo tanto, si el motor gira en sentido horario, este generará tensión en la placa superior de la base móvil y logrará mover al sistema de corte hacia el lado según corresponda.

2.8 Diseño del sistema de control

Para el diseño de control se consideraron limitaciones acerca de ciertos componentes ya que el cliente proporcionó algunos, en la Tabla 2.6 se muestran dichos componentes:

Tabla 2.6
Componentes establecidos por el cliente

Componente	Imagen
<p><u>Drivers</u>: Como se mencionó en la sección 2.7, el cliente solicitó que se utilicen dos motores con sus respectivos drivers para los movimientos del sistema de corte.</p> <p>Modelo de los drivers: DM542A</p>	 <p>The image shows a DM542A 2H Microstep driver board. It is a black PCB with a white label that includes the model number 'DM542A', the manufacturer 'LONGS', and technical specifications. The board features a terminal block on the right side with labels for 'Signal' (PUL+(-5V), PUL-(-5V), DIR-(DIR), ENBL-(-5V), ENBL-(ENB)), 'Setting' (SWP, SWR, SWL, SWH, SWM, SWN), and 'Power' (DC+, DC-, A+, A-, B+, B-). The board is manufactured by Changzhou Longs Motor Co., Ltd.</p>
<p><u>Controlador</u>: Arduino UNO, es una placa electrónica moderna, entre sus aplicaciones, permite controlar motores paso a paso.</p>	 <p>The image shows an Arduino UNO microcontroller board. It is a blue PCB with a white label that includes the 'Arduino' logo and 'UNO' text. The board features a USB Type-B port, a DC power jack, and a header for a breadboard. It is manufactured by Arduino S.p.A.</p>
<p><u>DB25 1205</u>: Es utilizada en máquinas CNC, con el objetivo de controlar motores paso a paso mediante el controlador DM542A.</p>	 <p>The image shows a DB25 1205 interface board. It is a black PCB with a white label that includes the model number 'DB25 1205'. The board features a DB25 connector on the right side and a terminal block on the left side. It is used for controlling stepper motors in CNC machines.</p>

2.8.1 Selección del controlador

Las alternativas para seleccionar un controlador que sea capaz de controlar a los motores paso a paso son las siguientes:

Opción de controlador: ARDUINO UNO

- ✓ Presenta versatilidad y facilidad de uso, debido a las librerías disponibles para el control de motores paso a paso.
- ✓ Permite controlar la velocidad y dirección de los motores.
- ✓ Permite recibir señales con pulsadores, joystick, etc.
- ✓ Permite utilizar módulos bluetooth, pantalla o teclado.

Opción de controlador: DB25 1205

- ✓ En comparación con el Arduino, es una placa antigua.
- ✓ Esta placa se conecta en un puerto paralelo de un computador para poder controlar los motores mediante un software llamado Mach3.
- ✓ No es compatible con módulo bluetooth.

Se analizaron las alternativas del controlador en función de los criterios más importantes para el control de la cortadora, a continuación, se describe cada criterio:

- **Experiencia de usuario:** El cliente puede controlar los cortes verticales y horizontales de manera intuitiva, mediante botones virtuales en una aplicación en su smartphone.
- **Programación:** El controlador permite asignar la velocidad y dirección a los motores según el requerimiento del usuario, de manera eficiente mediante librerías de programación.

- **Componentes:** El controlador permite el uso de módulos para la comunicación entre lo que requiera el usuario y los movimientos de los motores, como por ejemplo el módulo bluetooth.

El criterio más importante para considerar en este análisis fue “experiencia de usuario”, ya que lo más importante en un producto, es que el usuario pueda utilizarlo con facilidad. El siguiente criterio analizado fue “componentes”, debido a que es importante conocer si la placa controladora es compatible con módulos para la comunicación, como el módulo bluetooth. Posteriormente se consideró el criterio “programación”, este criterio identifica la eficiencia que presenta cada placa con respecto al código de programación, es importante conocer si la placa puede controlar la velocidad y la dirección de los motores. En la Tabla 2.7 se determina la ponderación de cada criterio.

Tabla 2.7
Criterios de selección

Criterio	Experiencia de usuario	Programación	Componentes	$\Sigma+1$	Ponderación
Experiencia de usuario	x	1	1	3	0.5
Programación	0	x	0	1	0.16667
Componentes	0	1	x	2	0.33333
			Suma	6	1

Experiencia de usuario > Componentes > Programación

Se evaluaron las alternativas propuestas según los criterios mencionados. Después de haber analizado las diferentes opciones, la alternativa seleccionada fue la número 1, ya que esta opción

permite cumplir con todos los criterios planteados. El Arduino UNO ya cuenta con una librería que permite controlar la velocidad y dirección de los motores, además permite el uso del módulo bluetooth para que el usuario pueda comunicarse mediante bluetooth, gracias a esta comunicación es posible crear una aplicación para smartphones que funcionen con dicha comunicación permitiéndole al usuario controlar a la cortadora con mucha facilidad mediante botones virtuales. Además, este controlador permite adaptar fácilmente sensores, pantallas, entre otros dispositivos que permitan mejorar o expandir el control de la cortadora. En la Tabla 2.8 se evidencian los resultados de la evaluación de cada opción de controlador.

Tabla 2.8
Matriz de conclusión

Criterio	Experiencia de usuario	Programación	Componentes	$\Sigma+1$	Prioridad
Arduino UNO	0.3335	0.111389	0.22011	0.664999	1
DB25 1205	0.165	0.05511	0.1089	0.32901	2

2.8.2 *Arquitectura de control*

Cada motor es controlado por el Arduino UNO, mediante un driver respectivamente. El usuario tiene el control de la cortadora mediante una aplicación en su smartphone, la cual permite la comunicación entre el usuario y la cortadora a través de un módulo Bluetooth, es decir, los motores recibirán las instrucciones que envíe el usuario desde su smartphone. Puede utilizarse en cualquier dispositivo que cuente con tecnología bluetooth, ya sea Android, iPhone o hasta una Laptop.

2.8.2.1 Diseño y estructuración del controlador. En la Figura 2.22 y 2.23 se detallan las entradas y salidas del sistema de control y la secuencia lógica que sigue el mismo.

Figura 2.22
Entrada y salida del sistema de control

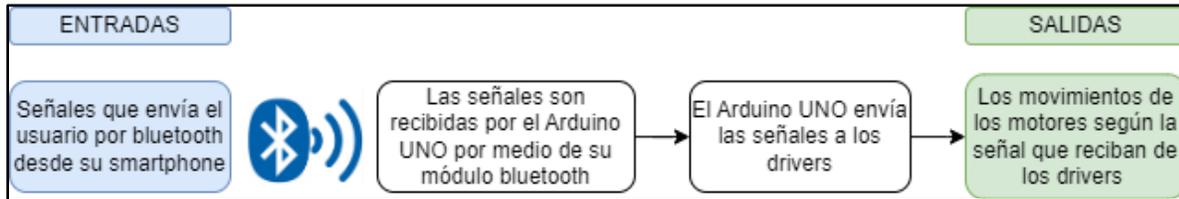
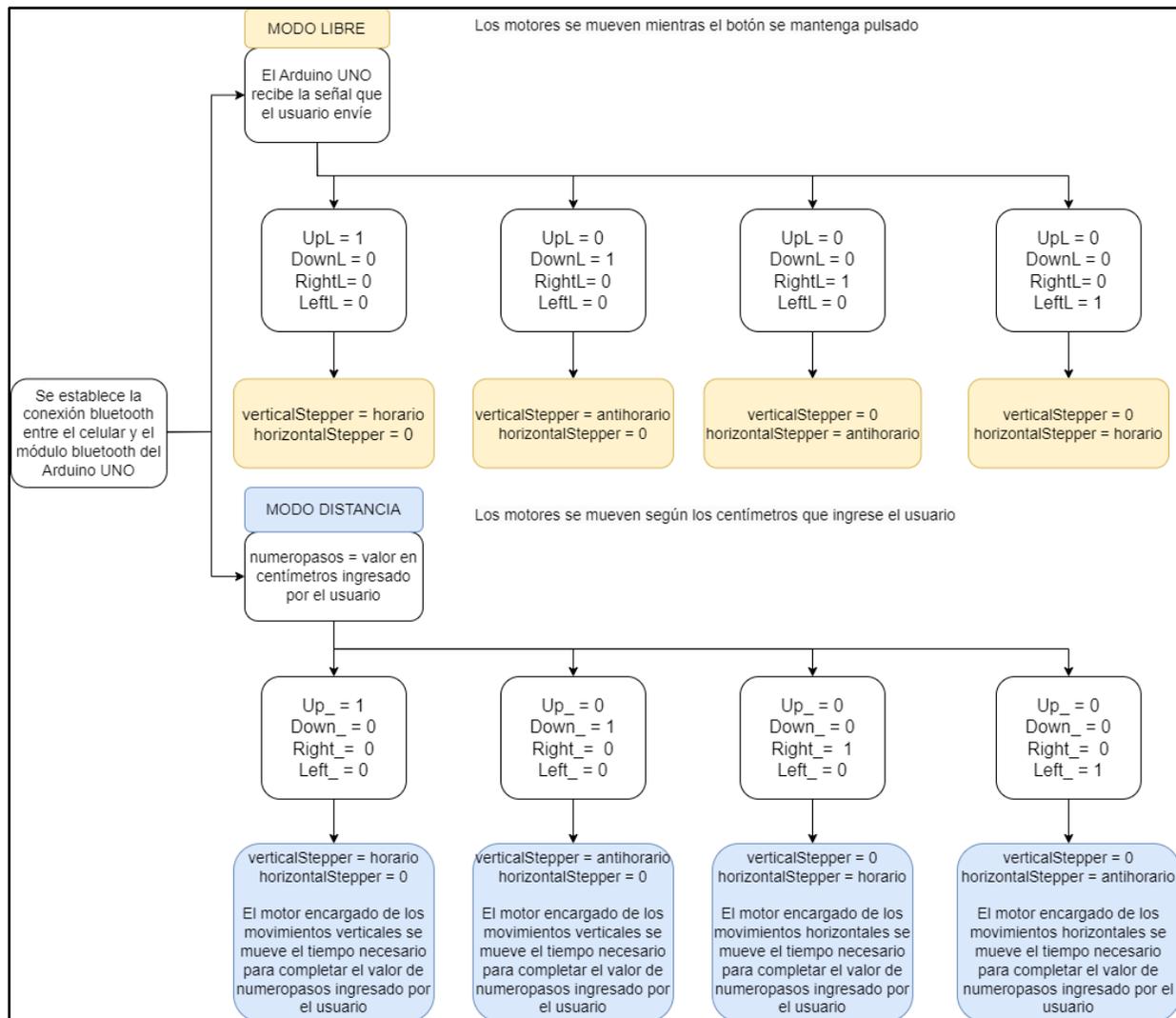


Figura 2.23
Diagrama de entrada y salida del controlador



2.8.3 Aplicación móvil

Figura 2.24

Boceto de pantalla de la búsqueda de bluetooth y del modo horizontal de la aplicación móvil

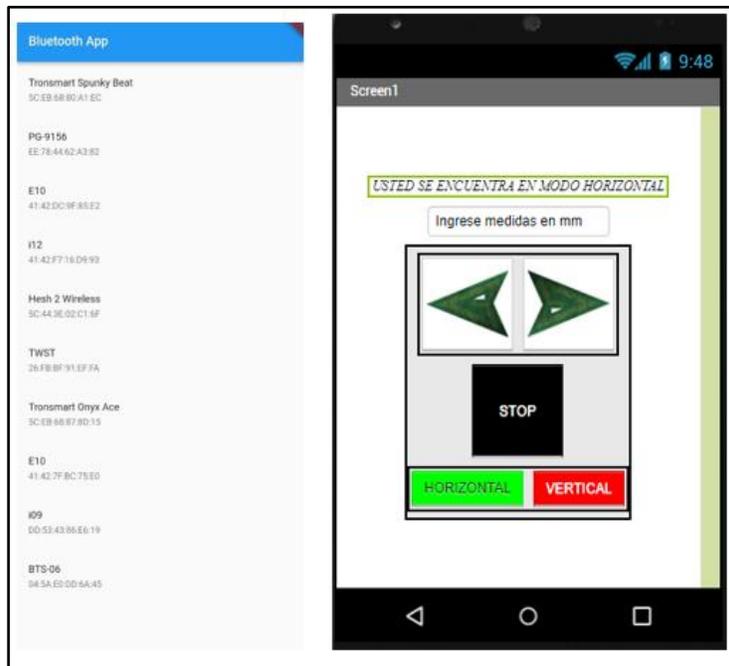
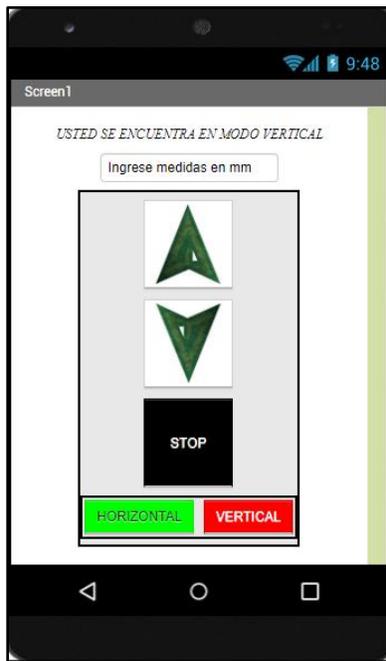


Figura 2.25

Boceto de pantalla del modo vertical de la aplicación móvil



Para garantizar que el usuario realice los cortes que requiera, cuando ejecute cortes verticales la aplicación no le permitirá presionar por error los botones horizontales y viceversa, de esta manera se garantiza la seguridad de su trabajo.

En las figuras anteriores, se muestran las pantallas que visualizará el usuario cuando desee controlar los cortes de la sierra, en la Figura 2.24 se muestran los controles para el movimiento horizontal y en la Figura 2.25 se muestran los controles para el movimiento vertical, en ambas pantallas se permite que el usuario ingrese las medidas que desee para realizar el corte (por medio del modo distancia).

2.8.3.1 Estructura y organización del software. El software desarrollado se divide en dos grandes partes:

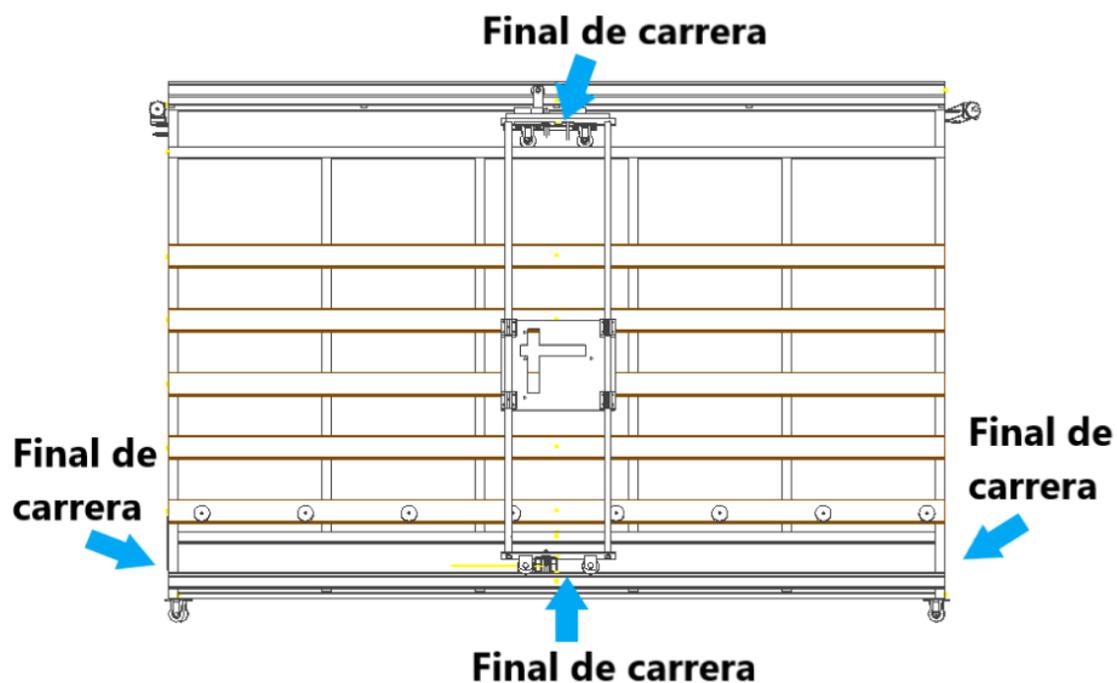
- Programación del controlador, la cual se realizó en el entorno de Arduino IDE, esta programación permite que el Arduino envíe señales a los motores para que estos puedan moverse. Además, el controlador funciona bajo diferentes escenarios, como movimientos verticales, y horizontales, tanto para modo libre como modo distancia.
- Programación de la aplicación móvil, esta parte del software se realizó en flutter, el cual permite diseñar y programar la interfaz que el usuario utilizará para enviar órdenes a los motores, y como ya se ha mencionado, esas órdenes se envían y reciben a través de la comunicación bluetooth.

En el siguiente Capítulo, en la sección 3.6, Figura 3.32 se adjunta un código QR, al escanearlo, direcciona a un video demostrativo del control el cual funciona como se espera, sin fallos de comunicación y obedeciendo todas las órdenes que envía el usuario.

2.8.4 Bloqueo de los movimientos de la sierra

El sistema de corte se mueve en todo lo ancho de la estructura, se utilizan finales de carrera para marcar los límites de esta (Figura 2.26). Cuando la sierra circular llega a unos de los extremos, los finales de carrera se activan, bloqueando el sentido de movimiento que tienen los motores.

Figura 2.26
Posiciones de los finales de carrera



CAPÍTULO 3

3.1 Resultados y análisis

En la sección actual se presenta el diseño mecánico final (sección 3.2) de la cortadora vertical, modelado en 3D con ayuda del software Autodesk Inventor. Esta maquinaria está estructurada en 3 secciones: sistema de corte (sección 3.2.1), base de la estructura (sección 3.2.2) y cama (sección 3.2.3), lo cual permite que la maquinaria sea desarmable y por lo tanto, más fácil de transportar de un lugar a otro, cabe recalcar que existen más partes que se pueden desarmar, como las ruedas de la estructura, las tablas de la cama, y del sistema móvil, se puede desarmar la mayoría de sus componentes.

En esta sección, también se presenta el análisis de elementos finitos (sección 3.2.5) para las partes que soportan gran peso de la estructura, lo cual ayuda a verificar que los materiales a utilizar no sufrirían ningún tipo de falla cuando la maquinaria esté en funcionamiento. En cuanto al diseño de control se muestra la interfaz de la aplicación móvil a utilizar (sección 3.5). La implementación del circuito se muestra en Apéndices.

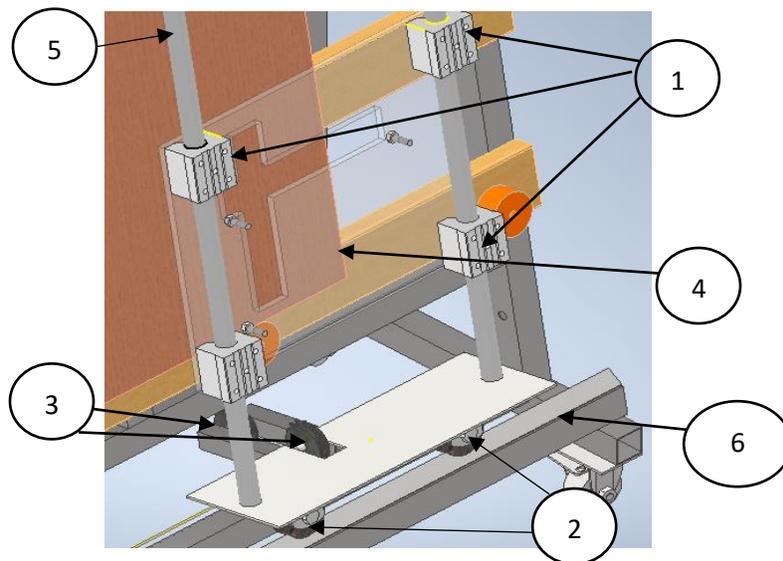
3.2 Diseño mecánico

3.2.1 Sistema de corte

En las Figuras 3.1, 3.2, se muestran diferentes vistas del sistema de corte, este sistema se encarga de transportar a la sierra circular de lado a lado o de arriba hacia abajo.

Figura 3.1

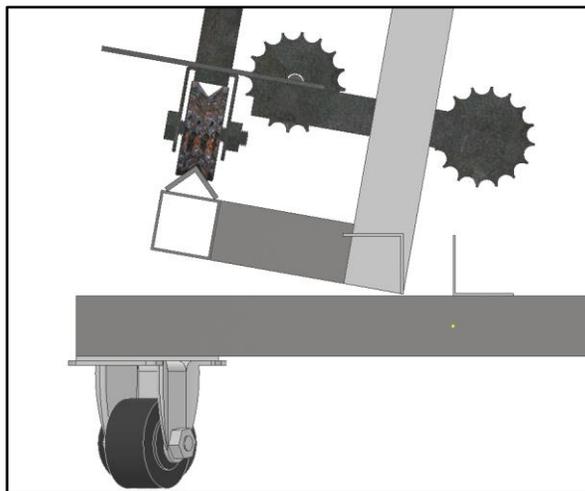
Componentes del sistema de corte: (1) Rodamientos de bolas de movimiento lineal, (2) ruedas en V, (3) piñones, (4) lámina de acrílico, (5) barras de acero cromado, (6) ángulo de 90°.



