

# **ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

**ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS**

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA LIJADORA DE BANDA  
OSCILANTE HORIZONTAL/VERTICAL PARA LA EMPRESA  
AGEMAFOR**

**DISEÑO MECÁNICO DE LA ESTRUCTURA Y CONSTRUCCIÓN DE  
LA LIJADORA DE BANDA OSCILANTE**

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR PRESENTADO COMO  
REQUISITO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE TECNÓLOGO SUPERIOR  
EN ELECTROMECAÁNICA**

**JONATHAN ALEXANDER SIMBAÑA TUNAY**

**DIRECTOR: JONATHAN GABRIEL LOOR BAUTISTA**

**DMQ, AGOSTO 2023**

## **CERTIFICACIONES**

Yo, JONATHAN ALEXANDER SIMBAÑA TUNAY declaro que el trabajo de integración curricular aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

**JONATHAN ALEXANDER SIMBAÑA TUNAY**

jonathan.simbana02@epn.edu.ec

jonathansimbaa1@gmail.com

Certifico que el presente trabajo de integración curricular fue desarrollado por JONATHAN ALEXANDER SIMBAÑA TUNAY, bajo mi supervisión.

**JONATHAN GABRIEL LOOR BAUTISTA**

**DIRECTOR**

jonathan.loor@epn.edu.ec

## **DECLARACIÓN DE AUTORÍA**

A través de la presente declaración, afirmamos que el trabajo de integración curricular aquí descrito, así como el (los) producto(s) resultante(s) del mismo, son públicos y estarán a disposición de la comunidad a través del repositorio institucional de la Escuela Politécnica Nacional; sin embargo, la titularidad de los derechos patrimoniales nos corresponde a los autores que hemos contribuido en el desarrollo del presente trabajo; observando para el efecto las disposiciones establecidas por el órgano competente en propiedad intelectual, la normativa interna y demás normas.

JONATHAN ALEXANDER SIMBAÑA TUNAY

## **DEDICATORIA**

A Dios mi padre misericordioso, por cuidar y guiar cada proceso de mi vida, espiritual y carnal; porque me diste la oportunidad de compartir las sabias palabras de tu existencia con grandes amigos y colegas de la carrera.

A mis amados padres, Alberto y Marilin, por darme la vida y brindándome todo su apoyo, amar, creer y confiar en mí, siendo un pilar fundamental en mi vida, por los valores impartidos y consejos brindados que me ayuda a seguir esforzándome para llegar a ser una mejor persona.

A mi amada, por llegar a mi vida y brindarme todo el amor incondicional que puede llegar a dar una persona, por siempre apoyarme en todos los malos y buenos momentos, por aconsejarme cuando algo está mal, por confiar en mí y ser un pilar importante para mi vida.

A mis hermanos, Jesús y José, por brindarme su confianza, amor, admiración y aceptar mis consejos, ayudándome a ser un mejor hermano.

## **AGRADECIMIENTO**

A mis padres, Alberto y Marilin, un profundo agradecimiento por todo el apoyo brindado, el amor, el cariño, la dedicación, la paciencia y los consejos diarios que me impulsan a continuar y no rendirme. Por todo el esfuerzo, sacrificio y confianza que han puesto en mí, para poder cumplir mis metas.

A Señor Milton Molina, un profundo agradecimiento y respeto por todo el apoyo y conocimiento brindado, los consejos, el tiempo y la paciencia. Por abrirnos las puertas de su taller y compartir experiencias gratas de trabajo.

A mis maestros, por guiarme, corregirme, brindarme el apoyo necesario para no rendirme con el proyecto.

A mi amigo y compañero, Bryan Molina, por su amistad, por brindarme todo el apoyo que se necesitó a lo largo del proyecto, por los consejos brindados y el tiempo que compartimos en trascurso del proyecto y la vida cotidiana.

# ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICACIONES .....	I
DECLARACIÓN DE AUTORÍA .....	II
DEDICATORIA .....	III
AGRADECIMIENTO .....	IV
ÍNDICE DE CONTENIDO .....	V
RESUMEN.....	VIII
ABSTRACT .....	VIII
1 DESCRIPCIÓN DEL COMPONENTE DESARROLLADO.....	1
1.1 Objetivo General.....	2
1.2 Objetivos Específicos .....	2
1.3 Alcance.....	2
1.4 Marco teórico.....	3
Proceso de Lijado .....	3
Máquina Lijadora .....	4
Tipos de Máquinas Lijadoras .....	5
Máquina Lijadora para la Industria.....	6
Materiales y elementos utilizados en la fabricación de una máquina lijadora .....	8
Procesos de fabricación de la Máquina Lijadora.....	9
Sistemas de Oscilación de las Máquinas Lijadoras Industriales.....	12
Ventajas de Máquina Lijadora Oscilante.....	12
2 METODOLOGÍA.....	14
2.1 Diseño de la lijadora de banda oscilante en Inventor Professional 3D.....	15
Mesa de trabajo.....	16
Base principal de la estructura.....	16
Rodillos.....	17
Mesa de soporte de la lija .....	18
Sistema Horizontal - Vertical.....	18

Sistema de ajuste y desajuste de la banda de lija.....	19
Sistema de oscilación .....	20
Sistema de elevación de la mesa de trabajo.....	20
2.2    Construcción de los elementos para la máquina lijadora de banda oscilante	22
Fabricación de la base principal de la estructura .....	22
Prototipos de fabricación de la mesa de trabajo.....	24
Fabricación de los Rodillos .....	28
Fabricación de la mesa del soporte de la lija .....	29
Fabricación del sistema horizontal-vertical.....	30
Fabricación del sistema de ajuste y desajuste de la banda de lija .....	31
Fabricación del sistema de oscilación.....	33
Fabricación del sistema de elevación de la mesa de trabajo.....	34
Implementación del sistema eléctrico de la máquina lijadora de banda oscilante	35
3    RESULTADOS .....	37
3.1    Pruebas de funcionamiento de los sistemas.....	39
Prueba de Funcionamiento del sistema horizontal - vertical.....	39
Prueba de Funcionamiento del sistema de extracción de la banda de lija.....	39
Prueba de Funcionamiento del sistema de elevación de la mesa de trabajo .....	39
Prueba de Funcionamiento del motor sin carga.....	39
Prueba de Funcionamiento del motor con carga.....	39
3.2    Guía de mantenimiento de los sistemas de la máquina lijadora de banda oscilante.....	40
Limpieza regular .....	40
Inspección visual .....	40
Cambio de banda .....	41
Lubricación .....	41
Mantenimiento de componentes móviles .....	41
Verificación de cables y enchufes.....	41
Almacenamiento adecuado .....	41

4	Conclusiones .....	42
5	Recomendaciones .....	44
6	Bibliografía.....	46



## RESUMEN

Con la finalidad de construir una máquina lijadora de banda oscilante para la empresa AGEMAFOR, se realizó un estudio de diferentes tipos de modelos de lijadoras industriales comerciales en el Ecuador. Con los parámetros obtenidos de la empresa AGEMAFOR y la finalidad de uso, se realizó un diseño modelado en el software Inventor profesional 3D. Partiendo del diseño modelado se investigó procesos de fabricación de máquinas industriales.

En el proceso de fabricación de la máquina lijadora de banda oscilante se clasificó los diferentes componentes en sistemas, con la finalidad de construir cada sistema independientemente, esto ayudó a tener un control de fabricación de cada sistema. Cada sistema cuenta con componentes principales, secundarios y complementarios, en la fabricación de este se contó con un diseño único, y diferentes procesos de fabricación.

Para la selección de los componentes eléctricos, se basó en la norma NEC, y en materiales de construcción metálicos o mecánicos adaptados de la industria ecuatoriana. Luego de fabricar cada sistema, se ensambló todos los sistemas en conjunto, con la finalidad de generar y dar forma a la máquina lijadora de banda oscilante, al ensamblar cada sistema se realizaron pruebas de funcionamiento con la finalidad que todo el sistema opere adecuadamente, así obteniendo como resultado la máquina lijadora de banda oscilante y su correcto funcionamiento.

**PALABRAS CLAVE:** construcción, proceso, sistema, control, materiales metálicos, componentes eléctricos.

## **ABSTRACT**

In order to build an oscillating belt sander for the company AGEMAFOR, a study of different types of models of commercial industrial sanders in Ecuador was carried out. With the parameters obtained from the company AGEMAFOR and the purpose of use, a modeled design was made in Inventor professional 3D software. Based on the modeled design, manufacturing processes of industrial machines were investigated.

In the manufacturing process of the oscillating belt sander, the different components were classified into systems, to make each system independently, this helped to have a manufacturing control of each system. Each system has main, secondary, and complementary components, in the manufacture of this machine has a unique design, and different manufacturing processes.

The selection of electrical components was based on the NEC standard, and metallic or mechanical construction materials were adapted to the Ecuadorian industry. When obtaining each manufactured system, all the systems were assembled together with the purpose of generating and shaping the oscillating belt sander machine, when assembling each system, functional tests were carried out with the purpose that each system fulfills its function in the machine, thus obtaining as a result the oscillating belt sander machine and its correct operation.

**KEYWORDS:** construction, process, system, control, metallic materials, electric components.

# **1 DESCRIPCIÓN DEL COMPONENTE DESARROLLADO**

En el presente proyecto se implementó el diseño y la construcción de una máquina lijadora de banda oscilante para la empresa AGEMAFOR. Se desarrolló un diseño mecánico en el software inventor profesional 3D y un diseño eléctrico en el software Cade Simu.

Para la fabricación de la máquina lijadora se utilizó un plan de trabajo donde se involucra el tiempo y costo de fabricación de la máquina lijadora de banda oscilante en la industria ecuatoriana. A demás se implementó alternativas de fabricación de las piezas con el fin de economizar costos.

En la fabricación de los diferentes elementos que constituyen la máquina lijadora de banda oscilante se utilizaron diferentes procesos de fabricación. Para implementar la máquina lijadora de banda oscilante se aplicaron los siguientes procesos: proceso de corte, proceso de fresado, proceso de torneado, proceso de soldadura, proceso de doblado, proceso de plegado, entre otros. Se adquirió diferentes tipos de materiales para la fabricación de los elementos que conforman la máquina lijadora de banda oscilante en el mercado ecuatoriano, apegándose a normas regulatorias y medidas estándar que se puede acceder en el mercado.

Para la construcción de los elementos de la máquina se clasificó en sistemas, con la finalidad de fabricar cada uno de ellos por separado, y al obtener todos los sistemas contruidos, se procede a ensamblarlos para generar un solo sistema y así obtener la máquina lijadora de banda oscilante.

Para la implementación del sistema eléctrico para la máquina lijadora de banda oscilante se basó en la Norma Ecuatoriana para la construcción (NEC). Adquiriendo elementos eléctricos estandarizados en el mercado ecuatoriano, se implementó el tablero de control el cual contiene un conjunto de elementos eléctricos que permiten el correcto funcionamiento de la máquina lijadora de banda oscilante, además de proteger todo el sistema en el caso de que exista una sobrecarga en el sistema.

Finalmente, ensamblado todos los sistemas mecánicos y eléctricos se realizaron diferentes pruebas de funcionamiento de cada sistema de la máquina, tanto mecánicos como eléctricos con la finalidad de que la máquina funcione correctamente. Se grabó los diferentes videos de cada funcionamiento mecánico y eléctrico, con la finalidad de

generar un manual de cómo utilizar correctamente la máquina lijadora de banda oscilante.

## **1.1 Objetivo General**

Implementar una lijadora de banda oscilante horizontal/vertical para la empresa AGEMAFOR.

