



TESIS PROFESIONAL REDISEÑO DE MÁQUINA LÁSER CNC



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO®



REDISEÑO DE MÁQUINA LÁSER CNC

INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE MARTÍNEZ DE LA
TORRE

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARA OBTENER EL
TÍTULO DE:
LICENCIADO EN INGENIERÍA MECATRÓNICA

Presenta:

SANTIAGO DAVID
SÁNCHEZ LUNA

Asesores:

M.I.I. CÉSAR ARGÜELLES LÓPEZ
ING. JOSÉ ANTONIO DE LA ROSA GONZÁLEZ
ING. JOSÉ MANUEL LÁZARO VÁZQUEZ

Martínez de la Torre, Veracruz abril 2022.

FICHA TÉCNICA

Estudiante

Apellido paterno

Apellido materno

Nombre(s)

Sánchez Luna Santiago David

No. de control: 17010049

Carrera: Ingeniería Mecatrónica

Correo: 17010049@tecmartinez.edu.mx

Asesor(Es) Y/O Colaboradores ITSMT

M.I.I. César Argüelles López

Ing. José Antonio de la Rosa González

Ing. José Manuel Lázaro Vázquez

Datos del lugar donde se desarrolló el proyecto

Nombre o razón social

INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE MARTÍNEZ DE LA TORRE

Dirección (calle, número, colonia, ciudad, código postal)

Cmo. a Cartago s/n, Col. Vega Redonda, 93610 Martínez de la Torre, Ver.

Asesor externo: M.C.I.M. Hemet Bautista Ruíz


Departamento: Ingeniería Mecatrónica

Cargo: Jefe de división de carrera

Correo: mecatronica@tecmartinez.edu.mx

Teléfono y extensión: +52 2311501330

FORMATO DE LIBERACIÓN DEL PROYECTO PARA TITULACIÓN INTEGRAL

	Liberación de Proyecto para la Titulación Integral	Pág. 1/1
---	--	-------------

Martínez de la Torre, Veracruz : 20 de Mayo de 2022

C. ING. LIBNI MERARI GONZALEZ GALICIA

Jefe(a) de la División de Estudios Profesionales o su equivalente en los Institutos Tecnológicos Descentralizados

PRESENTE

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

Nombre del estudiante y/o egresado:	Santiago David Sánchez Luna
Carrera:	Ingeniería Mecatrónica
No. De control:	170I0049
Nombre del proyecto:	Rediseño de máquina Láser CNC
Producto:	9. Tesis

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

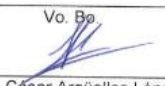
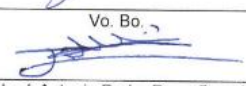

ATENTAMENTE

ING. HEMET BAUTISTA RUIZ

Jefatura de División de Carrera de Ingeniería Mecatrónica



**JEFATURA DE CARRERA
ING. MECATRÓNICA**

Vo. Bo.	Vo. Bo.	Vo. Bo.
 M.I.I. César Argüelles López	 Ing. José Antonio De La Rosa González	 Ing. José Manuel Lázaro Vázquez

* Solo aplica para el caso de tesis o tesina
C.c.p.- Expediente

F-11-07REV.04

F-11-07 Rev. 4

CARTA DE AUTORIZACIÓN DE ENTREGA DE TESIS EN SOPORTE DIGITAL

	Carta de Autorización de Entrega de Tesis en Soporte Digital	Página 1 de 1
---	--	---------------

No. de Oficio: DET/ITSMT/DA/IMT/068/2022
ASUNTO: Autorización de entrega

Martínez de la Torre, Ver., a 08 de junio de 2022.

C. SANTIAGO DAVID SÁNCHEZ LUNA
No DE CONTROL 17010049
EGRESADO (A) DE LA CARRERA
INGENIERÍA MECATRÓNICA
P R E S E N T E

Por medio de la presente hago constar que ha cumplido satisfactoriamente con lo estipulado por el Lineamiento para la Titulación Integral.

Por tal motivo se autoriza la entrega de la Tesis en soporte digital titulada:


Implementación Rediseño de máquina Láser CNC

Dándose un plazo máximo de 30 días naturales a partir de la fecha de la expedición de la presente para realizar la solicitud del Acta de Recepción para la obtención del Título Profesional.

ATENTAMENTE


Ing. José Antonio De La Rosa González
Presidente de Academia de Ingeniería
Mecatrónica

C.c.p. División de Estudios Profesionales
C.c.p. Archivo


Ing. Hemet Bautista Ruiz
Jefe de Carrera de Ingeniería
Mecatrónica


JEFATURA DE CARRERA
ING. MECATRÓNICA

F-11-09
Rev. 1

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi familia, así como todas las personas que han estado y estuvieron presentes en mi proceso académico, culminante con la entrega de este proyecto de grado, que por diversos motivos fueron de gran ayuda para permitirme alcanzar los objetivos que me planteé al iniciar esta etapa en mi vida.

AGRADECIMIENTOS

Primeramente, agradezco sinceramente a mi universidad el ITSMT por haberme permitido formarme en ella, a todas las personas que fueron partícipes de este proceso, a mis profesores e ingenieros por brindarme todos los recursos y herramientas necesarias para integrarme los conocimientos suficientes a lo largo de mi carrera, ya que gracias a ello me permitieron y facilitaron culminar este trabajo, así como mis estudios.

En especial agradezco a mi asesor externo el jefe de división de carrera de Ingeniería Mecatrónica M.C.I.M. Hemet Bautista Ruiz y al M.I.I. César Argüelles López quien fue mi asesor interno de residencia profesional.

RESUMEN

El siguiente proyecto de grado propone el mejoramiento y rediseño de una máquina láser CNC, así como llevar a cabo la implementación de un sistema extractor de humo y gases, los objetivos a conseguir dentro del desarrollo del mismo son el realizar e incorporar dichos complementos en la herramienta mencionada, la cual se encuentra dentro del laboratorio de Mecatrónica en el Instituto Tecnológico Superior de Martínez de la Torre, misma que es utilizada por los estudiantes para realizar prácticas demandadas por la carrera. Se hará uso de una metodología de elaboración propia en la que se describirá los pasos del proceso con el que se desarrolla el presente trabajo, en cuanto a la propuesta de rediseño a futuro se hará uso del software de diseño SolidWorks, ya que es un software de diseño CAD 3D (diseño asistido por computadora), tal rediseño tiene como finalidad aumentar las áreas de trabajo de esta máquina, brindándole la posibilidad de maquinarse en un 3° y 4° eje de movimiento, brindando la oportunidad de trabajar en prácticas más complejas. Con respecto al sistema extractor se creará un diseño en computadora de una cabina la cual contendrá un sistema de extracción, siendo así posible realizarla en físico a partir de dichos planos, de esta manera será posible extraer los humos emitidos durante el proceso de maquinado de la herramienta láser. Todo esto con el fin de contar con herramientas más competentes dentro del laboratorio de prácticas esperando mejorar el desempeño de los estudiantes en el transcurso de la carrera.

Palabras clave: extractor, herramientas, máquina, maquinado, CNC.

ABSTRACT

The following degree project proposes the improvement and redesign of a CNC laser machine, as well as carrying out the implementation of a smoke and gas extractor system, the objectives to be achieved within its development are to carry out and incorporate said complements in the mentioned tool, which is located within the Mechatronics laboratory at the Higher Technological Institute of Martínez de la Torre, which is used by students to carry out practices demanded by the career. A methodology of own elaboration will be used in which the steps of the process with which the present work is developed will be described, as for the redesign proposal in the future, SolidWorks design software will be used, since it is a software of 3D CAD design (computer-aided design), such a redesign aims to increase the work areas of this machine, giving it the possibility of machining in a 3rd and 4th axis of movement, providing the opportunity to work in more complex practices. With respect to the extractor system, a computer design of a cabin will be created which will contain an extraction system, thus being possible to carry it out physically from said plans, in this way it will be possible to extract the fumes emitted during the machining process of the laser tool. All this in order to have more competent tools within the laboratory of practices hoping to improve the performance of the students in the course of the career.

Keywords: extractor, tools, machine, machining, CNC.

CONTENIDO

FICHA TÉCNICA	IV
FORMATO DE LIBERACIÓN DEL PROYECTO PARA TITULACIÓN INTEGRAL ... V	V
..... ¡Error! Marcador no definido.	
CARTA DE AUTORIZACIÓN DE ENTREGA DE TESIS EN SOPORTE DIGITAL... VI	VI
..... ¡Error! Marcador no definido.	
DEDICATORIA	VII
AGRADECIMIENTOS.....	VIII
RESUMEN.....	IX
ABSTRACT	X
LISTA DE FIGURAS.....	XIII
LISTA DE CUADROS.....	XIV
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN	2
3. JUSTIFICACIÓN	3
4. OBJETIVOS DEL PROYECTO	4
4.1 OBJETIVO GENERAL.....	4
4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	4
5. HIPÓTESIS	5
6. MARCO TEÓRICO.....	6
6.1 Corte por Láser	6
6.2 Ventajas del corte láser.....	7
6.3 Grabado láser	8
6.4 Control numérico computarizado	10
6.4.1 Ventajas y desventajas del CNC	10
6.5 Máquina CNC.....	11
6.6 G-code o Código G.....	12
6.7 Shield CNC	12
6.8 Máquina láser CNC.....	13
6.9 Extractor de humo.....	14
6.10 Ventilación localizada.....	15
6.11 Campanas de Extracción localizada	16
6.12 Sistemas de extracción existentes	17
6.13 Tercer y cuarto eje en máquinas CNC	22
6.14 Mecanizado de 3 ejes.....	22
6.15 Mecanizado de 4 ejes.....	24
7. MATERIALES Y MÉTODOS	28
7.1 Metodología	28

7.2	Procedimiento y descripción de las actividades realizadas	29
7.2.1	Elementos para el sistema de extracción.....	29
7.2.2	Descripción del sistema extractor.....	29
7.2.3	Diseño de la cabina en software CAD	31
7.3	Materiales utilizados para la fabricación del sistema extractor de gases.....	36
7.4	Proceso de construcción para la cabina extractora de gases	41
7.5	Pruebas de desempeño del sistema extractor de humo y gases.....	47
7.6	Propuesta de rediseño en software para implementar un 3 y 4 eje en la máquina láser CNC. ..	50
7.6.1	Propuesta de diseño del tercer eje para la máquina láser CNC.....	51
7.6.2	Pasos para el diseño en 3D del tercer eje utilizando el software SolidWorks	54
7.6.3	Propuesta de diseño del cuarto eje para la máquina láser CNC.	56
7.6.4	Pasos para el diseño en 3D del cuarto eje utilizando el software SolidWorks.	57
7.6.5	Diagrama de conexiones de máquina láser CNC.....	59
7.7	Presupuesto del proyecto rediseño de máquina láser CNC.....	61
8.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	62
9.	CONCLUSIÓN	66
10.	RECOMENDACIONES	67
11.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	69
12.	ANEXOS	72
12.1	Anexo 1 Manual de operaciones.....	72
1.	Vectorizar imagen con programa Inkscape.	74
2.	Generar condigo G con programa Inkscape para CNC láser.	78
3.	Insertar código G con software Universal Gcode Sender a la máquina láser CNC.....	81
4.	Pulsadores de control	87

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Corte por láser aleaciones.....	7
Figura 2. Grabado por láser.....	9
Figura 3. CNC Shield y cuatro drivers A4988.....	13
Figura 4. Máquina Láser CNC.....	14
Figura 5. Ventilador extractor.....	15
Figura 6. Cabina con ventilación localizada.....	16
Figura 7. Campana exterior.....	17
Figura 8. Campana de cabina.....	17
Figura 9. Unidades de extracción de humos de láser.....	18
Figura 10. Extractor de humo de soldadura con estaño.....	19
Figura 11. Campanas de extracción de humo sin ductos.....	20
Figura 12. Sistema de extracción de humo y polvo.....	21
Figura 13. Eje lineal y rotativo.....	22
Figura 14. Tercer eje.....	23
Figura 15. Sistema con 3 ejes lineales.....	24
Figura 16. Movimientos en XY.....	24
Figura 17. Cuarto eje rotatorio.....	25
Figura 18. Husillo cuarto eje.....	26
Figura 19. Mecanizado en ángulo.....	27
Figura 20. Metodología del proyecto.....	28
Figura 21. Documento pieza de SolidWorks.....	31
Figura 22. Estructura de cabina extractora.....	32
Figura 23. Cara frontal de la cabina.....	32
Figura 24. Cara derecha e izquierda de la cabina.....	33
Figura 25. Cara superior de la cabina.....	33
Figura 26. Cara lateral izquierda de la cabina.....	34
Figura 27. Cara inferior de la cabina.....	34
Figura 28. Cara trasera de la cabina.....	34
Figura 29. Cara de parte media de la cabina.....	35
Figura 30. Conector para ductos de evacuación de gases.....	35
Figura 31. Documento de ensamblaje.....	35
Figura 32. Ensamble completo de la cabina.....	36
Figura 33. Estructura para la obtención de las medidas.....	41
Figura 34. Columnas de madera para estructura.....	41
Figura 35. Estructura de cabina hecha con madera.....	42
Figura 36. Paredes para la cabina en triplay.....	42
Figura 37. Pared lateral de la cabina en triplay.....	43
Figura 38. Ensamble de piso de la cabina.....	43
Figura 39. Colocación del cristal en las ventanillas.....	44
Figura 40. Sistema de extracción.....	44
Figura 41. Filtro de carbón activado.....	45
Figura 42. Sistema de filtrado en la cabina.....	45
Figura 43. Elementos para el sistema de iluminación.....	45
Figura 44. Sistema de iluminación de la cabina.....	46
Figura 45. Elementos de conector para el sistema de extracción.....	46
Figura 46. Conector para ducteria evacuadora de gases.....	46
Figura 47. Colocación de la máquina dentro de la cabina.....	47
Figura 48. Conexiones de la Máquina Láser CNC con la cabina.....	47

Figura 49. Prueba de papel.....	48
Figura 50. Funcionamiento del extractor de la primera prueba de humo.....	48
Figura 51. Prueba de carbón.....	49
Figura 52. Funcionamiento del extractor de la segunda prueba de humo.	49
Figura 53. Tercera prueba con resina (copal).....	50
Figura 54. Rediseño de la máquina del eje Y.....	51
Figura 55. Primera propuesta soporte de cabezal.....	52
Figura 56. Segunda propuesta soporte de cabezal.....	52
Figura 57. Análisis estático de soporte para cabezal de tercer eje sin refuerzos.....	53
Figura 58. Análisis estático de soporte para cabezal de tercer eje con refuerzos.....	53
Figura 59. Diseño del cabezal eje Z.....	55
Figura 60. Ejes lineales, base de apoyo de desplazamiento y baleros para desplazamiento lineal.....	55
Figura 61. Estructura soporte de modulo láser.....	56
Figura 62. Montaje del eje Z en la máquina láser CNC.....	56
Figura 63. Diseño de cuarto eje.....	57
Figura 64. Soporte complemento del chuck para sostener piezas.....	57
Figura 65. Ensamblaje del cuarto eje.....	58
Figura 66. Montaje del cuarto eje rotatorio a la máquina láser CNC en CAD.....	58
Figura 67. Conexión tarjeta shield CNC v3 al driver A4988.....	59
Figura 68. Conexión tarjeta shield CNC v3 con limit switch.....	60
Figura 69. Diagrama de conexiones para la implementación de un 3 y 4 eje.....	60
Figura 70. Prototipo sistema extractor de humos.....	62
Figura 71. Prueba de desempeño papel.....	63
Figura 72. Prueba de desempeño madera.....	63
Figura 73. Prueba de desempeño copal.....	63
Figura 74. Diseño del tercer eje en software CAD.....	64
Figura 75. Diseño del cuarto eje rotatorio en software CAD.....	64
Figura 76. Desplazamiento tercer eje en software.....	65
Figura 77. Desplazamiento cuarto eje rotativo en software.....	65

LISTA DE CUADROS

Tabla 1. Materiales para sistema de extracción.....	36
Tabla 2. Comparación de analisis de deformación.....	54
Tabla 3. Presupuesto Rediseño de Máquina Láser CNC.....	61
Tabla 4. Presupuesto Rediseño de Máquina Láser CNC para un tercer y cuarto eje.....	61

1. INTRODUCCIÓN

Es evidente los avances que han traído y permitido las CNC para cumplir variedades de tareas, ya sean estas producidas en pequeñas o también en enormes magnitudes, esto es gracias a sus características siendo una de ellas la precisión de trabajo, con lo que actualmente han remplazado al humano en grandes cantidades de procesos, obteniendo mejoras considerables.

Una máquina láser CNC, actualmente es una opción más para llevar a cabo el maquinado de piezas en diferentes materiales tanto de grabado como para realizar cortes, siendo posible realizar procesos de distintas complejidades esto es dependiendo al número de ejes con los que cuenta dicha herramienta. Actualmente el Instituto Tecnológico Superior de Martínez de la Torre cuenta con una CNC láser, el contenido de este trabajo busca rediseñar dicha herramienta, con lo que se trabajará en la incorporación de un sistema el cual tenga como finalidad extraer todos los humos y gases emitidos por las piezas al ser maquinadas con el láser, logrando mantenerlos encapsulados para posteriormente ser extraídos y redirigirlos a lugares al aire libre, con lo que es posible mantener el laboratorio de mecatrónica mismo que se encuentra en esta institución libre de malos olores y contaminantes que puedan afectar tanto a los alumnos, docentes, así como también a los instrumentos dentro de esta área. Junto a la incorporación de un sistema de extracción se mencionará una propuesta de mejoramiento a futuro a esta máquina, la cual pretende implementar en su estructura un tercer y un cuarto eje siendo este último de tipo rotatorio, buscando llevar los procesos de corte o grabado de esta herramienta a piezas más complejas, así como de distintos grosores.

La demanda por parte de los estudiantes para realizar prácticas dentro de la institución siendo requeridas por diversas materias, lleva a este proyecto buscar el mejoramiento de una de las herramientas con las que cuenta el instituto, y lograr tener unidades más capaces y completas logrando mejores desempeños, así como mayores capacidades por parte de los estudiantes y futuros ingenieros mecatrónicos.

2. PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

La falta de instrumentos para la realización de prácticas Instituto Tecnológico Superior de Martínez de la Torre, es un problema a resolver ya que se tiene escasez en cuanto a algunos recursos dentro del laboratorio de mecatrónica, dichos estudiantes no tienen el dinero suficiente para hacer prácticas por su cuenta, actualmente el Instituto no cuenta con estos tipos de máquinas capaces y especializadas siendo causa la falta de fondos, esto debido a los altos precios de los instrumentos, estando los alumnos obligados a implementar distintas herramientas como lo son softwares de simulación.

Dentro del laboratorio se cuenta con distintos prototipos no funcionales en su totalidad, entre ellos una máquina láser CNC, la cual sería de gran utilidad para realizar prácticas requeridas a lo largo de la carrera de estudiantes mecatrónicos, sin embargo, se encuentra en desuso, el funcionamiento de esta está basado en corte y grabado mediante láser, lo que provoca la emisión constante de gases contaminantes generando zonas no aptas para trabajar, ya que de ser inhalados durante un determinado tiempo se corren riesgos de intoxicaciones tanto el operario como las personas a los alrededores, otra desventaja existente en la unidad es la limitación que causa sus únicos dos ejes de desplazamiento X y Y, que le imposibilitan a esta herramienta ejecutar tareas más complejas, con las que los alumnos pueden aprovechar y ganar experiencia.

Es necesario tener en cuenta que los principales obstáculos que se encuentran en dicho proyecto son la falta de tiempo con la que se cuenta para hacer entrega de este proyecto además de las limitaciones por falta de fondos, ya que llevar a cabo proyectos de este nivel demandan materiales de elevados precios siendo esto un problema, teniendo que adaptarse a materiales alcanzables y rentables para conseguir un proyecto que pueda ser útil y seguro.

3. JUSTIFICACIÓN

El presente trabajo se centra en la importancia que tiene llevar a cabo prácticas por parte de los alumnos en las materias de la carrera de Ingeniería Mecatrónica, actualmente el Instituto Tecnológico Superior de Martínez de la Torre cuenta con algunos prototipos, sin embargo, algunos de estos aún se encuentran en desarrollo, por lo que este proyecto está enfocado en mejorar y rediseñar la máquina láser CNC que se encuentra en laboratorio de mecatrónica: *“El CNC elimina los errores humanos en la manufacturación ya que la operación es controlada por un programa que no depende de las habilidades del operador”* (Padilla, 2017, p. 13).