En la Figura 3.2 se observa cómo las ruedas en V se colocan sobre el ángulo para realizar los movimientos laterales.

Figura 3.2

Ruedas en V sobre ángulo de 90°



3.2.2 Base de la estructura

En la Figura 3.3 se muestra la base en forma de L que tiene la estructura.

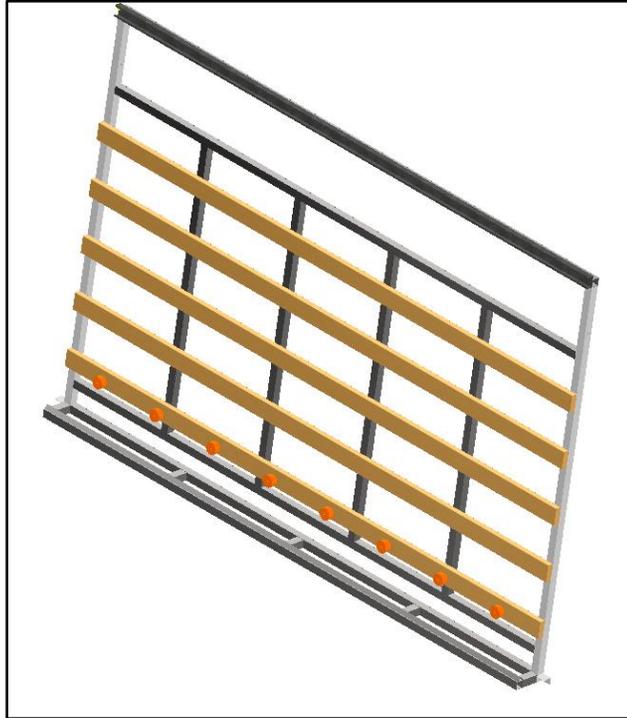
Figura 3.3

Base de la estructura



3.2.3 Cama

Figura 3.4
Cama de la estructura



En la Figura 3.4 se muestra la cama de la estructura, en esta cama se colocan los paneles en donde se realizarían los cortes, verticales u horizontales, dependiendo del requerimiento del usuario.

3.2.4 *Diseño mecánico final*

Uniando las 3 partes del diseño se obtiene la estructura general, la cual es desmontable, es decir, el sistema móvil, la cama y la base, se pueden separar, facilitando así su transporte.

(Observar Figura 3.5 y 3.6)

Figura 3.5
Vista en perspectiva del diseño final de la estructura

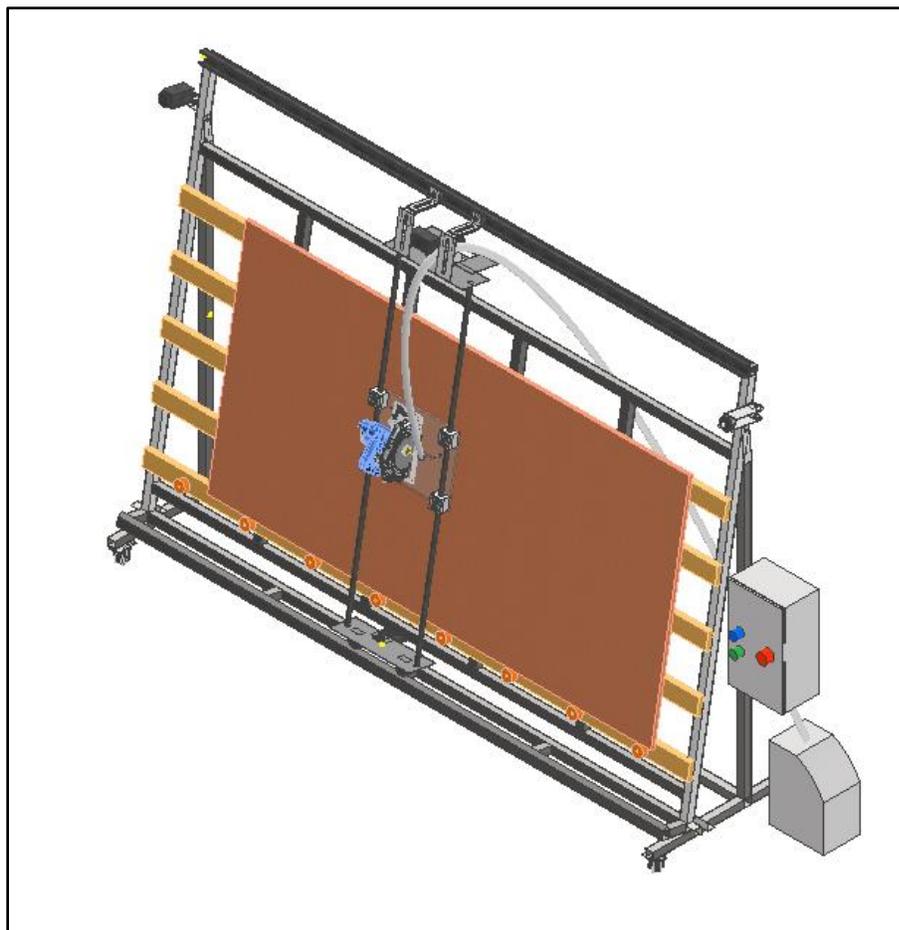
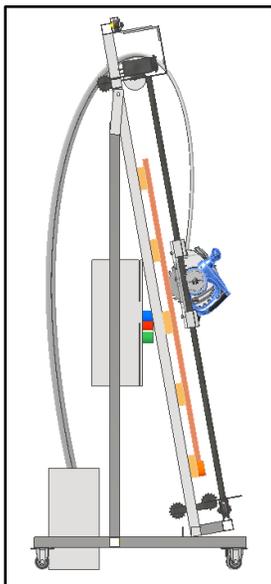


Figura 3.6
Vista Lateral del diseño final de la estructura



En las Figuras 3. 7, 3.8, 3.9 y 3.10 se muestra el diseño mecánico final del sistema de corte.

Figura 3.7
Base móvil

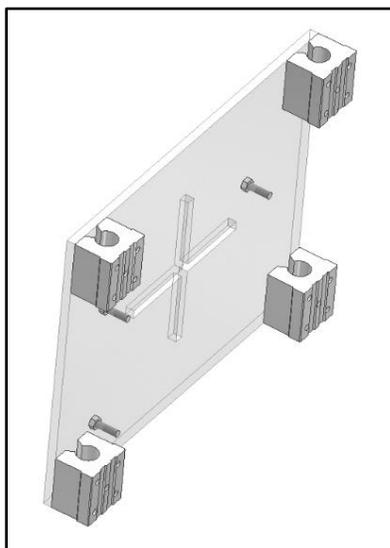
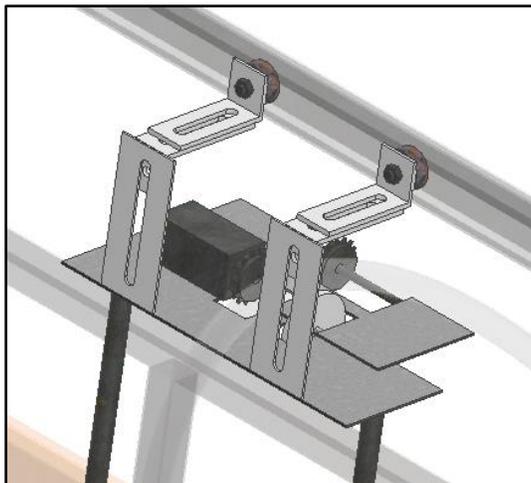


Figura 3.8

Vista superior frontal en perspectiva de la estructura de corte

**Figura 3.9**

Vista superior trasera en perspectiva de la estructura de corte

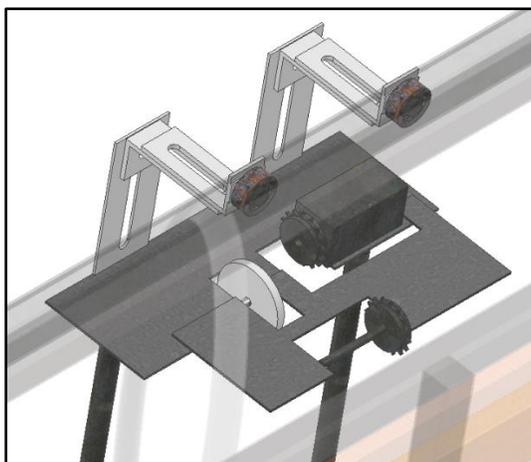
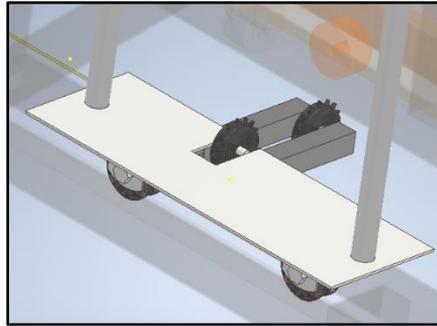


Figura 3.10

Vista inferior frontal en perspectiva de la base móvil



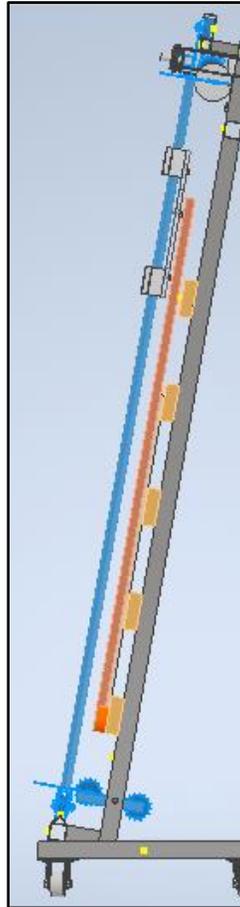
3.2.5 *Análisis de elementos finitos*

En esta sección se realizaron simulaciones por medio de un software, para comprobar la fiabilidad de los materiales que están hecho los diferentes componentes mecánicos de la estructura. El objetivo de haber realizado estos análisis es identificar posibles áreas donde la estructura se pueda pandear y garantizar que los componentes puedan soportar las cargas a las que están destinados. El análisis de elementos finitos desarrollado informa cómo es el comportamiento de las piezas cuando son sometidas a diferentes cargas, de esta manera es posible validar los diseños antes de realizar su implementación lo cual ayuda a prevenir posibles fallos.

3.2.5.1 Análisis de tensión de las barras de acero cromado.

Figura 3.11

Rieles de acero cromado



En el análisis realizado se consideró a la base móvil ubicada en la mitad de las barras de acero cromado (Figura 3.11), ya que en esa posición se encuentra un punto crítico donde la probabilidad de flexionarse es más alta.

Inicialmente se calculó la carga máxima que puede soportar la barra, utilizando la fórmula de la resistencia a la flexión:

$$\text{Resistencia a la flexión} = \sigma = \frac{M * c}{I} \quad (3.1)$$

M : momento flector, $cm - kg$

c : distancia del eje neutro a la fibra más alejada, cm

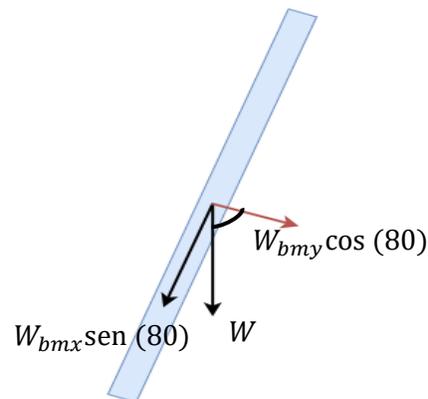
I : momento de inercia de la sección transversal, cm^4

σ : resistencia a la flexión, kg/cm^2

Para el cálculo del momento flector M , se calculó la componente del peso en el eje Y para conocer el valor que soporta perpendicularmente la barra y poder calcular el momento. En la Figura 3.12 se muestra el diagrama de cuerpo libre de la barra de acero cromado.

Figura 3.12

Diagrama de cuerpo libre de la barra de acero cromado



Sumatorias de fuerzas en el eje Y:

$$\sum F_y = 0$$

$$W_{bmy} = m_{bm} * g \cos(\theta)$$

$$W_{bmy} = 7.07 \text{ kg} * (9.8 \frac{\text{m}}{\text{seg}^2}) \cos(80)$$

$$W_{bmy} = 12.031 \text{ N}$$

Se divide para 2 debido a que existen 2 barras que están soportando el peso de la base móvil.

$$\sum F_y = 0$$

$$W_{bmy} = \frac{12.031}{2} \text{ N}$$

$$W_{bmy} = 6.0155 \text{ N}$$

Sumatoria de fuerzas en el eje X:

$$W_{bmx} = m_{bm} * g \text{sen}(\theta)$$

$$W_{bmx} = 7.07 \text{ kg} * (9.8 \frac{\text{m}}{\text{seg}^2}) \text{sen}(80)$$

$$W_{bmx} = 68.23 \text{ N}$$

$$W_{bmx} = \frac{68.23}{2} \text{ N}$$

$$W_{bmx} = 34.115 \text{ N}$$

La fuerza de $W_{bmy} = 6.0155 \text{ N}$ tratará de flexionar a la barra de acero cromado, sin embargo, en los siguientes cálculos se determinará si esa fuerza puede flexionar o no a los rieles.

Fórmula del momento flector:

$$M = F * r \quad (3.2)$$

$$M = W_{bmy} * \left(\frac{1.7 \text{ m}}{2}\right)$$

$$M = 6.0155 \text{ N} * \left(\frac{1.7 \text{ m}}{2}\right) = 5.11 \text{ N} * \text{m}$$

Momento de inercia:

$$I = \frac{\pi r^2}{4} \quad (3.3)$$

$$I = \frac{\pi \left(\frac{0.025 \text{ m}}{2}\right)^2}{4} = 1.23_{x10^{-4}} m^4$$

Reemplazando en la fórmula:

$$\sigma = \frac{M * c}{I} \quad (3.4)$$

$$\sigma = \frac{5.11 \text{ Nm} * \frac{1.7}{2} \text{ m}}{1.23_{x10^{-4}} m^4}$$

$$\sigma = 0.035313 \text{ MPA}$$

La resistencia a la flexión de la barra de acero cromado de 25 mm de diámetro y de longitud 1.7 m, que se somete a un momento flector de 5.11 Nm, es de 0.035313 MPA, esto indica que la barra puede soportar 0.035313 MPA antes de fallar.

Tabla 3.1

Análisis de tensión de los rieles, resultados obtenidos de Autodesk Inventor

Nombre	Acero, cromado	
General	Densidad de masa	7,85 g/cm ³
	Límite de elasticidad	248,225 MPa
	Resistencia máxima a tracción	399,9 MPa

Con ayuda del software inventor, se simuló una fuerza que actúa en el punto medio de la barra para conocer experimentalmente si esta se flexiona o no. En la Tabla 3.1 se muestran las características mecánicas del acero cromado y en la Figura 3.13 se muestra cómo se ingresaron los componentes de la fuerza obtenidos en los cálculos anteriores: $W_{bmy} = 6.0155 \text{ N}$.

Figura 3.13

Colocación del componente de la fuerza sobre uno de los rieles.

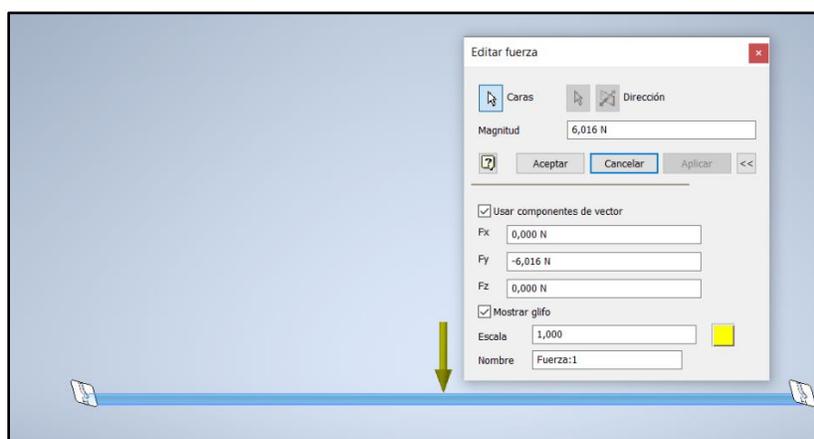
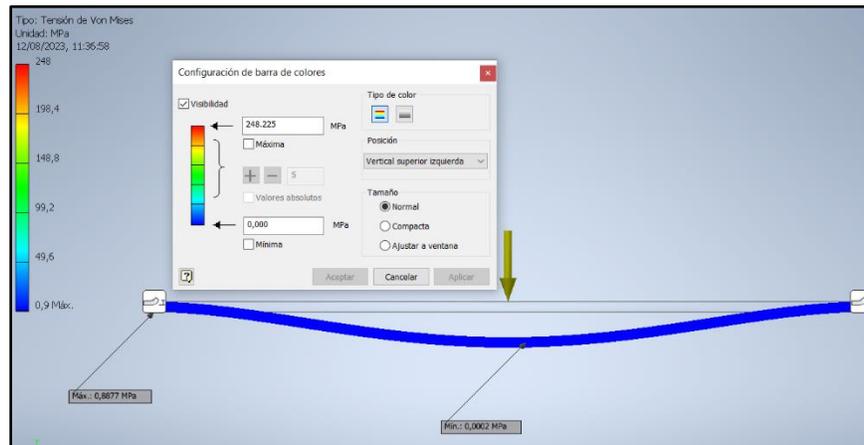


Figura 3.14
Configuración de barra de colores.



En la Figura 3.14 se muestra cómo se cambia la escala de colores para identificar fácilmente en qué parte de la barra habría un punto crítico, la barra se muestra totalmente azul, lo cual significa que en ninguna sección de su longitud sufre alguna deformación permanente.

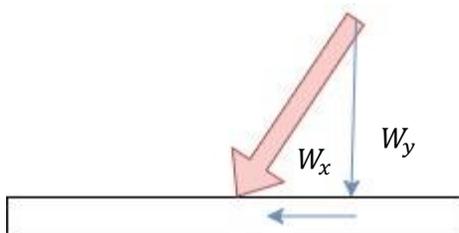
Al aplicar la fuerza ($W_{bmy} = 6.0155 \text{ N}$) que ejerce el peso de la base móvil sobre la barra, se observa que la barra no sufre flexión, ya que la resistencia a la flexión de la barra es de 0.035313 MPA y la simulación indica que en el punto donde se realizó este análisis, se presenta una carga máxima de 0.0002 MPa, concluyendo que, en ese punto, la barra no se flexiona ya que no se acerca a la resistencia a la flexión de 0.035313 MPa. Por lo tanto, la barra de acero cromado soportará el peso de la base móvil.

3.2.5.2 Análisis de tensión de las placas.

La placa inferior soporta una parte del peso de los dos rieles de acero cromado y la masa de 7.07 kg de la base móvil, en total sumaría una masa aproximada de 20 Kg.

Figura 3.15

Diagrama de cuerpo libre de la placa inferior



$$W_y = mg * \text{sen}(80)$$

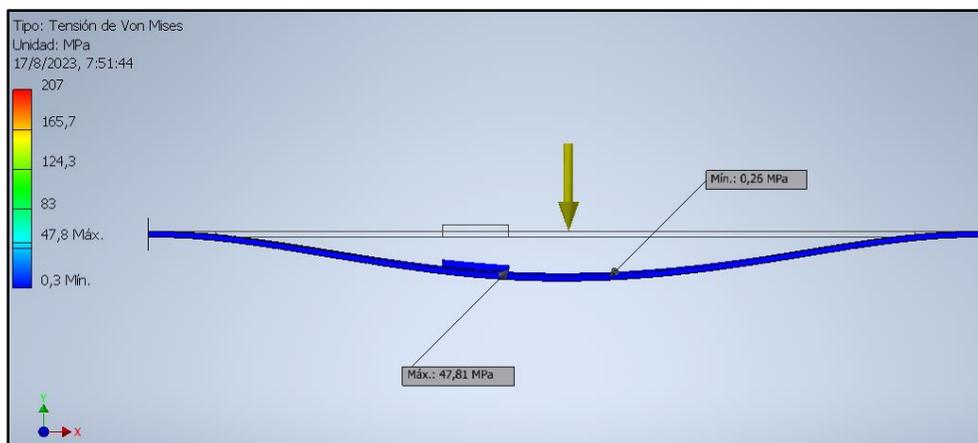
$$W_y = 20 \text{ kg} * 9.8 * \text{sen}(80)$$

$$W_y = 193.02 \text{ N}$$

En la Figura 3.15 se muestra el diagrama de cuerpo libre de la placa inferior y, con ayuda del software inventor, se simuló que la placa inferior está recibiendo una carga de 193.02 N. Observar Figura 3.16.