## **1.2 Objetivos Específicos**

1. Revisar bibliografía sobre los materiales y procesos de fabricación de lijadoras comerciales.
2. Diseñar el sistema mecánico de la estructura de la máquina lijadora de banda oscilante.
3. Construir el sistema mecánico previamente diseñado para el funcionamiento de la lijadora de banda oscilante.
4. Realizar las pruebas de funcionamiento necesarias para asegurar el correcto manejo del sistema.

## **1.3 Alcance**

El objetivo del proyecto es implementar una lijadora de banda oscilante, que tenga en cuenta los siguientes parámetros: la elección de un motor adecuado según la carga a transmitir; además, de implementar un sistema mecánico para lograr el movimiento oscilante de la lijadora y el movimiento del sistema en una rotación horizontal/vertical.

Los parámetros que deberá cumplir la lijadora de banda oscilante son:

- Voltaje: 120 (V) monofásico o 220(V) bifásico, 60 (HZ).
- Fuente de alimentación: eléctrico con cable.
- Adaptador de corriente CA: 1 (A).
- Velocidad máxima de rotación: 3600 (RPM).
- Peso del estimado de la máquina: 258 (lb).
- Potencia: 1.5 (HP).

El sistema de la lijadora de banda oscilante estará diseñado con un sistema de oscilación de la banda, la velocidad del motor será constante ya que se trabaja con un motor comercial.

Se realizarán las pruebas para asegurar el correcto funcionamiento de la máquina, y se desarrollará un video explicativo del funcionamiento del sistema. Finalmente, se desarrollará un plan de mantenimiento y manual para el usuario, el cual permitirá que tenga un correcto funcionamiento del sistema implementado.

## **1.4 Marco teórico**

### **Proceso de Lijado**

El proceso de lijado puede ser aplicado en materiales como: plástico, metal, vidrio o cerámica, entre otros, principalmente el enfoque del proyecto es de la madera, el cual tiene como finalidad corregir los defectos de diferentes procesos el cual ha sido sometido anteriormente.

El lijado es parte de la etapa final de la fabricación del producto de madera. Su función principal es preparar la superficie para dar una calidad de terminación, eliminando marcas, astillas, rugosidad, exceso de material que dejaron los elementos de corte, [1].

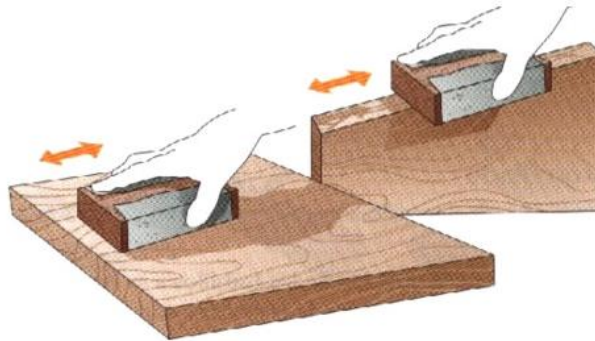
Para realizar un proceso de lijado se deberá considerar los siguientes procesos:

- Preparación: es importante preparar la zona que se desea lijar, eliminando cualquier residuo o material que pueda interferir con el lijado.
- Selección de la lija: es de suma importancia elegir la lija adecuada para el tipo de superficie a ser lijada, en el mundo industrial existen de dos tipos lijas; lijas gruesas (con números bajos) y lijas finas (con números altos), las lijas gruesas son utilizadas para eliminar grandes imperfecciones y las lijas finas se utilizan para conseguir un acabado suave.
- Protección personal: es importante el uso de gafas de seguridad y mascarilla para proteger, ojos y pulmones de la posible inhalación de polvo.
- Lijado: agarrar la herramienta de lijado y comienza a lijar con movimientos suaves y uniformes en la dirección de la veta de la madera o en una dirección perpendicular a la misma. Asegurándose de aplicar una presión uniforme para evitar dañar la superficie.
- Cambio de lija: reemplazar la lija gruesa por una fina cuando se haya obtenido resultados favorables de desbaste. Lijar la superficie de nuevo con movimientos

suaves y uniformes. este proceso se repite varias veces con lijas cada vez más finas hasta conseguir el acabado deseado.

- Limpieza: limpia la superficie cuidadosamente después del lijado para eliminar cualquier residuo de polvo.

En la Figura 1.1, se puede observar cómo realizar un correcto proceso de lijado manual.



**Figura 1.1** Proceso de lijado, [2]

### **Máquina Lijadora**

La máquina de lijar es una herramienta eléctrica muy utilizadas en la actualidad, utilizada con el fin de suavizar y dar forma a superficies mediante la eliminación de material, es uno de los últimos desarrollos en la industria de maquinarias para trabajar la madera. Años atrás, la competencia era menos severa como en la actualidad, la mayoría de los procesos de lijado se lo desarrollaba a mano.

El proceso de lijado a mano se deterioró con la llegada de la máquina lijadora, el proceso de lijado a mano era una operación lenta, tediosa y consumía mucho tiempo, además de recubrir con polvo la pieza y al operario. La máquina lijadora mejoró la eficiencia del proceso de lijado.

Las máquinas lijadoras son clasificadas: por tamaño, por fuente de energía y por tipo. A continuación, se presenta la clasificación de las lijadoras en la Tabla 1.1.

**Tabla 1.1** Clasificación de Máquinas Lijadoras, [3]

CLASIFICACIÓN DE LAS MÁQUINAS LIJADORAS	
Por tamaño	<ul style="list-style-type: none"><li>• Portátiles</li><li>• Estacionarias<ul style="list-style-type: none"><li>○ De banco</li><li>○ De pedestal</li><li>○ Industriales</li></ul></li></ul>
Por fuente de energía	<ul style="list-style-type: none"><li>• Eléctricas con cable</li><li>• Eléctricas inalámbricas</li><li>• Neumáticas</li></ul>
Por tipo	<ul style="list-style-type: none"><li>• De banda<ul style="list-style-type: none"><li>○ Banda estrecha</li><li>○ Banda ancha</li></ul></li><li>• De disco</li><li>• De banda y disco</li><li>• De husillo oscilante</li><li>• De tambor</li><li>• De bordes</li><li>• Orbitales</li><li>• Excéntricas</li><li>• Delta</li><li>• Múltiples</li></ul>

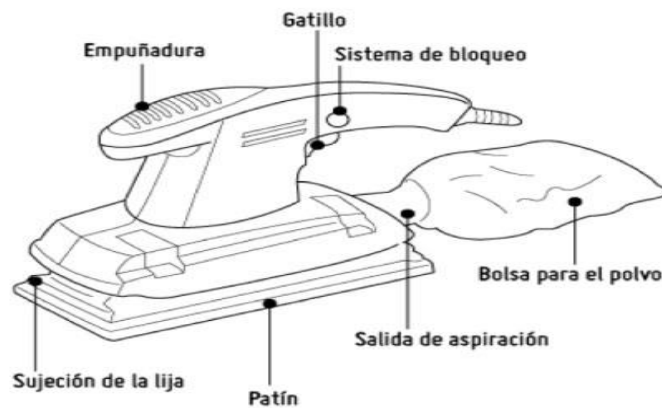
### **Tipos de Máquinas Lijadoras**

Existen varios tipos de máquinas de lijar, entre los más comunes y comerciales existen en su versión portátil y versión estacionaria:

Las lijadoras de versión portátil podemos encontrar en el mundo industrial son: las lijadoras orbitales, excéntricas, delta y múltiples. Por otro lado, encontramos las lijadoras de versión estacionarias, las cuales corresponden a esta categoría con los siguientes estilos: de banda, de disco y banda (banco), de disco y de husillo oscilante (pedestal o banco), de tambor, de bordes y de banda ancha (pedestal o industriales).

Existen varios tipos de máquinas de lijar, entre los más comunes y disponibles en el mercado se encuentran:

- Lijadora de banda: utilizan una banda de lija continua que se mueve en un ciclo para lijar grandes áreas rápidamente. Son ideales para trabajos en madera y otros materiales, además es el indicado para grandes superficies y lijado grueso, cuenta con una lija gruesa permitiendo lijar agresivamente la madera para lograr un acabado rápido. Los modelos de pedestal e industrial son para trabajos pesados y nivel productivo, [1]. A continuación, en la Figura 1.2 se presenta los elementos que conforman una lijadora de banda.
- Lijadoras orbitales: tiene un disco de lija que gira en órbita. Son adecuadas para lijar superficies planas y curvas, y se utilizan comúnmente en trabajos de acabado en madera. Una de las cualidades de esta máquina es su costo ya que es muy económica e ideal para contrachapado.
- Lijadoras de palma: son herramientas pequeñas y manejables que cuentan con una base rectangular y una hoja de lija triangular. Se utilizan para lijar áreas de difícil acceso y bordes.
- Lijadoras excéntricas: tienen un movimiento de giro excéntrico combinado con un movimiento orbital. Esto proporciona un lijado más suave y reduce la posibilidad de dejar marcas en la superficie. Muy eficiente para superficies curvas, se la puede utilizar en pisos, superficies grandes y trabajos pequeños.



**Figura 1.2** Partes de lijadora de banda orbital, [4]

### **Máquina Lijadora para la Industria**

La máquina lijadora representante para la industria es la lijadora oscilante, son máquinas de lijado que combinan movimientos de rotación y oscilación para lograr un lijado suave



y uniforme. También son conocidas por el nombre de lijadoras de plato oscilante, de banda oscilante o lijadoras de órbita aleatoria.

Son máquinas para el acabado de piezas de madera y no están destinadas al desbaste significativamente, por lo que no se recomienda su uso para este fin. Las partes trascendentales de esta máquina son: bastidor, mesa de apoyo y la mesa que porta la cinta de lija inclinable, rodillo de tracción, rodillo conducido, motor oscilante, tambor de goma para lijas de rodillo o barril. La lijadora oscilante tiene una característica especial, tiene la posibilidad de inclinar la mesa que porta la lija o banda de  $0^\circ$  a  $90^\circ$ , permite lijar tanto las superficies como los cantos de la pieza en forma perpendicular o en cierto ángulo entre  $0^\circ$  a  $90^\circ$ . Además, cuenta con un árbol conectado al rodillo conducido, donde se acopla al rodillo de goma para sujetar la lija y así poder lijar secciones internas de algunas piezas, además que el motor oscilante permite que la lija de banda tenga un movimiento de deslizamiento sobre la mesa que porta la lija, permitiendo que la lija de banda dure más y dé un mejor acabado. Para operar este tipo de máquinas se deberá respetar todas las normas de seguridad, se deberá utilizar lentes, protectores faciales, guantes además de retirarse objetos que cuelguen del cuello y que pueda ser peligroso como pulseras, collares y anillos, asegurarse que la instrumentaría sea la correcta, [1].

A continuación, en la Figura 1.3 se representa una lijadora de banda, para trabajos industrial con características de banda de lija de 150 X 2260 (mm). Figura 1.4 se presentan ejemplos de Lijadoras Industriales como: lijadora de husillo oscilante, lijadora de banda ancha y lijadora de bordes.



**Figura 1.3** Lijadoras de banda oscilantes: banda de lija de 150 X 2260 (mm), [5]



**Figura 1.4** Ejemplos de lijadoras industriales, [6]

### **Materiales y elementos utilizados en la fabricación de una máquina lijadora**

En la fabricación de la máquina lijadora, se puede utilizar un sinfín de materiales, dependiendo de los requisitos específicos del proyecto y el tipo de lijadora que se desea construir. Para la fabricación de la máquina lijadora de banda oscilante se detallarán los materiales más importantes de la construcción.