Teniendo una máquina funcional y más completa permite a los estudiantes mecatrónicos obtener nuevas experiencias realizando prácticas de mayor calidad con las que actualmente no cuentan dentro de la institución. Para poder contar con una mejor herramienta es necesario incorporar complementos adicionales, que le brinden a esta los recursos necesarios para poder llevar y ejecutar tareas de forma correcta y completa sin causar daños a los usuarios de esta máquina: *“Durante los procesos de corte y grabado el material bajo proceso emite gases residuales que opacan la lente e impiden que el láser opere de manera apropiada.”* (Chávez et al., 2015).

La emisión de los gases resultantes durante el proceso de maquinado afecta en gran medida el área de trabajo donde se encuentra la CNC, al implementar una cabina que cuente con un sistema extractor de humo y gases se consigue dar solución a uno de los problemas que mantienen en desuso dicha unidad, al acondicionarla con tal sistema permite desarrollar en gran medida prácticas más seguras y de mayor calidad, a la vez cuida la salud de los estudiantes ya que se logrará mantener un área de trabajo más limpia libre de contaminantes indeseables. Con respecto al rediseño en los ejes se plantea una propuesta para futuras adaptaciones de un tercer eje de movimiento siendo el eje z, teniendo como propósito poder trabajar con materiales de mayores dimensiones (grosor), así mismo, se plantea la incorporación de un cuarto eje de tipo rotativo con el que se tenga oportunidad de llevar a cabo procesos de corte o grabado en piezas cilíndricas. Con dichos complementos y adaptaciones es posible contar con mejores instrumentos dentro de la institución reforzando y aumentando el aprendizaje de los futuros ingenieros mecatrónicos.

4. OBJETIVOS DEL PROYECTO

4.1 OBJETIVO GENERAL

- Mejorar la máquina láser CNC con un sistema de extracción de gases y crear un diseño en software para la incorporación de un 3° y 4° eje, ampliando su capacidad de trabajo.

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diseñar en software una cabina con un sistema de extracción de gases, para la máquina láser CNC.
- Construir una cabina funcional en físico.
- Realizar un manual de operación de la cabina extractora.
- Modificar virtualmente la máquina para incorporar un 3° y 4° eje.
- Documentar el proyecto rediseño de la máquina láser CNC.

5. HIPÓTESIS

La máquina podrá realizar cortes y grabados más complejos gracias a sus cuatro ejes de movimiento con los que contará, otorgando nuevas oportunidades a los estudiantes para realizar prácticas que les permitan obtener mayores conocimientos durante el transcurso de la carrera de Ingeniería Mecatrónica.

6. MARCO TEÓRICO

En este capítulo se proporciona la literatura necesaria que ha sido fuente de documentación para el desarrollo del presente proyecto, proporcionando conceptos básicos de gran importancia para el entendimiento acerca del funcionamiento de los diferentes sistemas desarrollados, abarca conceptos acerca de qué es una máquina CNC, cómo se aplica para el corte y grabado en materiales, de igual manera se incluyen conceptos relacionados con extractores, ventilación localizada cabinas extractoras, tipos de ejes, entre otros.

6.1 Corte por Láser

El mecanizado por haz de luz láser es utilizado para cortar o grabar diferentes figuras en materiales como aluminio, cuero, cartón, hierro, vidrio, maderas, entre otros, esta aplicación es caracterizada por utilizar dispositivos generadores de luz láser de alta potencia que ejercen un trabajo determinado (corte o grabado) sobre un área determinada específica. El corte mediante láser es un proceso muy funcional hoy en día: *“Corte por láser o maquinado por haz de láser consiste en la focalización del haz láser en un punto del material que se desea tratar, para que éste funda y evapore lográndose así el corte”* (Mantilla, 2017, p. 2).

Este mecanizado por luz láser es un proceso que no genera viruta, siendo de gran precisión utilizado para obtener mecanizados con formas complejas y de un pequeño tamaño, al hacer uso de este tipo de proceso, se tiene la ventaja de mecanizar materiales de alta dureza como hierros, aleaciones termo resistentes, entre otros, esto corresponde a la potencia del haz de luz láser, siendo de gran importancia el no desgaste en la herramienta de corte a diferencia de otros métodos de corte utilizados, ver Figura 1.

Para Rojas (s. f.) la mayoría de los materiales pueden ser cortados por algún tipo de láser existente: *“existen ciertos materiales que no se pueden cortar por cualquier tipo de láser por razones grandes de seguridad”* (p. 11).

En la industria maderera este tipo de máquinas se utilizan para realizar grabados y cortes de material de hasta 5.0 mm de espesor, consiguiendo tan buenos resultados que, en muchas ocasiones, pueden reemplazar las tradicionales máquinas ruteadoras en las que si bien se obtienen diferentes formas y trabajos que demandan cierto grado de complejidad, así como acabados, también necesitan mayores tiempos de producción, comparadas con los láser.

Figura 1. Corte por láser aleaciones.



Fuente: tomada de internet.

6.2 Ventajas del corte láser.

El corte por láser indica un procedimiento de separación con el que se pueden cortar materiales metálicos y no metálicos de distintos espesores, basados en un rayo láser que se guía, se conforma y se concentra en un punto específico en el material mismo que se calienta tanto que se funde o se evapora, ya que la potencia del láser se concentra en un punto cuyo diámetro suele ser menor de medio milímetro.

Si en este punto del material a cortar se concentra más calor del que se puede evacuar mediante la conducción de calor, es posible que el rayo láser atraviese el material completamente, a diferencia de otros procesos de corte en los que la pieza a maquinar debe recibir grandes fuerzas para llevar a cabo el proceso, mientras que el rayo láser lleva a cabo su trabajo sin contacto alguno, sin desgaste de la herramienta ni deformaciones o daños en la pieza de trabajo.

Entre las principales razones para utilizar corte mediante láser en procesos de corte y grabado de piezas destacan:

- Alta precisión ya que permite llevar a cabo cortes de distintas formas geométricas así sean irregulares, finas o con contornos muy complejos, adecuado en cortes previos o recorte de material sobrante.
- Versatilidad siendo empleado para trabajar en variedades de materiales que permitan construir piezas de distintas geometrías.
- Eficiencia al maquinar con láser ya no es necesario realizar procesamientos posteriores a la pieza como puede ser el sellado o lijado de la pieza, ahorrando tiempo.
- Todos los materiales habituales del mecanizado industrial (desde acero, aluminio, acero inoxidable o chapas metálicas, hasta materiales no metálicos como plásticos, vidrio, madera o cerámica) se pueden cortar con láser de forma segura y con gran calidad, siendo posible con el útil cortar espesores de chapa muy variados, desde 0,5 hasta más de 30 milímetros. Este espectro de materiales tan amplio hace que el láser sea el útil de corte número uno para múltiples aplicaciones en el ámbito metálico y no metálico.
- El rayo láser concentrado calienta el material solamente de forma local, el resto de la pieza solo recibe una carga térmica mínima o incluso inexistente. De este modo, la anchura de la ranura de corte apenas supera la del rayo y se pueden cortar incluso contornos complejos e intrincados de forma lisa y sin rebabas, en la mayoría de los casos, deja de ser necesario realizar un costoso mecanizado de acabado. Debido a su flexibilidad, este procedimiento de corte se emplea especialmente cuando el tamaño del lote es pequeño, cuando abundan las variantes y en la creación de prototipos.
- Los láseres de pulsos ultracortos evaporan casi cualquier material con tanta rapidez que no se aprecia influencia térmica, con lo cual es posible generar bordes de corte de alta calidad sin aparición de colada, con ello, los láseres son especialmente adecuados para la fabricación de los productos metálicos más intrincados.

6.3 Grabado láser

El grabado láser es un proceso que vaporiza materiales para grabar marcas profundas y permanentes, donde el rayo láser actúa como un cincel, grabando marcas ya que elimina capas de la superficie del material, como se muestra en la Figura 2.

“El grabado láser es un proceso de fabricación por sustracción que utiliza un haz de láser para modificar la superficie de un objeto. Este procedimiento es usado principalmente para la modificación de la superficie de los materiales, es decir personalizarlo con imágenes o trazos. Esto se logra debido a que un haz de luz láser genera una alta temperatura capaz de vaporizar el material y crear orificios los cuales darán forma a una figura final” (Quiseno, 2019, p. 26).

Este proceso es posible llevarlo a cabo sobre distintos materiales tales como: plásticos, maderas, telas, cuero, etc. Es mucho más efectivo y rápido que cualquier otro grabado tradicional, además de que reduce los riesgos de dañar o deformar el material seleccionado para llevar a cabo el proceso de maquinado.

Figura 2. Grabado por láser.



Fuente: tomada de internet.

El grabado láser es muy práctico para grabar materiales duros y diversos eliminando parte de la capa de la superficie a una profundidad específica. El efecto de los parámetros del láser, como la longitud de onda, la duración del pulso, la tasa de repetición y el modo de funcionamiento, han sido estudiados para varios tipos de materiales.

6.4 Control numérico computarizado

El control numérico computarizado o también conocido como CNC, es un sistema con el cual es posible controlar, así como monitorear los movimientos realizados por una máquina herramienta, teniendo como fin mejorar los mecanizados existentes:

“El control numérico computarizado se ha planteado un objetivo y es el de incrementar la productividad, precisión, rapidez, menor uso de talento humano, mayor autonomía para el uso de máquinas y herramientas. Su uso ha permitido la mecanización de piezas que antes se podrían considerar como muy complejas, especialmente en la industria metalmecánica, y procedimientos de exactitud como en la industria militar, que anteriormente no se concebían en un diseño desde los métodos de fabricación tradicional.” (Ocampo & Guzmán, 2018, p.29).

En la manufacturación con CNC las máquinas se operan mediante control numérico, en el que se designa un programa de software para controlar un objeto, para el lenguaje del mecanizado CNC se denomina alternativamente código G con el que se controlan diversos comportamientos de una máquina, como la velocidad de avance y la coordinación, el CNC permite programar tanto la velocidad y la posición de las funciones para la máquina herramienta y ejecutarlas a través del software en ciclos repetitivos, para los procesos de mecanizado, se requiere de un dibujo CAD 2D o 3D, el cual se traduce a código de computadora para ser ejecutado por el sistema CNC.

6.4.1 Ventajas y desventajas del CNC

Ventajas

- Elevado grado de precisión.
- Tiempos de entrega más cortos para la producción.
- Menores costos de herramental.
- Aumento de producción.
- Mayor seguridad del operador.
- Mayor eficiencia del operario
- Reducción de desperdicio.

- Reducción del error humano.
- Menor inventario de cosas.
- Mayor seguridad de la máquina-herramienta.
- Necesidad de una menor inspección.
- Mayor uso de la máquina.
- Menores requerimientos de espacio.

Desventajas

- El alto costo de las herramientas que trabajan con CNC, a diferencia de las que son manuales.
- Se requiere de una buena precisión en el código de programación que se realiza para hacer funcionar a la misma y a la vez tener buenos acabados.
- El mantenimiento del CNC es costoso debido a que el sistema es complicado.
- Operaciones complejas de máquina.

6.5 Máquina CNC

Las máquinas de control numérico por computadora presentan grandes ventajas con respecto a otras, permitiendo ejercer control sobre estas, así como también realizar programas e interfaces sobre la misma y a su vez se puede emplear gran diversidad de programas con el fin de establecer un correcto funcionamiento e inclusive coordinación con el mismo.

“Este tipo de máquina es conveniente para el modelo que se quiere plantear, puesto que se quiere que la máquina ejecute las trayectorias de acuerdo a un software que realizaremos y a su vez obtener diversas formas de diseños y dibujos de corte o grabado. De igual forma es necesario realizar control sobre la misma y una buena opción es implementar bloques de control con simulink lo que haría que esta fuera controlada por computadora y por ende sea una CNC.” (Fuentes et al., 2015).

Un tipo de formato que usan en gran medida las máquinas de corte son el código G, este tipo de código se basa en una lista de instrucciones que deben ser entendidas para lograr que el software comprenda y le envíe las funciones a la cortadora láser.

6.6 G-code o Código G

En los inicios de la programación de máquinas CNC se utilizaba un lenguaje de bajo nivel denominado G, el cual es un lenguaje de programación vectorial por el cual se describen acciones simples, actualmente el G-code es un lenguaje de programación que establece la forma de cómo una máquina debe ejecutar ciertos movimientos e instrucciones en las que se caracteriza ya que se antepone la letra G, el nombre G proviene del hecho de que el programa está formado por instrucciones generales.

Este tipo de lenguaje es usado en automatización haciendo uso de máquinas basadas en control numérico por computadora (CNC), este código permite además orientar los trazos del dibujo, elegir los planos de corte la velocidad y el posicionamiento de la herramienta, entre otras funciones.

“Al lograr establecer una comunicación CNC con los diagramas de bloques de control, implementando un archivo en G-code permitiría a la cortadora láser tener mayor funcionalidad; puesto que podrá grabar casi cualquier tipo de diseño estableciendo ciertas limitaciones como el control de la velocidad, el área de diseño y uso limitado de las instrucciones del código G.” (Fuentes et al., 2015).

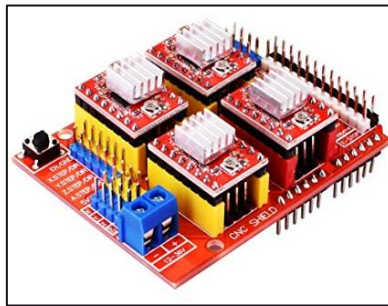
En la actualidad existen diferentes adaptaciones de programación con códigos G, pero gracias al estándar ISO 6983 / EIARS274 el código puede ser empleado en distintas máquinas CNC de manera directa o con ajustes menores.

6.7 Shield CNC

Esta tarjeta de expansión, puede ser utilizada para máquinas de grabado, corte, así como impresoras 3d, las cuales cuentan con un total de cuatro ranuras para drivers A4988, que puede conducir a cuatro motores paso a paso, el driver A4988 es un controlador utilizado para simplificar el control de los motores paso a paso desde el Arduino, ver Figura 3.

La CNC Shield, ayuda a interconectar y controlar con facilidad cuatro motores paso a paso. *“Es totalmente vinculable con la interfaz de control GRBL y puede ser utilizada con cualquier modelo de Arduino; además simplifica la conexión entre todos los elementos requeridos para el montaje de la máquina cortadora láser.”* (Armas & Chavez, 2021, p. 36).

Figura 3. CNC Shield y cuatro drivers A4988.



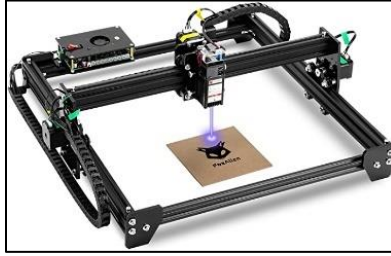
Fuente: tomada de internet.

6.8 Máquina láser CNC

Las máquinas láser CNC se tratan de una invención muy reciente, actualmente ofrecen variedad de posibilidades para la creación de diseños de corte o grabado, estas han dado grandes beneficios en el maquinado industrial, por su versatilidad a comparación de otras máquinas existentes. Son capaces de trabajar sobre productos como lo es madera, piedra o plástico entre muchos más: *“Una de las ventajas de las máquinas CNC es el poder generar trayectorias tan difíciles como sea posible dentro del área de trabajo en tiempos tan rápidos que se les denomina procesos en tiempo real”* (Padilla, 2017, p. 9).

Los acabados al trabajar con estas herramientas son gracias al diseño de fácil uso, la capacidad de repetición, así como precisión de grabado, sin olvidar la alta velocidad de trabajo, este tipo de máquinas brindan a las personas poder crear productos personalizados en cuestión de minutos a comparación de realizarlos con algún otro método de corte, ver Figura 4.

Figura 4. Máquina Láser CNC.



Fuente: tomada de internet.

Las máquinas de corte por láser se utilizan y son útiles para cortar contornos de forma precisa en láminas delgadas de distintos materiales:

El corte por láser es ahora uno de los procesos de fabricación más utilizados en el mundo, al encontrar un hogar en industrias como la aeroespacial, automotriz, electrónica, semiconductor y médica, está claro que ofrece una amplia gama de beneficios y usos. (Vivanco, 2019, p. 10).

En la aplicación industrial de hoy en día, se pueden encontrar diferentes tipos modelos de las máquinas de corte por láser. Para corte de contornos 3D corte por láser de piezas de chapa fina se utilizan máquinas con movimientos de rotación y robots láser.

6.9 Extractor de humo.

Los extractores de humo son dispositivos para sistemas de ventilación localizada, indispensables en espacios tanto domésticos como industriales, actualmente existen innumerables cantidades de diseños y prototipos, todos tienen la misma finalidad que es extraer aire para mantener un ambiente saludable y seguro para los usuarios, ver Figura 5.

Dicho sistema está compuesto principalmente por un ventilador extractor que sirve para atraer humos y partículas de polvo:

Los ventiladores son las máquinas más usadas para producir el movimiento del aire en la industria, su funcionamiento se basa en la entrega de energía mecánica al aire a través de un rotor que gira a alta velocidad y que incrementa la energía cinética del

fluido, que luego se transforma parcialmente en presión estática. (López, 2018, p. 23).

La falta de un sistema de extracción provoca que tanto el calor, el humo, así como los gases tóxicos de los procesos se expresan por el ambiente de trabajo llegando hasta otras áreas de la viviendas o edificio contaminando el aire al interior de estos ocasionando malos olores, y en ocasiones hasta una intoxicación o posibles enfermedades respiratorias.

Figura 5. Ventilador extractor.



Fuente: tomada de internet.

La extracción mecánica de humo es un proceso que incluye al menos un elemento mecánico. En la mayoría de los casos los humos son evacuados por un extractor mecánico que los atrae hacia el exterior, aprovechando que, debido a su baja densidad, los humos calientes tienden a elevarse. La extracción de los humos se realiza mediante ventilaciones conectadas a un extractor de aire para dirigirlo a una zona diferente a la de donde se quiere permanecer libre de gases.

6.10 Ventilación localizada

Los sistemas de ventilación por extracción localizada, abreviada VEL, son implementados con la finalidad de captar en el punto de generación o emisión los contaminantes presentes durante las actividades laborales, teniendo por objetivo la captación de los contaminantes en el momento que son generados por algún proceso, evitando así que estos se incorporen al medio ambiente laboral, y sean inhalados por parte del personal.

La forma más eficiente de recoger el aire contaminado, es hacerlo lo más cerca posible del origen. De este modo, se evita extraer grandes cantidades de aire y, sobre todo, se

impide que el contaminante se extienda por todo el salón. (Carrillo, 2011, p. 71).

Al poder localizar el punto donde se origina la contaminación en algún área de trabajo, dichos extractores de humo o gases se convierten en el método más eficaz y económico que evitar la difusión de estos gases, dicha ventilación por extracción localizada en general consiste en una caja la cual debe tener un de sus caras abierta hacia la emisión, y esta cabina estará conectada a un extractor mecánico (ventilador), como se muestra en la Figura 6.

Figura 6. Cabina con ventilación localizada.



Fuente: tomada de internet.

6.11 Campanas de Extracción localizada

Estos sistemas son implementados para captar y eliminar contaminantes directamente o antes que se disipen en ambiente de trabajo, la campana es la entrada principal a un sistema de extracción esta captura los flujos de aire de forma eficaz transportando los contaminantes hacia un sistema extractor pasando por un sistema de filtrado.

El término campana se usa en un sentido amplio, incluyendo cualquier abertura de succión independientemente de su forma o tamaño, que permite que el aire ingrese al sistema de conductos. La función esencial de la campana es, entonces, crear un flujo de aire que capture eficazmente al contaminante y lo transporte hacia ella. (López, 2018, p. 25)

Existen varios tipos de campanas, sin embargo, es posible clasificarlas en dos grandes grupos: campanas exteriores y cabinas, cabe mencionar que el tipo de campana a utilizar en

algún proceso dependerá de las características con las que cuente el mecanismo generador de contaminantes.

Las campanas exteriores son instaladas junto de las emisiones de los contaminantes, sin encerrarlos, dependiendo de los contaminantes, así como de la velocidad con que son emitidos será la orientación con la que cuente esta campana, ya que las corrientes de aire suelen interferir con la captación de dichos contaminantes, ver Figura 7.

Por otra parte, están las campanas de tipo cabina, donde se requiere de encerrar ya sea totalmente o parcialmente el proceso o el punto donde se genera la emisión de los contaminantes, ver Figura 8.

Figura 7. Campana exterior.



Fuente: tomada de internet.