Figura 3.16

Simulación de carga de 193.02 N en la placa inferior

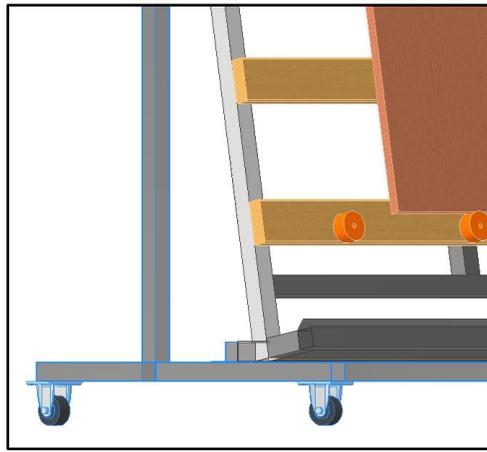


El límite de elasticidad de este material (acero negro) es 207 MPa, la carga aproximada máxima que está aguantando la placa es de 47.81 MPa, es inferior al límite de elasticidad, por lo tanto, la placa sí resiste el peso del sistema de corte.

3.2.5.3 Análisis de tensión de los tubos de la base

Figura 3.17

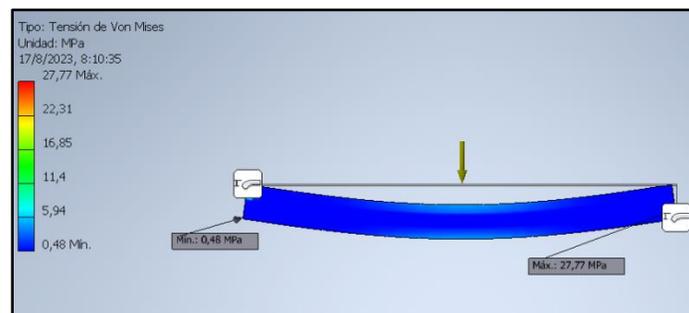
Análisis del elemento finito de los tubos que se conectan a la rueda



En la Figura 3.17 se muestra el tubo en el que se realizará un análisis de tensión (tubo inferior que se conecta con las ruedas de doble modo)

Figura 3.18

Simulación de carga de 200 N sobre el tubo de la base



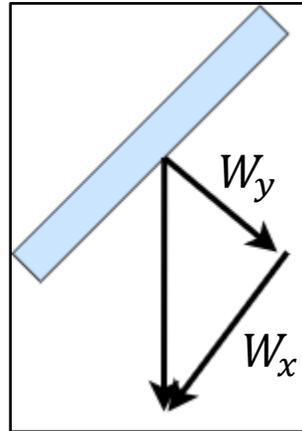
Los resultados obtenidos en la Figura 3.18, indican que, de la misma manera, estos tubos resisten las cargas a las que estarían sometidos.

Con las simulaciones se determina que todos los tubos no se van a romper ya que la carga que estarían aguantando no es suficiente para que ocurra una falla.

3.2.5.4 Análisis de elementos finitos del acrílico

Figura 3.19

Vista lateral del acrílico, diagrama de cuerpo libre



Con ayuda del diagrama de cuerpo libre del acrílico (Figura 3.19), se calculó la masa que soporta el acrílico, la cual es la suma de la masa de la sierra circular con los cuatro rodamientos.

$$m = \text{sierra circular} + 4 \text{ rodamientos} = 5 \text{ kg} + 1,62 \text{ kg} = 6,62 \text{ Kg}$$

Sumatoria de fuerzas en el eje Y:

$$\sum F_y = 0$$

$$W_y = mg \cos(80)$$

$$W_y = 6,62 * 9,8 * \cos(80)$$

$$W_y = 11,26 \text{ N}$$

La componente del peso W_y será la fuerza que podría ocasionar una falla en el acrílico (observar Figura 3.20).

Figura 3.20
Simulación de la carga que soporta el acrílico

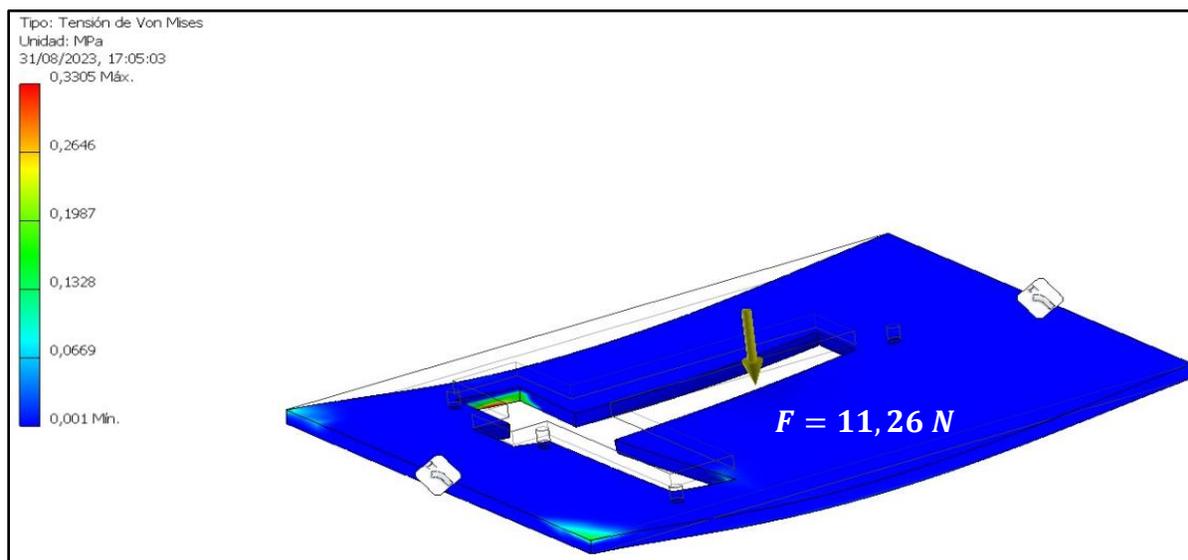


Tabla 3.2
Informe de los resultados de inventor del acrílico

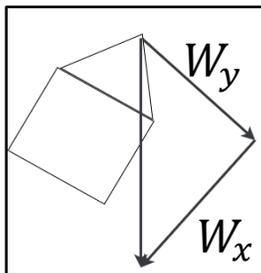
Nombre	Acrílico	
General	Densidad de masa	1,188 g/cm ³
	Límite de elasticidad	48,9 MPa
	Resistencia máxima a tracción	79,8 MPa

Según el análisis de elementos finitos del acrílico, para que el acrílico no sufra una deformación permanente, la carga no debe superar los 48.9 MPa (Tabla 3.2). Los resultados de la simulación indican que la carga máxima que sufriría el acrílico es de 0.3305 MPa, lo cual comprueba que este material podrá soportar la carga que ejercerá la sierra.

3.2.5.5 Análisis de elementos finitos del ángulo

Figura 3.21

Vista lateral del ángulo, diagrama de cuerpo libre.



La masa que soporta el ángulo es la suma de la masa de todos los componentes que conforman el sistema de corte, aproximadamente son 25 Kg.

Con ayuda del diagrama de cuerpo libre de este elemento (Figura 3.21), se realiza la sumatoria de fuerzas en el eje Y:

$$\sum F_y = 0$$

$$W_x = mgsen(80)$$

$$W_x = 25 * 9,8 * sen(80)$$

$$W_x = 241.2779 N$$

Figura 3.22

Simulación de la carga que soporta el ángulo

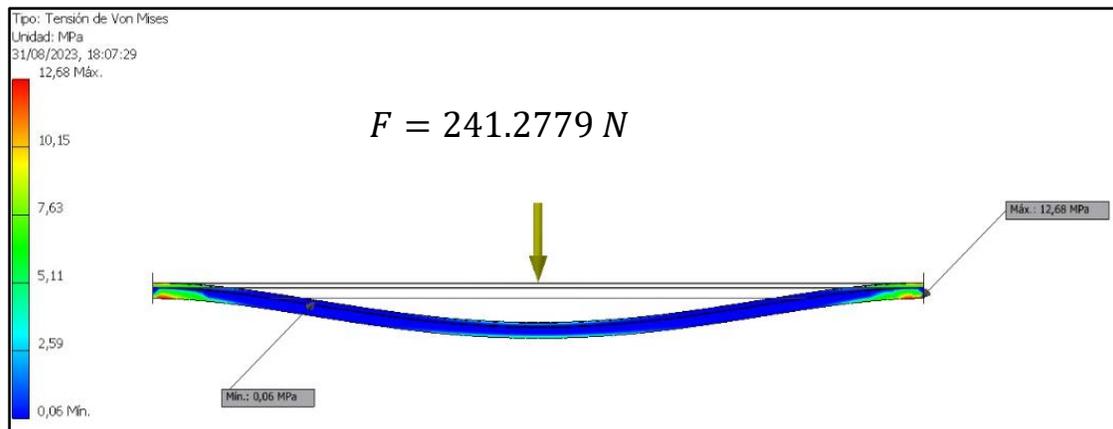


Tabla 3.3*Características del material simulado*

Nombre	Acero, galvanizado	
General	Densidad de masa	7,85 g/cm ³
	Límite de elasticidad	207 MPa
	Resistencia máxima a tracción	345 MPa

Según el análisis de la Figura 3.22 y la Tabla 3.3 de elementos finitos del acero, para que el ángulo no sufra una deformación permanente, la carga no debe superar los 207 MPa. Los resultados de la simulación indican que la carga máxima que sufriría el ángulo es de 12.68 MPa, lo cual comprueba que este material podrá soportar la carga que ejercerá el sistema móvil.

Se concluye que, por el análisis de elementos finitos de cada componente del sistema, se concluye que los materiales seleccionados son los mejores en cuanto a resistencia y precio.

3.3 Resultados físicos

La elaboración de las placas representa un proceso relativamente sencillo, se deben marcar las medidas que detallan los planos de inventor para luego realizar los orificios y ranuras correspondientes, al momento de realizar los orificios, es necesario poner una placa sobre la otra para que ambas tengan mayor exactitud y queden perfectamente paralelas y alineadas. Montar las placas es muy sencillo, únicamente se deben colocar los pernos en los orificios correspondientes. Podemos notarlo en la Figura 3.23.

Figura 3.23
Placas de acero negro del sistema móvil



Figura 3.24
Rodamiento con sistema de ojo chino para regular el ángulo de los rieles



En el desarrollo de la implementación se realizó un sistema de ojos chinos, tanto en el rodamiento aéreo (Figura 3.24) como en la placa superior (Figura 3.25), para que el sistema móvil esté paralelo con la cama de la cortadora, con el fin de que la sierra circular tenga la misma profundidad a lo largo del camino. El paralelismo entre la cama y el sistema móvil se obtiene regulando el grado de inclinación lo cual es posible por el ojo chino.

Figura 3.25
Ojos chinos del sistema movil.



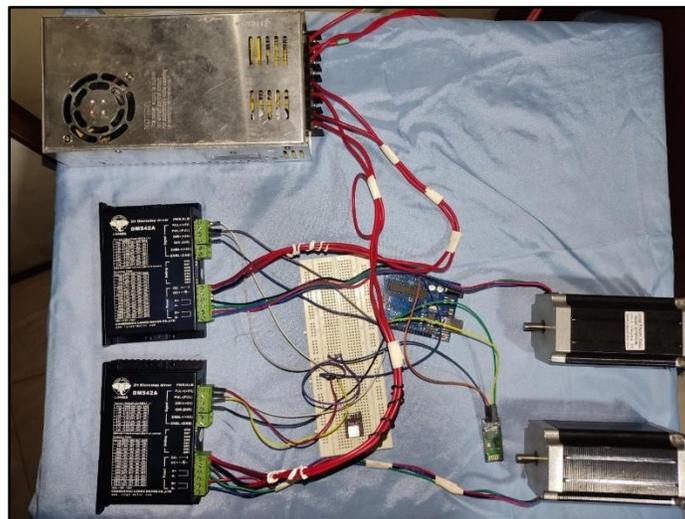
Con la implementación desarrollada en la Figura 3.26, es posible demostrar la rigidez de la estructura, los movimientos manuales del sistema móvil y el funcionamiento del control de la aplicación hacia los motores. Si al sistema móvil, manualmente, se le ejerce una fuerza lateralmente, sí se puede mover sin ningún tipo de problema, no existe ningún tiempo de rozamiento únicamente el contacto entre los rodamientos aéreos con la correa y las ruedas en V con el ángulo. Verticalmente también es posible mover a la sierra circular sin ningún inconveniente, ya que los rieles están perfectamente paralelos y alineados. Por lo tanto, los movimientos funcionan como se esperaba.

Figura 3.26
Implementación de la estructura de la cortadora vertical de melamina



3.4 Conexiones del sistema de control

Figura 3.27
Conexiones del sistema de control, desde Arduino hasta los motores



Se realizó la prueba del Kit CNC con el Arduino como se ve en la Figura 3.27, para medir las revoluciones de los motores de paso DC. Con el prototipado del diseño de control, se verifica que se cumplen las especificaciones: “el usuario puede operar con facilidad al sistema, garantizando una experiencia intuitiva y sencilla” y “los cortes se realizan de manera automatizada,

sin intervención directa del operador” esto último se logra al permitir que el usuario pueda controlar desde su celular los movimientos de corte, es decir, los movimientos de los motores.

3.5 Interfaz de la aplicación

Se realizó un sistema de control mediante una placa Arduino UNO y un módulo bluetooth, para que, a través de una interfaz de usuario, que puede ejecutar en cualquier dispositivo como Android, IOS y Laptops sea completamente amigable y versátil, se pueda controlar los movimientos que realizará la cortadora. La aplicación móvil funciona en dos modos diferentes:

- ✓ Modo distancia: el usuario ingresa a cuántos centímetros desea que se mueva la cortadora para realizar el corte, y esta, de manera automática, se moverá la distancia que el operario ingresó en la aplicación.

- ✓ Modo libre: el usuario tiene el control de mover automáticamente las direcciones que se moverá la sierra, sin necesidad de colocarle una distancia fija, es decir, en el modo libre, el usuario visualizará botones de las 4 direcciones: arriba, abajo, derecha e izquierda.

En cualquier modo, ya sea vertical u horizontal, el usuario puede escribir los centímetros y la dirección en la que desea realizar el corte. En las Figuras 3.28 y 3.29, se muestra la interfaz final de la aplicación de control.

Figura 3.28

Interfaz de la aplicación (modo libre) que controla los movimientos de cortes verticales.



En la Figura 3.28 se muestra la interfaz de la aplicación cuando el usuario selecciona los cortes verticales y se encuentra en modo libre, en este modo el usuario no puede escribir los centímetros a cortar, garantizando que el usuario no digite algún número por error. El mismo funcionamiento se aplica para el modo horizontal mostrado en la Figura 3.29.

Figura 3.29

Interfaz de la aplicación (modo libre) que controla los movimientos de cortes horizontales.

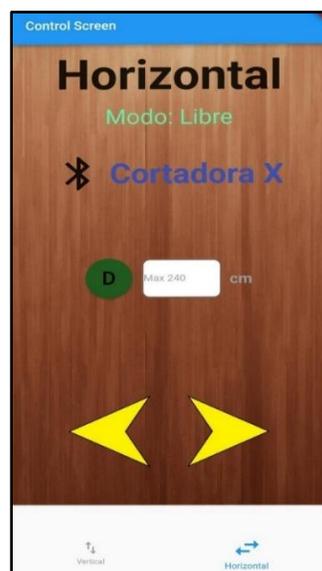


Figura 3.30

Interfaz de la aplicación (modo distancia) que controla los movimientos de cortes verticales



En la Figura 3.30 se observa la interfaz de la aplicación en modo distancia, que controla los movimientos de cortes verticales dependiendo de los centímetros colocados por el usuario

Al presionar el botón D, se desbloquea, permitiendo escribir los centímetros a cortar, una vez que el usuario digita los números, este puede elegir si el corte va hacia arriba o hacia abajo.

Figura 3.31
Interfaz de la aplicación (modo distancia) que controla los movimientos de cortes horizontales



En la Figura 3.31 se observa la interfaz de la aplicación en modo distancia, que controla los movimientos de cortes horizontales dependiendo de los centímetros colocados por el usuario

Como se observó, la interfaz de usuario es muy sencilla de utilizar, no es necesario que se necesite de un experto en carpintería para poder utilizar la aplicación.

3.6 Prueba del funcionamiento de control de los motores

Figura 3.32

QR para ver el video del funcionamiento de la aplicación



3.7 Análisis de costos

En esta sección se incluyen los análisis de costos, se describen los precios relacionados con el desarrollo del proyecto, con respecto al diseño mecánico, eléctrico y de control (Observar Tabla 3.4).

Tabla 3.4

Rubros

Rubros	Costo total
Diseño mecánico	\$488.56
Mano de obra	\$600.00
Diseño eléctrico y de control	\$342.75
TOTAL	\$1.431,31

Según la Tabla 3.4, se puede observar que el mayor porcentaje del costo corresponde a la parte del diseño mecánico. Es importante señalar que, si en el ensamblaje de la estructura se hubiera considerado utilizar acero inoxidable en lugar de acero negro, el porcentaje con respecto a la parte del diseño mecánico habría aumentado en 66.91%, es decir 232.85 USD más.

CAPÍTULO 4

4.1 Conclusiones

- Se desarrolló, en el software Autodesk Inventor, el diseño de una cortadora vertical para paneles de melamina económicamente accesible, de fácil transporte y que realice cortes de manera automatizada.
- Se realizó el control automatizado de los movimientos de corte mediante el controlador Arduino UNO, drivers y motores.
- El análisis de costo indicó que el proyecto tiene un costo en materiales aproximado de 800 USD, lo que resulta muy llamativo para pequeños emprendedores.
- Los materiales y ciertos componentes es posible conseguirlos de manera nacional e importada por bajos precios. La tecnología utilizada es muy económica y de fácil adquisición, con lo cual se establece que se el proyecto es tecnológicamente factible y producirlo cuesta menos de 2000 USD.
- El precio de la cortadora propuesta no se asemeja a los precios que existen en Ecuador, por lo tanto, la opción de esta cortadora vertical resulta más económica, y lo mejor es que es producida nacionalmente.

4.2 Recomendaciones

- Se recomienda consultar en el mercado las diferentes piezas o componentes que forman parte del diseño mecánico antes de empezar a modelar en programas de modelado 3D
- Es importante realizar el análisis de elementos finitos en los programas de simulación antes de comprar los materiales.
- Se recomienda optimizar el diseño mecánico para reducir la altura de la cortadora.

Referencias

- [1] “brico-DIY,” 2019. [En línea]. Available: <https://www.brico-diy.net/2011/03/planos-de-muebles-de-melamina-estante.html#comments>.
- [2] Virutex Andino, “Virutex Andino, Máquinas y herramientas para madera,» [En línea]. Available: <https://virutexandino.com/maquinas-de-corte/sierra-vertical-putsch-meniconi-svp-420/>. [Último acceso: 7 junio 2023].
- [3] “Interempresas” [En línea]. Available: <https://www.interempresas.net/Madera/FeriaVirtual/Producto-Seccionadora-vertical-Putsch-Meniconi-320-Manual-195745.html>. [Último acceso: junio 8 2023].
- [4] Ozman Machines, “OzmanMachines,” [En línea]. Available: <https://ozmanmachine.com/es/products/sierra-vertical/>. [Último acceso: 2023 junio 6].
- [5] L. Macas, “Trabajo de Titulación presentado en conformidad a los requisitos establecidos para optar por el título de Magister en Dirección de Operaciones y Seguridad Industrial,” 2017.
- [6] Aglomerados Cotopaxi, “Aglomerados Cotopaxi, sembrando futuro,” [En línea]. Available: <https://www.cotopaxi.com.ec/productos>. [Último acceso: 2023 junio 6].
- [7] M. J. García, “Kansei,” 21 julio 2014. [En línea]. Available: <https://kanseicocinas.com/2014/07/materiales-que-intervienen-en-la/>. [Último acceso: 12 junio 2023].
- [8] Todos los derechos reservados, “Ferretería Orellana,” [En línea]. Available: <https://ferreteriaorellana.com/ventajas-de-utilizar-herramientas-dewalt>. [Último acceso: 2023 junio 13].

- [9] "HOMEMASTEROK," 2021. [En línea]. Available:
<https://homemasterok.desigusxpro.com/es/stacionarnaya-cirkulyacionnaya-pila.html>.
[Último acceso: 13 junio 2023].
- [10] Mercado Libre, "Mercado Libre," [En línea]. Available:
https://articulo.mercadolibre.com.ec/MEC-524407651-sierra-de-mesa-bosch-1800w-15amp-4300rpm-gts-254-_JM#position=6&search_layout=stack&type=item&tracking_id=24ab44e0-7c3e-454d-9cd5-3e9a02633cb3. [Último acceso: 14 junio 2023].
- [11] "Kiloutou Group," [En línea]. Available: <https://www.kiloutou.com/es/mejor-herramienta-cortar-madera/#:~:text=La%20sierra%20circular&text=Este%20tipo%20de%20sierras%20se,circular%20apropiada%20para%20cada%20material..> [Último acceso: 14 junio 2023].
- [12] Home Depot, "HOME DEPOT," [En línea]. Available:
<https://www.homedepot.com.mx/ideas-y-proyectos/herramientas/sierra-circular-tipos-y-caracteristicas/#:~:text=La%20sierra%20circular%20es%20una,a%20cabo%20pr%C3%A1cticamente%20cualquier%20corte.> [Último acceso: 11 junio 2023].
- [13] Bosch, "Bosch, innovación para tu vida," 2021. [En línea]. Available:
<https://www.bosch-professional.com/es/es/products/gks-190-0601623000>. [Último acceso: 14 junio 2023].
- [14] "Alibaba," [En línea]. Available: <https://spanish.alibaba.com/p-detail/Woodworking-1600096271116.html?spm=a2700.7724857.0.0.b62f355aAfSK6Q>. [Último acceso: 2023 junio 2023].