Para la estructura principal se utilizará acero estructural, ángulos de estructura de 1-1/4 (in) por 3/16 (in) de espesor, planchas de Tol negro 244 (cm) por 122 (cm), planchas de acero de 8 (mm), planchas de 5 (mm) de aspensor de diferentes medidas, material a maquinar de medidas similares que cumpla las especificaciones para la construcción de la máquina. A medida que se va a fabricar se utilizara diferentes materiales ya que los materiales son escasos en la industria ecuatoriana, se tendrá que acoplar a medidas estándar impartidas en las casas industriales.

Para la superficie de lijado o mesa de lijado, se puede utilizar placas de acero o materiales fundidos (planchas de acero fundido para eliminar las vibraciones). Los componentes móviles y sujeción, como: ejes, rodillos, pernos, tuercas, rodamientos, banda de lija, bujes, resortes, palancas y demás, se acoplarán a medidas estándares y comerciales para facilitar la construcción de la máquina. En la Figura 1.5 se presenta las planchas de acero, vigas estructurales de diferentes medidas correspondiente al espesor.

El motor, los componentes eléctricos y el sistema de oscilación, se implementarán componentes estándares, que cumplan con la potencia requerida y protejan el sistema

eléctrico, en los cuales se utilizarán cables AWG, protecciones eléctricas, guarda motor, botones de encendido y apagado, botón de paro, capacitores, motor eléctrico.

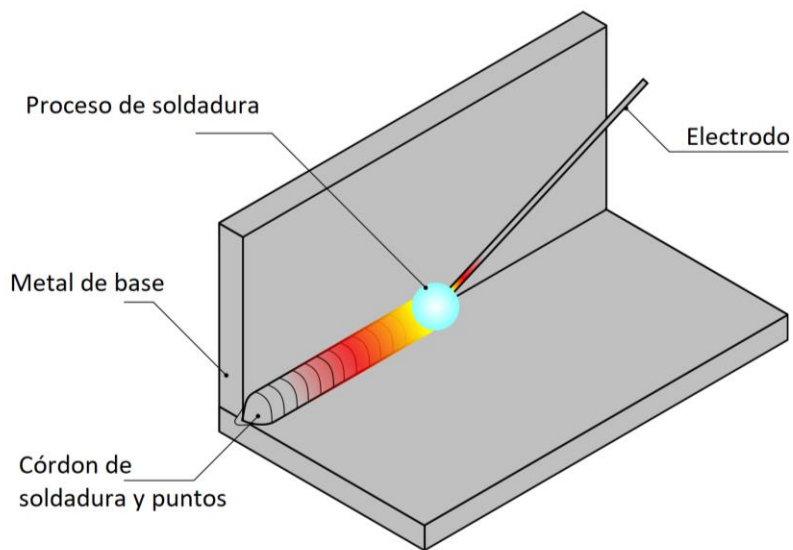


**Figura 1.5** Materiales de acero, planchas, estructuras cuadradas, estructuras redondas, [7]

### **Procesos de fabricación de la Máquina Lijadora**

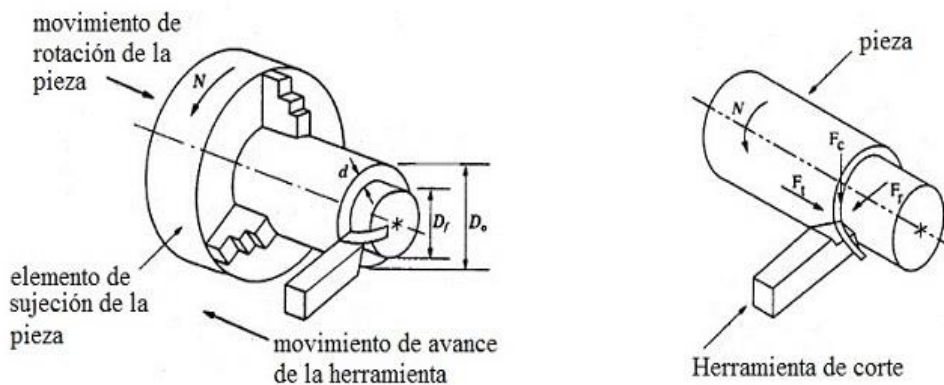
En la fabricación de la máquina lijadora, se debe realizar procesos como: soldadura, torneado, fresado, plegado, prensado, corte, y limado.

Soldadura, es el proceso en el cual se aplica calor necesario para fundir dos metales hasta que se logren unir entre sí y formar un solo cuerpo. El tipo de soldadura más aplicado para el proyecto es la soldadura por arco eléctrico con electrodo revestido (SMAW), se utiliza un electrodo recubierto que se funde para formar un arco eléctrico entre el electrodo y las piezas a soldar. En la Figura 1.6 se presenta el proceso de soldadura.



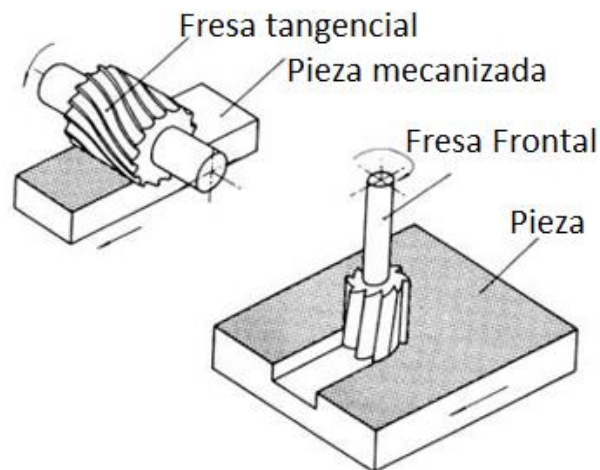
**Figura 1.6** Proceso de soldadura, [8]

Torneado es el proceso de suma importancia para la fabricación de la máquina lijadora ya que es uno de los métodos más utilizados para producir piezas cilíndricas, cónicas y roscadas. Es un proceso de mecanizado que implica la rotación de una pieza de trabajo mientras una herramienta de corte se desplaza en una trayectoria lineal para eliminar material y dar forma a la pieza, [9]. En la Figura 1.7 se presenta el esquema del proceso de torneado.



**Figura 1.7** Proceso de torneado, [9]

Fresado, es un proceso de mecanizado utilizado para dar forma a una pieza de trabajo mediante el uso de una herramienta de corte llamada fresa, rota sobre su eje y se desplaza en varias direcciones para cortar, eliminar material y dar forma a una pieza de trabajo. [10]. En la Figura 1.8 se presenta el proceso de fresado.



**Figura 1.8** Proceso de fresado, [10]

Además, de contar con más procesos de fabricación como el prensado y el plegado, son procesos de conformado utilizado para dar forma a los metales mediante la aplicación de una prensa.

El proceso de corte de metales se los realiza con un disco de moladora, también conocido como amoladora angular. La amoladora angular es una herramienta eléctrica que cuenta con un disco abrasivo para realizar cortes a diferentes tipos de metales. De la mano va el proceso de limado, una vez realizado el proceso de corte existen imperfecciones o restos de materiales metálicos, y el objetivo del proceso de limado consiste en eliminar todas estas imperfecciones para obtener una pieza deseada. En la Figura 1.9 se presenta el proceso de corte con una amoladora.



**Figura 1.9** Proceso de corte, [11]

## **Sistemas de Oscilación de las Máquinas Lijadoras Industriales**

El sistema de oscilación de una lijadora de banda oscilante es un mecanismo que mueve la banda abrasiva de manera alternativa en dirección lateral durante el proceso de lijado. Esta oscilación ayuda a distribuir uniformemente el desgaste de la banda, evitando que se concentre en un solo punto y prolongando su vida útil.

La oscilación en una lijadora de banda oscilante se logra mediante un mecanismo interno que hace que la banda se mueva lateralmente en un patrón predefinido. El mecanismo puede variar dependiendo del diseño específico de la lijadora, pero en general, involucra una combinación de engranajes y levas que generan el movimiento oscilante. Cuando se enciende la lijadora y se activa la oscilación, el mecanismo interno impulsa la banda abrasiva para que se mueva hacia adelante y hacia atrás en un movimiento lateral, esto significa que mientras la banda gira en sentido vertical alrededor de los rodillos, también se desplaza en dirección lateral de manera alternativa, [12]. En la Figura 1.10 se presenta el sistema de oscilación de las máquinas lijadoras industriales.



**Figura 1.10** Sistema de oscilación de la máquina de lijadora banda, [13]

### **Ventajas de Máquina Lijadora Oscilante**

Algunas ventajas que incluyen utilizar una máquina lijadora oscilante en comparación con otras lijadoras son las siguientes:

La Eficiencia: las lijadoras de banda oscilante son conocidas por su alta eficiencia en el lijado de grandes áreas. La banda de lijado se mueve de forma continua y oscilante, lo que permite cubrir rápidamente grandes superficies y reducir el tiempo requerido para completar el proceso de lijado.



La Versatilidad: estos tipos de lijadoras son muy versátiles y se pueden utilizar para una amplia gama de tareas de lijado. Pueden manejar diferentes tipos de materiales, como madera, metal y plásticos, lo que las convierte en una herramienta útil en diversos proyectos de carpintería.

La Remoción de material rápida: este tipo de lijadoras, de banda oscilante son eficaces para la remoción rápida de material, lo que las hace ideales para eliminar capas de pintura, barniz o residuos de adhesivos. La velocidad y potencia de la banda de lijado permite trabajar de manera más eficiente en comparación con otras lijadoras, como las lijadoras orbitales o las lijadoras de banda fija.

El Acabado suave: la acción oscilante de la banda de lijado ayuda a lograr un acabado suave y uniforme en la superficie, esta característica es beneficiosa al trabajar en acabados de alta calidad, como en la fabricación de muebles.

Fácil cambio de banda de lijado: las lijadoras de banda oscilante cuentan con un sistema de cambio rápido de banda de lijado, facilitando así el remplazo de la banda gastada por una nueva, ahorrando tiempo y esfuerzo durante el trabajo. En la Figura 1.11 se presenta un proceso de lijado en una máquina de banda oscilante.



**Figura 1.11** Proceso de lijado en la máquina de banda oscilante, [13]

## 2 METODOLOGÍA

Para llevar a cabo el proyecto de la construcción de la lijadora oscilante, se desarrollará con base en el modelo de la investigación proyectiva, este tipo de investigación consiste en la elaboración de una propuesta, un plan o un modelo, como solución a un problema o necesidad, además, la investigación proyectiva involucra creación, diseño, elaboración de planes o de proyectos, [14].