Figura 8. Campana de cabina.



Fuente: tomada de internet.

6.12 Sistemas de extracción existentes

A continuación, se describen algunos de los extractores de humo utilizados en procesos como soldadura con estaño, impresiones en máquinas 3d, corte y grabado por láser.

6.12.1 Sentry Air Systems, Inc.

Es una marca comercial registrada en Houston TX USA, fundada en 1983, los ingenieros de Sentry Air Systems limpian el aire mediante sistemas de purificación de aire con alta calidad, su línea patentada de purificadores de aire es silenciosos, compactos y duraderos, con ellos ofrecen soluciones simples y efectivas para el control y extracción de humos y partículas nocivas, protegiendo las zonas de trabajo del operador.

La compañía Sentry Air Systems, Inc. ofrece múltiples unidades para la extracción de humos láser ya sea en sistemas (portátiles o montados) que filtran partículas y gas dependiendo de la aplicación, desde corte láser, soldadura láser, grabado láser, el medio de filtración también depende de la aplicación (Sentry Air Systems, Inc.)

Sentry Air Systems utiliza HEPA, así como filtración de carbono, ya que tienen el 99,97% de eficiencia y los filtros de carbón son utilizados para filtrar vapores que está siendo cortado o quemado. Dichos extractores captan los humos láser con un potente ventilador, se purifican y se distribuyen como el aire limpio, ver Figura 9.

Figura 9. Unidades de extracción de humos de láser.



Fuente: tomada de Sentry Air Systems, Inc.

6.12.2 Extractor de humo de soldadura con estaño para superficies.

El Stainless Steel Solder Sentry es una unidad de extracción de humo de soldador fabricado para aplicaciones estacionarias en mesas que requieren la captura y filtración de contaminantes para superficies de trabajo, siendo funcionales para humo de soldadura por estaño, ver Figura 10.

Dicho sistema se encuentra equipado con un ventilador eficaz junto con un medio para la filtración de alta calidad como lo es la filtración HEPA o ASHRAE. La filtración HEPA tiene una eficiencia del 99.97% en partículas de 0.3 micrones y ASHRAE cuenta con una eficiencia de un 95% de partículas de 0.5 micrones: *“Stainless Steel Solder Sentry brinda una solución eficaz, silenciosa y económica para varias operaciones de soldadura con estaño”* (Sentry Air Systems, Inc.).

Figura 10. Extractor de humo de soldadura con estaño.



Fuente: tomada de Sentry Air Systems, Inc.

6.12.3 cabina protectora y campanas de extracción de humo Sentry Air Systems.

Una campana de extracción, también conocida como campana de extracción, es esencialmente una pieza crítica de equipo que encierra cinco lados de un área de trabajo y permite a los usuarios trabajar con materiales potencialmente peligrosos. Las funciones principales de una campana extractora son:

- Protección para el usuario / personal contra humos tóxicos y partículas.
- Protección contra el experimento o la aplicación mediante la recirculación de aire limpio en la campana de humos y la eliminación de los contaminantes dañinos.
- Protección contra el medio ambiente atrapando los humos, toxinas y partículas en el filtro y dejando que se libere aire limpio en el área inmediata.
- Ambiente controlado para reacciones químicas, incendios y contención de derrames.

Por lo general, tienen dos tipos principales de campanas de extracción ya sea con y sin ductos, por concepto, las funciones son las mismas para ambas campanas de extracción, donde el flujo de aire se extrae desde el lado abierto de la campana donde generalmente es el frente, sin embargo, en ocasiones difiere por la campana extractora con conductos que empuja el aire fuera del espacio de trabajo y la campana extractora sin conductos donde este es dispersado a

través de un sistema de filtración recirculando el aire de regreso a las zonas de trabajo.

Sentry Air Systems, cuenta con diseños de cabinas con campanas económicas, modulares y fáciles para ensamblar que ofrecen al público filtración de aire a presión negativa para maquinaria de gran tamaño, ver Figura 11.

Encerrar una gran pieza de maquinaria no tiene que sobrepasar su presupuesto o requerir varias formas de instalación. En Sentry Air Systems, se diseñan cabinas con campanas económicas, modulares y fáciles de ensamblar que ofrecen filtración de aire a presión negativa para maquinaria grande (Sentry Air Systems, Inc.).

Figura 11. Campanas de extracción de humo sin ductos.



Fuente: tomada de Sentry Air Systems, Inc.

6.12.4 Sistema de Extracción de Humos MCAT

Los colectores de humo de MCAT® se caracterizan por su diseño a la medida, así como también por su rendimiento superior y ahorro energético, desarrollados por sus equipos de ingeniería formando parte de un sistema que garantiza la filtración del 99.9% de las partículas.

Somos de las pocas empresas en México cuyos sistemas realmente parten de una ingeniería, con ello garantizan que los sistemas representen una verdadera solución a cualquier problemática de humos dispersos en las plantas productivas (MCAT®).

Ya que esta empresa se encarga de diseñar sistemas de humo totalmente único y a la medida, no siendo equipos prefabricado o de línea que resultan o insuficientes o sobrados.

Dicho sistema de extracción de humos MCAT® para la industria funciona

principalmente captando los humos en los puntos de emisión para dirigirlos a un sistema de depuración, y se compone de los siguientes elementos:

- Campana de captura
- Ductería
- Equipo depurador (Colector de humo/polvo)
- Ventilador o extractor

6.12.5 Nederman soluciones para la extracción de humo y polvo en un entorno de trabajo de impresión 3D.

La popularidad de la impresión 3D, ha aumentado de gran manera en los últimos años, con esto, es importante tener en cuenta los peligros potenciales para la salud asociados con el uso de la tecnología: *“Nederman actualmente está proporcionando soluciones de filtración de aire y extracción de humos, instalando un kit de extracción de sobremesa para impresoras 3D de escritorio”* (Nederman).

Este tipo de kit incluyen un ventilador, filtro, controlador de velocidad del ventilador, mangueras, soportes de mesa y conectores, la solución de extracción de humo y polvo para la fabricación a gran escala permitirá extraer humos durante el proceso de impresión, así como el polvo durante el mecanizado, usando su misma unidad de vacío con que cuentan los equipos, ver Figura 12.

Figura 12. Sistema de extracción de humo y polvo.



Fuente: Swerea, 2020.

6.13 Tercer y cuarto eje en máquinas CNC

Todas las máquinas CNC cuentan con grados de movimiento también conocidos como ejes, los cuales pueden ser lineales o rotatorios, ver Figura 13. Todo depende de la complejidad de la máquina, ya que entre más ejes tiene es capaz de maquinar piezas más complejas, esto es porque los ejes le permiten realizar cada movimiento requerido para el proceso de manufactura que se lleva a cabo en cada pieza, cabe mencionar que los ejes son denominados con letras, en donde los ejes lineales utilizan las letras X, Y, Z y los ejes rotacionales hacen uso de A,B y C.

La principal diferencia entre el mecanizado de tercer y cuarto eje es la complejidad del movimiento por el que pueden moverse la pieza, entre mayor sea la complejidad en los movimientos de estos dos tipos de ejes, más compleja puede ser la geometría de la pieza mecanizada final.

Figura 13. Eje lineal y rotativo.



Fuente: tomada de internet.

6.14 Mecanizado de 3 ejes

El mecanizado en una máquina CNC con tres ejes X, Y y Z es realizado a través de movimientos lineales, dichos movimientos son empleados por motores paso a paso logrando los movimientos simultáneos en tres direcciones.

El tipo de mecanizado más simple, donde la pieza de trabajo se fija en una sola posición. El movimiento del husillo está disponible en las direcciones lineales X, Y y Z. Las máquinas de 3 ejes se utilizan normalmente para el mecanizado de geometría 2D (CloudNC, 2021).

El mecanizado de los 6 lados de una pieza es posible en el mecanizado de 3 ejes, pero se requiere una nueva configuración de fijación para cada lado, lo que podría ser costoso y tedioso, ya que solo se puede mecanizar un lado de la pieza a la vez.

Un trabajo en tres ejes de una cortadora láser al igual que en un trabajo de mecanizado implica que la pieza de trabajo permanezca en la misma posición mientras los movimientos de la herramienta de corte trabajan a lo largo de los planos XYZ tal y como se muestra en la Figura 14. *“La unidad de control completa de la máquina consta de la tarjeta de control CNC y la computadora. Las rotaciones precisas se proporcionan mediante el uso de pasos motores (Mahmood and Moshi ,2021)”*.

El mecanizado de 3 ejes es adecuado para piezas que no requieren mucha profundidad y detalles.

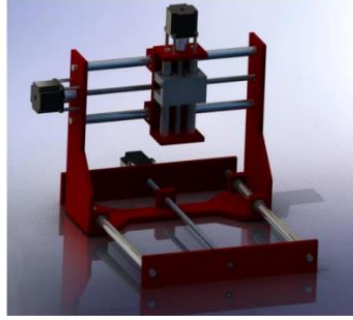
Figura 14. Tercer eje.



Fuente: tomada de internet.

En los sistemas de 3 ejes lineales la transmisión de movimiento se proporciona con la ayuda de cojinetes lineales, los ejes pueden trabajar de forma independiente entre sí, al mismo tiempo que el proceso de interpolación se puede realizar con el movimiento concurrente de múltiples ejes, ver Figura 15.

Figura 15. Sistema con 3 ejes lineales.



Fuente: tomada de internet.

La velocidad del movimiento en cada eje puede ser directamente controlado controlando la velocidad del motor paso a paso, que es un dispositivo electromecánico que convierte las señales de control eléctrico requeridas (pulsos) en movimientos mecánicos discretos. Unas varillas guías de movimiento lineal de acero inoxidable anticorrosión suave se utilizan para transportar la carga sin afectar el movimiento y admite el movimiento lineal.

El eje Z también es similar en construcción al subconjunto del eje X, donde una placa intermedia tiene una provisión para la fijación del motor, ver Figura 16.

Figura 16. Movimientos en XY.



Fuente: tomada de internet.

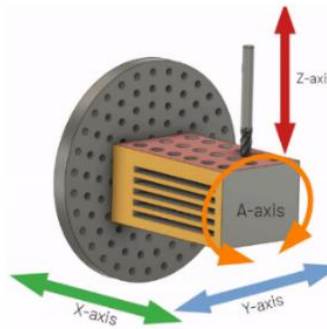
6.15 Mecanizado de 4 ejes

En una máquina CNC, el número de motores que se pueden accionar individualmente para el control de posición de la herramienta equivalen a los números de ejes. Por ejemplo, un torno CNC simple tiene solo dos ejes para control posicional de la herramienta. Estos ejes son X y Z, Por tanto, es una máquina de dos ejes. Otro ejemplo es un simple centro de fresado

vertical (VMC), que es una fresadora de 3 ejes. Esta máquina se puede utilizar para mecanizar algunas formas convexas o trabajos 3D. Sin embargo, esto no puede mecanizar una ranura helicoidal de espesor variable en la superficie curva de un cilindro. Para ello, necesitamos un eje giratorio adicional que haga girar el trabajo mientras el VMC proporciona los otros movimientos de la herramienta: *“Un VMC que tiene ejes giratorios adicionales es una máquina de 4 ejes”* (Silaghi H et al, 2016).

El mecanizado de 4 ejes implica que una pieza de trabajo se procesa de la misma manera que lo haría con una máquina de 3 ejes, pero tiene un movimiento giratorio adicional alrededor del eje X, que se denomina eje A, ver Figura 17.

Figura 17. Cuarto eje rotatorio.



Fuente: tomada de internet.

Esta rotación permite cortar la pieza de trabajo alrededor del eje B, este método es beneficioso cuando es necesario hacer agujeros o cortes en los lados de una pieza de trabajo, la adición de un cuarto eje (eje A) permite que una pieza de trabajo se dé la vuelta automáticamente, de modo que la máquina pueda eliminar material de ambos lados.

El mecanizado de 4 ejes es multifuncional y se puede utilizar para:

- Corte intermitente
- Corte continuo
- Grabado de superficies curvas

Esta rotación permite cortar la pieza de trabajo en un diferente ángulo. Este método es beneficioso cuando es necesario hacer agujeros o cortes en los lados de una pieza de trabajo. La adición de un cuarto eje permite cortes de vuelta automáticamente, de modo que la máquina pueda eliminar material de ambos lados de la pieza: *“Esto agrega una rotación sobre el eje X, llamada eje A. El husillo tiene 3 ejes lineales de movimiento (X-Y-Z), como en el mecanizado de 3 ejes, además del eje A se produce por rotación de la pieza de trabajo”* (CloudNC, 2021).

Hay algunas disposiciones diferentes para las máquinas de 4 ejes, pero normalmente son del tipo "mecanizado vertical", donde el husillo gira alrededor del eje Z. La pieza de trabajo está montada en el eje X y puede girar con el accesorio en el eje A. Para una instalación de un solo dispositivo, se pueden mecanizar 4 lados de la pieza.

El mecanizado de 4 ejes se puede utilizar como una forma más económicamente viable de mecanizar piezas teóricamente posibles en una máquina de 3 ejes, ver Figura 18.

Figura 18. Husillo cuarto eje.



Fuente: tomada de internet.

Hay dos tipos de mecanizado CNC de 4 ejes:

Indexado

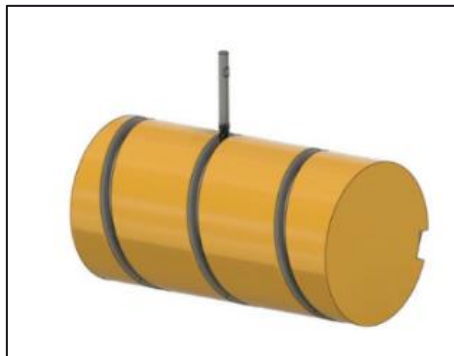
- El mecanizado CNC de 4 ejes de índice es cuando el 4º eje (eje A) gira mientras la máquina no está cortando material. Una vez que se selecciona la rotación correcta, se aplica un freno y la máquina reanuda el corte.

Continuo

- En el mecanizado continuo de 4 ejes, la máquina puede cortar material al mismo tiempo que la rotación del eje A, simultáneamente. Esto permite mecanizar arcos complejos, como el perfil de los lóbulos de las levas y las hélices.

El mecanizado de 4 ejes da la capacidad de mecanizar características en ángulo, de lo contrario no sería posible con una máquina de 3 ejes. Tenga en cuenta que el mecanizado de 4 ejes permite un solo eje de rotación por configuración de accesorio, por lo que todas las características en ángulo deben estar inclinadas alrededor de los mismos ejes, o se deben colocar accesorios adicionales, ver Figura 19.

Figura 19. Mecanizado en ángulo.



Fuente: tomada de internet.

Generalmente, se prefiere el mecanizado CNC de 4 ejes al mecanizado CNC de 3 ejes, ya que acelera y mejora la precisión del proceso de producción.

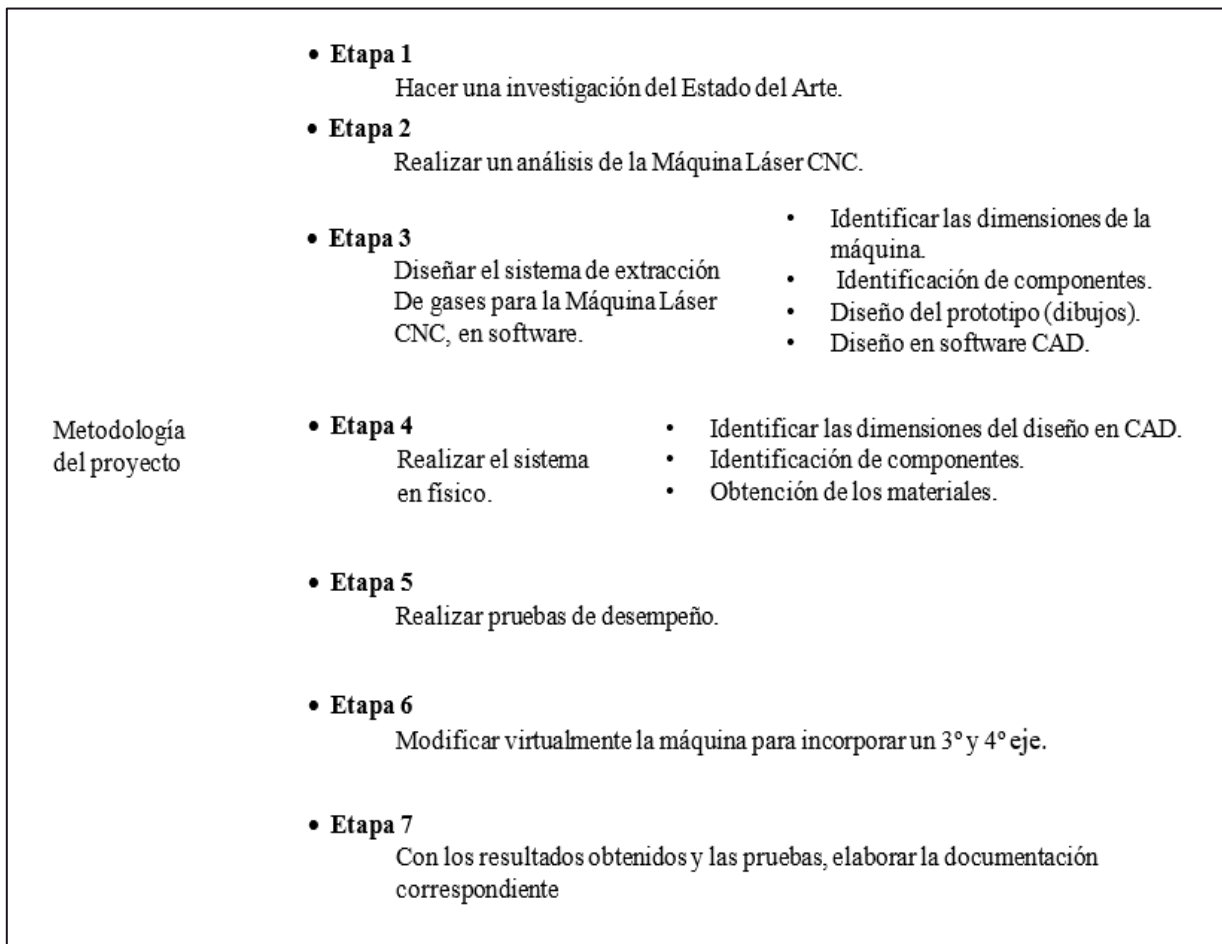
7. MATERIALES Y MÉTODOS

En este capítulo se expone la descripción y explicación de la metodología, así como la información recabada durante el desarrollo del proyecto.

7.1 Metodología

Una vez teniendo en cuenta los objetivos de este proyecto es necesario hacer uso de un método, este trabajo se enfocará en una metodología propia para establecer el orden de actividades y de esta manera darle un buen seguimiento al proyecto, el cual estará dividido en siete etapas, como se muestra en la Figura 20.

Figura 20. Metodología del proyecto.



Fuente: elaboración propia.

7.2 Procedimiento y descripción de las actividades realizadas

A continuación se detalla cada uno de los pasos realizados para llegar al correcto funcionamiento del prototipo, como lo son las metodologías a utilizar y desarrollos de diseños.

7.2.1 Elementos para el sistema de extracción

Las cabinas de extracción gases pueden o no requerir de ductos a exteriores, dependiendo del lugar donde se deseé instalar dicho sistema, debido a los requisitos de este proyecto a continuación, se describen las partes por las cuales estará conformado:

- **Un elemento de captación:** una campana, un cajón, así como cualquier otro elemento que funcione para la recolección de gases.
- **Un elemento de conducción:** una tubería con una sección transversal dependiendo del sitio seleccionado a instalar.
- **Un elemento de aspiración:** el cual se refiere a un ventilador centrífugo.
- **Un elemento de filtrado:** con finalidad de filtrar partículas en el aire.
- **Una chimenea de salida:** como un sistema de protección.

7.2.2 Descripción del sistema extractor.

Para realizar el diseño de la cabina se requiere principalmente determinar las dimensiones de la máquina láser CNC, a partir de estas medidas se procedió a realizar un bosquejo correspondiente con intención de establecer un prediseño, al finalizar dicho plano es necesario transferirlo a un software de diseño para poder tener visualizaciones en 3D, con el propósito de prevenir y dar solución a posibles problemas que puedan afectar la construcción en físico de este proyecto,

Al crear más de una propuesta de diseño se amplía el rango para poder elegir la que mejor se adapte y cumpla con lo necesario, la cabina debe ser espaciosa en su interior para evitar interferir cuando la máquina este realizando sus operaciones de maquinado, sin embargo, tampoco puede ser demasiado grande ya que puede afectar el traslado de esta, así como su estética, dicha estructura contará con una puerta para poder insertar, extraer y dar los mantenimientos correspondientes a la máquina.