- [15] Putsch, "Putschmeniconi," [En línea]. Available:
<https://www.putschmeniconi.com/es/seccionadoras-verticales/seccionadora-vertical-svp-145-plus/>. [Último acceso: 15 junio 2023]
- [16] Putsch, "Putsch Meniconi," [En línea]. Available:
<https://www.putschmeniconi.com/es/seccionadoras-verticales/seccionadora-vertical-svp-145-plus/>. [Último acceso: 14 junio 2023].
- [17] Putsch, "Putsch Meniconi," [En línea]. Available:
<https://www.putschmeniconi.com/es/seccionadoras-verticales/seccionadora-vertical-automatica-svp-133/>. [Último acceso: 14 junio 2023].
- [18] "Alibaba," [En línea]. Available:
https://spanish.alibaba.com/trade/search?fsb=y&IndexArea=product_en&CatId=&tab=all&SearchText=sierra+de+Panel+Vertical&selectedTab=product_en. [Último acceso: 14 junio 2023].
- [19] M. P. Bale, Woodworking Machinery; Its Rise, Progress, and Construction, with Hints on ... Crosby Lockwood and son, 1883. [Online]. Available:
<https://archive.org/details/woodworkingmach01balegoog/page/n26/mode/2up>
[Accedido el 8 de junio de 2023].
- [20] "Máquina vertical para cortar PANELES | Trimalco APOLO| Oficial".
MOLDIBER.[Online] <https://moldiber.com/cortadoras/cortadora-vertical-trimalco-apollo-xl-para-paneles-37.html> [Accedido el 7 de junio de 2023].
- [21] "HD TOOLS | Soluciones en Construcción e Industria". HD TOOLS | Soluciones en Construcción e Industria. <https://www.hdtools.cl/product/cortadora-panel-vertical-para-madera-eeuu-h6> (Accedido el 7 de junio de 2023).

- [22] "Edimca Variedad de aglomerado para tus diseños". Edimca Variedad de aglomerado para tus diseños. <https://edimca.com.ec/aglomerados.html> (accedido el 13 de junio de 2023).
- [23] M. P. Bale, *Woodworking Machinery; Its Rise, Progress, and Construction, with Hints on ...* Crosby Lockwood and son, 1883. [Online]. Available: <https://archive.org/details/woodworkingmach01balegoog/page/n26/mode/2up> [Accedido el 8 de junio de 2023].
- [24] "Máquina vertical para cortar PANELES | Trimalco APOLO| Oficial". MOLDIBER.[Online] <https://moldiber.com/cortadoras/cortadora-vertical-trimalco-apollo-xl-para-paneles-37.html> [Accedido el 7 de junio de 2023].
- [25] "HD TOOLS | Soluciones en Construcción e Industria". HD TOOLS | Soluciones en Construcción e Industria. <https://www.hdtools.cl/product/cortadora-panel-vertical-para-madera-eeuu-h6> (Accedido el 7 de junio de 2023).
- [26] "Sierra escuadradora p305m". Virutex Andino. <https://virutexandino.com/maquinas-de-corte/sierra-escuadradora-p305m/> (accedido el 20 de junio de 2023).
- [27] "SIERRA ESCUADRADORA KDT 132C". Virutex Andino. <https://virutexandino.com/maquinas-de-corte/sierra-escuadradora-kdt-132c/> (accedido el 17 de agosto de 2023).
- [28] *Dipacmanta.com*. [En línea]. Disponible: <https://dipacmanta.com/wp-content/uploads/2022/07/Catalogo-actualizado-JULIO-2022.pdf-3.pdf>. [Consultado: 17-ago-2023].

- [29] efectoLED. "¿Qué es y cómo funciona un disyuntor? - efectoLED blog". efectoLED blog. <https://www.efectoled.com/blog/es/que-es-y-como-funciona-un-disyuntor/> (accedido el 17 de agosto de 2023).
- [30] "Porque se calculan los breakers o disyuntores al 125% de la corriente". Electricaplicada. <https://www.electricaplicada.com/porque-se-calculan-los-breakers-al-125-de-corriente/> (accedido el 17 de agosto de 2023).
- [31] "Tableros Aglomerados: Características, Desventajas y Usos". Maderame. [https://maderame.com/clases-de-tableros/aglomerados/#:~:text=En%20este%20caso%20la%20densidad,675-690%20kg/m³](https://maderame.com/clases-de-tableros/aglomerados/#:~:text=En%20este%20caso%20la%20densidad,675-690%20kg/m%C3%B3.). (accedido el 17 de agosto de 2023).
- [32] "Tabla informativa de pesos de tablero". Tableros Huertas, Tableros de Madera, Comprar Tablero, Venta y Corte. <https://www.tableroshuertas.es/tableros-de-madera-pesos/tableros-de-madera-aglomerado-plastificados-pesos.pdf> (accedido el 17 de agosto de 2023).
- [33] "Generico SBR-UU". PerfilesCNC. <https://perfilescnc.com/?product=generico-sbr-uu> (accedido el 17 de agosto de 2023).

Apéndices

Apéndice A: Selección de alternativa de solución

Alternativa 1 > Alternativa 2 > Alternativa 3

Tabla A.1

Evaluación del peso específico del criterio estructura

Criterio	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa 1	x	1	1	3	0.500
Alternativa 2	0	x	1	2	0.333
Alternativa 3	0	0	x	1	0.167
			Suma	6	1

Alternativa 1 = Alternativa 2 = Alternativa 3

Tabla A.2

Evaluación del peso específico del criterio capacidad:

Criterio	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa 1	x	0.5	0.5	2	0.333
Alternativa 2	0.5	x	0.5	2	0.333
Alternativa 3	0.5	0.5	x	2	0.333
			Suma	6	1

Alternativa 2 > Alternativa 1 > Alternativa 3

Tabla A.3

Evaluación del peso específico del criterio automatización:

Criterio	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa 1	x	0	1	2	0.333
Alternativa 2	1	x	1	3	0.500
Alternativa 3	0	0	x	1	0.167
			Suma	6	1

Alternativa 2 > Alternativa 1 > Alternativa 3

Tabla A.4

Evaluación del peso específico del criterio grado de innovación:

Criterio	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa 1	x	0	1	2	0.333
Alternativa 2	1	x	1	3	0.500
Alternativa 3	0	0	x	1	0.167
			Suma	6	1

Alternativa 3 > Alternativa 1 > Alternativa 2

Tabla A.5

Evaluación del peso específico del criterio costos:

Criterio	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa 1	x	1	0	2	0.333
Alternativa 2	0	x	0	1	0.167
Alternativa 3	1	1	x	3	0.500
			Suma	6	1

Apéndice B: Selección del controlador

Arduino UNO > DB25 1205

Tabla B.1

Evaluación del peso específico del criterio experiencia de usuario

Criterio	Arduino UNO	DB25 1205	$\Sigma+1$	Ponderación
Arduino UNO	x	1	2	0.667
DB25 1205	0	x	1	0.333
		Suma	3	1

Arduino UNO > DB25 1205

Tabla B.2

Evaluación del peso específico del criterio programación

Criterio	Arduino UNO	DB25 1205	$\Sigma+1$	Ponderación
Arduino UNO	x	1	2	0.667
DB25 1205	0	x	1	0.333
		Suma	3	1

Arduino UNO > DB25 1205

Tabla B.3

Evaluación del peso específico del criterio componentes

Criterio	Arduino UNO	DB25 1205	$\Sigma+1$	Ponderación
Arduino UNO	x	1	2	0.667
DB25 1205	0	x	1	0.333
		Suma	3	1

Apéndice C: Cálculos

✓ Fuerza que ejerce la sierra a cierta velocidad de corte

Datos de la sierra circular:

- Diámetro de la hoja = 185 mm
- Velocidad de la hoja = 6000 RPM
- Potencia de entrada nominal = 1400 W
- Voltaje = 110 V

Transformando la velocidad de la sierra a velocidad angular:

$$\omega = RPM * \frac{2\pi \text{ rad}}{60 \text{ seg}} \quad (\text{C.1})$$

$$\omega = 6000 \text{ RPM} * \frac{2\pi \text{ rad}}{60 \text{ seg}}$$

$$\omega = 628.319 \frac{\text{rad}}{\text{seg}}$$

Para calcular la velocidad de corte de la sierra circular se utiliza la siguiente ecuación:

$$V_{\text{corte}} = \frac{RPM \times D \times \pi}{1000} \quad (\text{C.2})$$

Donde:

- RPM: número de revoluciones de la hoja de la sierra
- D: diámetro de la hoja de la sierra

A continuación, se reemplazan los valores:

$$V_{corte} = \frac{6000 \text{ RPM} \times 185 \text{ mm} \times \pi}{1000 \frac{\text{mm}}{\text{m}}} = 3487.168 \frac{\text{m}}{\text{min}} = 58.119 \frac{\text{m}}{\text{seg}}$$

Entonces, la fuerza que ejerce la sierra a la velocidad de corte calculada es:

$$F = \frac{P_{sierra \text{ circular}}}{V_{corte}} \quad (\text{C.3})$$

$$F = \frac{1400 \text{ W}}{58.119 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 24.088 \text{ N}$$

✓ Cálculos de las RPM de los motores

Para el cálculo de la velocidad de avance de la hoja de corte, se tomará de referencia datos de una sierra de características similares, $V_{avance} = 0.122 \frac{\text{m}}{\text{seg}}$. Es lógico considerar este valor de velocidad de avance, ya que indica que una sierra circular es capaz de atravesar 1.22 metros en 10 segundos.

La velocidad de avance será la velocidad tangencial que tendrá el motor y su piñón, por lo tanto, se puede calcular la velocidad angular de ambos (radio del piñón de 0.035m):

$$\omega = \frac{V_{lineal}}{R} \quad (C.4)$$

$$\omega = \frac{V_{lineal}}{R} = \frac{0.122 \frac{m}{s}}{0.035m} = 3.486 \frac{rad}{s}$$

$$\omega = 3.486 \frac{rad}{s} * \frac{60}{2\pi}$$

$$\omega = 33.29 \text{ RPM}$$

El motor girará a 33.29 RPM para lograr esa velocidad de avance y poder realizar los cortes verticales en la madera.

✓ Cálculo del torque del motor

Para este cálculo se utilizará la velocidad angular encontrada, luego, se calcula la potencia máxima eléctrica que ejerce el motor. También, se necesita conocer el voltaje de funcionamiento y la corriente máxima a la que el motor puede trabajar.

Datos del motor

$$\tau_{max} = 3 \text{ Nm}$$

$$V_{motor} = 4.8 \text{ V}$$

$$I_{motor} = 2.03 \text{ A}$$

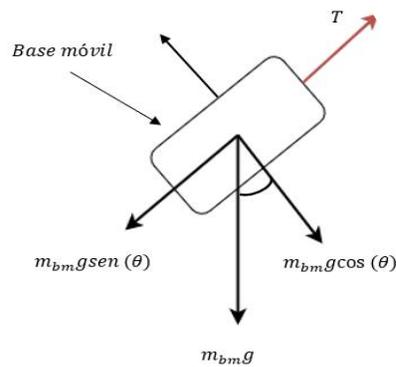
Se calcula la potencia máxima del motor:

$$P_{max} = V \times I_{motor} \quad (C.5)$$

$$4.8 V \times 2.03 A = 9.744W$$

Figura C.1

Diagrama de cuerpo libre de la base móvil



$$\sum F_x = 0$$

$$T = m_{bm} g \text{sen}(\theta)$$

$$T = 7,07 * 9,8 \text{sen}(80)$$

$$T = 68,23 N$$

Con la ecuación C.6, se encuentre la potencia que necesita ejercer el motor para levantar al sistema móvil.

$$P = F * V \quad (C.6)$$

$$Potencia = 68,23 \text{ N} * 0,122 \frac{m}{seg}$$

$$Potencia = 8,324 \text{ W}$$

Despejando la ecuación C.7 se encuentra el valor del torque necesario para mover al sistema móvil:

$$P = \tau * \omega \quad (C.7)$$

$$\tau = \frac{8,324 \text{ W}}{3,4857 \frac{rad}{s}} = 2,388 \text{ Nm}$$

Con los valores obtenidos se puede afirmar que el torque que se necesita (2.388 Nm) es menor que el torque máximo del motor (3 Nm), por lo que el motor sí tiene la fuerza necesaria para levantar o bajar la base móvil y lograr cortar el panel de madera.

$$\tau < \tau_{max}$$

✓ **Cálculo de la fuerza máxima que ejerce el motor**

A continuación, se realiza el cálculo de la fuerza que ejerce el motor cuando la velocidad de avance de la sierra es de $0.122 \frac{m}{sg}$

Se conoce que:

$$\tau_{m\acute{a}x} = 3 Nm$$

$$P_{m\acute{a}x} = 9,744 W$$

Despejando ω de la fórmula: $P = \tau * \omega$, se obtiene:

$$\omega_{m\acute{a}x} = \frac{9,744 W}{3 Nm} = 3,248 \frac{rad}{seg}$$

Entonces:

$$V_{lineal} = 3,248 \frac{rad}{seg} * 0,035m = 0,11368 \frac{m}{seg}$$

Despejando $P = F_{m\acute{a}x} * V_{lineal}$, se obtiene:

$$F_{m\acute{a}x} = \frac{9.744 W}{0.11368 \frac{m}{seg}} = 85,714 N$$

✓ **Cálculo de la velocidad angular mínima del motor**

$$\omega = \frac{9.774 W}{3 Nm} = 3.248 \frac{rad}{seg}$$

La velocidad angular mínima es de $3.248 \frac{rad}{seg}$, no puede existir menor velocidad angular que la mencionada debido a que el torque máximo es de 3 Nm.

✓ **Cálculo de la velocidad tangencial mínima del piñón**

$$V_{tangencial\ mín} = R * \omega$$

$$V_{tangencial\ mín} = 0.035m * 3.248 \frac{rad}{seg}$$

$$V_{tangencial\ mín} = 0.1137 \frac{m}{seg}$$

✓ **Cálculo de la fuerza máxima que ejerce el piñón**

$$F_{máx\ piñón} = \frac{P}{V_{tangencial\ mín}} = \frac{9.744\ W}{0.1137 \frac{m}{seg}} = 85.69\ N$$

✓ **Cálculo de la fuerza necesaria para mover el sistema móvil lateralmente**

Se considera el peso de la base móvil, las barras (rieles) y demás componentes que conforman parte del sistema. Masa total del sistema móvil:

- Masa de cada barra = 6.55 kg
- Masa de los piñones = 0.137kg
- Masa del contrapeso= 6.9626 kg
- Masa de la placa en acero negro= 1.508 kg
- Masa total aproximada = 33.07 kg

Se realiza el análisis del sistema móvil en el eje Y:

$$\sum F_y = 0$$

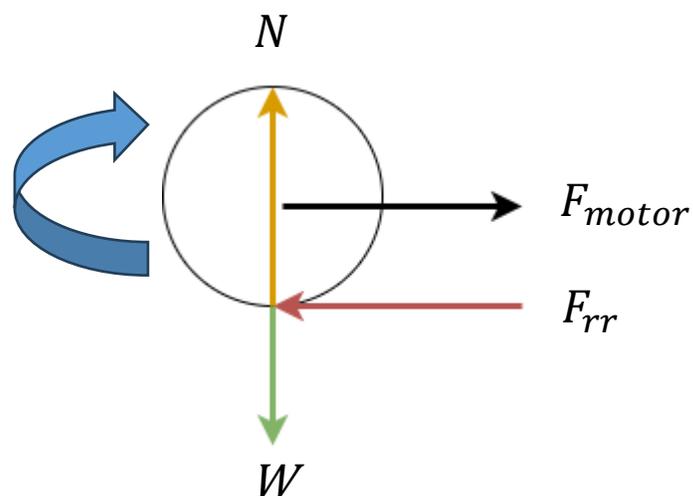
$$N - mg = 0$$

$$N = mg$$

Para este análisis se consideran las 4 ruedas. A continuación, se realiza el diagrama de cuerpo libre de rodadura sin deslizamiento. Se calculará la fuerza necesaria para ir en contra de la fuerza de resistencia de rodadura.

Figura C.2

Diagrama de cuerpo libre de las ruedas en V



Crr: Coeficiente de la resistencia de rodadura

$$\sum F_x = 0$$

$$F_{motor} = F_{rr}$$

$$F_{motor} = Crr \times N = 0.0015 \times 33.07kg \times 9.81 = 0.4866 N$$

Luego, se calculó la fuerza que necesita el motor para empujar el sistema a la velocidad de avance. Para esto se suma la fuerza de avance que se necesita y la fuerza necesaria para contrarrestar la fuerza de rodadura.

$$F_{corte} = \frac{9.744 W}{0.122 \frac{m}{seg}} = 79,867 N$$

$$F_{motor lateral} = F_{motor} + F_{corte}$$

$$F_{motor lateral} = 0.4866 N + 79,867 N = 80,355 N$$

Esta fuerza es menor que la fuerza máxima del motor calculada, por lo que se puede concluir que los motores son capaces de mover todo el sistema de la sierra sin ningún problema, sin sobrecargar al motor.

Según los cálculos teóricos, la fuerza máxima que ejerce cada motor es 85,714 N y la fuerza máxima para que cada motor pueda realizar los movimientos horizontales o verticales es de 68.23 N y 80.355 N respectivamente, lo que significa que los motores utilizados son suficientes para realizar estas operaciones.

✓ **Cálculos para conocer la resistencia de la cadena**

La cadena utilizada tiene una resistencia a la tracción de 820 kgf, esta resistencia se refiere a la cantidad de fuerza que la cadena puede soportar antes de romperse.

$$1 \text{ kgf} = 9.80665 \text{ N}$$

$$820 \text{ kgf} = 8041.453 \text{ N}$$

La cadena encargada de realizar los movimientos puede soportar un máximo de 8041.453 N antes de romperse. De acuerdo con los cálculos realizados, la fuerza que se necesita para que la base móvil pueda ser levantada o halada es de 24.6293 N y 24.142 N, por lo tanto, la cadena podrá mover al sistema móvil sin romperse.

✓ **Cálculos para conocer el peso de los paneles a cortar**

Las medidas máximas de los tableros de madera (en metros) permitidos de la cortadora son: 2.438 m x 1.219 m x 0.020 m. Los espesores más habituales en este tipo de tableros son de 16mm a 19mm. En este caso la densidad suele estar entre 675 - 690 kg/m³.

Cálculo teórico:

Para este cálculo se asumirá, que la densidad de la madera con un espesor de 20 mm es de 675 kg/m³ [28].

$$M = \text{volumen} * \text{densidad} \tag{C.8}$$

$$M = 2.438 \text{ m} * 1.219 \text{ m} * 0.02 \text{ m} * 675 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$M = 40.12 \text{ Kg}$$

La masa obtenida es muy cercana a las masas que se pueden observar en esta tabla:

TABLA INFORMATIVA DE PESOS DE TABLERO RECUBIERTO MELAMINA (kg)									
Melamina sobre aglomerado estandar									
Gruesos	2440 x 1220 mm			2850 x 1220 mm			3050 x 1220 mm		
	Peso tablero (kg)	Tableros por paquete	Peso paquete (kg)	Peso tablero (kg)	Tableros por paquete	Peso paquete (kg)	Peso tablero (kg)	Tableros por paquete	Peso paquete (kg)
5,0 mm	11,20	75	840,33						
8,0 mm	17,02	60	1.021,47						
10,0 mm	20,80	60	1.248,27	24,30	60	1.458,27	26,01	60	1.560,78
12,0 mm	24,29	60	1.457,67	28,37	60	1.702,47			
15,0 mm	29,73	50	1.486,72				37,17	50	1.858,65
16,0 mm	31,19	50	1.559,72	36,43	50	1.821,72			
18,0 mm	34,47	40	1.378,98				43,09	40	1.723,72
19,0 mm	36,06	40	1.442,58	42,12	40	1.684,98			
22,0 mm	40,99	35	1.434,81				51,24	35	1.793,51
25,0 mm	46,11	30	1.383,43				57,64	30	1.729,29
30,0 mm	53,85	25	1.346,36				67,31	25	1.682,83
35,0 mm	61,14	20	1.222,89						
40,0 mm	66,20	15	993,07						
superficie del tablero (m2)	2,9768			3,477			3,721		

Tabla C.1

Tabla de masas aproximadas de tableros de melamina [29].

✓ **Cálculos para conocer las cargas que soportan los 4 rodamientos lineales**

Para el análisis de la carga a la que estarán sometidos los 4 rodamientos lineales, no se consideró la tensión que ejerce la cadena ni de la cuerda del contrapeso, de esta manera se puede obtener la carga máxima a la que estaría sometido cada rodamiento, agregando las 2 tensiones que no se consideraron, ayudarían a que las cargas sobre los rodamientos sean menores.