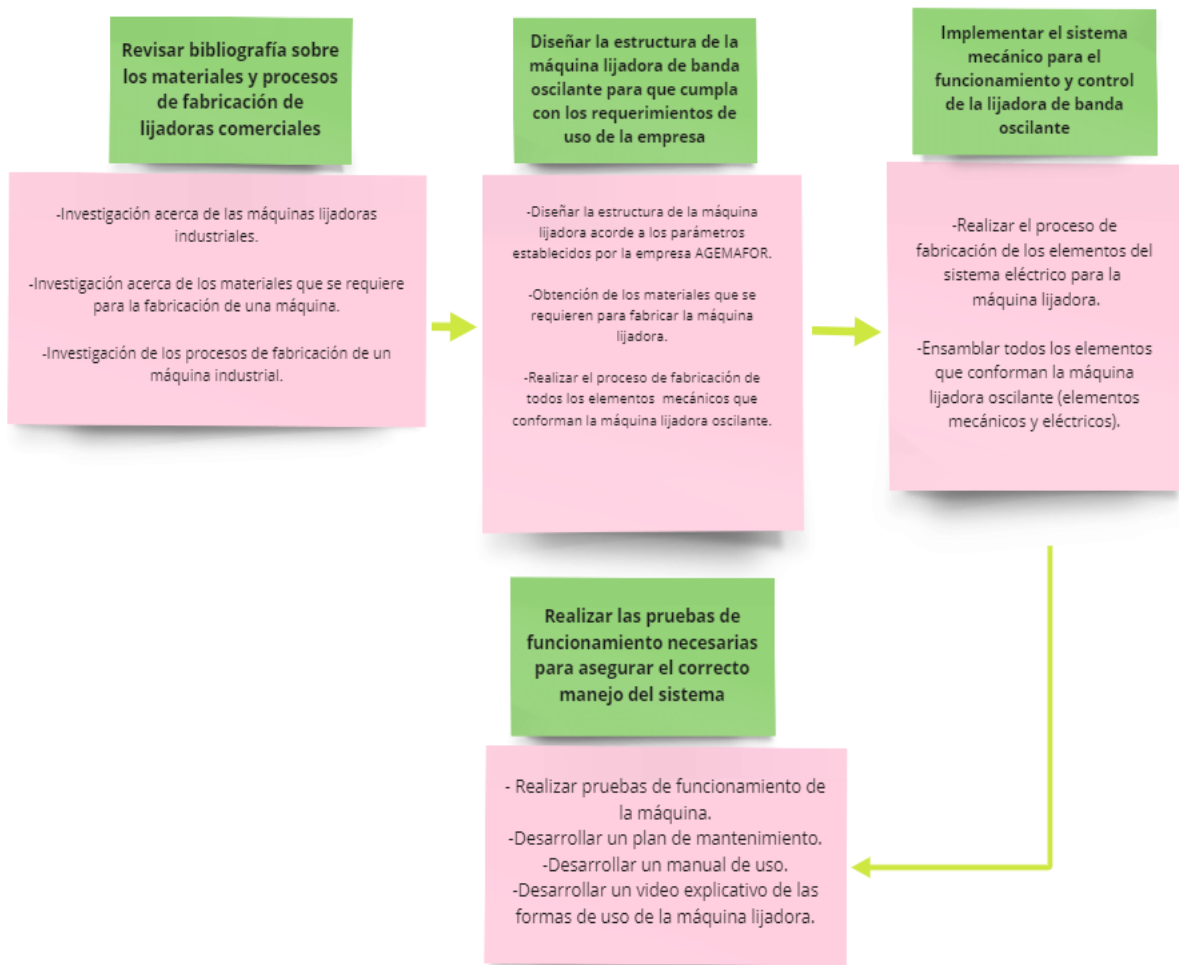
El proyecto comenzará por un estudio de diseño mecánico y eléctrico de un prototipo de una lijadora de banda oscilante, se realiza un diseño de 3D mediante el software Inventor Professional. Una vez modelado el prototipo de la máquina lijadora se determinará las dimensiones finales, comparando los distanciamientos de lijas comerciales gracias a ello obtendremos medidas estándar para la máquina a fabricar.

Se construirá la máquina tomando en cuenta la potencia del motor elegido, analizando la placa del motor eléctrico se obtendrán los parámetros para prototipar la máquina lijadora, con esos parámetros de potencia se procederá a comprar materiales como: planchas, ejes, perfiles, de acero para la construcción de la máquina sin excederse del presupuesto planteado.

Finalmente, la máquina se someterá a diferentes pruebas como: lijar diferentes tipos de maderas, desmantelamiento de la máquina, para asegurar el correcto funcionamiento de la máquina; se desarrollará un video explicativo del funcionamiento del sistema, además se desarrollará un plan de mantenimiento y manual para el usuario, el cual permitirá que tenga un correcto funcionamiento del sistema implementado.

A continuación, en la Figura 2.1 se presenta el diagrama de flujo de la metodología para el proyecto de la construcción de la máquina lijadora.





**Figura 2.1** Diagrama de flujo de metodología

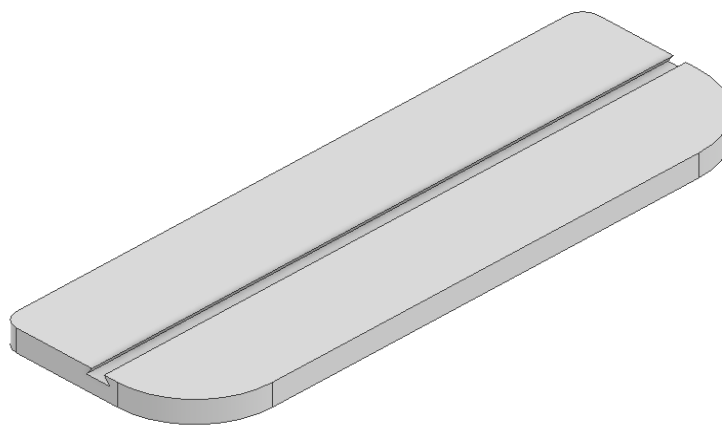
## **2.1 Diseño de la lijadora de banda oscilante en Inventor Professional 3D**

Se presenta los planos del diseño de la lijadora de banda oscilante en el software Inventor Professional 3D. En el anexo VIII, planos de construcción, se presentan los diferentes planos de las piezas que incorporan la máquina lijadora oscilante.

A continuación, se presentan los diferentes componentes que incorpora la máquina lijadora oscilante, por ejemplo: mesa de trabajo, base, soporte, sistema de oscilación, rodillos, ejes, entre otros.

### **Mesa de trabajo**

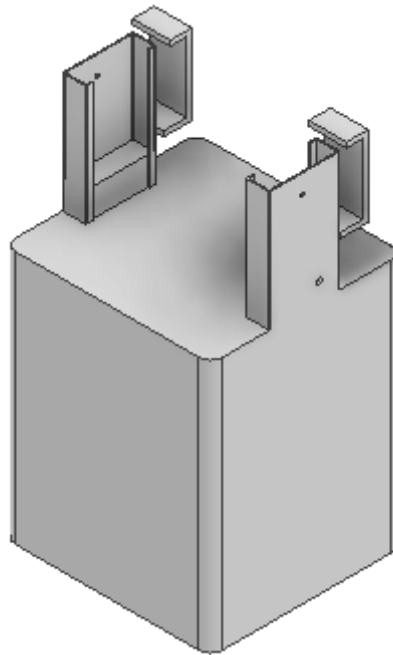
La mesa de trabajo es el área donde va a asentarse la madera hacer lijada, su función principal es guiar, encaminar, sostener la madera; cuenta con un diseño de vaciado para distribuir las vibraciones, las medidas utilizadas para esta mesa de trabajo son de 750 (mm) de largo, 250 (mm) de ancho, el espesor total de la plancha es de 30 (mm), espesores de vaciado laterales de 5 (mm), además cuenta con una abertura o canal para agregar accesorios en la mesa de trabajo; para dar su forma peculiar del redondez se le aplicaron radios de 100 (mm) y 20 (mm). A continuación, en la Figura 2.2 se puede visualizar la mesa de trabajo realizada en el software.



**Figura 2.2** Mesa de trabajo diseñada en Inventor

### **Base principal de la estructura**

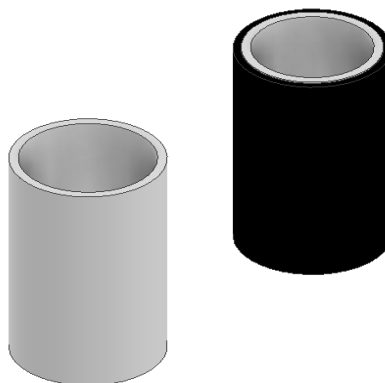
La base principal es donde se asentará todo el sistema, es la encargada de sostener el sistema oscilatorio, además de incorporar el diseño eléctrico dentro de su estructura, cuenta con un dobles estético de un 75 (mm) de radio, sus dimensiones son de 540 (mm) por 450 (mm) de largo y de ancho respectivamente, diseñado con una puerta trasera con una finalidad de acceder al sistema eléctrico para algún previo mantenimiento, además se incorporó unos perfiles en G para sostener el sistema oscilatorio. En la Figura 2.3 se puede visualizar la base principal de la estructura, su vista posterior donde se incorpora la puerta.



**Figura 2.3** Base principal diseñada en Inventor

### **Rodillos**

Los rodillos son los elementos encargados de transmitir el movimiento en el sistema con ayuda del motor, cuenta con características especiales para que no exista daño dentro de los mismos con un rencauchado para la sujeción de la banda de lija, las medidas de los rodillos son de 150 (mm) de alto, cuenta con los diámetros de 100 (mm), además el rodillo que va en el eje del motor cuenta con la rencauchada de 10 (mm) agrandando el diámetro. En la Figura 2.4 se puede visualizar el modelo de los rodillos rencauchados y sin rencauchar.

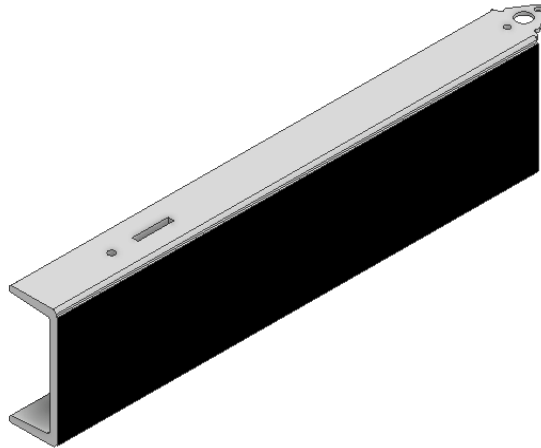


**Figura 2.4** Rodillos diseñada en Inventor

### **Mesa de soporte de la lija**

La mesa de soporte de la lija incorpora, los rodillos, el sistema oscilante, la lija, el sistema de ajuste de la lija, y el sistema que permite que la lijadora pueda trabajar en sentido vertical y horizontal.

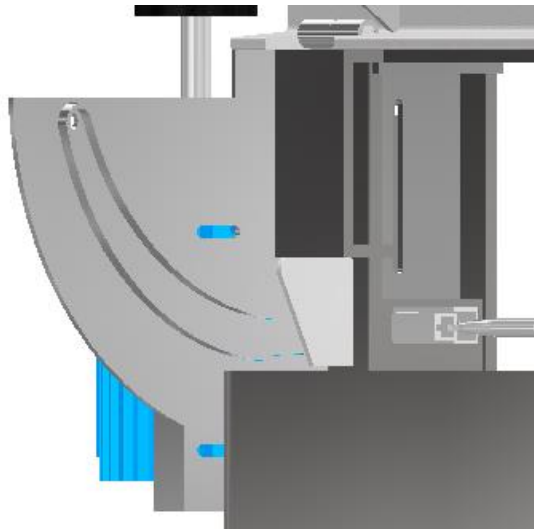
La dimensión de la mesa de soporte cuenta con medidas de 200 (mm) de alto, por 70 (mm) de profundidad, 6 (mm) de espesor, y 840 (mm) de largo. En la Figura 2.5 se puede visualizar el boceto de la mesa de trabajo, para posteriormente ser reforzada con nervios y adaptarla al diseño final. El diseño final cuenta con un recubrimiento de una lámina de papel de grafito, para alargar la vida de la banda de la lija, además cuenta una abertura para incorporar la palanca que permitirá el ajuste y desajuste de la lija. Cuenta con platinas incorporadas la base superior e inferior de 6 (mm) de espesor, con un agujero de 25.4 (mm), permitiendo así incorporar el eje y el rodillo del motor.