La cabina al mantener encapsulada una CNC que estará en constante uso y emitiendo humos al maquinar requiere de un elemento que envíe dichos contaminantes lejos del usuario y del área de trabajo, para que esto sea posible se debe incorporar un ventilador que se instala en la parte superior, este debe contar con la capacidad de extraer completamente los gases y redirigirlos hacia el exterior del área confinada.

Como es requisito los procesos de maquinado que conlleven emisiones de humo y gases deben contar con su respectivo sistema de filtrado, para este proyecto se hace uso de un filtro de carbón activado en la entrada de las líneas del extractor con la finalidad de filtrar los gases tóxicos generados dentro de la cabina, para poder enviar los gases extraídos fuera de la estructura es necesario contar con una conexión entre la pared superior de la cabina y la ductería la cual es externa a esta, de no ser así es imposible que la extracción pueda llevarse a cabo.

Esta cabina requiere de ventanillas que permitan el contacto visual desde el exterior hacia el interior de la misma, contar con estas es importante siendo de ayuda al operador al momento de inspeccionar el proceso de maquinado en todo momento, al ocurrir algún accidente o imprevisto el operador puede percatarse y detener el proceso con lo que se evitan daños en el equipo, sin embargo, el cristal o material con el que cuenten estas ventanas deben contar con algún recubrimiento especial, al trabajar con un láser se debe cuidar el contacto visual directo entre la luz emitida por el láser y el operador.

Otro factor importante para esta cabina es la iluminación sin importar que esta se encuentre en un área iluminada, el uso de un led para iluminar los interiores es requerido, con el principal objetivo de iluminar completamente el área de trabajo, permitiendo que el usuario pueda observar la máquina CNC desde el exterior.

7.2.3 Diseño de la cabina en software CAD

Teniendo presente los requerimientos de este proyecto es de suma importancia crear un diseño completo de la cabina, esto es posible si se hace uso de algún software de diseño CAD (diseño asistido por computadora), actualmente existe varios programas con los que se pueden hacer dibujos en computadora sin embargo algunos solo trabajan en planos 2D.

Para llevar a cabo esta etapa se eligió el software SolidWorks, ya que es un programa de diseño CAD con el cuál es posible modelar piezas, además de realizar ensamblajes de las mismas tanto en planos 2D y 3D. El programa presenta una interfaz intuitiva y sencilla también ofrece un conjunto de herramientas completo para crear proyectos innovadores de forma más rápida y rentable.

Teniendo las medidas de la base y altura de la Máquina Láser CNC se dio inicio con el diseño de la cabina, cabe mencionar que se hará mención solo de los datos más relevantes al haber trabajado con este programa, los pasos se muestran a continuación:

1. Una vez estando dentro de la hoja de presentación de SolidWorks se abrió un nuevo documento en este caso uno de pieza, tal y como se observa en la Figura 21.

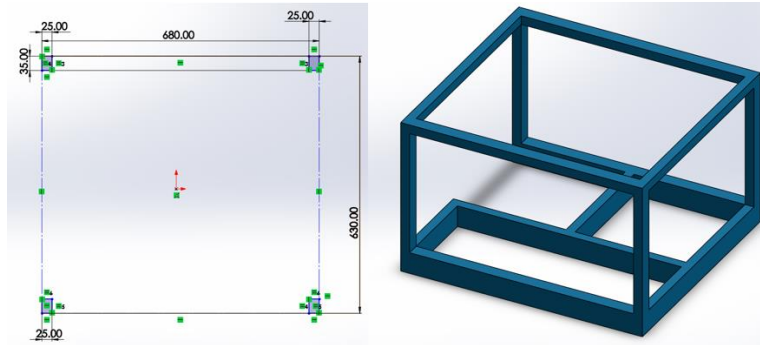
Figura 21. Documento pieza de SolidWorks.



Fuente: elaboración propia.

2. La estructura de dicha cabina fue con lo primero que se inició debido a que es la parte encargada de sostener todas las paredes que contiene y cubrirán a la CNC, es necesario realizar los trazos en un plano 2D (figura x) y posteriormente con las herramientas que cuenta este software crear una vista en el plano 3D como se observa en la Figura 22.

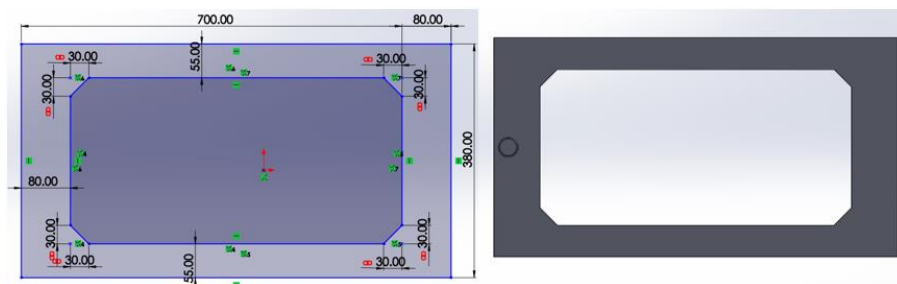
Figura 22. Estructura de cabina extractora.



Fuente: elaboración propia.

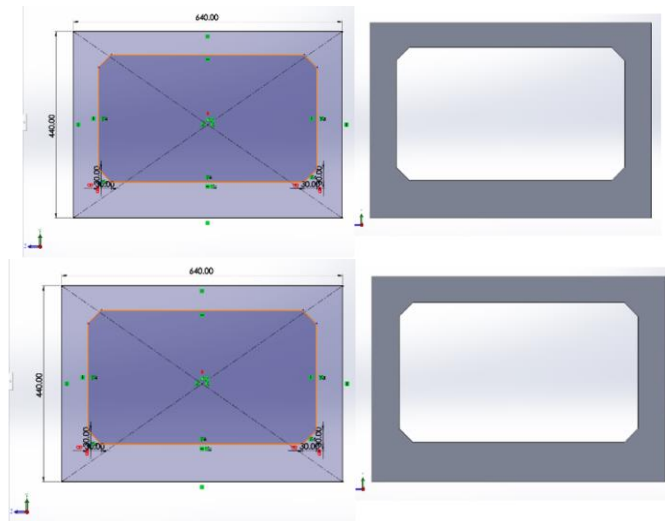
3. Una vez concluida la estructura el siguiente paso fue diseñar cada una de las paredes con las que cuenta esta cabina, haciendo uso de las herramientas proporcionadas por el software para darles el diseño requerido, todas las piezas creadas en sus respectivos archivos. Por requisito la cara frontal proporciona acceso a la cabina para poder introducir y extraer la máquina láser, ver Figura 23. Tanto la cara frontal como los laterales cuentan con una ventanilla que permite visualizar el interior, ver Figura 24.

Figura 23. Cara frontal de la cabina.



Fuente: elaboración propia.

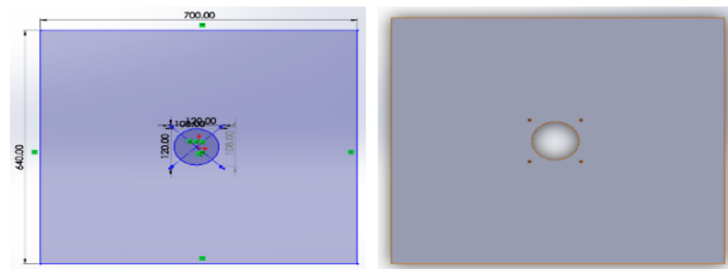
Figura 24. Cara derecha e izquierda de la cabina.



Fuente: elaboración propia.

4. En el centro de la parte superior se agregaron cinco orificios circulares que permitirán sostener un extractor como se ve en la Figura 25.

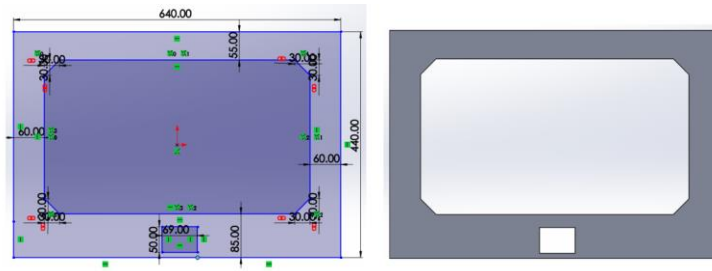
Figura 25. Cara superior de la cabina.



Fuente: elaboración propia.

5. La pared izquierda cuenta con un orificio el cual tendrá la función de contener la caja de electrónica con el circuito electrónico que hace funcionar la máquina láser CNC, ya que dicha sección es destinada únicamente para el área de electrónica, con la que cuenta la cabina, ver Figura 26.

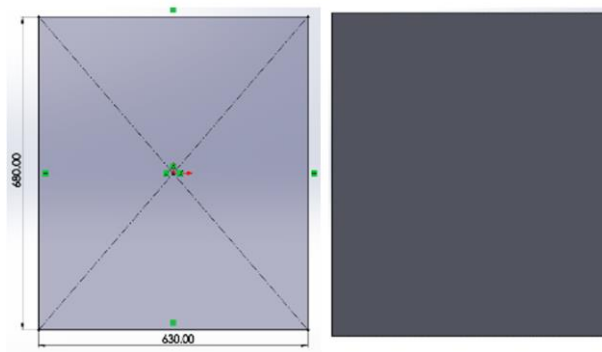
Figura 26. Cara lateral izquierda de la cabina



Fuente: elaboración propia.

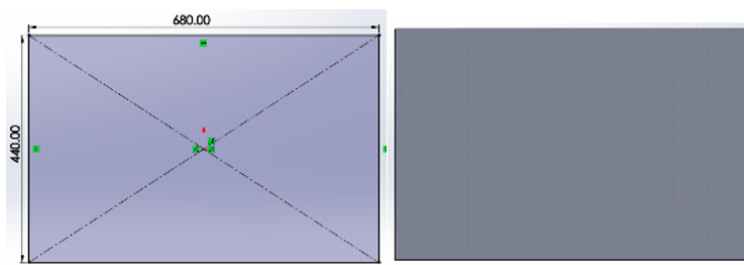
6. Para la parte media, inferior y trasera se diseñaron paredes acordes a las medidas de la estructura de la cabina como se observa en las siguientes Figuras 27, 28, 29. Estas paredes no cuentan con orificio alguno ya que solo cumplen la función de cubrir dichas áreas.

Figura 27. Cara inferior de la cabina.



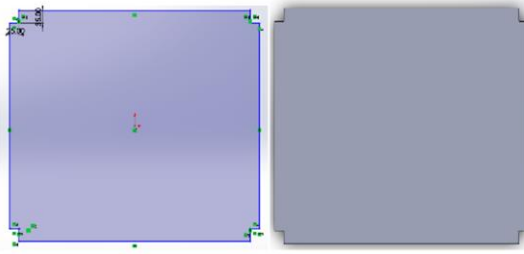
Fuente: elaboración propia.

Figura 28. Cara trasera de la cabina.



Fuente: elaboración propia.

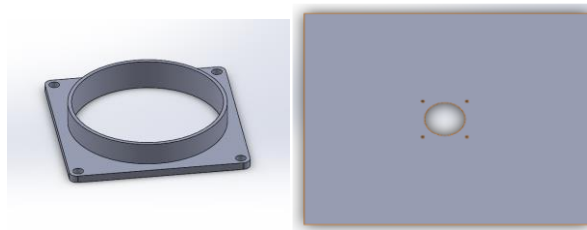
Figura 29. Cara de parte media de la cabina.



Fuente: elaboración propia.

- Entre el extractor y la ductería de evacuación de los gases se requiere de un conector como se muestra en la Figura 30, el cual va colocado en la superficie de la cabina y sostenido de la misma con 4 tornillos.

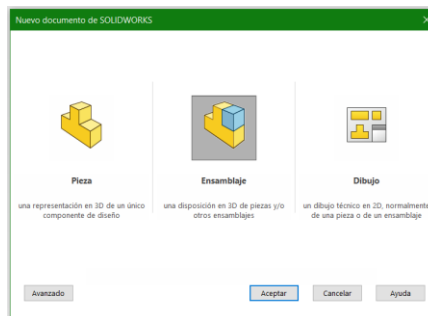
Figura 30. Conector para ductos de evacuación de gases.



Fuente: elaboración propia.

- Contando con cada diseño de las partes necesarias para cubrir la cabina fue necesario realizar el ensamble correspondiente dentro del mismo software SolidWorks, para ello al abrir un nuevo documento es necesario seleccionar la opción de ensamblaje, ver Figura 31.

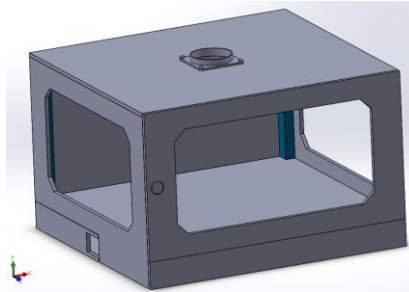
Figura 31. Documento de ensamblaje.



Fuente: elaboración propia.

9. Con el documento de ensamblaje se llevó a cabo la unión de las piezas previamente diseñadas siendo posible visualizar la cabina en un plano 3D de forma tridimensional, ver Figura 32.

Figura 32. Ensamble completo de la cabina.





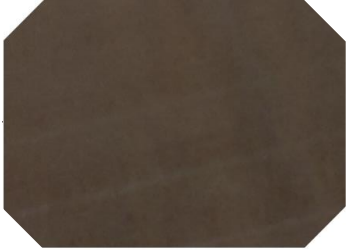
Fuente: elaboración propia.

7.3 Materiales utilizados para la fabricación del sistema extractor de gases

A continuación, se muestra un listado de materiales utilizados para la construcción de la cabina en físico junto con los componentes para el sistema de extracción de humo a emplear dentro de dicha cabina. Cabe hacer mención que los materiales elegidos para este proyecto fueron elegidos por su fácil adquisición y bajo costo monetario.


Tabla 1. Materiales para sistema de extracción.

Material	Ilustración
Ventilador extractor	
Filtro de carbón activado	

<p>Triplay pino</p>	
<p>Columnas de madera</p>	
<p>Cristales polarizados</p>	

<p>Silicon para vidrios</p>	
<p>Resistol para madera</p>	
<p>Adaptador Pvc 4pulgadas</p>	
<p>Tornillos</p>	

<p>Bisagras</p>	
<p>Jaladera de puente</p>	
<p>Imán de neodimio</p>	
<p>Clavos</p>	
<p>Módulo led</p>	

<p>Cable</p>	
<p>Thermofit</p>	
<p>Canaletas para cables</p>	
<p>Switch Balancín</p>	
<p>Switch Interruptor De Palanca</p>	

Fuente: elaboración propia.

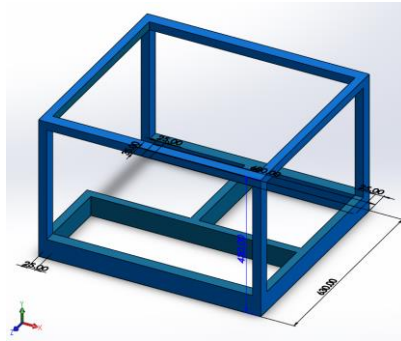
7.4 Proceso de construcción para la cabina extractora de gases

Contando con un diseño establecido, se parte de este para llevar a cabo el proceso de construcción de la cabina, haciendo uso de materiales que estén al alcance del presupuesto existente, los pasos se describen a continuación.

Paso 1.- Obtención de medidas.

Estas medidas se tomaron de la estructura existente en software la cual contiene todos los trazos requeridos y de esta manera llevar a cabo la compra del material necesario externos e internos, principalmente el recubrimiento de la cabina contenedora, ver Figura 33.

Figura 33. Estructura para la obtención de las medidas.



Fuente: elaboración propia.

Paso 2.-Corte de columnas de madera.

Para llevar a cabo esta parte de la construcción se hizo uso de columnas de madera las cuales proporcionan la estabilidad y soporte necesarias a la cabina, ver Figura 34. Los cortes se realizaron con herramientas de carpintería muy prácticas y eficientes.

Figura 34. Columnas de madera para estructura.



Fuente: elaboración propia.

Paso 3.- Ensamble de la estructura para la cabina

Al contar con todas las piezas a las medidas requeridas fue necesario hacer las uniones correspondientes entre estas, con ayuda de algunos clavos que mantienen firmes cada una de las columnas dando la apariencia deseada a dicha estructura, observar Figura 35.

Figura 35. Estructura de cabina hecha con madera.



Fuente: elaboración propia.

Paso 4.- Corte de las paredes para cabina

Una vez que se contó con toda la estructura de la cabina se procedió a recubrirla, para ello el material a utilizar es triplay (madera), ya que es fácil de conseguir y de trabajar, además de que la madera funciona como aislante térmico y acústico lo suficiente para este proyecto, cada pared se cortó a la medida establecida, ver Figura 36 y 37.

Figura 36. Paredes para la cabina en triplay.



Fuente: elaboración propia.

Figura 37. Pared lateral de la cabina en triplay.



Fuente: elaboración propia.

Paso 5.- Ensamblaje de las paredes para la cabina.

Las hojas de triplay se adhirieron con ayuda de pequeños clavos y pegamento para madera, como se muestra en la Figura 38. Ya que este proyecto será un contenedor para la extracción del humo generado por los cortes o grabados de la máquina láser CNC, es necesario mantener bien sellada cada pared con lo que se evitan futuras fugas de los gases.

Figura 38. Ensamble de piso de la cabina.



Fuente: elaboración propia.

Paso 6.- Instalación de ventanillas

Las ventanillas que se instalaron son de cristal, es importante no tener contacto directo con la luz del láser al momento de estar realizando tareas de corte o grabado por esta razón se optó por utilizar cristal polarizado, con este tipo de cristales se evitan reflejos y brillos excesivos, ver Figura 39.

Figura 39. Colocación del cristal en las ventanillas.



Fuente: elaboración propia.

Paso 7.- Sistema de extracción

El ventilador extractor se instaló en la parte superior de la cabina con el objetivo de tener mayor eficacia en la extracción de los gases tóxicos encapsulados dentro de la cabina, como se observa en la Figura 40. Dicho sistema es alimentado por 12v DC y es controlado mediante un botón switch de encendido y apagado.

Figura 40. Sistema de extracción.

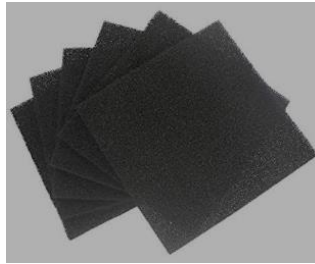


Fuente: elaboración propia.

Paso 8.- Sistema de filtrado

Para este proyecto se instaló un filtro de carbón activado, este sistema es suficiente para cumplir con los requisitos en este proyecto, dicho elemento se colocó este el extractor y la pared superior de la cabina, todo con la finalidad de filtrar los humos generados por la máquina al momento de realizar su trabajo, ver Figura 41 y 42.

Figura 41. Filtro de carbón activado.



Fuente: elaboración propia.

Figura 42. Sistema de filtrado en la cabina.



Fuente: elaboración propia.

Paso 9.- Sistema de iluminación

Dicho sistema se agregó en la parte superior de la cabina para cubrir una mayor área de iluminación de la CNC, el circuito de iluminación cuenta con conexiones de cables entre dos módulos led que esta alimentado a 12v DC y un switch interruptor de palanca de encendido y apagado el cual controlará los módulos, los componentes y la instalación se muestran en las Figuras 43 y 44.

Figura 43. Elementos para el sistema de iluminación.



Fuente: elaboración propia.

Figura 44. Sistema de iluminación de la cabina.



Fuente: elaboración propia.

Paso 10.- Colocación de adaptador para ducto evacuador de gases.

Este elemento está conformado por una base de madera y un adaptador de tubo PVC, como se muestra en la Figura 45, este adaptador sirve de conexión entre el sistema extractor y una tubería externa que enviará los gases hacia el exterior del laboratorio, este adaptador se instaló sobre la parte superior de la cabina, ver Figura 46.

Figura 45. Elementos de conector para el sistema de extracción.



Fuente: elaboración propia.

Figura 46. Conector para ducteria evacuadora de gases.



Fuente: elaboración propia.

Paso 11.- Instalación de la máquina láser CNC dentro de la cabina.