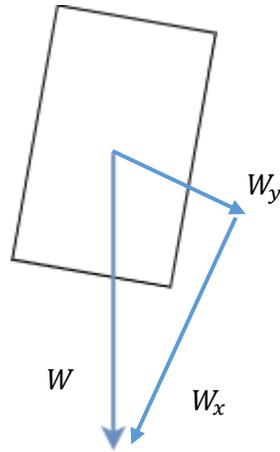
Datos del fabricante sobre un rodamiento lineal [30]:

Carga dinámica: 980 N

Carga estática: 1560 N

Figura C.4

Diagrama de cuerpo libre de un rodamiento lineal



Se analiza únicamente la fuerza del peso de la base móvil, ya que es la única fuerza que soportan los rodamientos. Cada rodamiento soporta el peso del acrílico (0.45 kg) y de la sierra (5kg), la suma de estas dos cantidades es $m_{as} = 5.45 \text{ kg}$, por lo tanto, el peso es $5.45 \text{ kg} * 9.8 = 53.41 \text{ N}$. La carga que soporta cada rodamiento es $\frac{53.41 \text{ N}}{4} = 13.35 \text{ N}$, esta carga es mucho menor que la carga dinámica y estática que soporta cada rodamiento.

Se concluye que, los rodamientos son capaces de transportar la base móvil sin posibilidad de que fallen.

✓ Cálculos de la masa del contrapeso

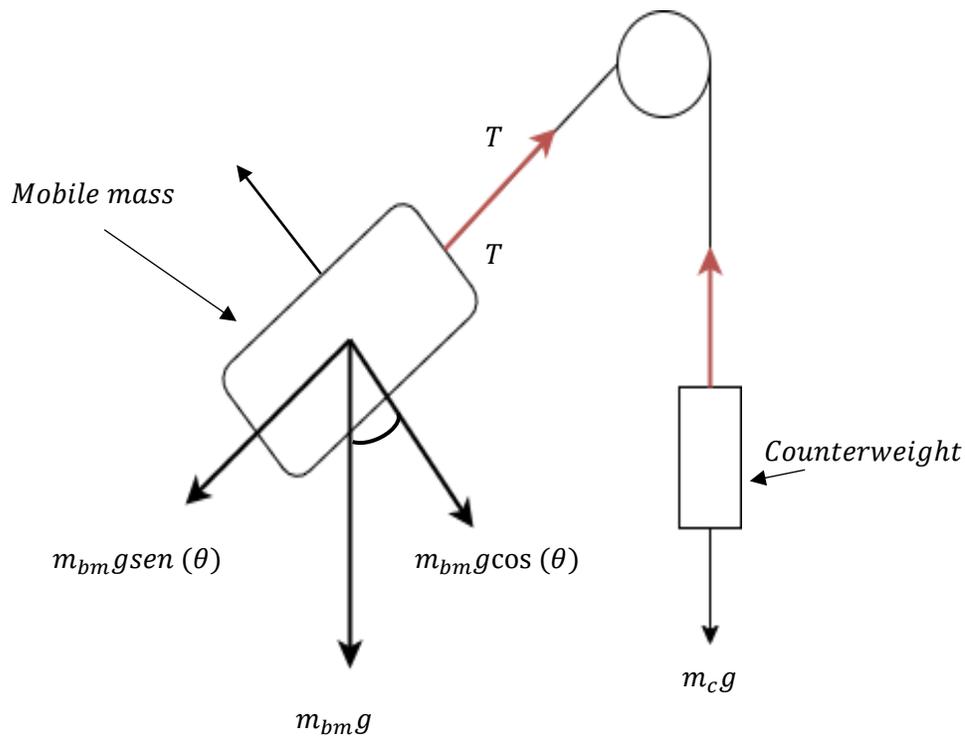
Como se mencionó en la sección 2.5, el sistema de corte está vinculado con un contrapeso. Para poder determinar su masa, se necesitó conocer la masa de la base móvil, lo cual incluye la masa del acrílico, la masa de la sierra y los 4 rodamientos de bolas de movimiento lineal:

- Masa del acrílico: 0.45 kg
- Masa de la sierra circular: 5 kg
- Masa de los rodamientos de bolas: $405 \text{ g} \times 4 = 1,620 \text{ kg}$
- Las masas de las poleas son despreciables debido a que el peso de los primeros componentes mencionados es superior al peso de las poleas.
- No se considera un análisis dinámico debido a que los motores a paso pueden funcionar a una velocidad constante, es decir, que no habría aceleración.

Por lo tanto, la masa de la base móvil (m_{bm}) es: $0.45 + 5 + 1.62 = 7.07 \text{ kg}$

Figura C.5

Diagrama de cuerpo libre de la base móvil



En la Figura C.5 se muestra el diagrama de cuerpo libre de la base móvil. Para este análisis consideró que las tensiones T son iguales debido a que es la misma cuerda que pasa por la misma polea.

Para el análisis de la base móvil, se despreció a la fricción ya que el sistema se encuentra en equilibrio y se utilizan rodamientos de bolas de movimiento lineal para su translación.

Sumatoria de fuerzas en el eje x del sistema móvil:

$$\sum F_x = 0$$

$$T - m_{bm}g \operatorname{sen}(\theta) = 0$$

$$T = m_{bm}g \operatorname{sen}(\theta) \quad (\text{C.9})$$

Sumatoria de fuerzas en el eje y del contrapeso:

$$\sum F_y = 0$$

$$T - m_c g = 0$$

$$T = m_c g \quad (\text{C.10})$$

Igualando ecuaciones:

$$\text{C.9} = \text{C.10}$$

$$m_{bm}g (\operatorname{sen}(\theta)) = m_c g$$

$$m_{bm} (\operatorname{sen}(\theta)) = m_c$$

Reemplazando valores:

$$m_{bm} = 7.07 \text{ kg}$$

$\theta = 80^\circ$, ángulo de inclinación de la cortadora.

$$7.07 (\text{sen}(80)) = m_c$$

$$m_c = 6.9626 \text{ kg}$$

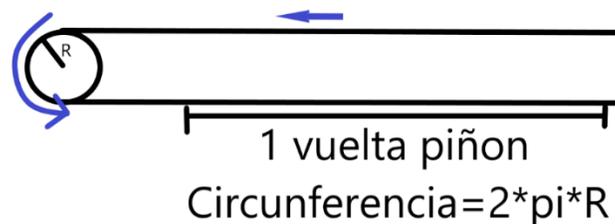
✓ Cálculo del movimiento de la sierra

Los motores de paso tienen la peculiaridad de moverse mediante saltos de posición. Estos saltos vienen en diferentes grados dependiendo del motor. En el proyecto se utilizan motores nema 23 los cuales tienen saltos de 1.8° grados de paso. Por lo tanto, para completar una vuelta entera, el piñón tiene que realizar 200 pasos. Estos pasos, al ser pequeños, ayudan a mejorar la precisión de cada posición.

Se calcula la relación de avance que tiene el sistema de potencia para determinar cada cuanto centímetro se traslada.

Figura C.6

Análisis del movimiento del sistema de transmisión de potencia



$$Relación = \frac{Circunferencia}{\#Numero\ de\ pasos} \quad (C.11)$$

$$Relación = \frac{2 \times \pi \times radio}{200} = \frac{21.991}{200} = 0.11cm$$

Un paso, en el motor nema 23, representa un movimiento tangencial de 0.11cm, la cual es una medida bien pequeña. Para el desplazamiento de nuestro sistema móvil se consideró la medida de 0.5 cm. Para no tener una tolerancia que pueda afectar al sistema.

Con el controlador DM542A es posible utilizar micro pasos, lo cual permite tener una tolerancia baja. Estos micro pasos dividen aún más los saltos que tiene el motor. Se cuenta desde 400 hasta 25600 micro pasos. Para el proyecto se escogió que la tolerancia sea de 5%.

$$Tolerancia = 0.5\ cm \times \frac{5}{100} = 0.025cm$$

8000 micro pasos

$$Salto\ por\ paso = \frac{21.991cm}{8000} = 0.0275\ cm$$

10000 micro pasos

$$Salto\ por\ paso = \frac{21.991cm}{10000} = 0.0220\ cm$$

10000 micro pasos son necesarios para tener una tolerancia de 5% en nuestro desplazamiento. Ahora se calcula cuantos pasos son necesarios para hacer un giro de 0.5 cm.

$$\#Numero\ de\ pasos = \frac{0.5}{0.0220} = 22.72$$

El número de pasos ya redondeado es de 23. En otras palabras. El motor tiene que dar esa cantidad de paso para que el sistema móvil se desplace 0.5 ± 0.025 cm.

Apéndice D: Medidas de tubos

Los tubos utilizados en la cortadora se dividen en dos partes:

Parte 1: Estructura base y la estructura de la “cama” que es donde descansa el panel a cortar.

Para la parte 1 se necesitaron:

- 1) Tubos cuadrados de 40 mm x 1.5 mm de grosor
 - a) 4 tubos de 3000 mm
 - b) 2 tubos de 500 mm
 - c) 2 tubos de 1660 mm
 - d) 4 tubos de 1467 mm
 - e) 2 tubos de 2920 mm
 - f) 2 tubos de 1700 mm
- 2) Tubos cuadrados de 25 mm x 1.5 mm de grosor: 1 tubo de 3000 mm
- 3) Ángulo de 3000 mm
- 4) Perfil estructural correa “g” de 3000 mm

Parte 2: El sistema móvil de corte, placas en unión con los rieles y rodamientos (ruedas en V y rodamientos aéreos)

Figura D.1

Placas superiores

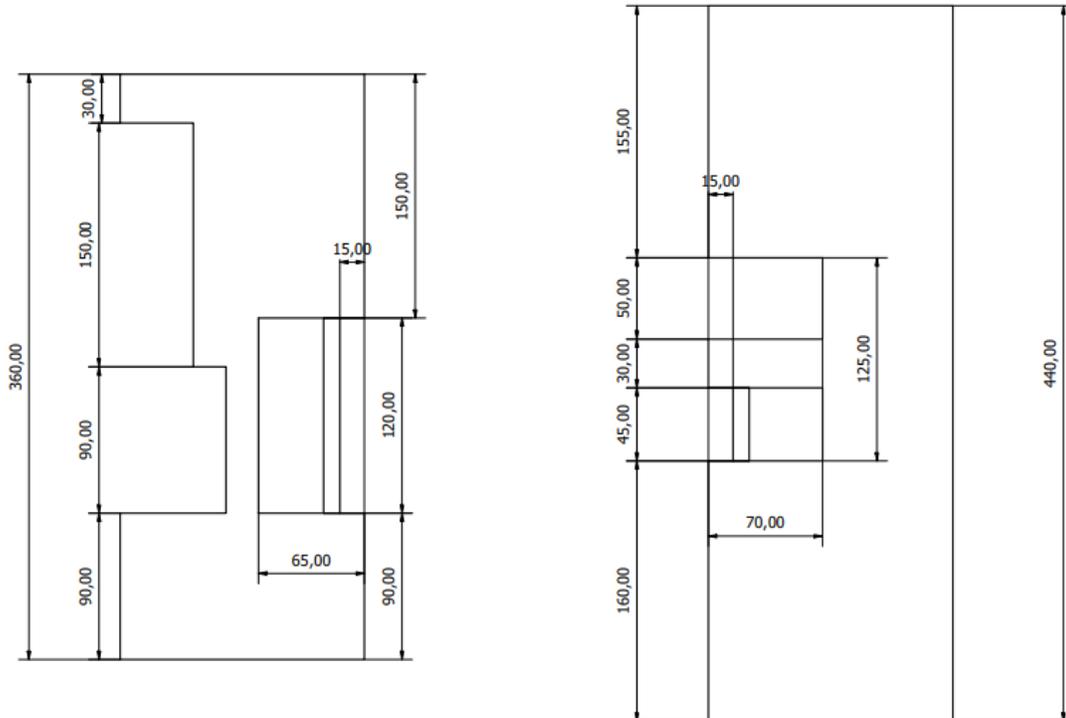
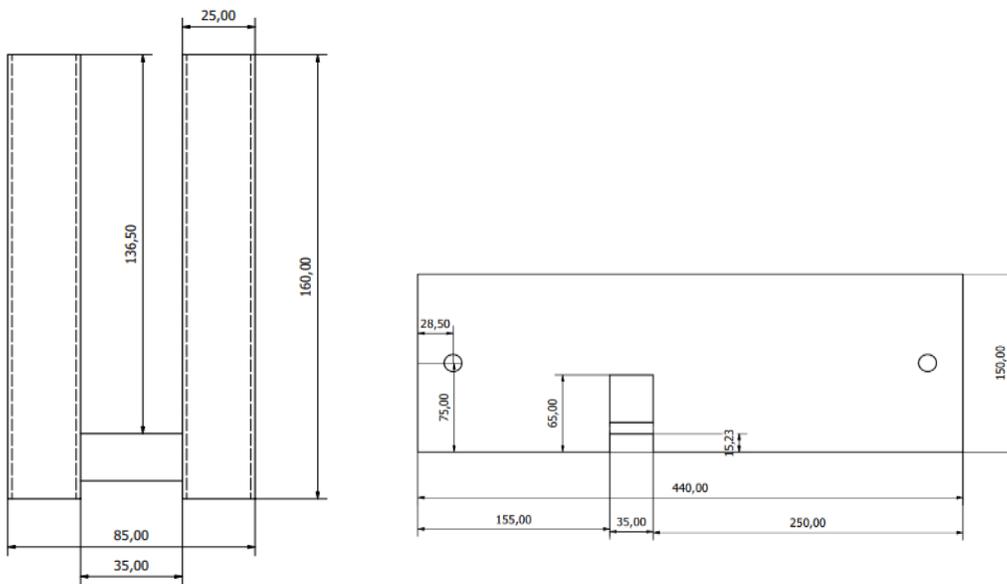


Figura D.2

Placa inferior



Apéndice E: Ensamblaje

Cuando ya se adquirieron todos los materiales, se empezó con el ensamblaje completo de la estructura, en primer lugar, se hicieron las mediciones para realizar los cortes de los tubos. Lo cual se puede observar en las Figuras E.1 y E.2.

Figura E.1

Mediciones para hacer los cortes



Figura E.2

Se realizan las mediciones para hacer los cortes



En la Figura E.3 se muestra cómo se realizan los cortes de todos los tubos que conforman la estructura. En la Figura E.4 se observa cómo se forma el cuadrante de la cama.

Figura E.3

Se realizan los cortes de los tubos

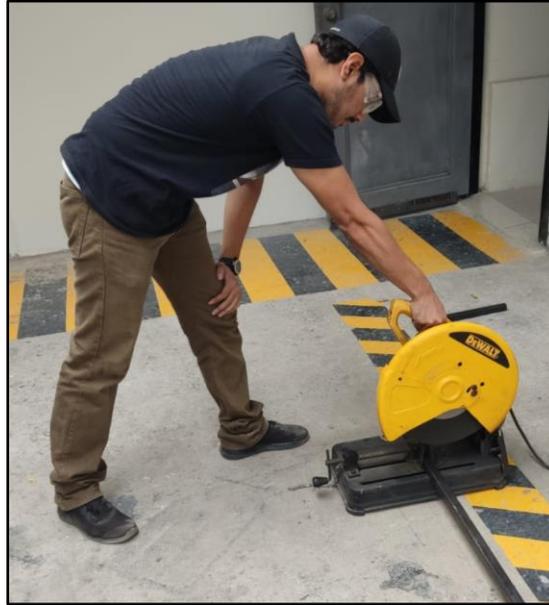


Figura E.4

Se forma el cuadrante de la cama



Figura E.5

Unión entre la cama y la base



La dificultad de fabricación de la base es baja, lo que toma más tiempo es la soldadura que se debe hacer en cada punto de contacto, ya que se debe garantizar la rigidez de la base. Para realizar la soldadura de la cama se necesitó de bastante tiempo, cortar los tubos, soldar, etc.

Principalmente lo que más lleva esta fabricación es el tiempo en cada componente que necesita ser soldado, el diseño de la base, cama y sistema móvil básicamente solo es de cortar los tubos las medidas necesarias y luego unirlos por medio de soldadura

La cama se ensambla a la base por medio de 4 puntos de unión, dos arriba y dos abajo, arriba son pernos y abajo son pernos con tuercas que permitan ajustar a la cama a 80° y el sistema de corte puede ser introducido fácilmente desde un lateral de la cortadora

Figura E.6

Placa inferior unida con las ruedas en V



En la Figura E.8 se observa que se completó el 100% de la soldadura, es posible afirmar que la seccionadora vertical puede admitir paneles de hasta 2438 x 1219 mm y tiene 3 metros de ancho.

Figura E.8

Soldadura terminada



Apéndice F: Códigos

Código del controlador

El código que se muestra a continuación consiste en permitirle al usuario controlar mediante bluetooth al Arduino UNO, dando dos opciones, movimiento con velocidad continua o movimiento por pasos, así como el sentido de giro horario y antihorario en cada motor. Se usó una librería de AccelStepper que es muy recomendada para motores de paso, ya que tiene funciones donde se puede controlar la dirección el número de pasos a avanzar.

El código se divide en diferentes funciones, donde cada uno cumple una tarea definida. También se agregó verificación booleana para los finales de carrera.

```
Arduino_MotorPaso
#include <AccelStepper.h>
#include <SoftwareSerial.h>

// Definiciones de pines y configuraciones
#define BT_RX 10
#define BT_TX 11
#define VERTICAL_MOTOR_DIR_PIN 2
#define VERTICAL_MOTOR_STEP_PIN 3
#define HORIZONTAL_MOTOR_DIR_PIN 4
#define HORIZONTAL_MOTOR_STEP_PIN 5
#define LEFT_LIMIT_PIN 6
#define RIGHT_LIMIT_PIN 7
#define UP_LIMIT_PIN 7
#define DOWN_LIMIT_PIN 8

// Declaración de los objetos AccelStepper y SoftwareSerial
AccelStepper verticalStepper(AccelStepper::DRIVER, VERTICAL_MOTOR_STEP_PIN, VERTICAL_MOTOR_DIR_PIN);
AccelStepper horizontalStepper(AccelStepper::DRIVER, HORIZONTAL_MOTOR_STEP_PIN, HORIZONTAL_MOTOR_DIR_PIN);
SoftwareSerial bluetooth(BT_RX, BT_TX);

// Definiciones de pines y estados de límites
const int leftLimitPin = LEFT_LIMIT_PIN;
const int rightLimitPin = RIGHT_LIMIT_PIN;
const int upLimitPin = UP_LIMIT_PIN;
const int downLimitPin = DOWN_LIMIT_PIN;
bool upLimitReached = false;
bool downLimitReached = false;
```

```

// Configuración inicial
void setup() {
    Serial.begin(9600);
    bluetooth.begin(9600);
    pinMode(leftLimitPin, INPUT_PULLUP);
    pinMode(rightLimitPin, INPUT_PULLUP);
    pinMode(upLimitPin, INPUT_PULLUP);
    pinMode(downLimitPin, INPUT_PULLUP);

    verticalStepper.setMaxSpeed(5000);
    verticalStepper.setSpeed(0);
    horizontalStepper.setMaxSpeed(5000);
    horizontalStepper.setSpeed(0);
}

// Bucle principal
void loop() {
    if (bluetooth.available()) {
        String message = bluetooth.readStringUntil('\n');
        message.trim();

        if (message == "Soltar") {
            verticalStepper.setSpeed(0);
            horizontalStepper.setSpeed(0);
        } else if (message.startsWith("UpL") || message.startsWith("DownL") ||
            message.startsWith("LeftL") || message.startsWith("RightL")) {
            // Manejar comandos directos
            handleDirectCommands(message);
        } else if (message.startsWith("Up_") || message.startsWith("Down_") ||
            message.startsWith("Left_") || message.startsWith("Right_")) {
            // Manejar comandos con numeropasos
            handleStepCommands(message);
        }
    }
}
}

```

```

// Función para manejar comandos directos
void handleDirectCommands(String message) {
    int dir = 0;
    if (message == "UpL") {
        dir = 1;
    } else if (message == "DownL") {
        dir = -1;
    } else if (message == "LeftL") {
        dir = 1;
    } else if (message == "RightL") {
        dir = -1;
    }
}

if (dir != 0) {
    if (dir == 1 && !upLimitReached && digitalRead(upLimitPin) == LOW) {
        upLimitReached = true;
    } else if (dir == -1 && !downLimitReached && digitalRead(downLimitPin) == LOW) {
        downLimitReached = true;
    } else {
        if (dir == 1 || !upLimitReached) {
            verticalStepper.setSpeed(500 * dir);
            runStepper(verticalStepper);
        }
        if (dir == -1 || !downLimitReached) {
            verticalStepper.setSpeed(500 * dir);
            runStepper(verticalStepper);
        }
    }
}
}

// Función para manejar comandos con numeropasos
void handleStepCommands(String message) {
    int dir = 0;
    int numeropasos = message.substring(3).toInt();
    if (message.startsWith("Up_")) {
        dir = 1;
    } else if (message.startsWith("Down_")) {
        dir = -1;
    } else if (message.startsWith("Left_")) {
        dir = 1;
    } else if (message.startsWith("Right_")) {
        dir = -1;
    }
}

if (dir != 0) {
    if (dir == 1 && upLimitReached) {
        return;
    }
    if (dir == -1 && downLimitReached) {
        return;
    }
    moveMotor((dir == 1) ? verticalStepper : horizontalStepper, numeropasos, (dir == 1));
}
}

```

```

// Función para ejecutar el motor hasta que se alcance un límite
void runStepper(AccelStepper &stepper) {
    while (!bluetooth.available()) {
        stepper.runSpeed();
        if (stepper == verticalStepper) {
            if (digitalRead(upLimitPin) == LOW) {
                upLimitReached = true;
                stepper.setSpeed(0);
                break;
            }
        } else {
            if (digitalRead(downLimitPin) == LOW) {
                downLimitReached = true;
                stepper.setSpeed(0);
                break;
            }
        }
    }
}
}

```

```

// Función para mover el motor con un número específico de pasos
void moveMotor(AccelStepper &stepper, int steps, bool isClockwise) {
    int dir = isClockwise ? 1 : -1;
    stepper.setSpeed(10000);
    stepper.move(steps * dir);
    while (stepper.distanceToGo() != 0) {
        stepper.runSpeedToPosition();
        if (stepper == verticalStepper) {
            if (digitalRead(upLimitPin) == LOW) {
                upLimitReached = true;
                stepper.setSpeed(0);
                break;
            }
        } else {
            if (digitalRead(downLimitPin) == LOW) {
                downLimitReached = true;
                stepper.setSpeed(0);
                break;
            }
        }
    }
    bluetooth.println("MotorCompleted"); // Envía una señal de que el motor terminó el recorrido
}
}

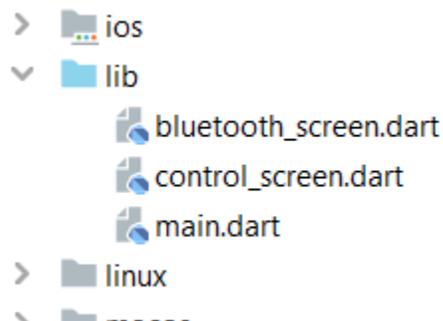
```

Código la aplicación

La aplicación móvil se realizó en Android Studio en el lenguaje de programación flutter. lenguaje que permite ejecutar el programa en diferentes sistemas operativos, como Android, IOS, Windows y Mac.