**Figura 2.5** Mesa de soporte de la lija diseñada en Inventor

### **Sistema Horizontal - Vertical**

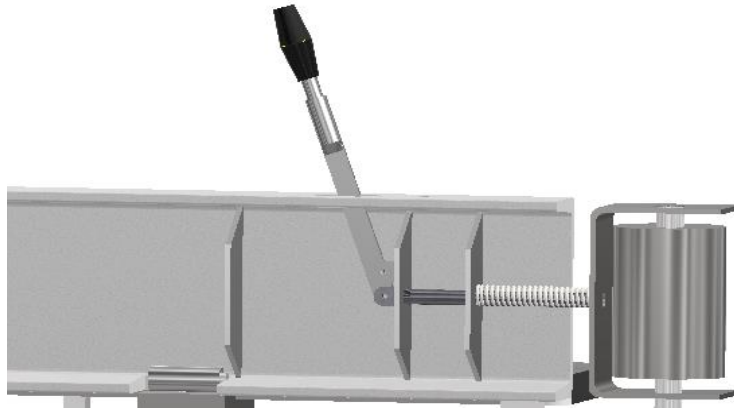
El sistema Horizontal-Vertical es el encargado que la mesa de soporte de la lija pueda trabajar en sentido vertical y en sentido horizontal, además cuenta con un diseño de trabajo de un ángulo de 45°. El sistema cuenta con elementos mecánicos que permite que el sistema cumpla su funcionamiento, los elementos que conforman el sistema son: bujes, soportes, ejes, base del motor, palanca de seguridad, guía de trabajo horizontal-vertical. El sistema es incorporado en la mesa de soporte de la lija, además cuenta con el seguro del sistema horizontal-vertical incorporado en el perfil en G de la base principal. Cuenta con una guía el cual permite que realice el recorrido de trabajo en ángulos de 90°, 45° y 0°. En la Figura 2.6 se presenta el sistema Horizontal-Vertical y los elementos secundarios que lo conforma.



**Figura 2.6** Sistema Horizontal – Vertical y los elementos secundarios diseñada en Inventor

### **Sistema de ajuste y desajuste de la banda de lija**

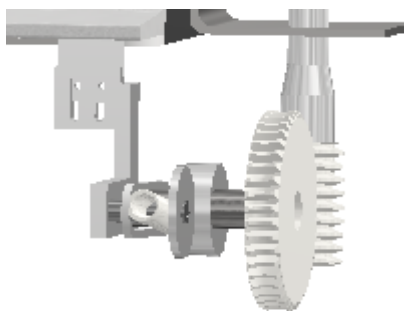
El sistema de ajuste y desajuste de la banda de lija es la que permitir que se incorpore o se extraiga la lija de la máquina, incorporando en su sistema un mecanismo de sujeción por medio de una palanca. La palanca que está incorporada al sistema, cuenta con un diseño adaptado a la mesa del soporte de la lija, con la ayuda de los nervios de la mesa de soporte de la lija y un eje transversal permiten sujetar la base del segundo rodillo, la base del segundo rodillo tiene un diseño peculiar similar a un perfil en C con medidas de 155 (mm) de alto por 100 (mm) de largo de cara con un espesor de 6 (mm), esta base en la encargada de sostener y guiar el rodillo además de estar conectada al eje que transmite fuerza por medio de la palanca permitiendo que el sistema se contraiga o recorra 10 (mm) de distancia, este mecanismo es posible con ayuda de un resorte encaminado con el eje de transmisión permitiendo que al accionar la palanca el resorte se contraiga y a medida que se suelte la palanca regrese a su posición inicial, permitiendo así que al accionar el sistema el operario pueda ingresar la lija sin mayor dificultad. En la Figura 2.7 se presenta el sistema de ajuste y desajuste de la banda de lija.



**Figura 2.7** Sistema de ajuste y desajuste de la banda

### **Sistema de oscilación**

El sistema de oscilación es el sistema primordial en la máquina. La oscilación se refiere al movimiento de vaivén lateral que se aplica a la banda de lijado mientras está en contacto con la superficie a ser lijada. El sistema de oscilación está compuesto por una serie de elementos que trabajan en conjunto para lograr el movimiento de vaivén lateral de la banda de lijado, los elementos que conforman el sistema son: mecanismo de leva o excéntrica, base y soporte de la banda de lijado, rodamientos y guías, controles y ajustes, tornillo sin fin y corona. En conjunto, estas piezas trabajan en armonía para generar el movimiento de oscilación en la máquina lijadora de banda oscilante. En la Figura 2.8 se presenta el sistema de oscilación con todos los elementos que la conforma.



**Figura 2.8** Sistema de oscilación y elementos secundarios diseñada en Inventor

### **Sistema de elevación de la mesa de trabajo**

El sistema de elevación de la mesa de trabajo cuenta con un conjunto de componentes que permiten ajustar la altura de la superficie de trabajo de la máquina según las necesidades y comodidad del operador. El sistema está conformado por los siguientes elementos.

Husillo o columna de elevación: el husillo es la estructura vertical en la que se basa la mesa de trabajo, el sistema de husillo de tornillo se extiende a lo largo de la columna y proporciona la fuerza para elevar o descender la mesa.

Manivela o volante: este elemento permite al operador girar y mover el husillo de elevación. Al girar la manivela se activa el mecanismo de elevación y la mesa sube o baja según la dirección de rotación.

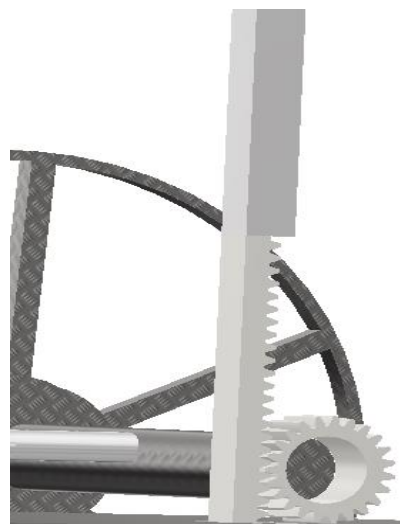
Tornillo de elevación: el tornillo de elevación tiene hilos que engranan con una tuerca fijada a la mesa, lo que permite la transformación del movimiento.

Tuerca de elevación: es la parte de la mesa que se conecta al tornillo de elevación. Cuando el tornillo gira, la tuerca se mueve hacia arriba o hacia abajo a lo largo del tornillo, lo que a su vez levanta o baja la mesa.

Mecanismo de bloqueo: permite mantener la mesa en una posición deseada, se puede incorporar un mecanismo de bloqueo que evita que la mesa se mueva.

Guías y cojinetes: las guías y los cojinetes cumplen la función de minimizar la fricción y garantizar la estabilidad del sistema.

En conjunto, estos elementos forman un sistema de elevación que proporciona al operador la capacidad de ajustar la altura de la mesa de trabajo según las necesidades de la tarea. En la Figura 2.9 se presenta el sistema de elevación de la mesa de trabajo y sus componentes.



**Figura 2.9** Sistema de elevación de la mesa de trabajo diseñada en Inventor

## **2.2 Construcción de los elementos para la máquina lijadora de banda oscilante**

### **Fabricación de la base principal de la estructura**

El primer prototipo se fabricó con una plancha de TOL negro de espesor de 3 (mm), realizando el proceso de corte con la amoladora y desbastando con la lima o con el disco de desbaste el exceso de limallas que deja el corte, para después proceder a realizar el proceso de plegado para dar la forma particular desarrollada en el software Inventor, una vez realizado el doblado redondo de 50 (mm) de radio, se procede con el proceso de soldadura para unir estas piezas se aplicó la soldadura de arco eléctrico. Se aplicó el proceso de fresado con una broca de 3/8 (in), en la parte superior de la mesa para sujetar los perfiles de apoyo de la mesa de trabajo; estos perfiles de apoyo de la mesa de trabajo para el primer prototipo se lo realizó de una estructura pequeña de un tubo cuadrado de 50x40x2 (mm), además de ángulos estructurales de 3/16 (in), con el respectivo proceso de corte y soldadura se dio forma a estos soportes de la mesa de trabajo, se implementó el soporte a la base con un tubo estructural cuadrado de 50x30x3 (mm) soldada a la parte inferior de la base para elevar su altura final. Además, cuenta con un sistema de nivelación incorporado en los soportes de la mesa de trabajo. Todas estas piezas fueron fabricadas con el fin de desmantelar fácilmente, haciéndolas independientes una de otras.

- Ventajas de utilizar este prototipo
  - Los materiales para este prototipo son accesibles y fáciles de conseguir.
  - Los materiales son de espesores menores por ende el prototipo es alivianado.
  - Cada proceso de la base del prototipo se lo puede realizar de manera independiente.
- Desventajas de utilizar este prototipo
  - Los soportes de la base de este prototipo no podrán soportar el peso de la mesa de trabajado final, solo soportara la mesa de trabajo prototipo que se encuentra en la sección fabricación de la mesa de trabajo.
  - El espesor de los materiales de la base es de 3 (mm), la sección de la parte superior no es rígida.

Para la fabricación de la base final se utilizó proceso de corte, soldadura, limado, desbastado entre otros, con ayuda de una prensa industrial se cortó una plancha



metálica de acero 410x400x6 (mm), para reforzar la parte superior de la base principal de la máquina lijadora, se modificó la parte inferior de la mesa, cortando los perfiles cuadrados que se diseñó, en la parte superior de la mesa se acoplo perfiles en G de 150x35x3 (mm) para reforzar donde va asentarse la mesa de trabajo posteriormente a fabricarse.

Para el proceso de soldadura se aplicó la soldadura de arco eléctrico con el tipo de electrodo E7018. El electrodo E7018 es un tipo de electrodo de soldadura revestido utilizado comúnmente en aplicaciones de soldadura de acero al carbono tiene varias características como:

El electrodo E7018 produce soldaduras de alta calidad con buenas propiedades mecánicas. Proporciona una excelente penetración y fusión del metal base, lo que resulta en juntas fuertes y duraderas.

Las aplicaciones típicas del electrodo E7018 son utilizadas en aceros estructurales de baja aleación, aceros para recipientes a alta presión A515, A516, A537, construcción y reparación de buques, equipos de minería, tuberías, tanques a presión, calderas.

En la Figura 2.10 se presenta el resultado final de la fabricación de la base principal de la estructura. Además, en el anexo VIII, planos de construcción, se presenta los planos de la base principal.



**Figura 2.10** Construcción de la base principal de la estructura

## Prototipos de fabricación de la mesa de trabajo

Para la fabricación de la mesa de trabajo se realizó tres procesos diferentes; se aplicó el proceso por fundición, por soldadura y por fresado en CNC.

Para la fabricación de la mesa de trabajo de la lijadora, por proceso de fundición se desarrolló un modelo en el material de espuma Flex, con las medidas de 605x255x4 (mm), sobredimensionada ya que el material metálico se tiende a contraer en el proceso de enfriamiento, luego se procede a construir la caja de madera aproximadamente de las mismas medidas de la mesa a fabricar, posteriormente se prepara los componente el cual ayuda a fundir el material férrico, continuando con el proceso se necesita arena de fundición tamizada para continuar con el proceso, ya que es una pieza grande a fabricar se utilizaron alimentaciones y salidas de gran dimensión, se procede a llenar la mesa de madera con la arena de fundición con ayuda de los tochos de madera, compactando la arena de fundición hasta llegar a un nivel estable, se coloca el modelo de espuma Flex en la caja de madera para continuar llenado de la arena de fundición y compactando con los tochos de madera hasta cubrir toda la caja de madera y dejando a la vista las entradas y salidas de la mesa de trabajo. Una vez realizado todo este proceso a la par con el proceso de fundición del aluminio o acero, se retira el material fundido del horno con mucha precaución ya que se trabaja con temperaturas muy elevadas y cualquier descuido podría generar algún accidente, se retira las escorias del material fundido y se vierte el material en la entrada de la mesa de trabajo con la finalidad que abastezca toda el área de la mesa sin dejar algún vaciado, visualizando que todo cumpla se deja reposar entre 15 a 20 min para posterior mente desmantelar la pieza final y dejarla enfriar a temperatura ambiente o reducir la temperatura con ayuda de agua, así se obtendrá la pieza final (mesa de trabajo). En la Figura 2.11 se presenta el resultado final de la fabricación de la mesa de trabajo por proceso de fundición



**Figura 2.11** Fabricación de la mesa de trabajo por proceso de fundición

Para realizar la fabricación de la mesa de trabajo por proceso de soldadura, se utilizó una plancha metálica de 600x250x30 (mm) con un espesor de 3(mm), se incluyó el proceso de corte y limado para dar forma a la mesa de trabajo, marcando los radios de 100 (mm) en la plancha de metal, se realizó el corté la con ayuda de la amoladora y para luego seguir con el proceso de limado, una vez retirado el exceso de limallas, se realizó el corte de una tira de 35 (mm) para proceder a unir con la plancha metálica para realizar el proceso de soldadura y que sea una sola pieza, adicional para reforzar la mesa de trabajo se realizó el proceso de soldadura de los nervios, los nervios son escuadras metálicas de 15 (mm), estos nervios cuentan con un espesor de 5 (mm). Finalizando así el prototipo de la mesa de trabajo por proceso de soldadura. En la Figura 2.12 se presenta el resultado final de la fabricación de la mesa de trabajo por proceso de soldadura.