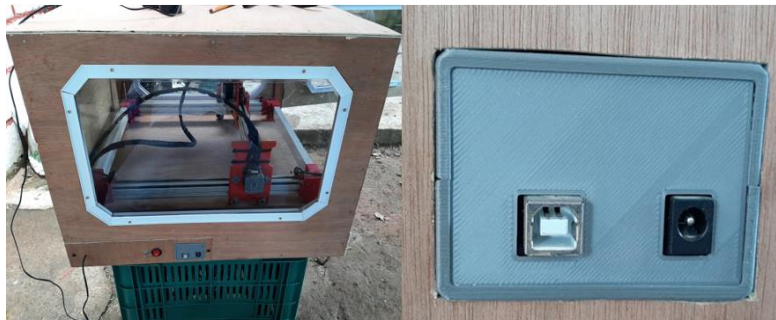
Una vez contando completamente con la cabina extractora de gases se procedió a realizar la instalación correspondiente de la máquina dentro de dicha estructura, tal como se muestra en la Figura 47, así como la colocación de la caja de electrónica que contiene todo el cableado de la máquina láser, ver Figura 48.

Figura 47. Colocación de la máquina dentro de la cabina.



Fuente: elaboración propia.

Figura 48. Conexiones de la Máquina Láser CNC con la cabina.



Fuente: elaboración propia.

7.5 Pruebas de desempeño del sistema extractor de humo y gases.

Para garantizar el buen funcionamiento del sistema extractor de humos que se diseñó y construyó para la máquina láser CNC, fue de vital importancia llevar a cabo algunas pruebas de desempeño, en esta ocasión se realizaron tres pruebas caseras las cuales se describen a continuación:

1. Primera prueba de desempeño.

Para esta primer prueba de desempeño se insertó dentro de la cabina un papel en llamas, el cual emitía cantidades de humo considerables como se muestra en la Figura 49.

Figura 49. Prueba de papel.



Fuente: elaboración propia.

En las imágenes anterior es posible apreciar los resultados obtenidos tras realizar esta primera prueba de desempeño, se obtuvieron excelentes resultados en la extracción de los humos generados dentro de la cabina, demostrando así la eficiencia del sistema extractor para la máquina láser CNC, ver Figura 50.

Figura 50. Funcionamiento del extractor de la primera prueba de humo.



Fuente: elaboración propia.

2. Segunda prueba de desempeño.

Para esta segunda prueba se insertó un pedazo de carbón al interior de la cabina, como se observa en la Figura 51. El pedazo de carbón emitió enormes cantidades de humo notables al interior de la cabina.

Figura 51. Prueba de carbón.



Fuente: elaboración propia.

En esta prueba a pesar de las demandantes emisiones de humo, se observó como el extractor de humo funcionó correctamente llevando a cabo la evacuación de los gases fuera de la cabina, ver Figura 52.

Figura 52. Funcionamiento del extractor de la segunda prueba de humo.



Fuente: elaboración propia.

3. Tercera prueba de desempeño.

La tercer y última prueba de desempeño se llevó a cabo haciendo uso de un tipo de resina de árbol (copal) muy conocida por sus grandes emisiones de humo.

Dicho material es utilizado para generar enormes cantidades de humo aromático, siendo este una de las mejores opciones para realizar esta demostración y poner a prueba el funcionamiento y la capacidad del prototipo para llevar a cabo su función de encapsulamiento de gases y la extracción de ellos hacía las tuberías de evacuación correspondientes, ver Figura 53.

Figura 53. Tercera prueba con resina (copal).



Fuente: elaboración propia.

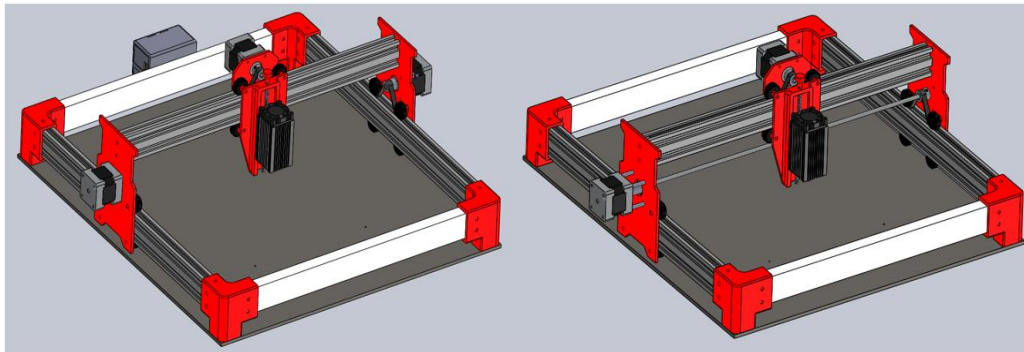
7.6 Propuesta de rediseño en software para implementar un 3 y 4 eje en la máquina láser CNC.

Para realizar la propuesta es necesario llevar a cabo el rediseño de los dibujos en software 3D existente de la máquina láser CNC, ya que están diseñados solo para hacer uso de dos ejes XY, de tal manera que se desarrollarán diseños de un tercer y un cuarto eje para futuras implementaciones a la máquina, con las cuales se pretende ejecutar maquinados más complejos para las practicas por parte de los estudiantes de mecatrónica. Dichos diseños son solo propuestas de mejora para la máquina, estas se llevarán a cabo haciendo uso del software de diseño SolidWorks.

El primer rediseño que se realiza es modificar el eje Y omitiendo uno de los motores existentes que realizan el desplazamiento en dicho eje, ya que actualmente la máquina hace uso de dos motores para ejecutar tal desplazamiento como se observa en la Figura 54.

Al eliminar uno de los motores al rediseñar el modelo de la máquina, es indispensable agregar una varilla, así como los elementos correspondientes lo cual permite llevar el movimiento del motor Y en ambos lados de la máquina para así generar el mismo desplazamiento sin problema alguno.

Figura 54. Rediseño de la máquina del eje Y.



Fuente: elaboración propia.

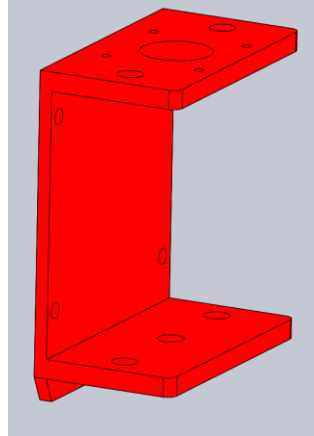
7.6.1 Propuesta de diseño del tercer eje para la máquina láser CNC.

Se propone implementar un eje z a la máquina láser CNC, la función principal de este eje es realizar un movimiento del cabezal en sentido vertical, este desplazamiento se empleará solo en el cabezal, ya que en este punto se localiza el módulo láser de la máquina, la implementación de este se debe a que la máquina solo cuenta con movilidad en los ejes X y Y.

La herramienta al contar solo con dos ejes o grados de movimiento reduce considerablemente las áreas de oportunidad de trabajo en las que puede ser empleada esta máquina, la falta del movimiento en el eje Z le imposibilita maquinar materiales de espesores mayores a la altura actual del módulo láser.

Para la elaboración del tercer eje que será encargado de desplazar en cabezal junto con el láser se diseñó como primera opción una estructura, ver Figura 55.

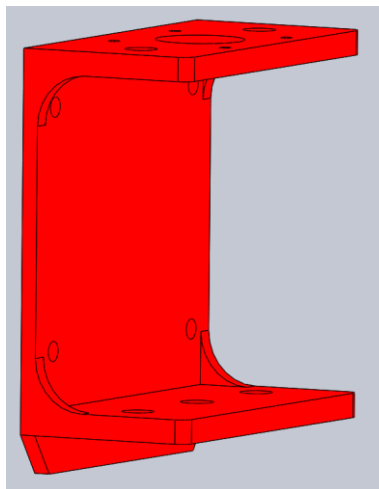
Figura 55. Primera propuesta soporte de cabezal.



Fuente: elaboración propia.

Tal estructura fue diseñada con el objetivo de realizar la función requerida con los elementos establecidos, sin embargo, no está diseñada para futuras implementaciones como sostener o soportar fuerzas mayores a las establecidas, para ello se realizó una segunda propuesta de esta pieza, ver Figura 56. esta nueva pieza cuenta con refuerzos los cuales brindan un soporte más estable y con la capacidad de soportar la carga actual, así como mayores, que puede ser de utilidad a futuro para posteriores cambios de algunos elementos como puede ser el motor, así como ejes lineales etc.

Figura 56. Segunda propuesta soporte de cabezal.



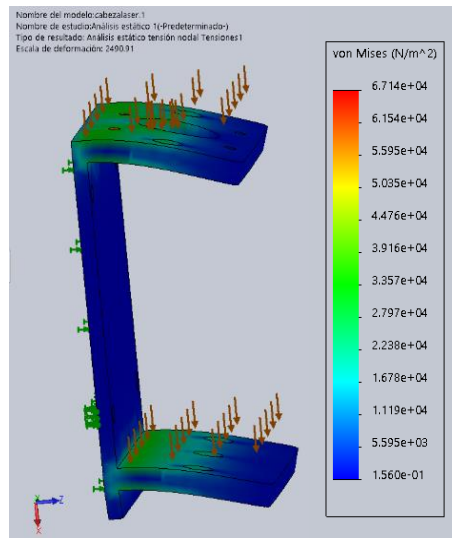
Fuente: elaboración propia.

Para determinar el rendimiento de las dos piezas es necesario someterlas a un análisis estático con la ayuda del software SolidWorks, utilizando los mismos parámetros tanto de

material como de fuerza aplicada en los mismos puntos, con lo que fue posible determinar y apreciar las diferencias de deformaciones entre ambos soportes, y así emplear el mejor diseño para llevar a cabo la tarea de este eje, los resultados fueron notables ya que la primer pieza diseñada que no cuenta con soportes en los laterales mostro una mayor deformación, ver Figura 57 y 58.

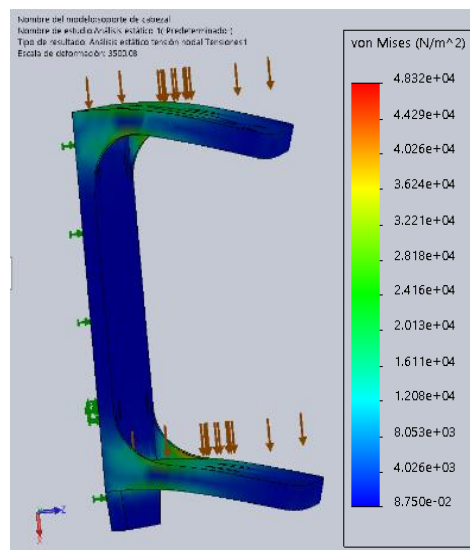
Se llevaron a cabo simulaciones aplicando las mismas unidades de fuerza en las zonas requeridas de las piezas.

Figura 57. Análisis estático de soporte para cabezal de tercer eje sin refuerzos.



Fuente: elaboración propia.

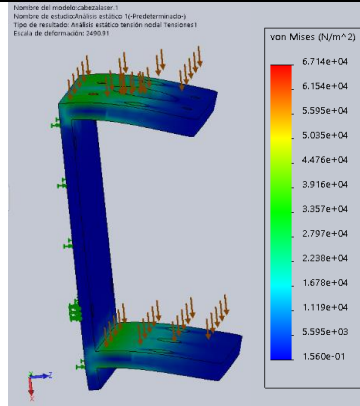
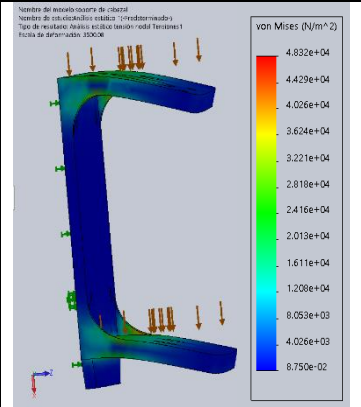
Figura 58. Análisis estático de soporte para cabezal de tercer eje con refuerzos.



Fuente: elaboración propia.

A continuación, se presenta una tabla con la comparación de análisis de deformación entre la piza del cabezal con y sin soporte, con la finalidad de demostrar si se consigue una mayor resistencia a deformación con dicha variante.

Tabla 2. Comparación de análisis de deformación.

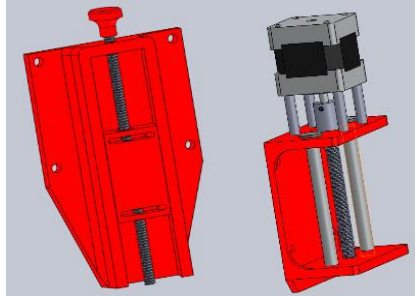
Características	Pieza de cabezal sin soporte	Pieza de cabezal con soporte
Diseño		
Material	ABS	ABS
Fuerza aplicada	9N	9N
Tensión máxima vonMises (N/m^2)	1.749e+06	1.29e+06
Tensión mínima vonMises (N/m^2)	2.921e+00	2.503e+00
Máximo desplazamiento (URES mm)	1.127e-01	9.561e-02
Máxima deformación unitaria (ESTRN)	5.521e-04	4.439e-04
Escala de deformación	91.9434	110.476

Fuente: elaboración propia.

7.6.2 Pasos para el diseño en 3D del tercer eje utilizando el software SolidWorks

Paso 1.- Para el diseño del tercer eje se realizan modificaciones en el cabezal ya existente en el que es empleando un husillo (varilla roscada), con el que se realizarán los avances lineales en el eje z del cabezal, dicho movimiento se realizará mediante un motor nema 17 al cual se le añaden cuatro extensiones tubulares requeridas para darle la altura necesaria y así no interferir con el movimiento a realizar, el motor va a estar conectado al husillo mediante un acoplador, ver Figura 59.

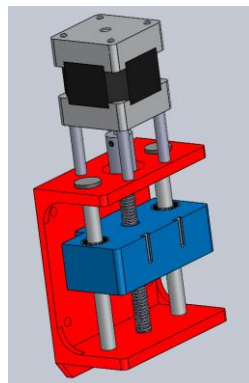
Figura 59. Diseño del cabezal eje Z.



Fuente: elaboración propia.

Paso 2.- Para un desplazamiento del cabezal de forma estable se requirió implementar dos varillas lineales de desplazamiento a los costados del husillo permitiendo deslizarse mediante dos baleros lineales una base de apoyo en la cual se acoplará el módulo láser de esta herramienta a la altura deseada sin problema alguno con respecto al plano z, para mantener estables las varillas se hará uso de dos seguros que se insertan en los orificios donde se colocan dichas piezas, ver Figura 60.

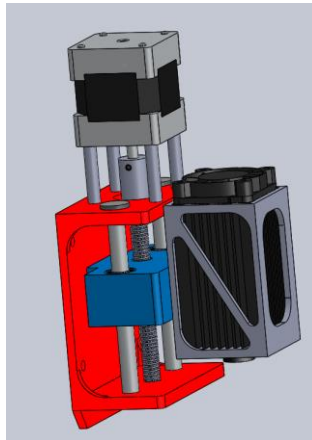
Figura 60. Ejes lineales, base de apoyo de desplazamiento y baleros para desplazamiento lineal.



Fuente: elaboración propia.

Paso 3.- Se diseñó una estructura con forma de rejilla en la cual se colocará el módulo láser, esta se acopla a la base de apoyo que se encarga de desplazar y posicionar el módulo a la altura deseada dependiendo el maquinado a realizar, como se observa en la Figura 61.

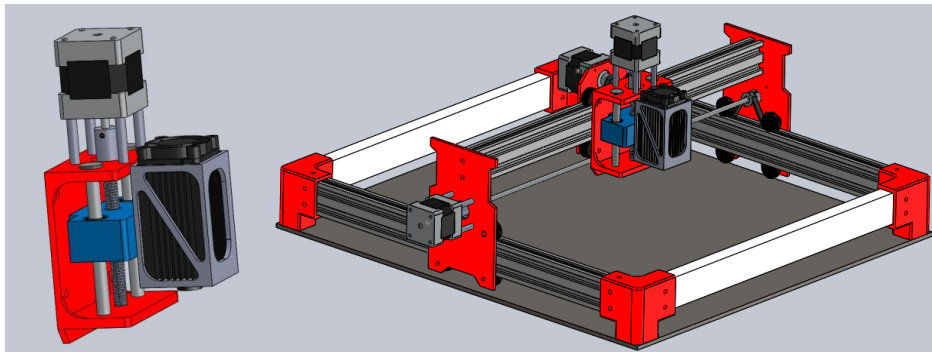
Figura 61. Estructura soporte de modulo láser.



Fuente: elaboración propia.

Paso 4.- Por último, se realiza el montaje del diseño eje Z en el de la máquina láser CNC, replazando el anterior para darle la oportunidad a la máquina de poder llevar procesos de corte, así como también de grabado en materiales de diferentes grosores, ya que con esta nueva propuesta se puede modificar la posición del láser a las alturas específica deseada de manera automática haciendo uso de la programación, ver Figura 62.

Figura 62. Montaje del eje Z en la máquina láser CNC.



Fuente: elaboración propia.

7.6.3 Propuesta de diseño del cuarto eje para la máquina láser CNC.

Se propone la implementación de un cuarto eje en este caso de tipo rotativo para la máquina láser CNC, ya que esta cuenta con espacio para poder añadir un aditamento permitiendo realizar nuevos tipos de trabajos, dicho aditamento será removible de forma que permita ser adherido a la base de la CNC mediante tornillos y así mismo sea fácil de extraer al

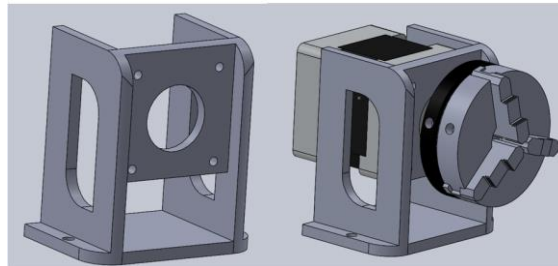
finalizar el proceso de maquinado o simplemente al ya no hacer uso del mismo.

Teniendo como finalidad poder realizar maquinados en superficies tubulares de diversos materiales y de diámetros tanto sea permitido por el sistema (chuck). Con este aditamento brindará oportunidad a la máquina de ejecutar maquinados a una pieza tubular o no con movilidad de giro en 360 grados.

6.6.4 Pasos para el diseño en 3D del cuarto eje utilizando el software SolidWorks.

Paso 1.- Diseñar una base la cual actuará de soporte para sostener un motor nema 17, este mantendrá en su eje rotatorio un chuck el cual se hará tendrán unidos estos dos elementos a través de un acoplador, el chuck será el encargado de sostener la pieza para ser rotada y maquinada, ver Figura 63.

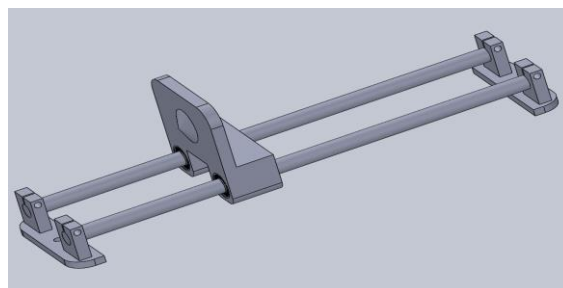
Figura 63. Diseño de cuarto eje.



Fuente: elaboración propia.

Paso 2.- Para sostener la pieza al otro extremo del chuck se diseñó un aditamento o pieza con punta cónica la cual estará adherida a unos ejes lineales (varillas) que actúan de riel siendo posible el desplazamiento por dos baleros lineales, ver Figura 64.

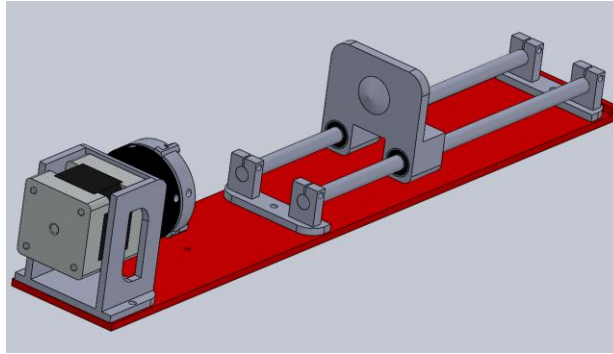
Figura 64. Soporte complemento del chuck para sostener piezas.



Fuente: elaboración propia.

Paso 3.- Se requiere de una base en la cual se ensambla la base del motor, así como la base que funciona como soporte para sostener las piezas a maquinar, este ensamblaje se realizará a través de tornillos que mantendrán unidas todas las piezas a dicha base, ver Figura 65.