Primero se separó el código en 3 archivos:

- El primer archivo “Main.dart” es quien ejecuta el programa de la función Main.
- El segundo es el “bluetooth_screen.dart”, el cual es la pantalla que hace la búsqueda del dispositivo bluetooth para conectarse a la cortadora vertical.
- El tercer archivo es el “control_screen.dart”, es la pantalla del control que envía la señal para realizar los movimientos de los motores de paso, donde se puede cambiar entre dos pantallas, horizontal y vertical gracias al BottomNavigationBar



```
main.dart x bluetooth_screen.dart x control_screen.dart x
1 import 'package:flutter/material.dart';
2 import 'bluetooth_screen.dart'; // Importa tu archivo BluetoothScreen.dart
3
4 void main() {
5   runApp(MyApp());
6 }
7
8 class MyApp extends StatelessWidget {
9   @override
10  Widget build(BuildContext context) {
11    return MaterialApp(
12      title: 'Contadora V. Bluetooth', // Título de la aplicación
13      theme: ThemeData(
14        primarySwatch: Colors.blue, // Tema de colores
15      ), // ThemeData
16      home: BluetoothScreen(), // Pantalla de inicio, se muestra BluetoothScreen
17    ); // MaterialApp
18  }
19 }
20
```

```
main.dart x bluetooth_screen.dart x control_screen.dart x
1 import 'package:controlremotoflutter/control_screen.dart';
2 import 'package:flutter/material.dart';
3 import 'package:flutter_bluetooth_serial/flutter_bluetooth_serial.dart';
4
5 class BluetoothScreen extends StatefulWidget {
6   @override
7   _BluetoothScreenState createState() => _BluetoothScreenState();
8 }
9
10 class _BluetoothScreenState extends State<BluetoothScreen> {
11   // Instancia de FlutterBluetoothSerial para trabajar con Bluetooth
12   FlutterBluetoothSerial _bluetooth = FlutterBluetoothSerial.instance;
13
14   // Lista para almacenar los dispositivos Bluetooth descubiertos
15   List<BluetoothDevice> devices = [];
16
17   // Variable para controlar si se está realizando un escaneo en curso
18   bool isDiscovering = false;
19
20   @override
21   void initState() {
22     super.initState();
23     // Inicia el escaneo de dispositivos Bluetooth cuando se carga la pantalla
24     startScanning();
25   }
26 }
```

```

22     super.initState();
23     // Inicia el escaneo de dispositivos Bluetooth cuando se carga la pantalla
24     _startScanning();
25 }
26
27 // Función para iniciar el escaneo de dispositivos Bluetooth
28 void _startScanning() {
29     setState(() {
30         devices.clear(); // Limpia la lista de dispositivos
31         isDiscovering = true; // Indica que se está realizando un escaneo
32     });
33
34     // Inicia el escaneo y actualiza la lista de dispositivos a medida que se encuentran
35     _bluetooth.startDiscovery().listen((r) {
36         setState(() {
37             devices.add(r.device); // Agrega el dispositivo a la lista
38         });
39     }).onDone(() {
40         setState(() {
41             isDiscovering = false; // Indica que el escaneo ha terminado
42         });
43     });
44 }

```

```

43     });
44 }
45
46 @override
47 Widget build(BuildContext context) {
48     return Scaffold(
49         appBar: AppBar(title: Text('Bluetooth Devices')),
50         body: Column(
51             children: [
52                 ElevatedButton(
53                     onPressed: isDiscovering ? null : _startScanning,
54                     child: Text('Reload Devices'),
55                 ), // ElevatedButton
56                 Expanded(
57                     child: ListView.builder(
58                         itemCount: devices.length,
59                         itemBuilder: (context, index) {
60                             return Container(
61                                 decoration: BoxDecoration(
62                                     borderRadius: BorderRadius.circular(10.0),
63                                     border: Border.all(color: Colors.blue),
64                                 ), // BoxDecoration
65                                 margin: EdgeInsets.all(10.0),
66                                 child: ListTile(

```

```
margin: EdgeInsets.fromLTRB(10, 10, 10, 10),
66 child: ListTile(
67   title: Text(
68     devices[index].name ?? "Unknown Device",
69     style: TextStyle(
70       fontSize: 18.0, // Tamaño de letra aumentado
71       fontWeight: FontWeight.bold, // Texto en negrita
72     ), // TextStyle
73   ), // Text
74   onTap: () async {
75     BluetoothDevice device = devices[index];
76     BluetoothConnection connection;
77
78     try {
79       // Intenta establecer una conexión Bluetooth con el dispositivo seleccionado
80       connection = await BluetoothConnection.toAddress(device.address);
81       if (connection.isConnected) {
82         // Si la conexión se ha establecido, navega a la pantalla de control
83         Navigator.push(
84           context,
85           MaterialPageRoute(
86             builder: (context) => ControlScreen(connection: connection),
87           ), // MaterialPageRoute
88         );
89       }
90     }
91   },
92 );
```

```
83     Navigator.push(
84       context,
85       MaterialPageRoute(
86         builder: (context) => ControlScreen(connection: connection),
87       ), // MaterialPageRoute
88     );
89   }
90   } catch (error) {
91     print('Connection error: $error');
92   }
93 },
94 ), // ListTile
95 ); // Container
96 },
97 ), // ListView.builder
98 ), // Expanded
99 ],
100 ), // Column
101 ); // Scaffold
102 }
103 }
104 }
```

```
main.dart x bluetooth_screen.dart x control_screen.dart x
1 import 'dart:async';
2 import 'dart:convert';
3 import 'dart:typed_data';
4
5 import 'package:flutter/material.dart';
6 import 'package:flutter_bluetooth_serial/flutter_bluetooth_serial.dart';
7
8 class ControlScreen extends StatefulWidget {
9   final BluetoothConnection connection;
10
11   ControlScreen({required this.connection});
12
13   @override
14   _ControlScreenState createState() => _ControlScreenState();
15 }
16
17 class _ControlScreenState extends State<ControlScreen> {
18   int _selectedIndex = 0;
19   bool _numericInputEnabled = false;
20   bool _modoDistancia = false; // Estado del modo
21   bool _isMoving = false; // Estado para controlar si se está moviendo
22   bool _showMovingScreen = false; // Estado para controlar la visibilidad de la pantalla de "Moviendo"
23   Timer? _timer; // Temporizador para ocultar la pantalla de "Moviendo"
24   TextEditingController _textFieldController = TextEditingController();
25 }
```

```
main.dart x bluetooth_screen.dart x control_screen.dart x
25
26 @override
27 void initState() {
28   super.initState();
29   _startListening(); // Comienza a escuchar los datos entrantes de Bluetooth
30 }
31
32 void _startListening() {
33   widget.connection.input?.listen((Uint8List data) {
34     String receivedMessage = utf8.decode(data).trim();
35     if (receivedMessage == "MotorCompleted") {
36       // Cuando se recibe "MotorCompleted", se detiene el movimiento
37       _stopMoving();
38     }
39   });
40 }
41
42 void _startMoving() {
43   setState(() {
44     _isMoving = true;
45     _showMovingScreen = true;
46   });
47
48   _timer = Timer(Duration(seconds: 10), () {
49     setState(() {
50       _showMovingScreen = false;
51     });
52   });
53 }
```

```

49     setState(() {
50         _showMovingScreen = false;
51     });
52 }); // Timer
53 }
54
55 void _stopMoving() {
56     setState(() {
57         _isMoving = false;
58         _showMovingScreen = false;
59     });
60
61     _timer?.cancel(); // Cancelar el temporizador si se detiene el movimiento antes de los 30 segundos
62 }
63
64 void _toggleNumericInput() {
65     setState(() {
66         _numericInputEnabled = !_numericInputEnabled;
67         _modoDistancia = !_modoDistancia;
68     });
69 }
70
71 String _getTextFieldValue() {
72     return _textFieldController.text;
73 }

```

```

74
75 @override
76 Widget build(BuildContext context) {
77     final modoText = _modoDistancia ? 'Modo: Distancia' : 'Modo: Libre';
78
79     if (_showMovingScreen) {
80         // Mostrar pantalla de "Moviendo"
81         return Container(
82             color: Colors.white.withOpacity(0.2),
83             child: Stack(
84                 alignment: Alignment.centerLeft,
85                 children: [
86                     Positioned(
87                         left: 0,
88                         right: MediaQuery.of(context).size.width * 2 / 3,
89                         child: Image.asset(
90                             'assets/Moviendo_Señal.png',
91                             fit: BoxFit.fitWidth,
92                         ), // Image.asset
93                     ), // Positioned
94                     Center(
95                         child: Text(
96                             "Moviendo",
97                             style: TextStyle(fontSize: 24, fontWeight: FontWeight.bold),
98                         ), // Text
99                     ), // Center

```

```

97         style: TextStyle(fontSize: 24, fontWeight: FontWeight.bold),
98     ), // Text
99     ), // Center
100 ],
101 ), // Stack
102 ); // Container
103 } else {
104     // Construir la interfaz principal de control aquí
105     return Scaffold(
106       appBar: AppBar(title: Text('Control Screen')),
107       body: SingleChildScrollView(
108         child: Container(
109           decoration: BoxDecoration(
110             image: DecorationImage(
111               image: AssetImage('assets/Madera_Fondo1.png'), // Ruta de la imagen de fondo
112               fit: BoxFit.cover,
113             ), // DecorationImage
114           ), // BoxDecoration
115         child: Column(
116           crossAxisAlignment: CrossAxisAlignment.center,
117           children: [
118             SizedBox(height: 10),
119             Align(
120               alignment: Alignment.topCenter,
121               child: Text(
122                 _selectedIndex == 0 ? 'Vertical' : 'Horizontal',
123                 style: TextStyle(

```

```
122     _selectedIndex == 0 ? 'Vertical' : 'Horizontal',
123     style: TextStyle(
124       fontSize: MediaQuery.of(context).size.width * 0.18,
125       fontWeight: FontWeight.bold,
126     ), // TextStyle
127   ), // Text
128 ), // Align
129 Align(
130   alignment: Alignment.topCenter,
131   child: Padding(
132     padding: const EdgeInsets.symmetric(vertical: 8.0),
133     child: Text(
134       modoText,
135       style: TextStyle(
136         fontSize: MediaQuery.of(context).size.width * 0.09,
137         color: _modoDistancia ? Colors.red.shade50 : Colors.greenAccent,
138         fontWeight: FontWeight.normal,
139       ), // TextStyle
140     ), // Text
141   ), // Padding
142 ), // Align
143 SizedBox(height: MediaQuery.of(context).size.height * 0.02),
144 Center(
145   child: Column(
146     mainAxisAlignment: MainAxisAlignment.center,
147     children: [
```

```
146 mainAxisAlignment: MainAxisAlignment.center,
147 children: [
148   — SizedBox(height: 10),
149   — Row(
150     mainAxisAlignment: MainAxisAlignment.center,
151     children: [
152       ✕ Icon(Icons.bluetooth, size: MediaQuery.of(context).size.width * 0.15),
153       — SizedBox(width: 10),
154       — Column(
155         crossAxisAlignment: CrossAxisAlignment.start,
156         children: [
157           — Text(
158             "Cortadora X",
159             style: TextStyle(
160               fontSize: MediaQuery.of(context).size.width * 0.12,
161               fontWeight: FontWeight.bold,
162               color: Colors.indigo,
163             ), // TextStyle
164           ), // Text
165           — Text(
166             "Estado: Conectado", // Agrega aquí el estado de conexión
167             style: TextStyle(
168               fontSize: MediaQuery.of(context).size.width * 0.08,
169               color: Colors.grey,
170             ), // TextStyle
171           ), // Text
172         ],
173       ), // Column
174     ], // Row
175   ), // Row
176   — SizedBox(height: MediaQuery.of(context).size.height * 0.01),
177   if (_selectedIndex == 0)
178     Column(
179       children: [
180         GestureDetector(
181           onTap: _modoDistancia
182             ? () {
183               if (_numericInputEnabled) {
184                 print("OnTap");
185                 double inputValue = double.tryParse(_textFieldController.text) ?? 0;
186                 print(inputValue);
187                 int roundedValue = (inputValue * 45.44).round();
188                 String message = "Up_$$roundedValue";
189                 Uint8List data = Uint8List.fromList(utf8.encode(message));
190                 widget.connection.output.add(data);
191                 widget.connection.output.allSent.then((_) {
192                   _startMoving(); // Inicia la pantalla de "Moviendo" al tocar la flecha
193                 });
194               }
195             }
196           : null,
```

```
172 ],
173 ), // Column
174 ],
175 ), // Row
176 ), // Row
177 ), // Row
178 ), // Row
179 ), // Row
180 ), // Row
181 ), // Row
182 ), // Row
183 ), // Row
184 ), // Row
185 ), // Row
186 ), // Row
187 ), // Row
188 ), // Row
189 ), // Row
190 ), // Row
191 ), // Row
192 ), // Row
193 ), // Row
194 ), // Row
195 ), // Row
196 ), // Row
```

```

195     }
196     : null,
197     onTapCancel: !_modoDistancia
198     ? () {
199       print("OnTapCancel");
200       // Lógica para cancelar el envío de comando al cancelar onTap en modo distancia
201     }
202     : null,
203     onLongPress: !_modoDistancia
204     ? () {
205       print("OnLongPress");
206       String message = "Upl";
207       Uint8List data = Uint8List.fromList(utf8.encode(message));
208       widget.connection.output.add(data);
209       widget.connection.output.allSent.then((_) {
210         // Lógica para manejar el fin del envío en modo libre
211       });
212       // Lógica para enviar comando de flecha arriba (horizontal) en modo libre
213     } : null,
214     onLongPressEnd: !_modoDistancia
215     ? (_) {
216       print("OnLongPressEnd");
217       // Lógica para enviar mensaje al soltar el LongPress en modo libre
218       String message = "Soltar";
219       Uint8List data = Uint8List.fromList(utf8.encode(message));
220       widget.connection.output.add(data);
221       widget.connection.output.allSent.then((_) {

```

```

main.dart x bluetooth_screen.dart x control_screen.dart x
220     widget.connection.output.add(data);
221     widget.connection.output.allSent.then((_) {
222       // Lógica para manejar el fin del envío en modo libre
223     });
224   } : null,
225   child: Image.asset(
226     'assets/Flecha_Arriba.png',
227     width: MediaQuery.of(context).size.width * 0.3,
228     height: MediaQuery.of(context).size.height * 0.25,
229   ), // Image.asset
230 ), // GestureDetector
231 SizedBox(height: MediaQuery.of(context).size.height * 0.004),
232 Row(
233   mainAxisAlignment: MainAxisAlignment.center,
234   children: [
235     Container(
236       width: MediaQuery.of(context).size.width * 0.15,
237       height: MediaQuery.of(context).size.width * 0.15,
238       child: ElevatedButton(
239         onPressed: _toggleNumericInput,
240         style: ElevatedButton.styleFrom(
241           shape: CircleBorder(),
242           backgroundColor: !_numericInputEnabled
243             ? Colors.lightGreen.withOpacity(0.7)
244             : Colors.green.shade900.withOpacity(0.9),
245           side: !_numericInputEnabled
246             ? BorderSide(color: Colors.green, width: 3)

```

```

244         : Colors.green.shade900.withOpacity(0.9),
245         side: _numericInputEnabled
246         ? BorderSide(color: Colors.green, width: 3)
247         : BorderSide.none,
248     ),
249     child: Text(
250       '0',
251       style: TextStyle(
252         color: Colors.black,
253         fontSize: MediaQuery.of(context).size.width * 0.08,
254       ), // TextStyle
255     ), // Text
256   ), // ElevatedButton
257 ), // Container
258 SizedBox(width: MediaQuery.of(context).size.width * 0.03),
259 Row(
260   children: [
261     Container(
262       width: 100,
263       decoration: BoxDecoration(
264         borderRadius: BorderRadius.circular(10),
265         border: Border.all(color: Colors.brown, width: 2),
266         color: Colors.white,
267       ), // BoxDecoration
268       child: TextFormField(
269         controller: _textFieldController,
270         enabled: _numericInputEnabled,

```

```

268       child: TextFormField(
269         controller: _textFieldController,
270         enabled: _numericInputEnabled,
271         keyboardType: TextInputType.number,
272         style: TextStyle(fontSize: 24), // Ajusta el tamaño del texto aquí
273         decoration: InputDecoration(
274           labelText: 'Max 240',
275           labelStyle: TextStyle(fontSize: 18), // Ajusta el tamaño de la etiqueta aquí
276           contentPadding: EdgeInsets.symmetric(vertical: 16), // Ajusta el centrado vertical
277         ), // InputDecoration
278         validator: (value) {
279           if (value!.isEmpty || int.tryParse(value)! < 240) {
280             return 'Ingrese un número válido (>=240)';
281           }
282           return null;
283         },
284       ), // TextFormField
285     ), // Container
286     SizedBox(width: 10), // Espacio entre el TextFormField y el label "cm"
287     Text(
288       'cm',
289       style: TextStyle(
290         color: _numericInputEnabled ? Colors.white : Colors.grey,
291         fontWeight: FontWeight.bold,
292         fontSize: 24,
293       ), // TextStyle
294     ), // Text

```

```

292         fontSize: 24,
293     ), // TextStyle
294     ), // Text
295     ],
296     ), // Row
297     ],
298     ), // Row
299
300     SizedBox(height: MediaQuery.of(context).size.height * 0.004),
301     GestureDetector(
302     onTap: _modoDistancia
303     ? () {
304         if (_numericInputEnabled) {
305             double inputValue = double.tryParse(_textFieldController.text) ?? 0;
306             int numeropasos = (inputValue * 45.44).round();
307
308             String message = "Down_$numeropasos"; // Cambia "Up" a "Down"
309             Uint8List data = Uint8List.fromList(utf8.encode(message));
310             widget.connection.output.add(data);
311             widget.connection.output.allSent.then(() {
312                 _startMoving(); // Inicia la pantalla de "Moviendo" al tocar la flecha
313             });
314         }
315     }
316     : null,
317     onTapCancel: _modoDistancia
318     ? () {

```

```

316         : null,
317     onTapCancel: _modoDistancia
318     ? () {
319         // Lógica para cancelar el envío de comando al cancelar onTap en modo distancia
320     }
321     : null,
322     onLongPress: !_modoDistancia
323     ? () {
324         String message = "DownL";
325         Uint8List data = Uint8List.fromList(utf8.encode(message));
326         widget.connection.output.add(data);
327         widget.connection.output.allSent.then(() {
328             // Lógica para manejar el fin del envío en modo libre
329         });
330         // Lógica para enviar comando de flecha hacia abajo (horizontal) en modo libre
331     } : null,
332     onLongPressEnd: !_modoDistancia
333     ? () {
334         // Lógica para enviar mensaje al soltar el LongPress en modo libre
335         String message = "Soltar";
336         Uint8List data = Uint8List.fromList(utf8.encode(message));
337         widget.connection.output.add(data);
338         widget.connection.output.allSent.then(() {
339             // Lógica para manejar el fin del envío en modo libre
340         });
341     } : null,
342     child: Image.asset(
343         'assets/Flecha Abajo.png'