**Figura 2.12** Fabricación de la mesa de trabajo por proceso de soldadura

Para la fabricación de la mesa de trabajo por fresado en CNC, se utilizó una plancha solida de acero ASTM A36 las características de esta plancha son: 751x251x3 (mm) sobredimensionada con un radio de 100 (mm), para la obtención de esta plancha se lo realizó por proceso de corte a laser. Para realizar el trabajo por fresado en CNC, se debe realizar un código, este código es una lista de instrucciones para programar la máquina CNC, con ayuda del inventor profesional se procede a diseñar el código para la operación de fresado de ya que se obtiene las medidas del diseño. La preparación de la fresadora CNC, implica asegurarse que las herramientas de corte estén instaladas correctamente y la pieza de trabajo estén fijadas firmemente en la mesa y que el programa CNC este configurada correctamente y lista para funcionar. Antes de comenzar el fresado, deberá ingresar los parámetros de corte adecuados en la máquina CNC, incluyendo la velocidad de corte, la velocidad de avance, la profundidad de corte y otros ajustes que afectará el proceso de fresado. Una vez que todo esté configurado y verificado, puede dar inicio al programa CNC para que la fresadora comience a realizar

las operaciones de fresado según las instrucciones del código, además de monitorear y supervisar el proceso, es indispensable estar atento para asegurarse que todo esté funcionando correctamente y que no haya problemas como colisiones o desviaciones no deseadas. Una vez que el fresado haya finalizado, verificar la calidad de la pieza y realizar cualquier acabado necesario, como pulido o corte de rebabas. En la Figura 2.13 se presenta el resultado final de la fabricación de la mesa de trabajo por proceso fresado en CNC.



**Figura 2.13** Fabricación de la mesa de trabajo por proceso de fresado en CNC

**Tabla 2. 1** Ventajas y Desventajas de la Fabricación

Fabricación de la Mesa de trabajo		
	Ventajas	Desventajas
<b>Proceso por Fundición</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El aluminio fundido es un material que soporta vibraciones, es muy resistente y su peso es alivianado.</li> <li>• El proceso de fabricación no es complicado.</li> <li>• Proceso muy rápido de implementar.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El proceso de fundición deja porosidades.</li> <li>• El acabado de fundición no es tan recomendable.</li> <li>• El proceso de fabricación tiene que ser en un laboratorio preparado con todas las normas de seguridad.</li> </ul>
<b>Proceso por Soldadura</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Los materiales son económicos.</li> <li>• Los espesores de los materiales no sobrepasan los 4 (mm).</li> <li>• No cuenta con un peso excesivo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El terminado final es demasiado liviano.</li> <li>• No soportaría pesos muy excesivos.</li> <li>• Pueda llegar a producirse un pandeo.</li> </ul>
<b>Proceso de Fresado por CNC</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El material utilizado es acero ASTM A36.</li> <li>• La plancha es cortada con láser, ayudando al proceso de fabricación.</li> <li>• Soporta gran cantidad de peso.</li> <li>• El acabado superficial es bueno.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Material un poco difícil de conseguir.</li> <li>• Su proceso de fabricación es demoroso.</li> <li>• Solo se puede trabajar en mecanizado CNC.</li> </ul>

Finalmente, el proceso de fabricación que se seleccionó es el proceso de fresado por CNC por sus ventajas y desventajas, ya que se cuenta con un centro de mecanizado en CNC, se aprobó este proceso para su fabricación. En el anexo VIII, planos de construcción, se presenta el código que se realizó para el proceso de fresado en el

laboratorio de mecanizado en CNC. En el anexo IX se presenta los diferentes procesos que se aplicaron para la fabricación.

### **Fabricación de los Rodillos**

En la fabricación de los rodillos se utilizó material de acero ASTM A36, barras huecas sin costura laminada en caliente, por su aplicación de cilindros con características de resistencia estructural alrededor de 400 (MPa), ductilidad, soldabilidad, alta durabilidad, bajo costo y buena maquinabilidad. Se utilizó dos barras huecas de diferente diámetro, una barra cuenta con un diámetro de 100 (mm), una altura de 170 (mm), y un espesor de 8 (mm), la segunda barra cuenta con un diámetro de 90 (mm), una altura de 170 (mm) y un espesor de 6 (mm).

Las barras reciben un proceso de desbaste en el torno para que su espesor final sea de 5 (mm) ayudando así que reduzca el peso innecesario sin afectar la ductilidad final del rodillo, por proceso de corte en laser, se añadió unas platinas de refuerzo a la base del rodillo para unir con el eje del motor por medio de un matrimonio, se aplicó el proceso de soldadura para unir estas platinas a la base del rodillo.

El segundo rodillo el cual cuenta con un diámetro de 90 (mm), una altura de 170 (mm), y un espesor de 6 (mm), tiene un proceso de rencauchado dando un acabado final al rodillo de 100 (mm) de diámetro, el rencauchado es necesario para que la banda de lija no sufra ningún deslizamiento en el momento de trabajo y la lija se adhiera al caucho, con una finalidad de generar mayor seguridad en la máquina.

En la Figura 2.14 se presenta el resultado final de la fabricación de los dos rodillos. Además, en el anexo VII se presenta los planos para la fabricación de los rodillos. En el anexo IX se presenta los diferentes procesos que se aplicaron para la fabricación.



**Figura 2.14** Resultado final de la fabricación de los rodillos

### **Fabricación de la mesa del soporte de la lija**

Para la fabricación de la mesa del soporte de la lija se utilizó un perfil UPN o viga UPN, son perfiles de acero laminado cuentan con una sección de forma de U, en la industria ecuatoriana se puede encontrar en diferentes tipos de aceros como: ASTM A36, RTE INEN 018, y ASTM A572.

Las superficies exteriores de las alas son perpendiculares a la rejilla y la pendiente de las superficies interiores con respecto a la superficie exterior es del 8%, por lo que el espesor de las alas disminuye hacia los extremos. La superficie interior de la conexión entre la bisagra y las alas está redondeada. Se utilizan como puntales y columnas, que tienen dos perfiles en los extremos de las alas, formando una especie de tubo de sección transversal casi cuadrada, con momentos de inercia muy similares en torno a los dos ejes principales. Además, en algunos casos permite aprovechar el espacio interior para canalización, [11].

Se realizó un proceso de oxicorte, ya que estas vigas en la industria ecuatoriana se pueden encontrar en metros, es así como se realizó dicho proceso, también se realizó el proceso de esmerilar ya que el proceso de oxicorte deja bastante material granulado. En la mesa de soporte de la lija cuenta con el mecanismo que permite que la máquina trabaje de forma horizontal y vertical, así que para soportar este mecanismo que se detallara en la sección del sistema vertical-horizontal, se utilizó platinas para unir el sistema a la mesa, estas platinas se insertaron al molde de la viga UPN de las mismas



medidas de la viga con un espesor de las platinas de 5 (mm) con la finalidad que se pueda unir el sistema.

En la Figura 2.15 se presenta el resultado final de la fabricación de la mesa del soporte de la lija. Además, en el anexo VIII, planos de construcción, se presenta las medidas para la fabricación de la mesa del soporte de la lija.



**Figura 2.15** Fabricación de la mesa del soporte de la lija

### **Fabricación del sistema horizontal-vertical**

Para la fabricación del sistema horizontal-vertical se realizó en conjunto con la mesa de soporte de la lija, se realizó el refuerzo de la mesa de soporte de la lija con platinas de espesor de 5 (mm), en esas platinas se realizó el proceso de fresado para obtener agujeros de 5/8 (in).

Para la fabricación de los bujes se realizó el proceso de torneado a un material A36, obteniendo así los bujes con medidas de diámetro exterior de 16 (mm) y diámetro interior de 15.5 (mm) y una longitud de 50 (mm). En la fabricación de los soportes se utilizó platinas de 80 (mm) con un espesor de 5 (mm), en la fabricación de los soportes, se apegó al diseño del inventor, realizando el proceso de temple se dio forma a estos soportes para proceder a unir a la base de la máquina por medio de soldadura eléctrica.

Otros elementos importantes del sistema es la guía tipo luna con la palanca de seguridad la cual permite que el sistema trabaje en tres posiciones, horizontal, vertical y 45°. Para la fabricación de la guía tipo luna se realizó un proceso de temple al material de acero A36 barrilla cuadrada de 10 por 10 (mm). Se procedió a soldar en la base del motor por el proceso de soldadura eléctrica. La base del motor es soldada a la base de la mesa de soporte de la lija, esta base del motor es fabricada en plancha de acero A36



y cuenta con medidas de 450 por 250 (mm) con un espesor de 4 (mm) con una extensión similar al recorrido de la guía tipo luna. Para la fabricación de la palanca de seguridad es fabricada con ejes de media pulgada cuadrada de 20 x 20 (mm) con un espesor de 3 (mm) con una longitud de 40 (mm) , se fabricó con un buje de 55 (mm) de diámetro exterior y un espesor de 3 (mm), la longitud del buje 55 (mm), se utilizó procesos de torneado y corte para la obtención de estos implementos, cuenta con un perno roscado para incorporar la agarradera de la palanca, en interior del buje cuenta con un resorte incorporado de diámetro 35 (mm) de diámetro y una longitud de 55 (mm), por ultimo cuenta con eje que sobrepasa todo el sistema, este eje es de media pulgada de diámetro y una longitud de 100(mm), en la punta de este eje tiene un destaje para que entre a la guía tipo luna y así permitir que la mesa trabaje en sus diferente ángulos.

En la Figura 2.16 se presenta el resultado final de la fabricación del sistema horizontal/vertical. Además, en el anexo VIII, planos de construcción, se presenta las medidas para la fabricación del sistema.



**Figura 2.16** Fabricación del sistema horizontal/vertical

### **Fabricación del sistema de ajuste y desajuste de la banda de lija**

En fabricación del sistema de ajuste y desajuste de la banda de lija cuenta con elementos como: base de rodillo, eje, resortes, palanca, bujes, bridas, platinas de refuerzo, pernos.

La base de rodillos es fabricada de una plancha de acero, de espesor de 5 (mm), cuenta con un diseño en C, fue trabajada por el proceso de corte con amoladora y posteriormente para dar su forma final es trabajada con un proceso de temple para obtener la forma de C, esta base del rodillo cuenta con medidas de altura de 165 (mm) y 100 (mm) de ancho, las bases tanto inferior como superior tienen medias similares una altura de 100 (mm) con un ancho de 100 (mm), en el espaldar de esta base cuenta con perforaciones para unir una guía por medio de una brida el cual permitirá embonar el eje principal del sistema.