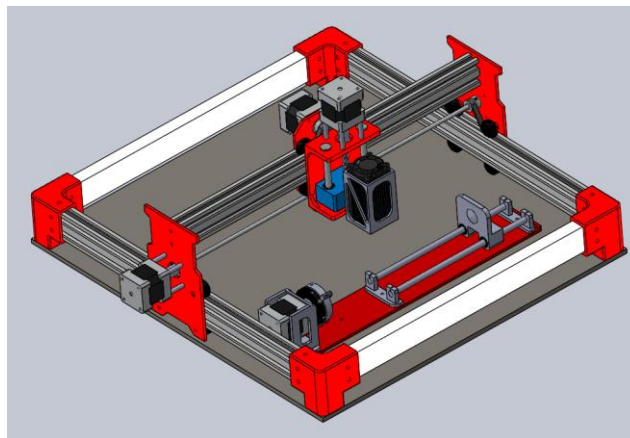
Figura 65. Ensamblaje del cuarto eje.



Fuente: elaboración propia.

Paso 4.- Por último, se realizó el ensamble del cuarto eje al diseño CAD de máquina láser CNC, para ello fue necesario realizar perforaciones tanto a la base de la máquina como a la base del cuarto eje, para mantenerlo fijo y a la vez mantener fijas las piezas a mecanizar, para poder realizar dicho ensamble en físico es necesario implementar el cambio de materiales de la base a aluminio de 1/4 de pulgada obteniendo mejores resultados de aceptación, como se muestra a en la Figura 66.

Figura 66. Montaje del cuarto eje rotatorio a la máquina láser CNC en CAD.



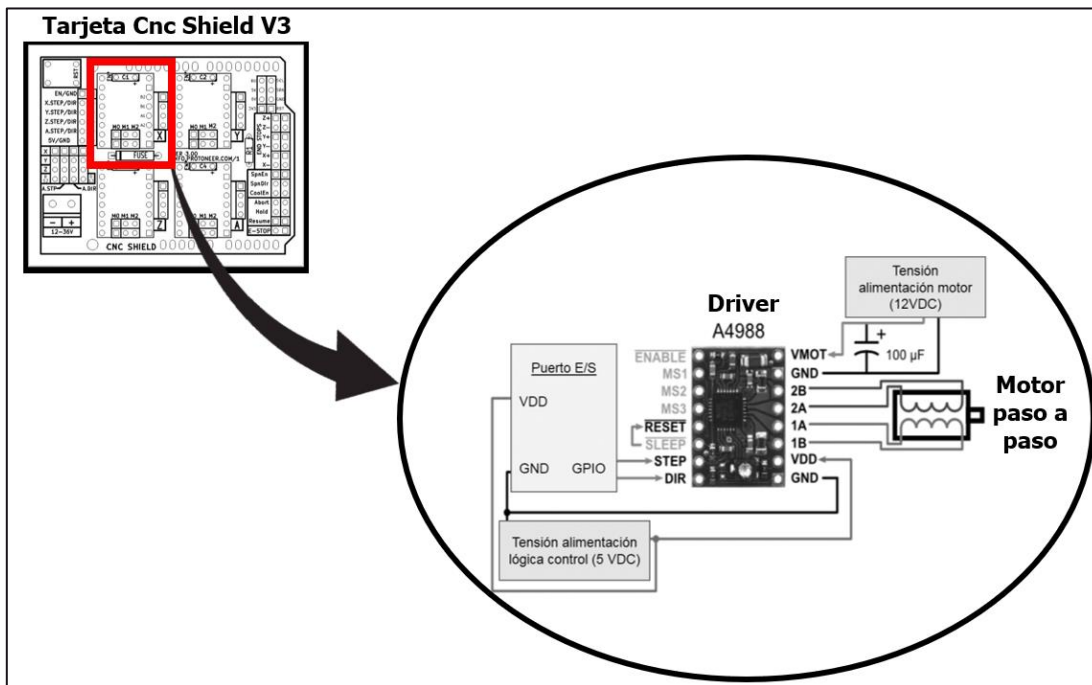
Fuente: elaboración propia.

7.6.5 Diagrama de conexiones de máquina láser CNC.

Para el control de los cuatro motores con los que contará correspondiente a la propuesta a futuro planteada para la cortadora láser después de haber realizado un rediseño, se propone utilizar la tarjeta shield CNC basada en el driver A4988, dicha tarjeta cuenta con lo necesario para este proyecto además de que es vinculable con la interfaz de control GRBL, que es necesario para generar el código G, el cual se almacena en un Arduino en este caso el UNO, siendo el encargado de indicar los movimientos de cada eje y así realizar el maquinado de la pieza a trabajar.

A continuación, se muestran las correspondientes electrónicas una de las principales se da entre el Arduino uno y la tarjeta shield CNC v3, cabe mencionar que dicha tarjeta simplemente se inserta sobre el Arduino, para la conexión de la tarjeta shield CNC v3 con el driver A4988, ver Figura 67, la conexión que se visualiza será la misma para los 4 drivers, para determinar el sentido de giro del motor solo es necesario invertir la posición de las terminales del mismo en el driver correspondiente.

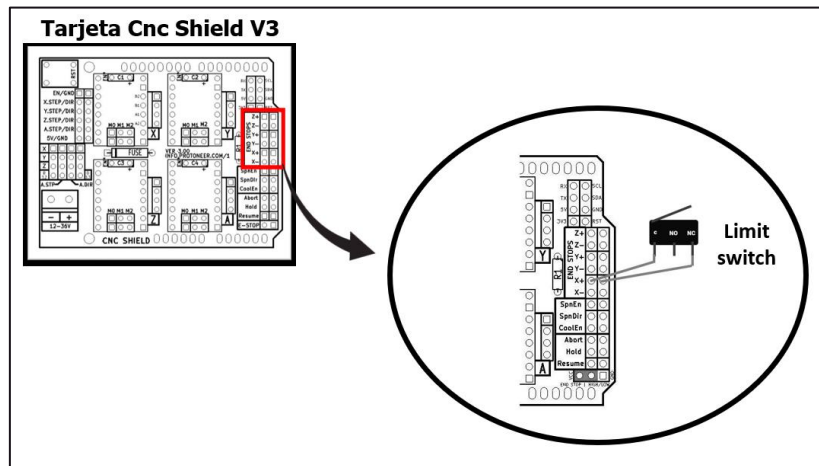
Figura 67. Conexión tarjeta shield CNC v3 al driver A4988.



Fuente: elaboración propia.

Se muestra la conexión entre tarjeta shield CNC v3 y un limit switch, ya que estos son necesarios en las CNC, ya que funcionan como un tope final mecánico, ver Figura 68.

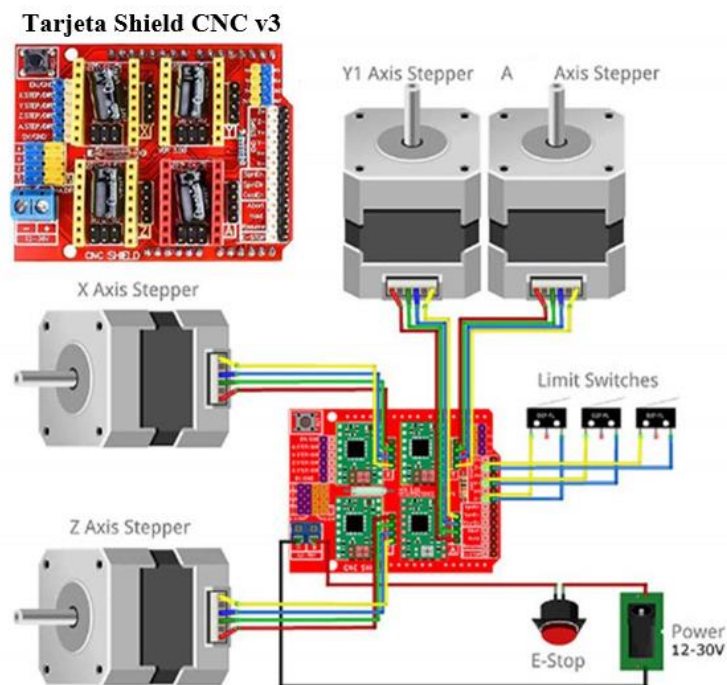
Figura 68. Conexión tarjeta shield CNC v3 con limit switch.



Fuente: elaboración propia.

Conexión general del circuito de la máquina láser CNC, cabe mencionar que el botón stop es opcional, ver Figura 69.

Figura 69. Diagrama de conexiones para la implementación de un 3 y 4 eje.



Fuente: tomada de internet.

7.7 Presupuesto del proyecto rediseño de máquina láser CNC.

A continuación, se muestra un presupuesto del costo de materiales necesarios para realizar la construcción del sistema extractor de gases, así como la implementación de un tercer y cuarto eje para la máquina láser CNC.

Tabla 3. Presupuesto Rediseño de Máquina Láser CNC.

Material	Precio	Unidades	Total
Triplay pino	\$400 c/u	1 ½	\$600
Ventilador extractor	\$145 c/u	1	\$145
Columnas de madera	\$20 c/u	5	\$100
Cristales polarizados	\$65 c/u	3	\$195
Silicon para vidrios	\$80 c/u	1	\$80
Resistol para madera	\$50 c/u	1	\$50
Tornillos	\$0.5 c/u	20	\$10
Bisagras	\$15 c/u	2	\$30
Manija	\$40 c/u	1	\$40
Clavos	\$10 c/u	1	\$10
Barniz	\$80 c/u	1	\$80
Brocha	\$15 c/u	1	\$15
Módulo led	\$20 c/u	2	\$40
Cable	\$5 c/u	6	\$30
Thermofit	\$5 c/u	2	\$10
Estaño	\$5 c/u	1	\$5
Imanes de neodimio	\$25 c/u	2	\$50
Canaletas para cables	\$20 c/u	3	\$60
Switch Balancín	\$16 c/u	1	\$15
Switch Interruptor De Palanca	\$15 c/u	1	\$15
Fuente de poder 12v DC	\$80c/u	1	\$80
Total			\$1,660

Fuente: elaboración propia.

Tabla 4. Presupuesto Rediseño de Máquina Láser CNC para un tercer y cuarto eje.

Material	Precio	Unidades	Total
Balero o Rodamiento Lineal	\$35	4	\$140
Rodamiento Balero	\$39	1	\$39
Cople flexible metálico 6.35mm a 8mm	\$45	2	\$90
Shield RAMPS	\$134	1	\$134
Arduino Mega	\$284	1	\$284
Varilla Lisa Guía Lineal 8mm x 500mm	\$190	1	\$190
Varilla Lisa Guía Lineal 8mm x 200mm	\$130	1	\$130
Acero Guía Lineal 8mm X 285mm	\$105	2	\$210
Husillo Roscado T8 y Tuerca	\$240	1	\$240
Mini Scroll Chuck K01-50	\$1620	1	\$1620
Filamento de impresión 3D Fuel Standard PLA 3D	\$478	1	\$478
Total			\$3555

Fuente: elaboración propia.

8. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se muestran los resultados obtenidos tras la investigación en diversas fuentes así como durante el proceso de rediseño en este proyecto.

La elaboración del sistema extractor de humos del presente proyecto fue realizado en lo mayor posible acorde a los objetivos y a los diseños planteados tanto en físico como en software de diseño CAD, cabe mencionar que el prototipo de este sistema instalado dentro de una cabina cuenta con lo necesario para realizar la extracción de gases emitidos por la máquina láser al momento de grabar o cortar en alguna pieza ver Figura 70.

Figura 70. Prototipo sistema extractor de humos.



Fuente: tomada de internet.

Como se describió anteriormente se realizaron pruebas de desempeño a este prototipo con lo cual fue posible obtener resultados favorables recalando que los gases emitidos en dichas pruebas fueron superiores a los que la CNC posiblemente ocasiona al maquinar, como se muestra en las Figuras 71, 72, 73. El sistema se desempeñó exitosamente tras ser sometida a tres pruebas donde en cada una la cantidad de gases a extraer aumentaba.

Figura 71. Prueba de desempeño papel.



Fuente: elaboración propia.

Figura 72. Prueba de desempeño madera.



Fuente: elaboración propia.

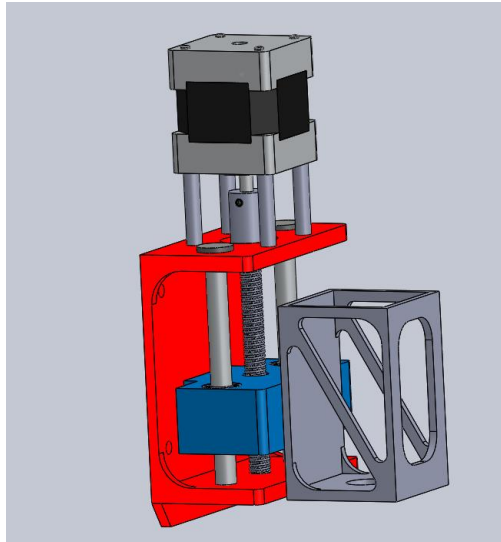
Figura 73. Prueba de desempeño copal.



Fuente: elaboración propia.

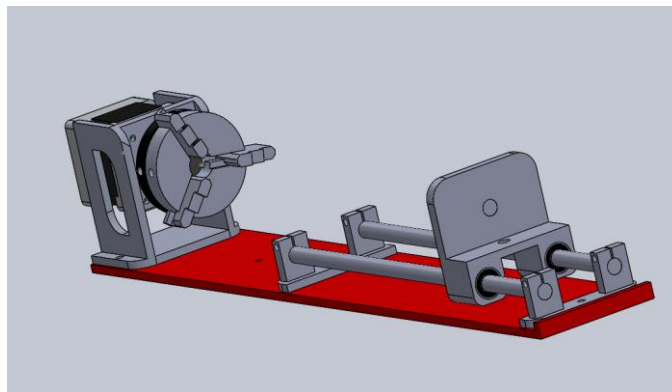
Referente al rediseño de la máquina láser CNC e implementar un tercer y cuarto eje de movimiento con la intención de ampliar su rango para trabajar piezas más complejas, fue posible obtener diseños desarrollados en software CAD en ambos ejes, como se observa en la Figura 74 y 75.

Figura 74. Diseño del tercer eje en software CAD.



Fuente: elaboración propia.

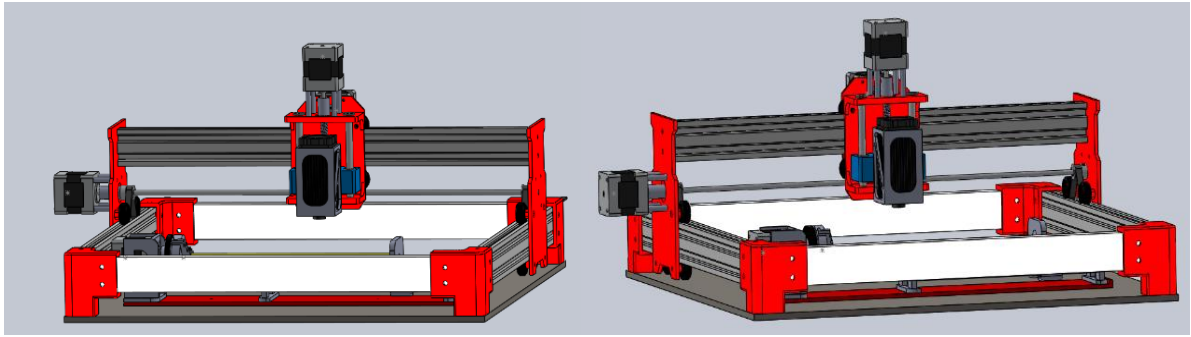
Figura 75. Diseño del cuarto eje rotatorio en software CAD.



Fuente: elaboración propia.

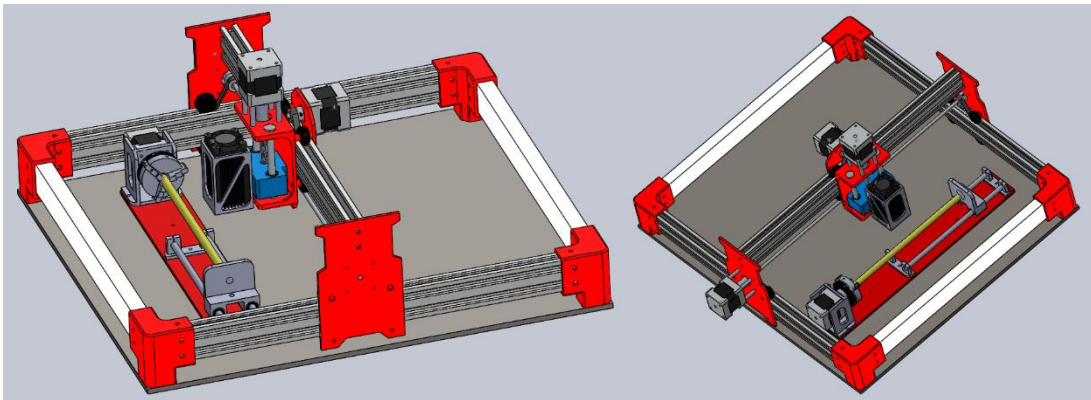
Junto con el diseño de los dos ejes resultantes se llevó a cabo simulaciones de esfuerzos en algunas piezas, así como otras simulaciones de desplazamiento y movilidad para maquinar una pieza implementando la función del tercer y cuarto eje rotatorio, como se visualiza en las Figuras 76 y 77.

Figura 76. Desplazamiento tercer eje en software.



Fuente: elaboración propia.

Figura 77. Desplazamiento cuarto eje rotativo en software.



Fuente: elaboración propia.

Los diseño realizado y modificaciones en software es el resultado de las mejoras incorporadas, dichas mejoras fueron descritas en el desarrollo del presente documento donde se detallan cada sistema que conforma este prototipo.

9. CONCLUSIÓN

El desarrollo de este proyecto permitió realizar un prototipo que cumple con el objetivo principal planteado desde un inicio, el cual requería evitar la propagación de los gases emitidos por la máquina láser CNC dentro del laboratorio de mecatrónica, logrando obtener un espacio de trabajo libre de partículas que afectan tanto con malos olores, así como la salud de los propios alumnos y maestros presentes. Cumpliendo satisfactoriamente los requisitos solicitados la construcción del sistema extractor funcional instalado dentro de una cabina con la suficiente dimensión para poder contener dentro de la misma la máquina láser CNC, se concluye que este sistema es suficiente para encapsular y redirigir tales contaminantes a zonas al aire libre. Además, contiene el sistema de iluminación led con el que da mayor visibilidad en su interior, así como también brinda a los alumnos mecatrónicos una protección adicional para evitar el contacto directo visual con la luz del láser gracias a las ventanillas polarizadas.

Respecto a la propuesta de rediseño, esta se desarrolló de manera satisfactoria con la cual se amplían las oportunidades para maquinar con la CNC piezas más complejas que actualmente le es imposible llevar a cabo a falta de movimientos los cuales no puede ejecutar, en lo que cabe mencionar fue posible diseñar en software las estructuras correspondientes de un tercer y cuarto eje para ser adaptadas en diseño CAD. Con tal diseño es posible visualizar en un modelo 3D la máquina CNC y a la vez generar una simulación de los movimientos que puede ejecutar, así mismo gracias a esta visualización se llevó a cabo una simulación representando el maquinado de una pieza poniendo en práctica el tercer y cuarto eje. Dicha implementación en físico, creará nuevas oportunidades a los actuales y futuros alumnos mecatrónicos para poder realizar prácticas más complejas a las que actualmente se ejecutan, permitiendo contar con mejores y más completas herramientas dentro del laboratorio de mecatrónica del Instituto Superior de Martínez de la Torre.

Personalmente esta experiencia me ha brindado un panorama más real de lo que es el mundo laboral y comprender de una forma más completa como es trabajar dentro de este entorno, en el que se debe cumplir las necesidades solicitadas por una empresa o institución, para lo cual es necesario contar con ciertas habilidades y conocimientos indispensables adquiridos a lo largo de la carrera.

10.RECOMENDACIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos tras el desarrollo del prototipo, se hacen las siguientes recomendaciones siendo posible mejorar sus características al implementar las siguientes modificaciones o adiciones.