```

```

341     } : null,
342     child: Image.asset(
343       'assets/Flecha_Abajo.png',
344       width: MediaQuery.of(context).size.width * 0.3,
345       height: MediaQuery.of(context).size.height * 0.25,
346     ), // Image.asset
347   ), // GestureDetector
348 ],
349 ) // Column
350 else
351 Column(
352   children: [
353     SizedBox(height: MediaQuery.of(context).size.height * 0.10),
354     Row(
355       mainAxisAlignment: MainAxisAlignment.center,
356       children: [
357         Container(
358           width: MediaQuery.of(context).size.width * 0.15,
359           height: MediaQuery.of(context).size.width * 0.15,
360           child: ElevatedButton(
361             onPressed: _toggleNumericInput,
362             style: ElevatedButton.styleFrom(
363               shape: CircleBorder(),
364               backgroundColor: _numericInputEnabled
365                 ? Colors.lightGreen.withOpacity(0.7)
366                 : Colors.green.shade900.withOpacity(0.9),
367               side: _numericInputEnabled

```

```

365       ? Colors.lightGreen.withOpacity(0.7)
366       : Colors.green.shade900.withOpacity(0.9),
367       side: _numericInputEnabled
368     ? BorderSide(color: Colors.green, width: 3)
369     : BorderSide.none,
370   ),
371   child: Text(
372     'D',
373     style: TextStyle(
374       color: Colors.black,
375       fontSize: MediaQuery.of(context).size.width * 0.08,
376     ), // TextStyle
377   ), // Text
378 ), // ElevatedButton
379 ), // Container
380   ), // Column
381   ), // Column
382   ), // Column
383   ), // Column
384   ), // Column
385   ), // Column
386   ), // Column
387   ), // Column
388   ), // Column
389   ), // Column
390   ), // Column
391   ), // Column

```

```

387 ), // BoxDecoration
390 child: TextFormField(
391   enabled: _numericInputEnabled,
392   keyboardType: TextInputType.number,
393   decoration: InputDecoration(labelText: 'Max 240'),
394   validator: (value) {
395     if (value!.isEmpty || int.tryParse(value)! < 240) {
396       return 'Ingrese un número válido (>=240)';
397     }
398     return null;
399   },
400 ), // TextFormField
401 ), // Container
402 SizedBox(width: 10), // Espacio entre el TextFormField y el label "cm"
403 Text(
404   'cm',
405   style: TextStyle(
406     color: _numericInputEnabled ? Colors.white : Colors.grey, // Cambia el col
407     fontWeight: FontWeight.bold,
408     fontSize: 24,
409   ), // TextStyle
410 ), // Text
411 ],
412 ), // Row
413 ],
414 ), // Row
415

```

```

414 ), // Row
415
416 SizedBox(height: MediaQuery.of(context).size.height * 0.10),
417 Row(
418   mainAxisAlignment: MainAxisAlignment.center,
419   children: [
420     GestureDetector(
421       onTap: _modoDistancia
422         ? () {
423           if (_numericInputEnabled) {
424             print("OnTap");
425             double inputValue = double.tryParse(_textFieldController.text) ?? 0;
426             print(inputValue);
427             int roundedValue = (inputValue * 45.44).round();
428             String message = "Left_$roundedValue";
429             Uint8List data = Uint8List.fromList(utf8.encode(message));
430             widget.connection.output.add(data);
431             widget.connection.output.allSent.then((_) {
432               _startMoving(); // Inicia la pantalla de "Moviendo" al tocar la flecha
433             });
434           }
435         }
436       : null,
437     onTapCancel: _modoDistancia
438       ? () {
439         print("OnTapCancel");
440         // Lógica para cancelar el envío de comando al cancelar onTap en modo distanci

```

```

438     ? () {
439         print("OnTapCancel");
440         // Lógica para cancelar el envío de comando al cancelar onTap en modo distancia
441     }
442     : null,
443     onLongPress: !_modoDistancia
444     ? () {
445         print("OnLongPress");
446         String message = "LeftL";
447         Uint8List data = Uint8List.fromList(utf8.encode(message));
448         widget.connection.output.add(data);
449         widget.connection.output.allSent.then((_) {
450             // Lógica para manejar el fin del envío en modo libre
451         });
452         // Lógica para enviar comando de flecha arriba (horizontal) en modo libre
453     } : null,
454     onLongPressEnd: !_modoDistancia
455     ? (_) {
456         print("OnLongPressEnd");
457         // Lógica para enviar mensaje al soltar el LongPress en modo libre
458         String message = "Soltar";
459         Uint8List data = Uint8List.fromList(utf8.encode(message));
460         widget.connection.output.add(data);
461         widget.connection.output.allSent.then((_) {
462             // Lógica para manejar el fin del envío en modo libre
463         });
464     } : null,
465     child: Image.asset(
466         'assets/Flecha_Izquierda.png',

```

```

465     child: Image.asset(
466         'assets/Flecha_Izquierda.png',
467         width: MediaQuery.of(context).size.width * 0.3,
468         height: MediaQuery.of(context).size.height * 0.25,
469     ), // Image.asset
470 ), // GestureDetector
471 SizedBox(width: MediaQuery.of(context).size.width * 0.08),
472 GestureDetector(
473     onTap: _modoDistancia
474     ? () {
475         if (_numericInputEnabled) {
476             print("OnTap");
477             double inputValue = double.tryParse(_textFieldController.text) ?? 0;
478             print(inputValue);
479             int roundedValue = (inputValue * 45.44).round();
480             String message = "Right_$roundedValue";
481             Uint8List data = Uint8List.fromList(utf8.encode(message));
482             widget.connection.output.add(data);
483             widget.connection.output.allSent.then((_) {
484                 _startMoving(); // Inicia la pantalla de "Moviendo" al tocar la flecha
485             });
486         }
487     }
488     : null,
489     onTapCancel: _modoDistancia
490     ? () {
491         print("OnTapCancel");
492         // Lógica para cancelar el envío de comando al cancelar onTap en modo distancia
493     }

```

```

492 // Lógica para cancelar el envío de comando al cancelar onTap en modo libre
493 }
494 : null,
495 onLongPress: !_modoDistancia
496 ? () {
497   print("OnLongPress");
498   String message = "RightL";
499   Uint8List data = Uint8List.fromList(utf8.encode(message));
500   widget.connection.output.add(data);
501   widget.connection.output.allSent.then(() {
502     // Lógica para manejar el fin del envío en modo libre
503   });
504   // Lógica para enviar comando de flecha arriba (horizontal) en modo libre
505 } : null,
506 onLongPressEnd: !_modoDistancia
507 ? () {
508   print("OnLongPressEnd");
509   // Lógica para enviar mensaje al soltar el LongPress en modo libre
510   String message = "Soltar";
511   Uint8List data = Uint8List.fromList(utf8.encode(message));
512   widget.connection.output.add(data);
513   widget.connection.output.allSent.then(() {
514     // Lógica para manejar el fin del envío en modo libre
515   });
516 } : null,
517 child: Image.asset(
518   'assets/Flecha_Derecha.png',
519   width: MediaQuery.of(context).size.width * 0.3,
520   height: MediaQuery.of(context).size.height * 0.25,

```

```

519   width: MediaQuery.of(context).size.width * 0.3,
520   height: MediaQuery.of(context).size.height * 0.25,
521   ), // Image.asset
522   ), // GestureDetector
523   ],
524   ), // Row
525   ],
526   ), // Column
527   ],
528   ), // Column
529   ), // Center
530   ],
531   ), // Column
532   ), // Container
533   ), // SingleChildScrollView
534   bottomNavigationBar: BottomNavigationBarTheme(
535     data: BottomNavigationBarThemeData(
536       selectedIconTheme: IconThemeData(size: MediaQuery.of(context).size.width * 0.1),
537       selectedItemColor: Colors.blue, // Color cuando se selecciona el ítem
538       unselectedItemColor: Colors.grey, // Color cuando no está seleccionado
539       selectedLabelStyle: TextStyle(height: 0),
540       unselectedLabelStyle: TextStyle(height: 0),
541       backgroundColor: Colors.transparent,
542       elevation: 0,
543     ), // BottomNavigationBarThemeData
544     child: BottomNavigationBar(
545       items: <BottomNavigationBarItem>[
546         BottomNavigationBarItem(icon: Icon(Icons.swap_vert), label: 'Vertical'),
547         BottomNavigationBarItem(icon: Icon(Icons.swap_horiz), label: 'Horizontal'),

```

```
546 ↕ BottomNavigationBarItem(icon: Icon(Icons.swap_vert), label: 'Vertical'),
547 ↔ BottomNavigationBarItem(icon: Icon(Icons.swap_horiz), label: 'Horizontal'),
548 ], // <BottomNavigationBarItem>[]
549 currentIndex: _selectedIndex,
550 onTap: (index) {
551   setState(() {
552     _selectedIndex = index;
553   });
554 },
555 ), // BottomNavigationBar
556 ), // BottomNavigationBarTheme
557 ); // Scaffold
558 }
559 }
560 }
561
```

Apéndice G: Autorización de empresas

Oficina Quito | (02) 396 3000
Av. General Eloy Alfaro N34-194 E12 y Catalina Aldaz
Oficina Guayaquil | (04) 225 2540
José Gómez Gault No. 105-107 frente a la Urb. San Felipe



Quito, 20 de julio de 2023.

AUTORIZACIÓN

Yo, Carlos Enrique Martínez Loján con cédula de ciudadanía #1102977368, en calidad de Presidente Ejecutivo y como tal representante legal de la compañía EMPRESA DURINI INDUSTRIA DE MADERA C.A. (en adelante, "EDIMCA"), autorizo mencionar a EDIMCA como una de las empresas que utiliza la cortadora vertical para paneles de madera en el proyecto integrador denominado "**Diseño e implementación de cortadora vertical para paneles de melamina**", realizado por los estudiantes de la Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL), **Kevin Milton Barreno Mora** con número de cédula de ciudadanía 0950216853 y **Leandro Joel Torres Cazar** con número de cédula de ciudadanía 0951829431.

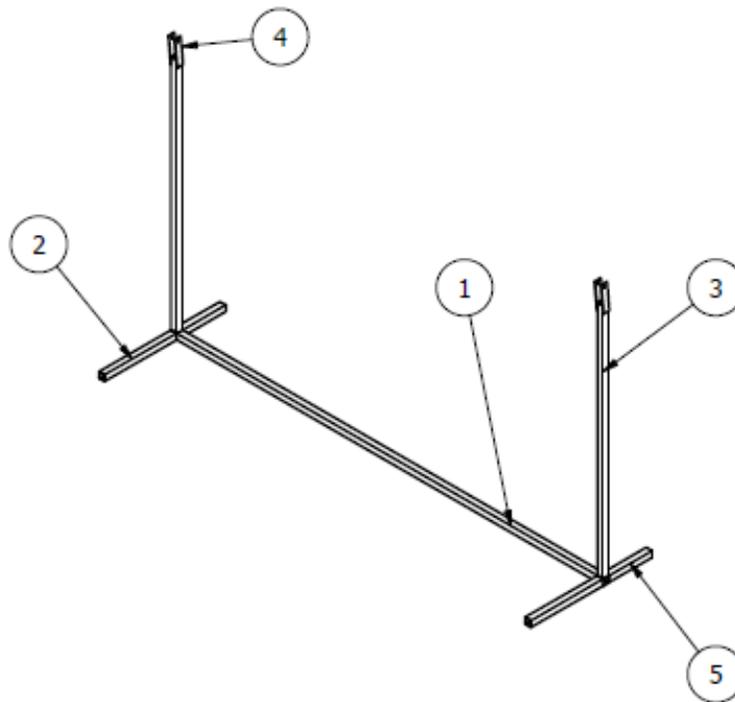
Atentamente,

Carlos Enrique Martínez Loján
Presidente Ejecutivo
EMPRESA DURINI INDUSTRIA DE MADERA C.A. EDIMCA

Apéndice H: Planos mecánicos

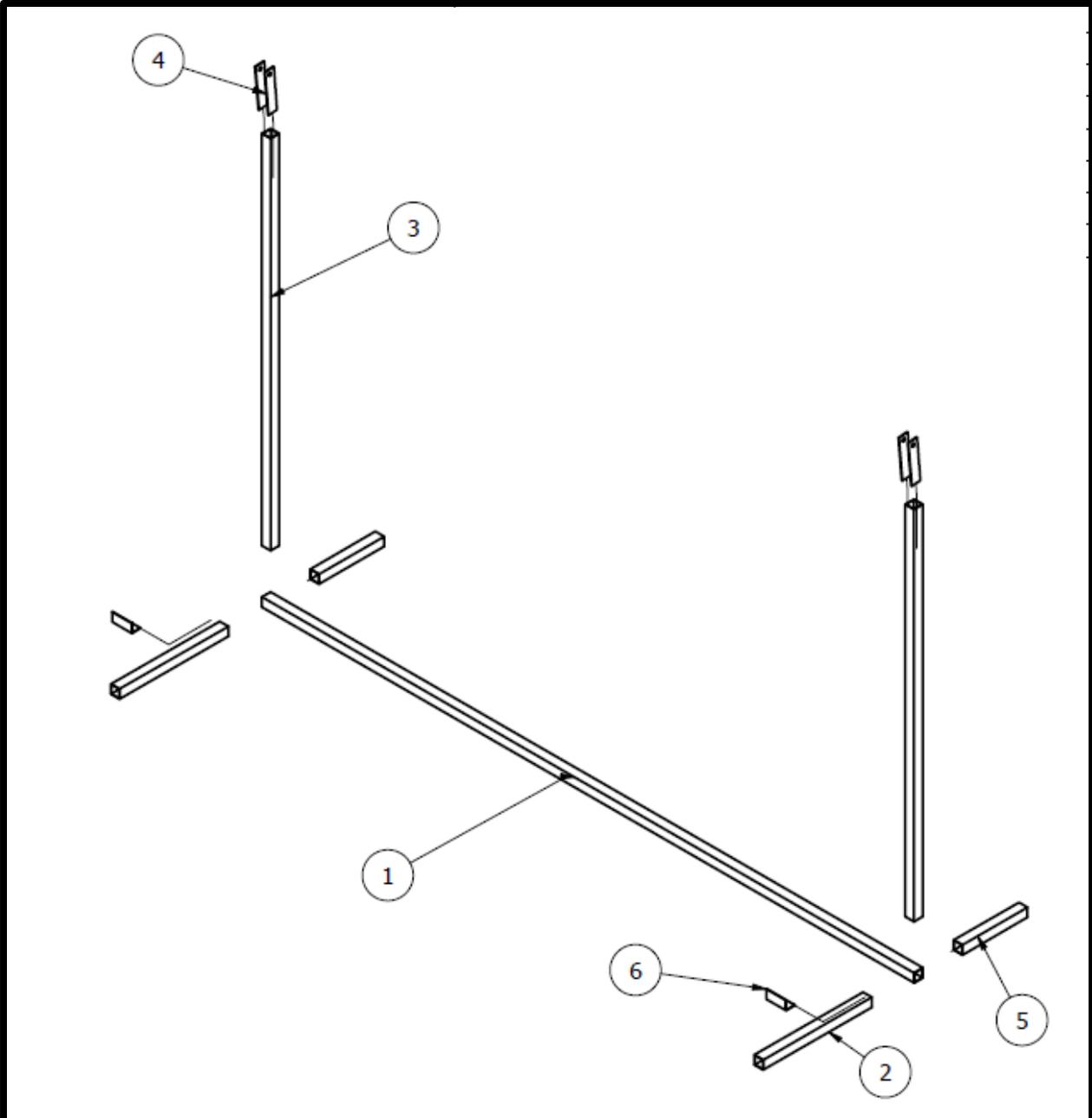


DRAWN	18/09/2023	MATERIAL		
Kevin		VARIOS		
CHECKED		TITLE RENDERIZADO CORTADORA VERTICAL		
QA				
MFG				
APPROVED				
		SIZE	DWG NO	REV
		A4		
		SCALE		SHEET 1 OF 1

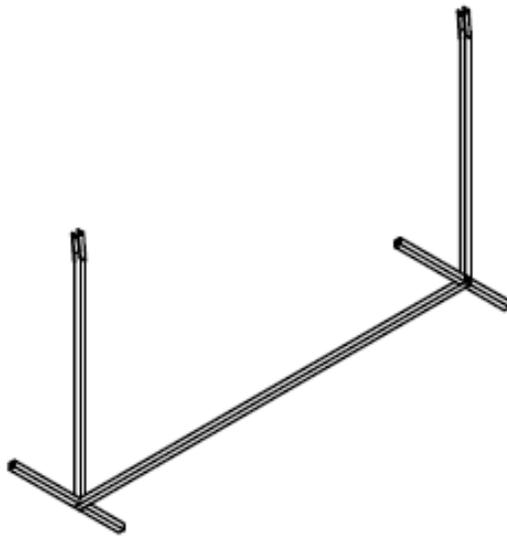
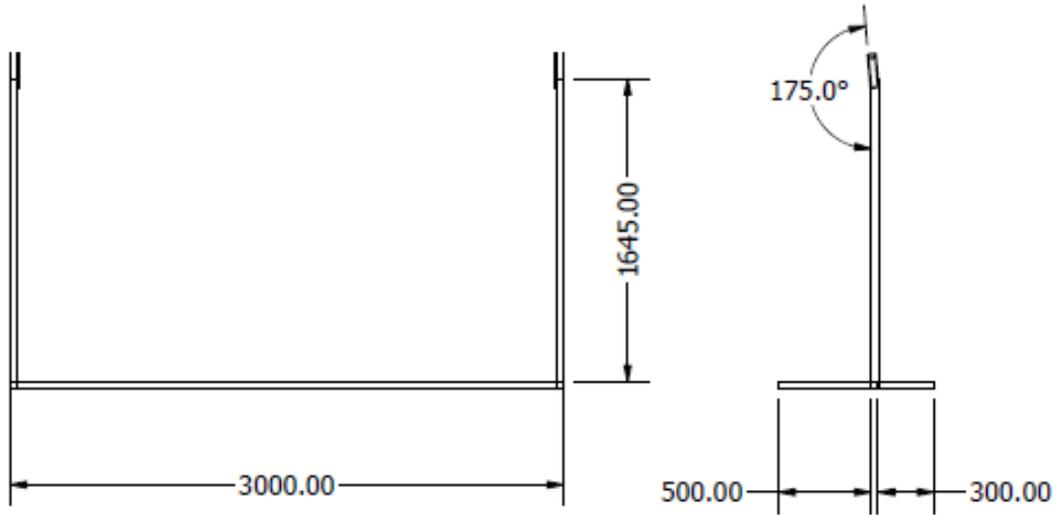


LISTA DE PIEZAS		
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA
1	1	Tubo inferior de la base
2	2	Tubo frontal de soporte
3	2	Tubo extremo vertical
4	4	Union con pivote
5	2	Tubo trasero de soporte

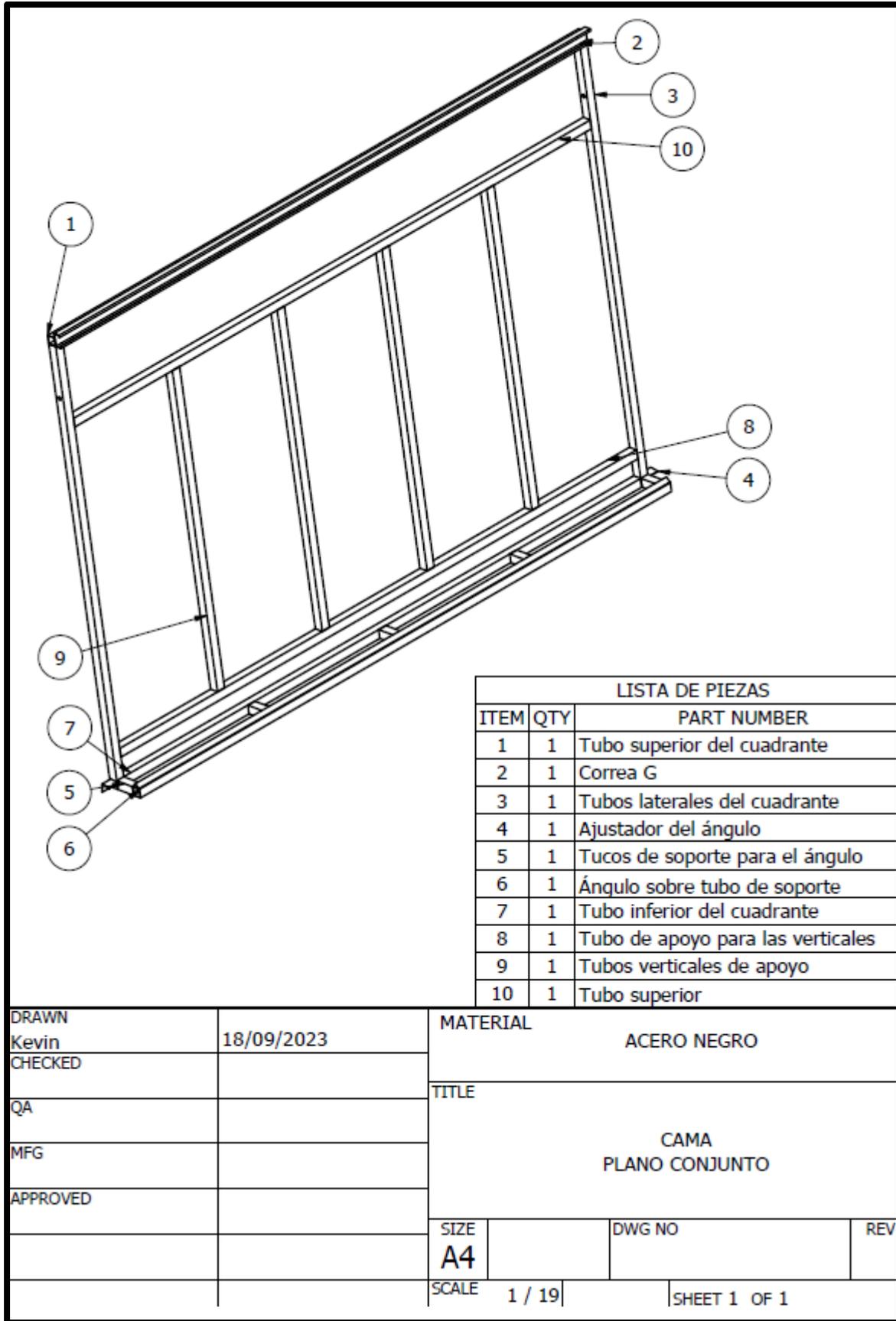
DRAWN Kevin	08/09/2023	MATERIAL ACERO NEGRO		
CHECKED		TITLE		
QA		PARTES DE LA BASE DE LA ESTRUCTURA		
MFG		SIZE A4	DWG NO Base_Estructura	REV
APPROVED		SCALE 1 / 30	SHEET 1 OF 1	