El eje principal del sistema es fabricada de un eje de acero, se realizó un proceso de torneando y roscado en la punta con la finalidad de embonar a la guía que conecta a la base del rodillo, este eje traspasa la mesa de soporte de la banda de lija por medio de los refuerzos de la mesa de soporte de la lija, para que el eje cruce todas estas platinas, se realizó un proceso de fresado dejando agujeros de una pulgada en la platina permitiendo que el eje traspase estas platinas sin ningún inconveniente además de servir como guías se reforzó estas mismas con bujes y platinas para que el eje no se descarrile y las platinas de refuerzo no sufran alguna torsión, entre la separación de la base del rodillo con la primera platina, se incluyó un resorte de una manera que quede prisionero, el diámetro del resorte es una pulgada y diámetro interno de 7/8 (in) igual que el diámetro del eje principal con una longitud de 160 (mm).

En la fabricación de la palanca se utilizó una platina cuadrada de espesor de 5 (mm) unido a un eje 1/2 (in), con un mango de caucho para la sujeción, se adaptó una platina soldada con guías a 30 (mm) del mango del caucho, para que pueda sujetarse en la mesa de soporte de la lija, esta palanca está unida al eje principal del sistema con ayuda de guías y pernos para que pueda ser de fácil acceso a la hora del mantenimiento.

En la Figura 2.17 se presenta el resultado final de la fabricación del sistema de ajuste y desajuste de la banda de lija. Además, en el anexo VIII, planos de construcción, se presenta los planos de las piezas que conforman el sistema de ajuste y desajuste de la banda de lija.



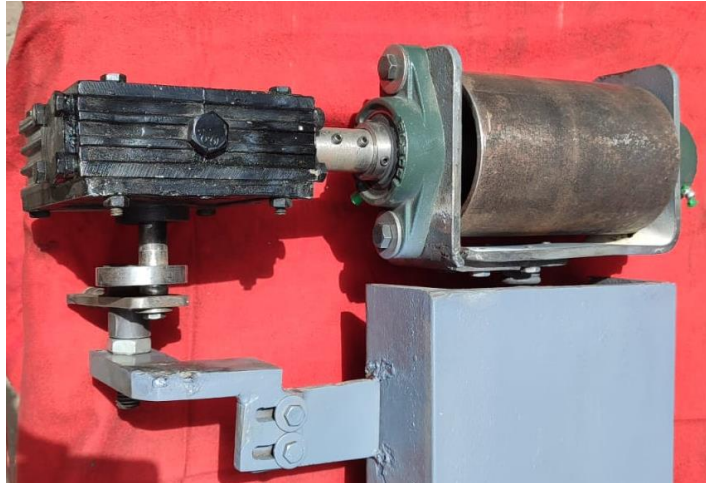
**Figura 2.17** Fabricación del sistema de ajuste y desajuste de la banda de lija

### **Fabricación del sistema de oscilación**

En la fabricación del sistema de oscilación se evaluó tres sistemas de oscilación para la máquina: un sistema de oscilación mediante un motor de plumas de un vehículo, un sistema con un motor eléctrico, y un sistema por medio de tornillo sin fin y corona.

El sistema seleccionado para la máquina lijadora es un sistema por medio de tornillo sin fin y corona, en el mercado ecuatoriano existe el sistema de tornillo sin fin con la corona conocido como reductor, el reductora internamente contiene estos elementos, la relación de reducción es de 40 a 1, por su eficiencia se seleccionó este reductor y se adaptó a la máquina para producir la oscilación deseada. Para unir al sistema el reductor se ensambló al rodillo de trabajo, se realizó un trabajo en torno para perforar el eje del rodillo y embonar el eje del reductor asegurándolo con dos prisioneros para mayor seguridad. Además, el sistema cuenta con elementos secundarios que permiten sujetar el reductor a la mesa de soporte de la lija como: platinas, pernos, tuercas, ejes, resortes, rodamientos y levas; todos estos elementos trabajan en conjunto para realizar la oscilación de la máquina lijadora.

En la Figura 2.18 se presenta el resultado final de la implementación y fabricación del sistema de oscilación. Además, en el anexo VIII, planos de construcción, se presenta los planos de piezas del sistema de oscilación.



**Figura 2.18** Implementación y fabricación del sistema de oscilación

### **Fabricación del sistema de elevación de la mesa de trabajo**

Para la fabricación del sistema de elevación de la mesa de trabajo se utilizó un sistema de piñón y cremallera, este sistema cuenta con un piñón de 32 dientes con un diámetro interno de 1 (in), la longitud del eje es de 360 (mm) y el diámetro exterior de 1 (in), la longitud de la cremallera es de 400 (mm) adaptada a una extensión de un eje soldado para a largar la longitud del recorrido. En el inicio de la extensión de la cremallera es soldada una platina de 140 x 140 (mm) con un espesor de 4 (mm) perforada para unir a una base similar soldada en la base inferior de la mesa de trabajo, las placas cuentan con perforaciones de agujeros de  $\frac{3}{4}$  (in), unidas con pernos se sujeción. El sistema cuenta con dos chumaceras de piso para sujetar el eje, se seleccionó la chumacera de 1 (in) NBR P250 ya que en la industria ecuatoriana cuentan con este tipo de chumaceras y abastece la carga se instaló en el sistema, ya que el eje es de 1 (in), para sujetar las chumaceras a la base de la mesa se realizó un proceso de fresado con una broca  $\frac{7}{8}$  (in) y roscado con machuelo para sujetar pernos de  $\frac{7}{8}$  (in) con arandelas. Además, al inicio del eje del piñón cuenta con un acople, una polea adaptada y sujeta con prisioneros para que el mecanismo pueda cumplir su función de elevar la mesa de trabajo.

En la Figura 2.19 se presenta el resultado final de la implementación y fabricación del sistema de elevación de la mesa de trabajo. Además, en el anexo VIII, planos de construcción, se presenta los planos de piezas del sistema de elevación de la mesa de trabajo.



**Figura 2.19** Implementación y fabricación del sistema de elevación de la mesa de trabajo

### **Implementación del sistema eléctrico de la máquina lijadora de banda oscilante**

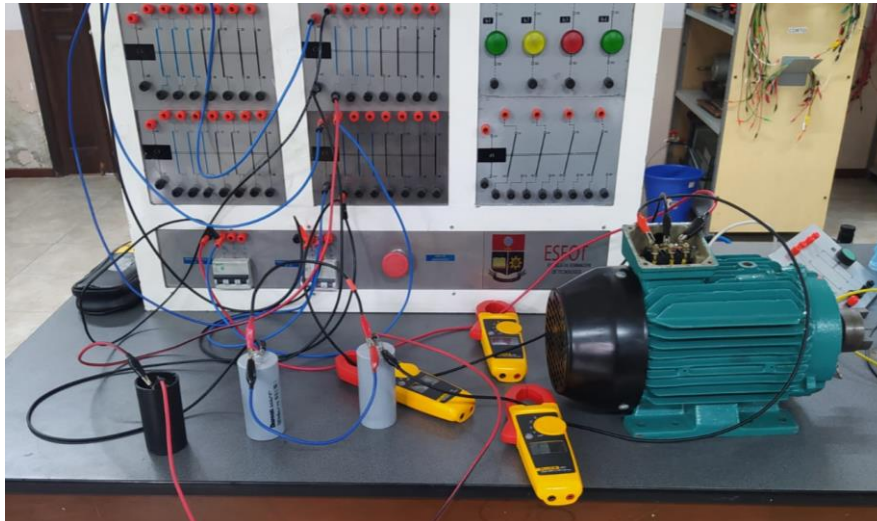
En la implementación del sistema eléctrico de la máquina lijadora de banda oscilante se realizó varios procesos de elección de los elementos eléctricos que lo componen, ya que se desarrolló dos propuestas de trabajo para la alimentación eléctrica, trabajar con voltajes de 110 (V) y 220 (V), propuestas en la planificación de diseño del componente.

Partiendo del diseño eléctrico, se adquirió todos los elementos con protecciones que conforma el sistema eléctrico de la máquina lijadora de banda oscilante como: breakers termo magnéticos C16 240/415 (V) de la marca Schneider Electric, temporizador On-Delay, contactores de 110 (V) y 60 (Hz), guarda motor trifásico de 32 (A), capacitores de arranque de 680 (uF), capacitor permanente de 80 (uF), luz piloto 110 a 220 (V), botonera trifásica 110 a 220 (V), gabinetes, cables AWG #12, terminales tipo ojo y tipo U, entre otros.

Se realizaron pruebas de funcionamiento en el laboratorio LTI, con la finalidad de conectar todo el sistema y realizar pruebas de funcionamiento con conexiones de 110 (V) y 220 (V), con las conexiones de 110 (V) las corrientes no generaron mucho desbalance de carga, en cambio con las conexiones 220 (V) se generó un mayor desbalance, se realizaron pruebas sin carga, y con las dos alternativas el motor funcionó sin problema, pero cuando se incorporó el motor en la estructura de la máquina lijadora con carga, el motor comenzó a tener dificultades, así que se optó trabajar con el segundo diseño, con la alimentación 220 (V) el motor trabaja sin dificultades, adquiriendo gran potencia y velocidad. Realizando las respectivas pruebas de funcionamiento se procedió

a incorporar todos los elementos eléctricos en el gabinete de trabajo para posterior incorporar en el interior de la base de la máquina.

En la Figura 2.20 se presenta la prueba de funcionamiento del sistema eléctrico en el laboratorio LTI.



**Figura 2.20** Prueba de funcionamiento del sistema eléctrico en el laboratorio LTI



### 3 RESULTADOS

A continuación, en la Figura 3.1 se presenta el proyecto final ensamblado con todos los sistemas mecánicos. En la Figura 3.2 se presenta el sistema eléctrico implementado en la máquina lijadora de banda oscilante.



**Figura 3.1** Ensamblaje de todos los Sistemas y elementos que conforman la máquina lijadora de banda Oscilante

1. Base principal de la estructura de la máquina lijadora de banda oscilante.
2. Mesa de trabajo.
3. Motor Eléctrico.
4. Sistema Horizontal vertical.
5. Palanca de seguridad del sistema horizontal – vertical.
6. Rodillo principal.
7. Rodillo secundario.
8. Banda de Lija No. 100
9. Chumaceras.
10. Palanca de ajuste y desajuste de la banda de lija.
11. Sistema de oscilación.
12. Sistema de elevación de la mesa de trabajo.
13. Volante del sistema de elevación de la mesa.

14. Botonera de encendido y apagado.
15. Luz piloto.
16. Lana de grafito.
17. Accesorio de trabajo.



**Figura 3.2** Sistema Eléctrico de la máquina de lijadora Oscilante

1. Tablero Principal.
2. Tablero de breaker.
3. Capacitor de arranque 660 (uf).
4. Capacitor permanente 80 (uf).
5. Contactores 110 (V).
6. Guarda motor trifásico 32 (A).
7. Temporizador ON- DELAY.
8. Cables eléctricos AWG #12.
9. Luz piloto 220 (V).
10. Botonera trifásica.



### **3.1 Pruebas de funcionamiento de los sistemas**

#### **Prueba de Funcionamiento del sistema horizontal - vertical**

A continuación, en la Figura 3.3 se presenta el código QR donde se puede escanear y visualizar el video de la prueba de funcionamiento del sistema horizontal- vertical y con un ángulo de trabajo de 45°.

#### **Prueba de Funcionamiento del sistema de extracción de la banda de lija**

A continuación, en la Figura 3.3 se presenta el código QR donde se puede escanear y visualizar el video de la prueba de funcionamiento del sistema de extracción de la banda.