- Una recomendación a implementar en un futuro para el sistema que contiene la cabina realizada en este proyecto, es la creación de un apartado para la incorporación de un filtro el cual puede ir colocado en alguna parte entre la tubería por la cual se extraen los gases, con la finalidad de filtrar y reducir los humos, así como posibles partículas emitidas al exterior por la máquina láser.
- Este prototipo está construido con materiales frágiles como lo son paredes de madera y grandes ventanillas de cristal, se recomienda realizar el cambio de estos materiales por unos más resistentes como lo son láminas de acero inoxidable de 1/16 de pulgada.
- Se recomienda mantener la cabina en zonas alejadas de humedad, ya que de lo contrario es muy probable que las paredes se dañen, así como también un área donde no corra riesgo de posibles golpes que podrían fracturar los cristales impidiendo su correcto funcionamiento.
- Una recomendación para la incorporación e impresión del tercer eje, es tomar en cuenta las medidas del láser, ya que de adquirir un modelo de laser con medidas no compatibles con el diseño creado en SolidWorks será necesario modificar algunos parámetros en éste.
- Para el cuarto eje rotatorio es posible hacer una adaptación de no contar con el Chuck mencionado en este documento, siendo posible incorporar un Broquero para taladro de ½ pulgadas.
- La CNC cuenta con una base de madera de un grosor muy delgado y de un material muy frágil (madera), se recomienda realizar el cambio de materiales de la base a aluminio de ¼ de pulgada, esto se debe a que en esta pieza se colocará la base del cuarto eje de dicha máquina con lo que es necesario contar con materiales resistentes obteniendo una mejor colocación y firmeza.

- La cabina cuenta con un apartado en el cual debe colocarse un filtro, por falta de presupuesto actualmente el prototipo con cuenta con este dispositivo, se recomienda adquirir uno y reemplazar periódicamente ya que este puede saturarse provocando el flujo y caudal no suficiente.
- Se recomienda no hacer modificaciones en la estructura de la cabina podría impedir el funcionamiento correcto de esta o la vez dañarla ya que está fabricada con un material frágil y difícil de trabajar, sin embargo, el material con el que está fabricada es un material de fácil adquisición que pueden ser cambiadas fácilmente para hacer sus adaptaciones.
- Se recomienda limpiar periódicamente las guías lineales, para evitar atascamientos mientras el sistema se encuentra en movimiento, ya que partículas de polvo pueden acumularse en estas e impedir realizar las acciones a las velocidades requeridas por el usuario.
- Para un buen uso y funcionamiento de este prototipo sistema extractor de humos y gases de la máquina láser CNC, se recomienda revisar el manual de operaciones con el que se tendrá el mejor funcionamiento evitando contratiempos, ver anexo 1.
- Se recomienda utilizar la cabina con la puerta totalmente cerrada cuando la máquina este realizando algún proceso de maquinado ya que se debe evitar el contacto directo de la luz del láser con los ojos.

11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ✓ Arpi, J. G. & Cabrera, D. R. (2013) Implementación de un Sistema de Control para una Máquina CNC Láser. Tesis, Universidad Politécnica Salesiana. Ecuador.
- ✓ Armas, J. A. & Chávez, G. V.(2021) Diseño y construcción de un prototipo de cortadora láser CNC para el grabado y corte de madera (MDF) de un espesor 4mm para la empresa Servihardmetal. Trabajo de titulación, Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito.
- ✓ Boylestad, B.L & Nashelsky L. (2009). Electrónica: Teoría de Circuitos y Dispositivos Electrónicos. Décima Edición. Pearson Educación de México.
- ✓ Carrillo, H. E. (2011) Diseño y Cálculo de un Sistema de Extracción Localizada de Humos Metálicos y Gases Provenientes del Proceso de Soldadura. Tesis de grado, Escuela Superior Politécnica del Litoral. Guayaquil Ecuador.
- ✓ Çengel, Y. A., Boles, M. A. (2014) Termodinámica. Octava edición. McGraw-Hill: México.
- ✓ Chávez, R. E., Chávez, U. E., Rivera, J. D. Roa, K. (2015) Prototipo Cortador y Grabador Láser. Trabajo terminal II, Instituto Politécnico Nacional.
- ✓ CloudNC (2021). ¿CUÁL ES LA DIFERENCIA ENTRE EL FRESADO DE 3 EJES, 4 EJES Y 5 EJES?. Consultado el 12 de octubre de 2021 de <https://bit.ly/3rJKKdl>
- ✓ Delgado, P. Y., García, I. C., Lagos, J. G., Urrego, L. F. (2009) Diseño e implementación de un control CNC para crear modelos y esculturas en tercera dimensión a partir de un diseño CAD. Trabajo de grado, Universidad de San Buenaventura, Bogotá D.C.
- ✓ Fuentes, J. D., Méndez, M. A., Muñoz, J. A., Romero, F. A. (2015) Diseño y construcción de un prototipo de máquina tipo cartesiano para el corte y grabado láser en papel. Trabajo de grado Bogotá D.C.
- ✓ Gómez, S. (2014) SolidWorks Práctico I. Primera edición, Alfaoinega Grupo Editor, México.
- ✓ Gómez, S. (2015) El gran libro de SolidWorks. Segunda Edición, Alfaomega Grupo Editor, México.
- ✓ Guzmán, J. R. & Ocampo, J. P. (2018) Diseño de un cuarto eje para una máquina CNC de la empresa industrias RINAR S.A.S. Universidad Autónoma de Occidente. Santiago de Cali.

- ✓ Hibbeler, R. C. (2017) Mecánica de materiales. Novena edición. Pearson Educación de México.
- ✓ Lima, W. R. (2011) Proyecto de mejoramiento para el diseño de cabinas para soldadura. Trabajo de graduación, Instituto Tecnológico Universitario Guatemala – Sur, (I.T.U.G.S.).
- ✓ López, G. (2018) Sistema de extracción de humos y gases en el área de soldadura. Trabajo de grado, Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz.
- ✓ Nederman (s. f.) Soluciones para la extracción de humo y polvo en un entorno de trabajo de impresión 3D. Consultado el 14 de octubre de 2021 de <https://bit.ly/33zC6X9>
- ✓ Mcat (s. f.) Colector de Humo. Consultado el 12 de octubre de 2021 de <https://bit.ly/3fMy6VA>
- ✓ Mahmood, S. & Mohsin, H. (2021). Design and Fabrication of 3-Axes Mini CNC Milling Machine.
- ✓ Mantilla, J. A. (2017) Diseño y programación de un eje rotatorio para la máquina de corte láser NTC TLM 610. Facultad de Ingeniería, Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Consultado el 11 de octubre de 2021 de <https://bit.ly/3qPgLle>
- ✓ Morales, H. A. (2012) Diseño mecánico de la estructura para un Reuter CNC. Tesis de maestría, Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ingeniería, México D.F.
- ✓ Munive, E. G. (2013) Actualización de una Máquina CNC por Corte Láser. Tesis, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Padilla, R. N. (2017) Diseño y construcción de una cortadora láser para papel con interfaz gráfica. Trabajo de grado, Universidad Técnica del Norte.
- Quiceno, J. C. (2019) Diseño de una máquina CNC multifuncional. Universidad Autónoma de Occidente. Santiago de Cali.
- Radovanovic M (2014). LÁSER CUTTING MACHINES FOR 3-D THIN SHEET PARTS
- Rojas, R. R. (2018) estudio de corte láser por co2 en materiales compuestos: Fibra de vidrio (fv) + resina poliéster, fibra de vidrio (fv) + Fibra natural (fn) + resina poliéster. Trabajo de investigación, Universidad Técnica De Ambato
- Sánchez, S. F. (2019) Los sistemas láser en el corte y marcado de materiales usando Arduino UNO. Universidad Privada de Pucallpa. Tesis, Ucayali – Perú.

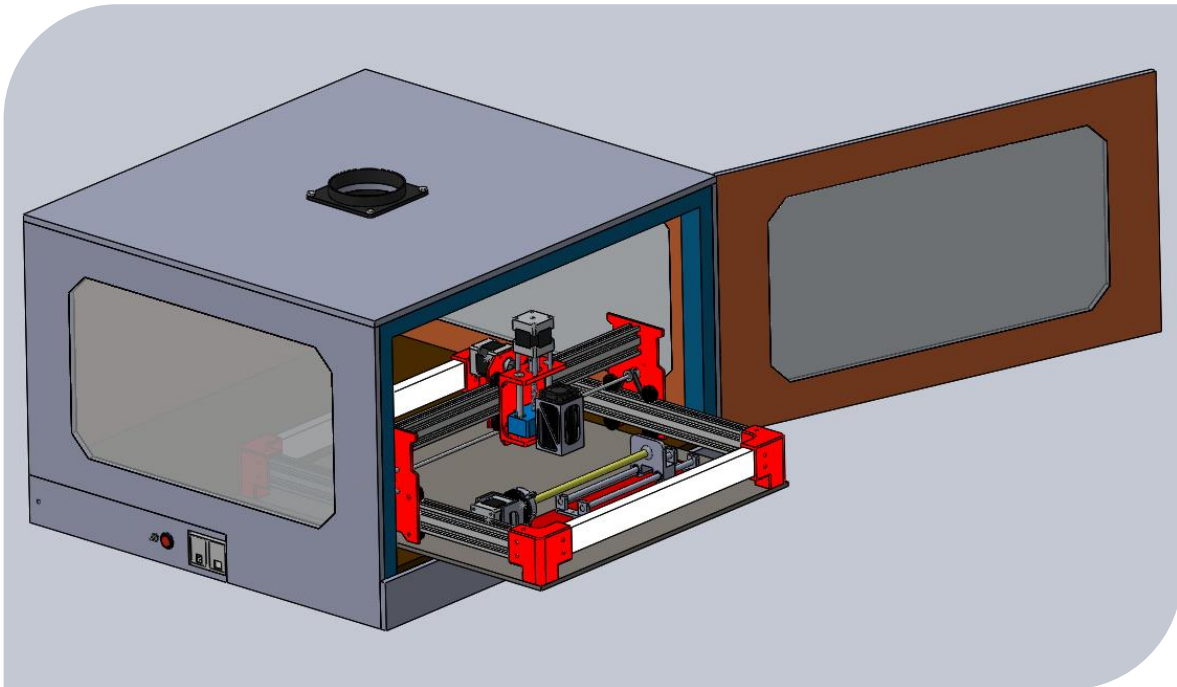
- Sentry Air Systems. (s. f.) Extractores de humo y sistemas de recolección de partículas para trabajos de impresión en 3D. Consultado el 12 de octubre de 2021 de <https://bit.ly/33IcfTP>
- Sierra, R. E. (2015) Diseño y simulación de un extractor de humos de soldadura para espacios confinados. Trabajo de investigación, Universidad Tecnológica de Pereira.
- Silaghi, H. et al (2016). Four-Axis CNC Machine with Microcontroller for cutting Polystyrene with Hot Wire.
- Sjölund, E. (s. f.) Soluciones para la extracción de humo y polvo en un entorno de trabajo de impresión 3D. Consultado el 12 de octubre de 2021 de <https://bit.ly/3GRCOxc>
- Vivanco, R. R. (2019) diseño e implementación de una máquina CNC láser para la impresión de plantillas de circuitos SMD. Trabajo de Titulación, Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

12. ANEXOS

12.1 Anexo 1 Manual de operaciones.

Máquina láser CNC.

Manual de operaciones Máquina láser CNC.



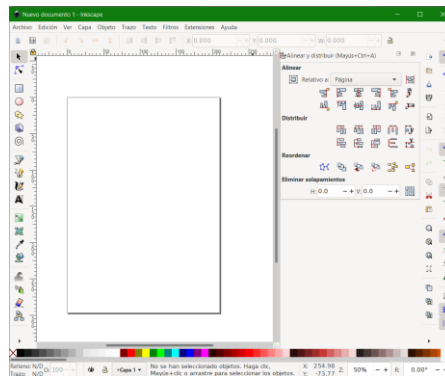
Cortes o grabados con máquina láser CNC.

Índice

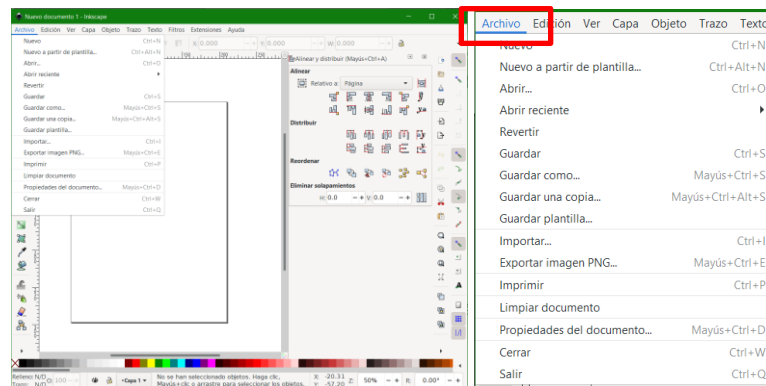
1.	Vectorizar imagen con programa Inkscape.....	74
2.	Generar código G con programa Inkscape para CNC láser.	78
3.	Insertar código G con software Universal Gcode Sender a la máquina láser CNC.	81
4.	Pulsadores de control.....	87

1. Vectorizar imagen con programa Inkscape.

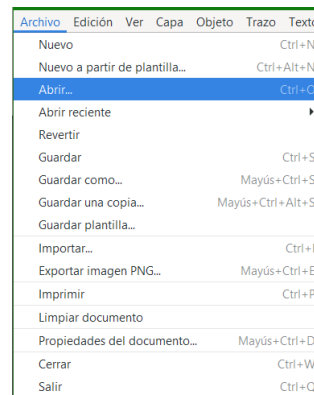
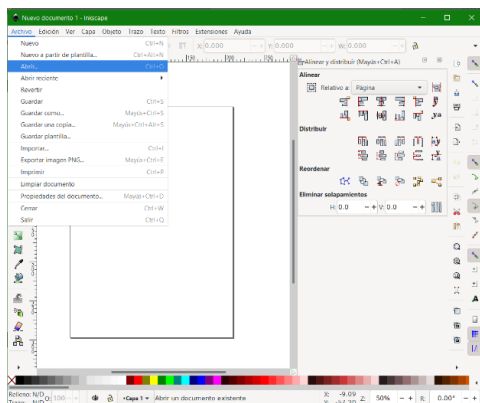
Se debe ejecutar el programa Inkscape en el ordenador para iniciar el proceso de vectorización.



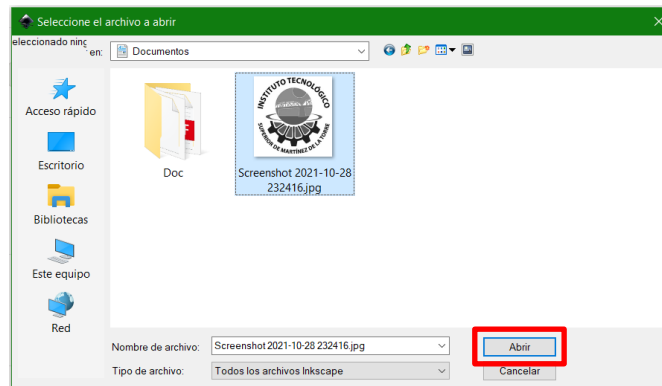
Una vez ejecutado Inkscape se visualizará la interfaz principal del programa, en la cual se da clic en la opción de archivo, localizada en la barra superior del menú.



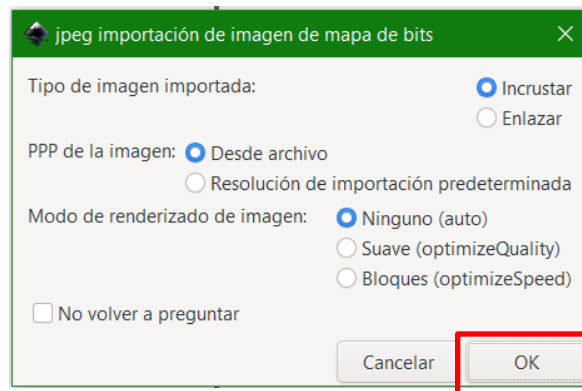
Posteriormente se selecciona la opción de abrir, dicha opción abrirá una nueva ventana en la cual se busca la ubicación de la imagen la cual se vectorizará.



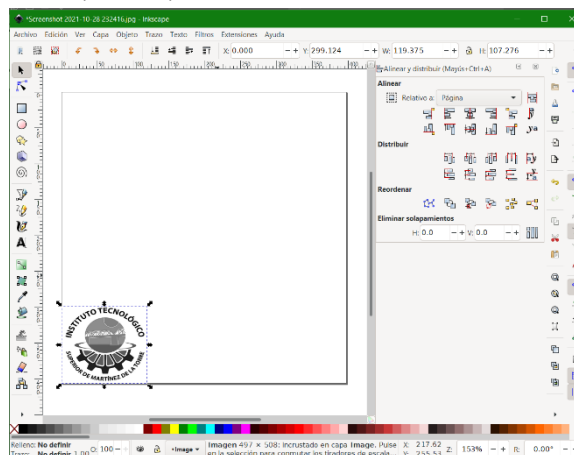
Teniendo la ubicación se selecciona la imagen y se da clic en la opción de abrir, como recomendación se deben elegir imágenes en formato png, jpg, así como imágenes en blanco y negro para mejores resultados.



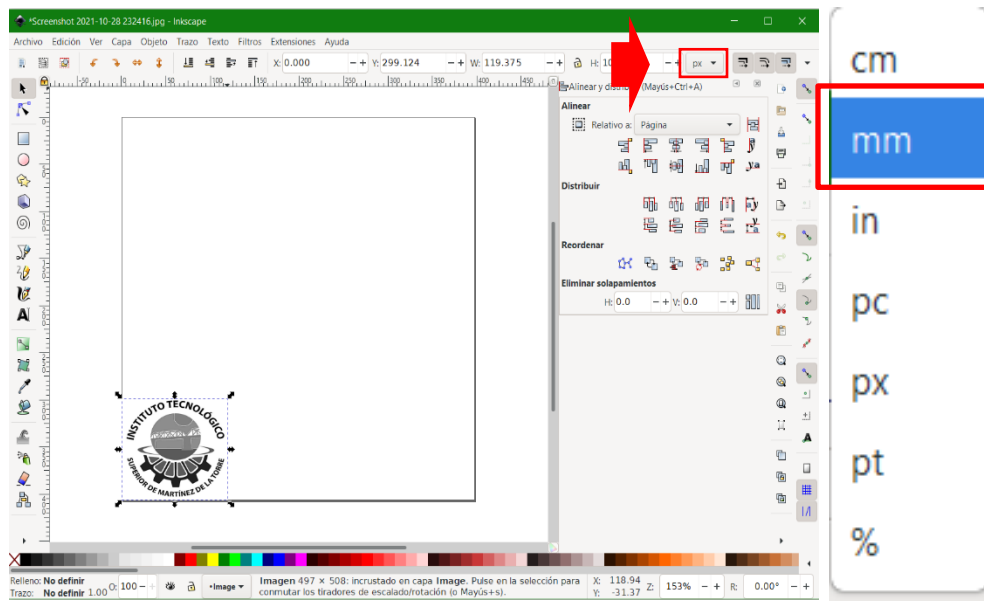
Se abrirá una segunda ventana en la cual se selecciona la opción aceptar.



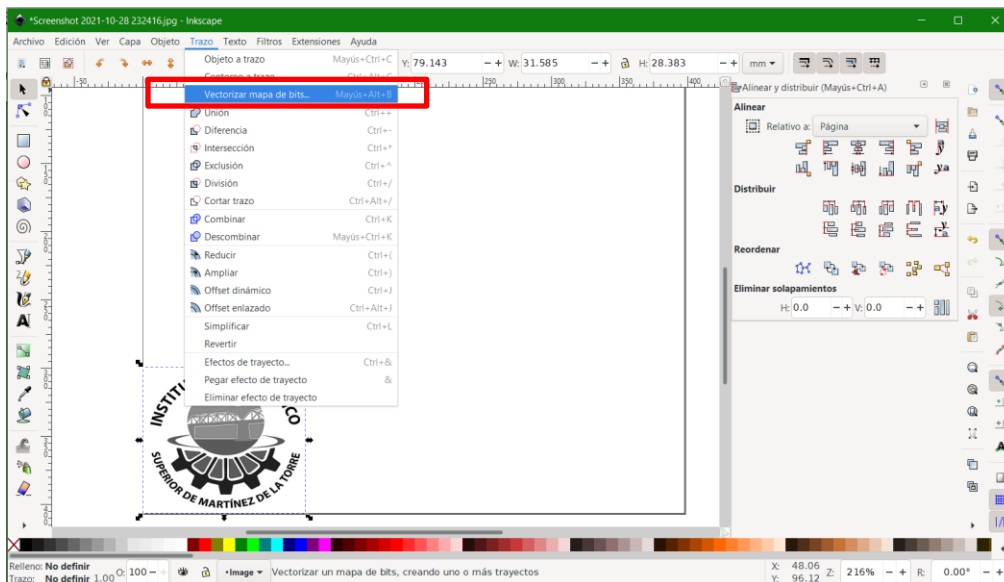
En la interfaz del programa se visualizará la imagen seleccionada, es necesario ajustar la imagen al tamaño requerido por la pieza.