DRAWN Kevin	18/09/2023	MATERIAL ACERO NEGRO		
CHECKED		TITLE BASE DE LA ESTRUCTURA VISTA EXPLOSIONADA		
QA		SIZE A	DWG NO	REV
MFG				
APPROVED				
		SCALE 1 / 18	SHEET 1 OF 1	

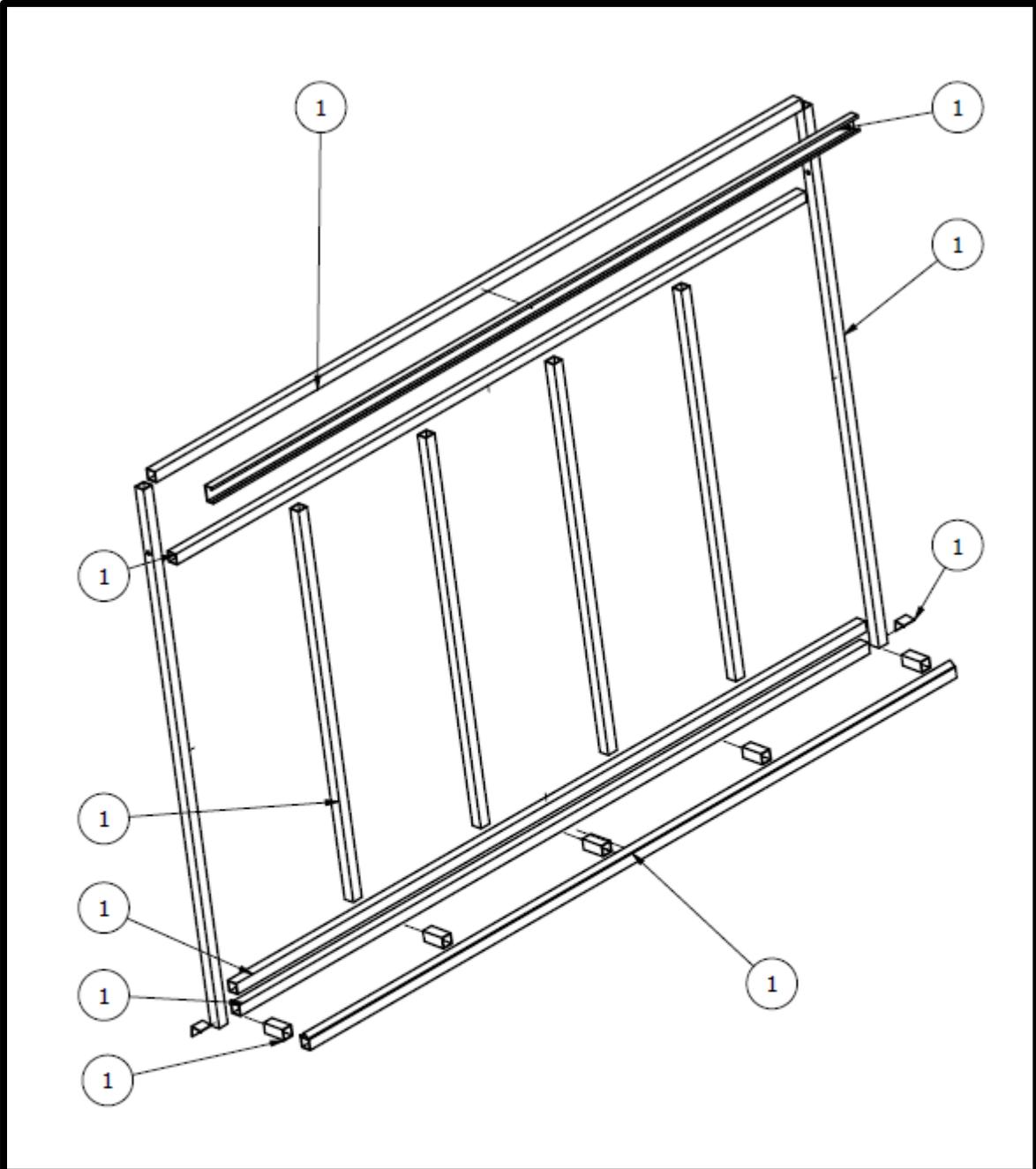


DRAWN Kevin	08/09/2023	MATERIAL ACERO NEGRO	
CHECKED		TITLE	
QA		DIMENSIONES DE LA BASE DE LA ESTRUCTURA	
MFG		SIZE A4	DWG NO
APPROVED		SCALE 1 / 35	REV
		SHEET 1 OF 1	

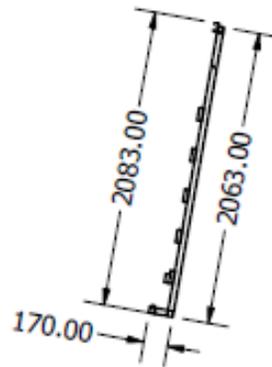
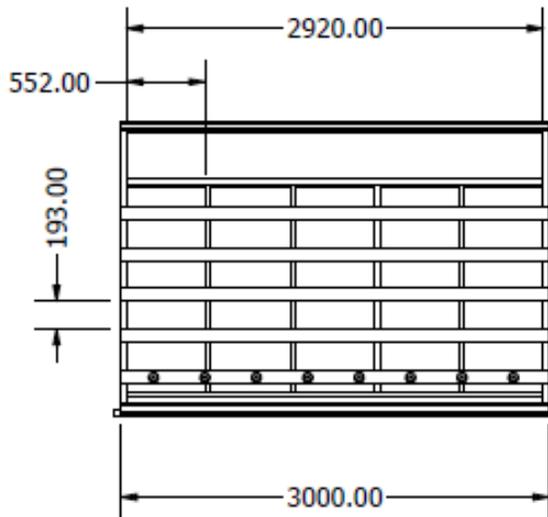


LISTA DE PIEZAS		
ITEM	QTY	PART NUMBER
1	1	Tubo superior del cuadrante
2	1	Correa G
3	1	Tubos laterales del cuadrante
4	1	Ajustador del ángulo
5	1	Tucos de soporte para el ángulo
6	1	Ángulo sobre tubo de soporte
7	1	Tubo inferior del cuadrante
8	1	Tubo de apoyo para las verticales
9	1	Tubos verticales de apoyo
10	1	Tubo superior

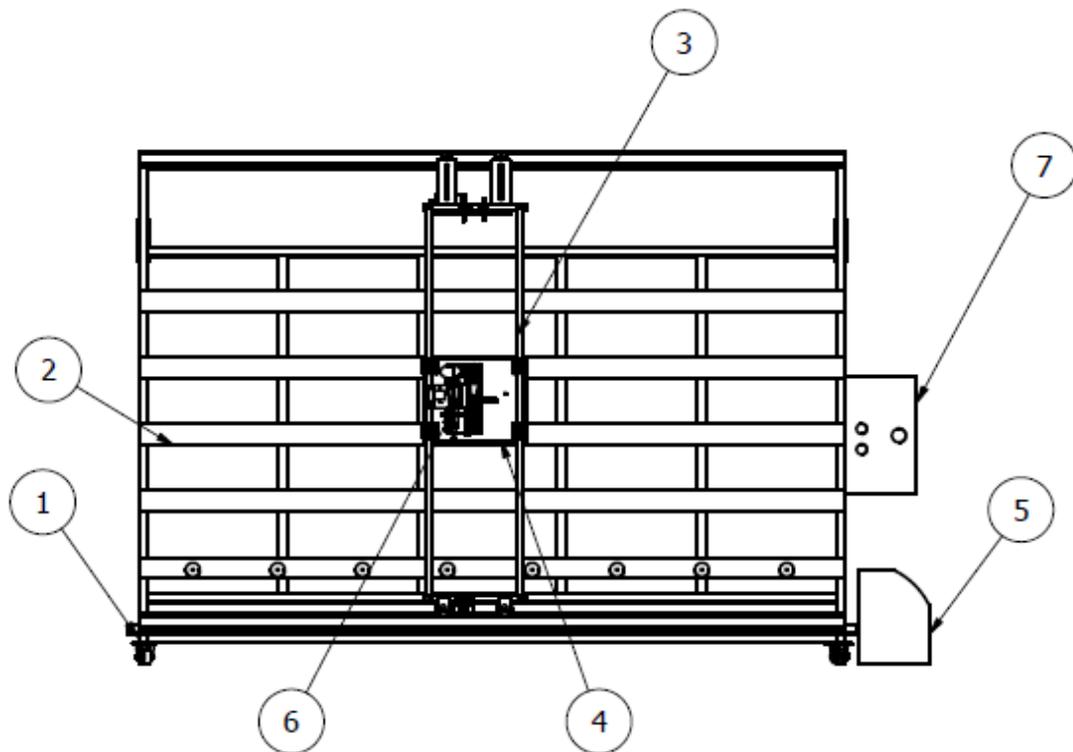
DRAWN Kevin	18/09/2023	MATERIAL ACERO NEGRO		
CHECKED		TITLE CAMA PLANO CONJUNTO		
QA		SIZE A4	DWG NO	REV
MFG		SCALE 1 / 19 SHEET 1 OF 1		
APPROVED				



DRAWN Kevin	18/09/2023	MATERIAL ACERO NEGRO	
CHECKED		TITLE CAMA VISTA EXPLOSIONADA	
QA		SIZE A4	DWG NO
MFG		SCALE 1 / 18	REV
APPROVED		SHEET 1 OF 1	

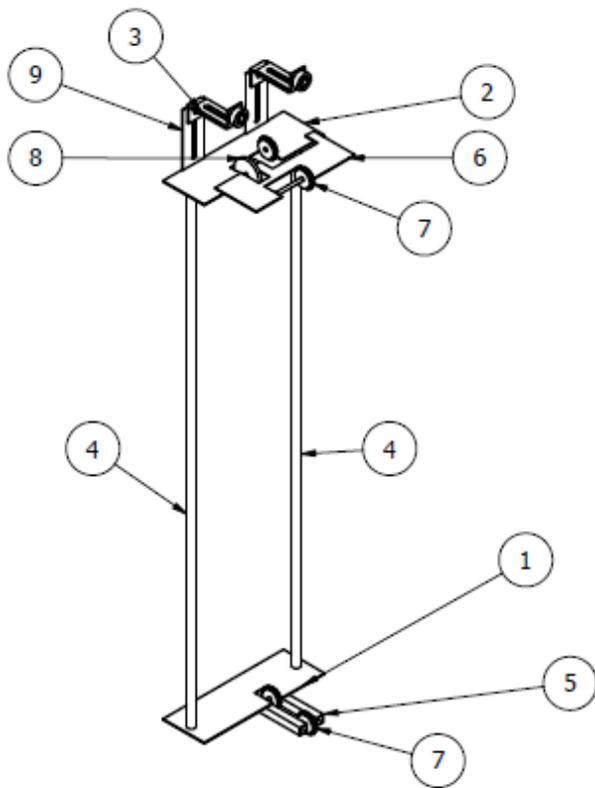


DRAWN Kevin	08/09/2023	MATERIAL ACERO NEGRO		
CHECKED		TITLE DIMENSIONES DE LA CAMA DE LA CORTADORA VERTICAL		
QA		SIZE A4	DWG NO Cama_Medidas	REV
MFG		SCALE 1 / 45	SHEET 1 OF 1	
APPROVED				



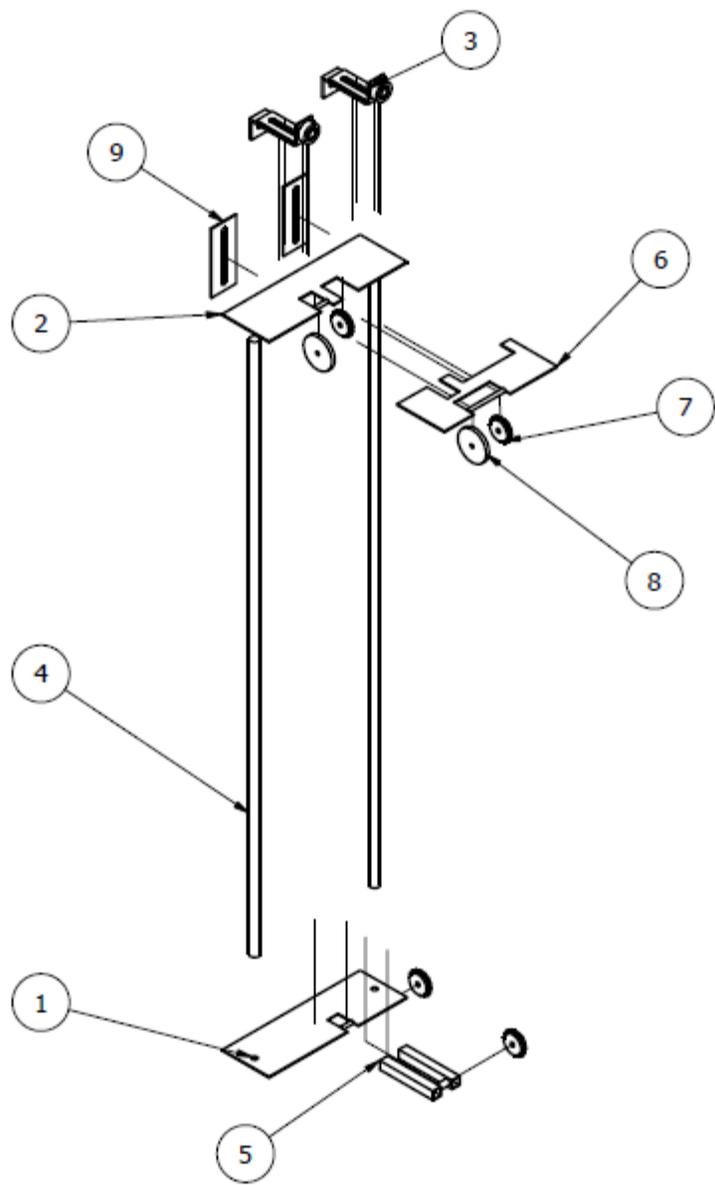
LISTA DE PIEZAS		
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA
1	1	Tubo frontal de soporte
2	1	Tablas de madera
3	1	Rieles de acero cromado
4	1	Base móvil
5	1	aspiradora
6	1	Sierra circular
7	1	Gabinete

DRAWN Kevin CHECKED	07/08/2023	MATERIAL ACERO NEGRO		
QA		TITLE DISEÑO MECÁNICO COMPLETO		
MFG		SIZE A4	DWG NO Estructura izquierda 2	REV
APPROVED		SCALE 1 / 30	SHEET 1 OF 1	

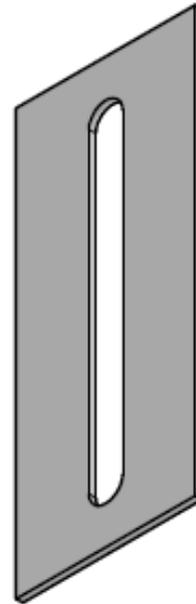
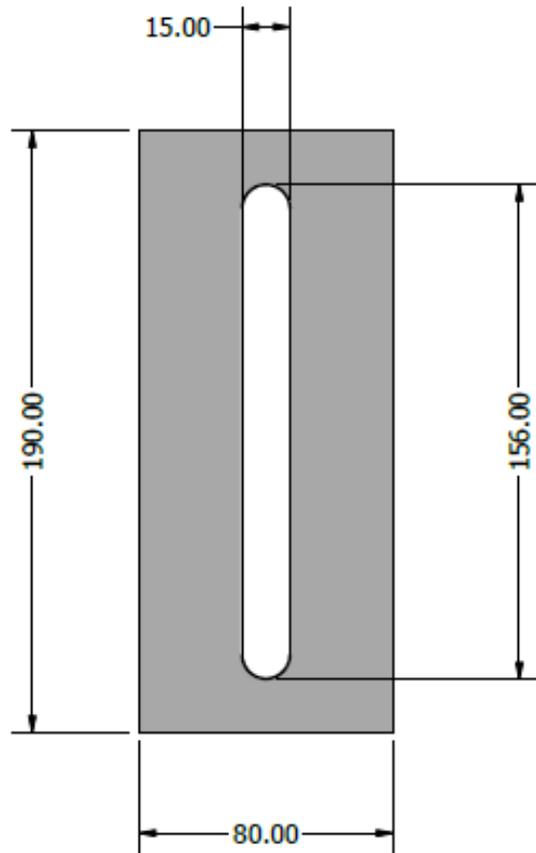


LISTA DE PIEZAS		
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA
1	1	Placa inferior
2	1	Placa superior
3	2	Rodamiento aéreo
4	2	Rieles de acero cromado
5	1	Tubos traseros de soporte para piñón
6	1	Placa de unión
7	4	Piñon
8	1	Polea
9	2	Placa ojo chino vertical

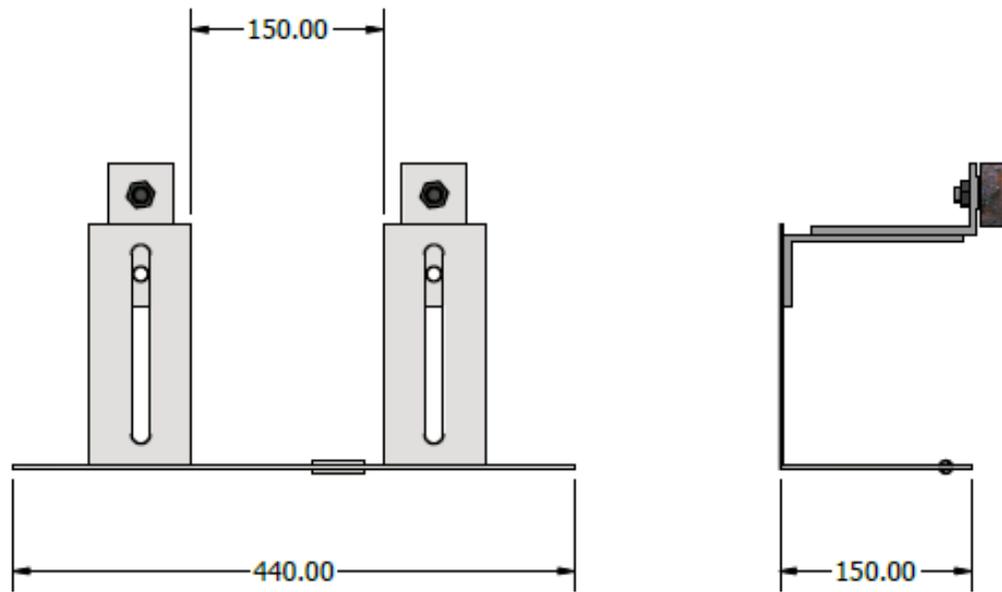
DRAWN	08/09/2023	MATERIALES		
Revin		ACERO NEGRO, ACERO CROMADO		
CHECKED		TITLE		
SA		PARTES DEL SISTEMA DE CORTE		
FIG		SIZE	DWG NO	REV
APPROVED		A4		
		SCALE	1 / 15	SHEET 1 OF 1



DRAWN Kevin	18/09/2023	MATERIAL		
CHECKED		VARIOS		
QA		TITLE		
MFG		SISTEMA DE CORTE PLANO EXPLOSIONADO		
APPROVED		SIZE	DWG NO	REV
		A4		
		SCALE	1/14	SHEET 1 OF 1



DRAWN Kevin	09/09/2023	MATERIAL	
CHECKED		ACERO NEGRO	
QA		TITLE	
MFG		OJO CHINO	
APPROVED		SIZE	DWG NO
		A4	Placa ojo china vertical
		SCALE	REV
		1 / 2	SHEET 1 OF 1



DRAWN		MATERIAL		
Kevin	09/09/2023		ACERO NEGRO	
CHECKED		TITLE		
QA			DIMENSIONES DEL ENSAMBLE DE LA PARTE SUPERIOR DEL SISTEMA DE CORTE	
MFG		SIZE		DWG NO
APPROVED		A4		REV
		SCALE	1 / 5	SHEET 1 OF 1