#### **Prueba de Funcionamiento del sistema de elevación de la mesa de trabajo**

A continuación, en la Figura 3.3 se presenta el código QR donde se puede escanear y visualizar el video de la prueba de funcionamiento del sistema de elevación de la mesa de trabajo.

#### **Prueba de Funcionamiento del motor sin carga**

A continuación, en la Figura 3.3 se presenta el código QR donde se puede escanear y visualizar el video de la prueba de funcionamiento del motor sin carga.

#### **Prueba de Funcionamiento del motor con carga.**

A continuación, en la Figura 3.3 se presenta el código QR donde se puede escanear y visualizar el video de la prueba de funcionamiento del motor con carga. Por el momento el diseño y la construcción queda en un prototipo a futuro, para que la máquina pueda funcionar correctamente para la industria se necesita de más pruebas y correcciones del funcionamiento, así como a su vez más inversión monetaria y tiempo.



**Figura 3.3** Código QR Pruebas de funcionamiento de los sistemas de la máquina lijadora de banda oscilante

[https://www.youtube.com/watch?v=4BxGdxiW\\_gE](https://www.youtube.com/watch?v=4BxGdxiW_gE)

### **3.2 Guía de mantenimiento de los sistemas de la máquina lijadora de banda oscilante**

Con la finalidad de garantizar el funcionamiento óptimo, prolongar la vida útil de la máquina lijadora y mantener la seguridad del usuario, se establece una guía de mantenimiento.

Para realizar cualquier mantenimiento, asegurarse de desconectar la lijadora de la fuente de energía para evitar cualquier accidente.

#### **Limpieza regular**

- Desconectar la máquina lijadora de la fuente energía antes de proceder a limpiarla.
- Utilizar un cepillo suave o una aspiradora para eliminar el polvo o los residuos de la banda.
- Limpiar las ranuras y las aberturas con cuidado para evitar dañar las partes internas.

#### **Inspección visual**

- Realizar una inspección visual de la banda y las partes móviles en busca de desgaste, daños o irregularidades. Como cambio de rodamientos, resortes, cauchos y chumaceras.

- Verificar que los tornillos y las piezas estén bien ajustados. Se recomienda apretar cualquier tornillo flojo que se encuentre.

### **Cambio de banda**

- Se deberá utilizar una banda de lija especial, para la máquina, esta banda de lija deberá contar con un refuerzo similar a una banda para transmisión de potencia.
- Cambiar la banda de lija cuando esté desgastada, dañada o no funcione correctamente.

### **Lubricación**

- La máquina no necesariamente necesita lubricación.
- Las partes de lubricación que son indispensables es a la chumacera, es recomendable verificar que la chumacera este correctamente lubricada.

### **Mantenimiento de componentes móviles**

- Verificar que las piezas móviles, como los rodillos y los mecanismos oscilantes, se desplacen suavemente y sin obstrucciones.

### **Verificación de cables y enchufes**

- Realizar una inspección regularmente el cable de alimentación y el enchufe en busca de daños.
- Si se encuentra cables pelados, cortados o dañados remplazarlos inmediatamente para evitar riesgos eléctricos.

### **Almacenamiento adecuado**

- Cuando no se esté utilizando la máquina lijadora, se deberá guardad en un lugar seco y protegido del polvo y la humedad.
- Es recomendable utilizar una funda o una caja para evitar que se acumulen partículas en la máquina.

## 4 CONCLUSIONES

- Se realizó una investigación de los materiales metálicos comerciales en la industria ecuatoriana para la fabricación de la máquina lijadora de banda oscilante. Apegándose a la disponibilidad de las distribuidoras más comerciales en el sector de Quito, se concluyó que los materiales más aplicables para la fabricación son planchas y estructuras metálicas en acero A36, por su composición química, resistencia a la tracción, maleabilidad y soldabilidad. Además, de adquirir ejes de transmisión y ejes de acero A36, para la fabricación de las demás piezas que incorpora la máquina lijadora de banda oscilante.
- Para llevar a cabo la construcción de la máquina lijadora de banda oscilante se realizó un diseño mecánico de la estructura y los sistemas que incorpora la máquina lijadora de banda oscilante. Realizando un diseño en el software Inventor Profesional 3D, con los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera, se obtuvo todo el diseño de la máquina lijadora modelado en el software para proceder con la construcción.
- En el proceso de la construcción de la máquina lijadora de banda oscilante se realizó una investigación de procesos de fabricación de máquinas industriales a nivel nacional, procesos de fabricación como: soldadura, fresado, torno, corte, plegado, entre otros. Los procesos mencionados fueron aplicados en la construcción de la máquina lijadora dando como resultado la finalización de los sistemas y elementos que conforman la máquina lijadora de banda oscilante.
- Finalizada la construcción de todos los sistemas de la máquina lijadora de banda oscilante, se procedió a ensamblar los sistemas incorporando uno a la vez, en la incorporación de cada sistema se realizaron las respectivas pruebas de funcionamiento, tanto en los sistemas mecánicos como en los sistemas eléctricos, concluyendo que el sistema funciona dentro de los parámetros de diseño.
- Con la construcción final de la máquina lijadora de banda oscilante se procedió a realizar las pruebas respectivas de lijado, las cuales no arrojaron buenos resultados, ya que, al realizar pruebas, se presentaron dificultades en el proceso, es así que, se modificó partes de los sistemas mecánicos, para adaptarse a un modelo de prototipo, para que cumpla con los parámetros requeridos.

- Finalmente, se puede concluir que un máquina lijadora de banda oscilante horizontal/vertical, requiere una mayor inversión económica, y demanda mayor tiempo para obtener mejores resultados.

## 5 RECOMENDACIONES

- Al investigar catálogos de los diferentes materiales metálicos y eléctricos para la construcción de cualquier sistema o máquina industrial, es recomendable conseguir catálogos de la ciudad más cercana, o el país donde se va a construir ya que en la investigación hay un sin fin de catálogos y casa comerciales de materiales tanto mecánicos como eléctricos en otros países y en el internet, y no necesariamente se los va a encontrar de venta en el lugar de fabricación para la construcción de la máquina industrial.
- En el diseño implementado en el software inventor profesional 3D, es recomendable realizar varios prototipos de los sistemas que incorpora la máquina lijadora de banda oscilante, ya que el proyecto se modificó el diseño original debido a que al momento de fabricar una pieza o fabricar el sistema como tal las medidas y los planos generados en el inventor se vieran afectadas con algunas medidas, así que es recomendable ir desarrollando prototipos de diseño para ver cuál es el que más se apega a la realidad y cuál es la más favorable en la construcción de la máquina.
- Para la construcción de la máquina lijadora es recomendable practicar todos los procesos investigados, ya que en la actualidad las destrezas de los estudiantes respecto a los procesos de fabricación de elementos mecánicos es muy escaso, así que se necesita que el estudiante este apto para la realizar los respectivos procesos de fabricación para que no genere algún accidente laboral, y no generar algún accidente en el proceso de construcción ya que si el estudiante no se es capacitado puede poner en riesgo la vida de él y de sus compañeros.
- Al ensamblar todos los sistemas y verificar el correcto funcionamiento de estos en la máquina lijadora, es recomendable contar el equipamiento correcto y personal especializado ya que a medida que se va incorporando el sistema a la máquina existirá fallas, que necesitan ser corregidas por los diferentes factores de los procesos, así que, si no se cuenta con el equipamiento correcto para corregir esos detalles, se va a generar algún accidente o no se podrá corregir el fallo.

- Al realizar las respectivas pruebas de funcionamiento es recomendable contar con un sistema de seguridad como extintor, casco, gafas, guantes entre otros, es muy recomendable trabajar con mucha precaución en este tipo de proyectos, prototipos, ya que, al realizar pruebas de funcionamiento, se produjeron daños en los elementos de la máquina como por ejemplo la banda de lija, al accionar la máquina la banda de lija se descontroló y se rompió.

## 6 BIBLIOGRAFÍA

- [1] L. M. Estrada Virhuez, «repositorio.une.edu.pe,» 2018. [En línea]. Available: <http://repositorio.une.edu.pe/handle/20.500.14039/2972>.
- [2] «edu.xunta.gal/centros/cafi/aulavirtual/mod,» [En línea]. Available: <https://www.edu.xunta.gal/centros/cafi/aulavirtual/mod/page/view.php?id=25089>.
- [3] «demáquinasyherramientas.com,» 2018. [En línea]. Available: <https://www.demáquinasyherramientas.com/herramientas-electricas-y-accesorios/lijadora-tipos>. [Último acceso: 21 05 2023].
- [4] «ATRIAL,» [En línea]. Available: <https://www.atrial.com.co/producto/lijadora-de-banda-3-x-21-1010-w-profesional/>. [Último acceso: 23 05 2023].
- [5] «interempresas,» FeriaVirtua, [En línea]. Available: [https://www.interempresas.net/Informatica\\_Industrial/FeriaVirtual/Producto-Lijadoras-de-banda-oscilantes-Jet-EHVS-80-134471.html](https://www.interempresas.net/Informatica_Industrial/FeriaVirtual/Producto-Lijadoras-de-banda-oscilantes-Jet-EHVS-80-134471.html). [Último acceso: 22 05 2023].
- [6] «Demáquinas y herramientas,» 2018. [En línea]. Available: <https://www.demáquinasyherramientas.com/herramientas-electricas-y-accesorios/lijadora-de-banda-tipos-y-partes>.
- [7] «Prodalam,» [En línea]. Available: <https://beta.prodalam.cl/productos/33120-UN/plancha-de-acero-astm-a36-prepintada-8mm-espesor-x-244m-ancho-y-12m-largo?grupo=WA000348>. [Último acceso: 03 Agosto 2023].
- [8] ESTARGAS , «ESTARGAS,» [En línea]. Available: <https://www.stargas.com.ve/blog/proceso-de-soldadura-por-arco-electrico-con-electrodo-revestido-smaw/>. [Último acceso: 03 Agosto 2023].
- [9] M. Corporation, «MASAK,» Mazak Corporation , [En línea]. Available: <https://www.mazakusa.com/es/machines/process/turning/#:~:text=%C2%BFQu%C3%A9%20es%20el%20torneado%3F,la%20pieza%20de%20trabajo%20gira>. [Último acceso: 28 05 2023].



- [10] IHM, «IHM CAMPUS,» [En línea]. Available: <https://www.imh.eus/es/imh/comunicacion/docu-libre/procesos-fabricacion/mecanizado/arranque-de-viruta/fresado#:~:text=Fresado,%C2%BFQu%C3%A9%20es%20el%20fresado%3F,de%20la%20pieza%20a%20trabajar..> [Último acceso: 2023].
- [11] «nortoabrasives,» [En línea]. Available: <https://www.nortonabrasives.com/es-es/recursos/videos/proximamente-video-para-amoladora-angular-corte>. [Último acceso: 04 Agosto 2023].
- [12] C. PAZOS, «COMERCIAL PAZOS,» Máquinaria y Herramientas para madera , 1950. [En línea]. Available: <https://comercialpazos.com/lijadora-banda-oscilante-de-3-hp-bs-6-x-90-lombarte>.
- [13] «LOMBARTE,» [En línea]. Available: <https://lombartegroup.com/project/lijadora-de-banda-oscilante-bs-6-x-90/>. [Último acceso: 17 Agosto 2023].
- [14] J. H. d. Barrera, «Blog Metodología de la investigación,» 21 02 2008. [En línea]. Available: <http://investigacionholistica.blogspot.com/2008/02/la-investigacin-proyectiva.html>. [Último acceso: 24 05 2023].
- [15] IMPORT ACEROS, «importaceros.com,» [En línea]. Available: <https://www.importaceros.com/ecuador-quito/viga-upn/>. [Último acceso: 26 07 2023].