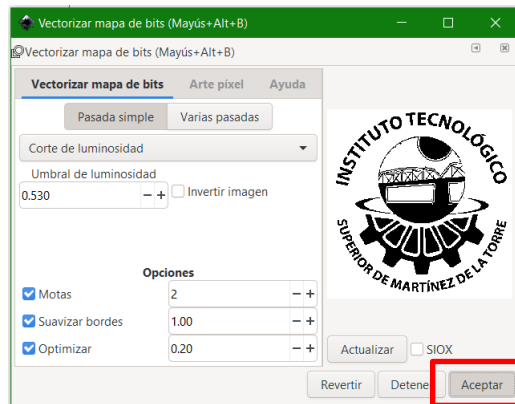
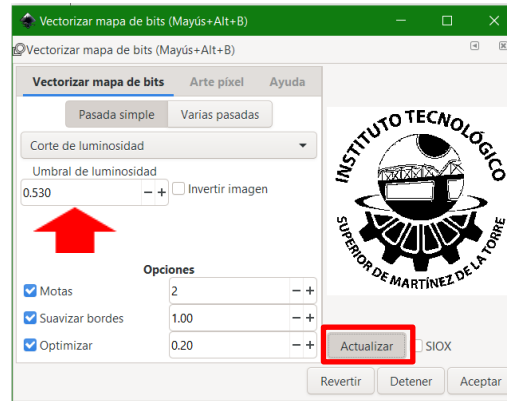
Es necesario cerciorarse que la hoja de trabajo este establecida en las dimensiones correctas, para ello se da clic en la opción superior izquierda, en la cual se encuentran distintas dimensiones para implementar y se selecciona la opción de milímetro.



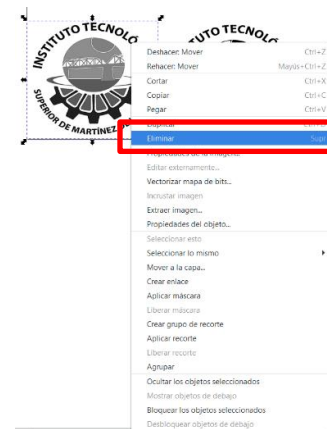
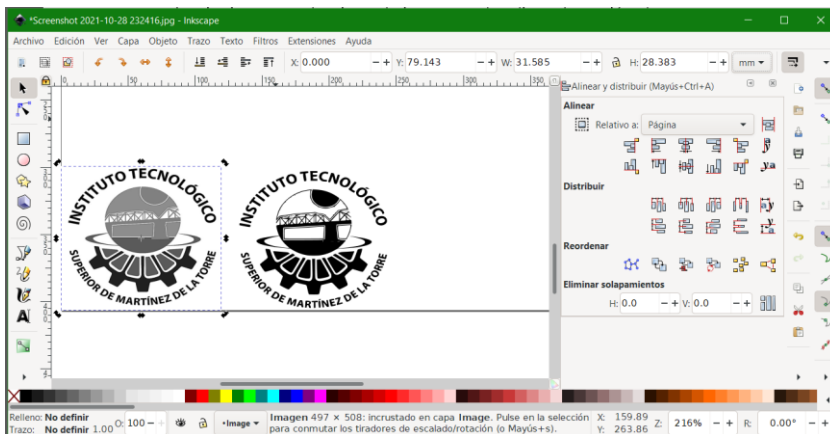
Lo siguiente es seleccionar la imagen dar clic en la opción de trazo que se encuentra en la barra superior del menú y seleccionar vectorizar mapa de bits.



Se abrirá la siguiente ventana, donde se visualizará la imagen a vectorizar, en la opción de umbral de luminosidad en necesario buscar el valor ideal, posterior a esto se da clic en actualizar para visualizar los cambios en la imagen y en aceptar para guardar los cambios.

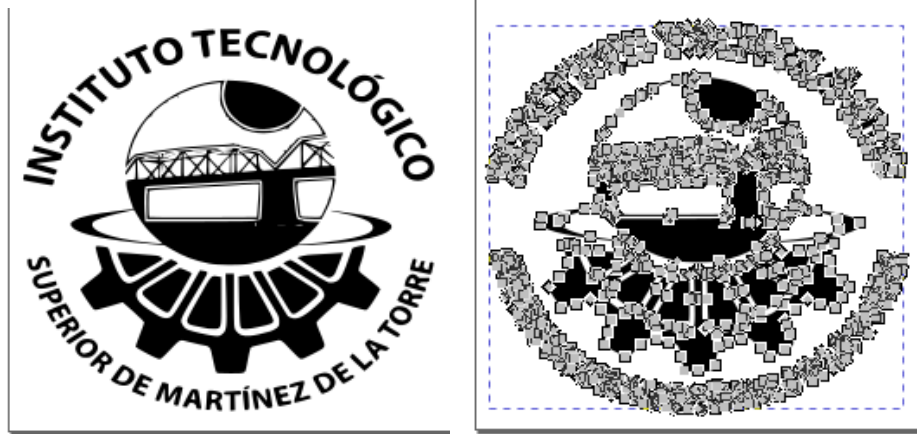


En la hoja de trabajo se creará una segunda imagen ya vectorizada, es necesario eliminar la imagen original y conservar la que se generó.

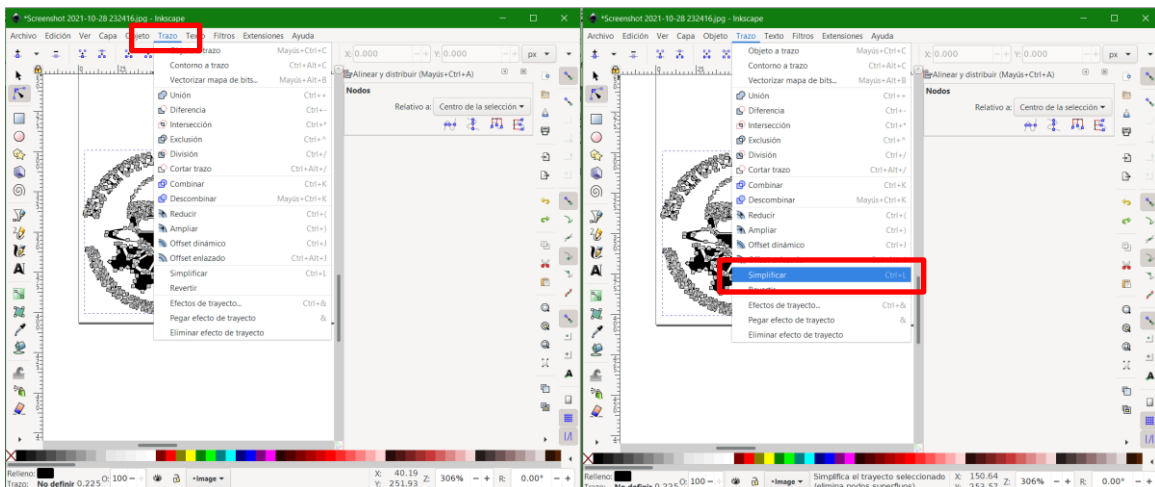


2. Generar código G con programa Inkscape para CNC láser.

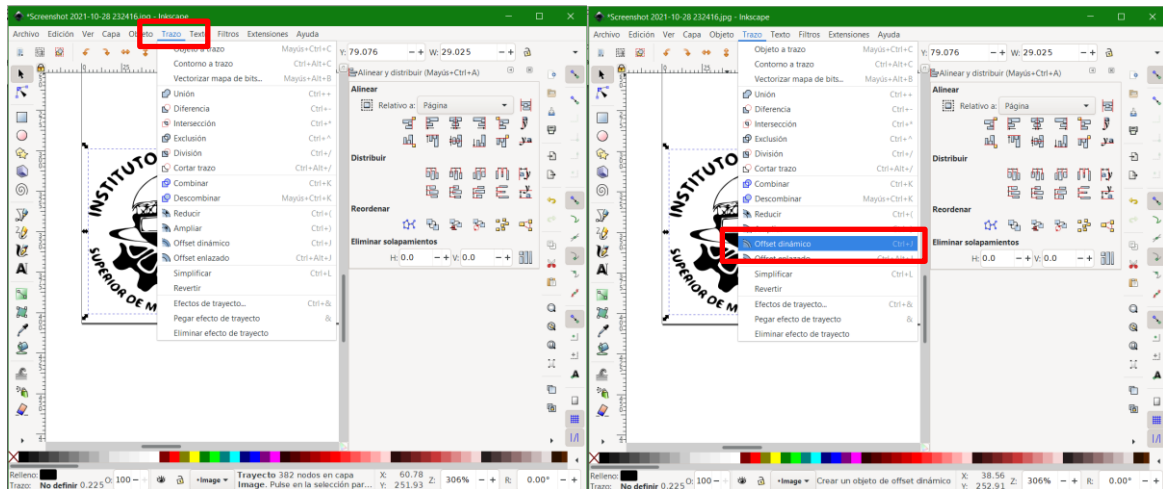
Contando con una imagen ya vectorizada en el software Inkscape se da doble clic en esta, se visualizará una imagen saturada de puntos de trayectoria.



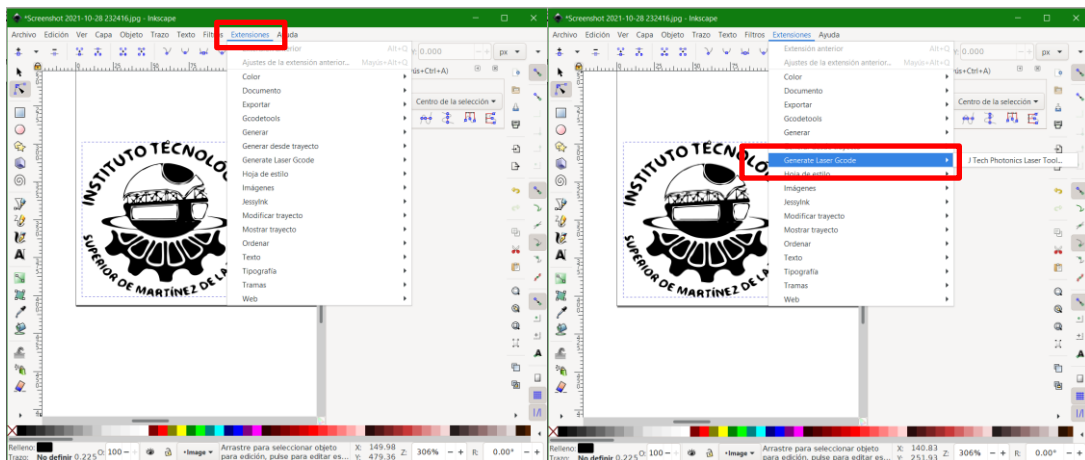
Para reducir los puntos de trayectoria se da clic en la opción trazo que se encuentra en la barra del menú y se selecciona simplificar.



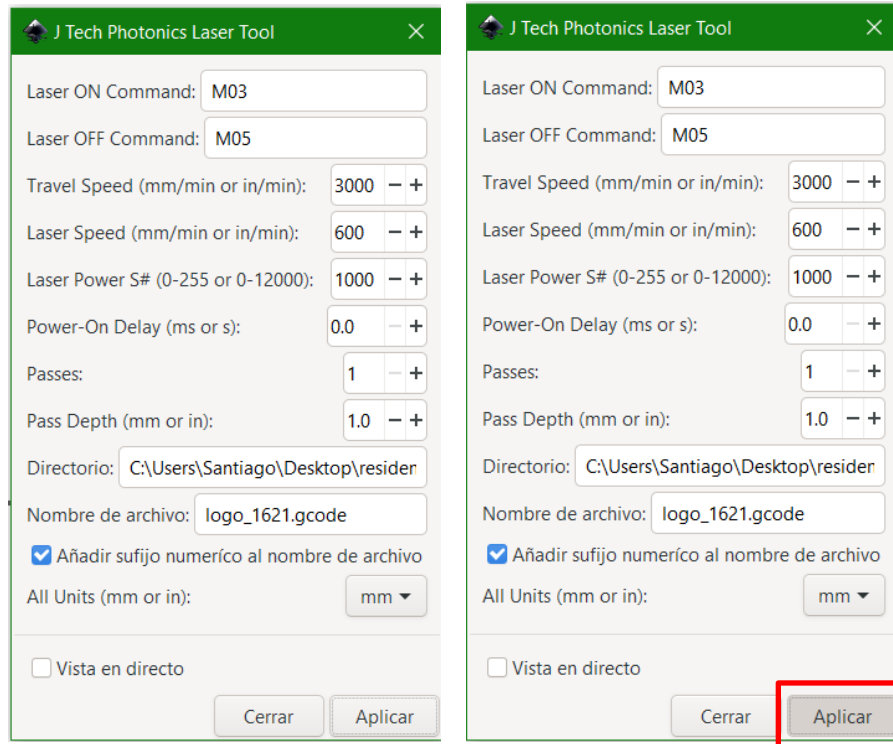
Lo siguiente es seleccionar la imagen resultante, nuevamente se da clic en la opción trazo del menú y clic en offset dinámico, se observará que las líneas de selección en la imagen serán distintas.



Se da clic en la opción extensiones, localizada en la barra superior del menú, posterior a esto se selecciona la opción Generate Láser Gcode y por último la opción J Tech Photonics Láser Tool.



Se abrirá una ventana en la se encuentran parámetros de operación, es necesario establecer los siguientes valores predeterminados a excepción del directorio y nombre de archivo, por último, se da clic en la opción aplicar.



3. Insertar código G con software Universal Gcode Sender a la máquina láser CNC.

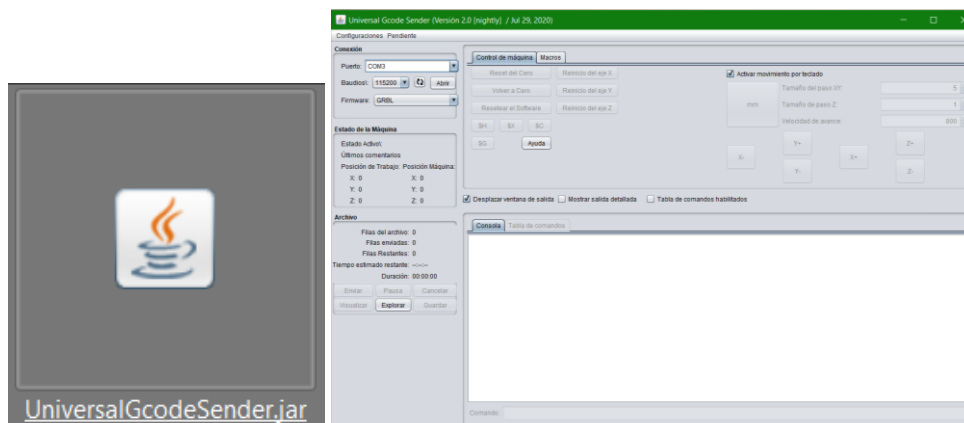
Para realizar este proceso es necesario conectar al toma corrientes la fuente de poder de la máquina láser CNC.



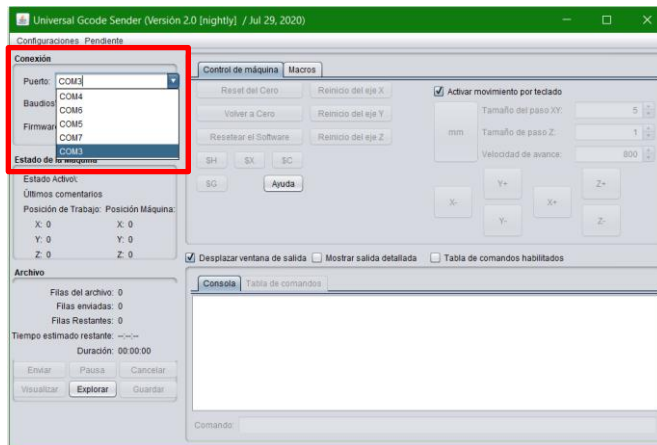
Se conecta el cable USB tipo B a la tarjeta Arduino UNO, así mismo se conecta el otro extremo del cable con conexión USB a la PC.



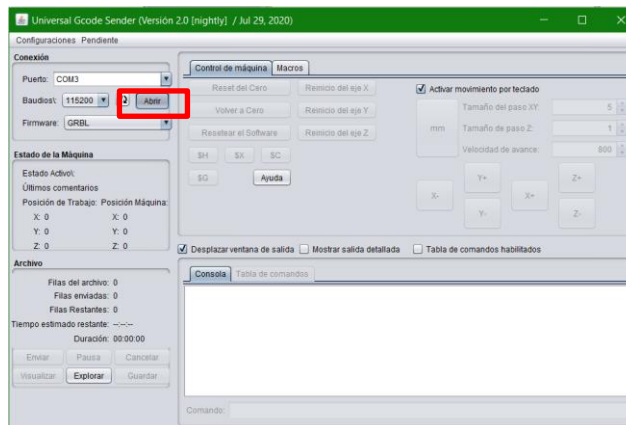
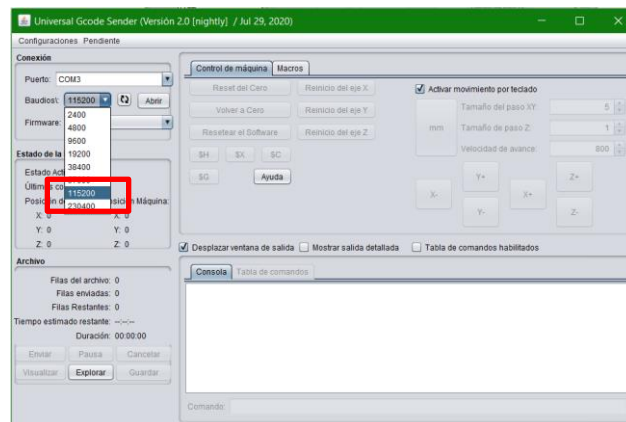
Ejecuta el software Universal Gcode Sender en el ordenador con el cual se controlará la CNC, así como insertar el código G al Arduino.



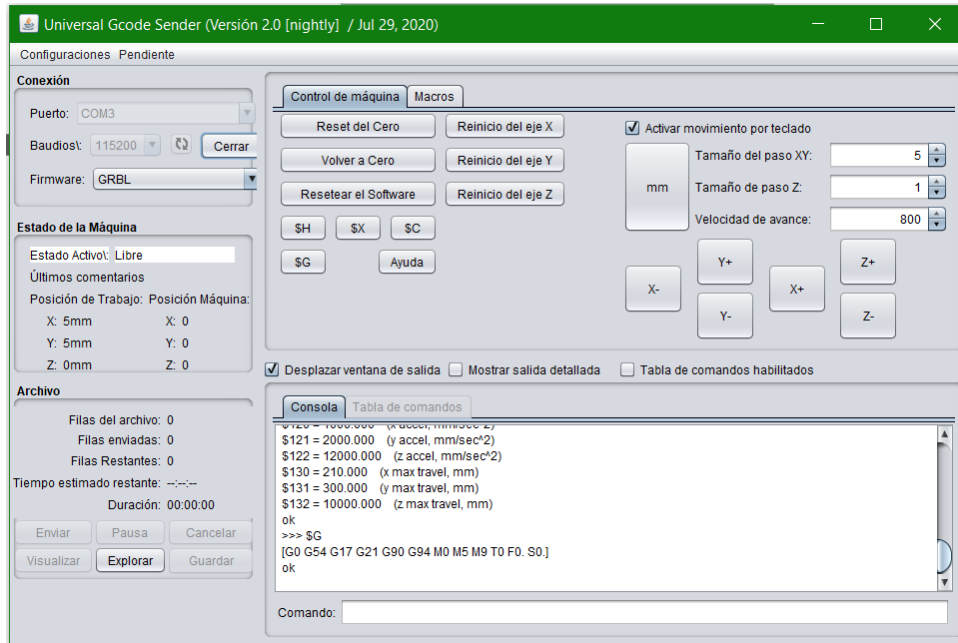
Una vez dentro de la interfaz de Universal Gcode Sender en el apartado de conexiones es necesario seleccionar el puerto COM en el cual esté conectado el cable USB al ordenador.



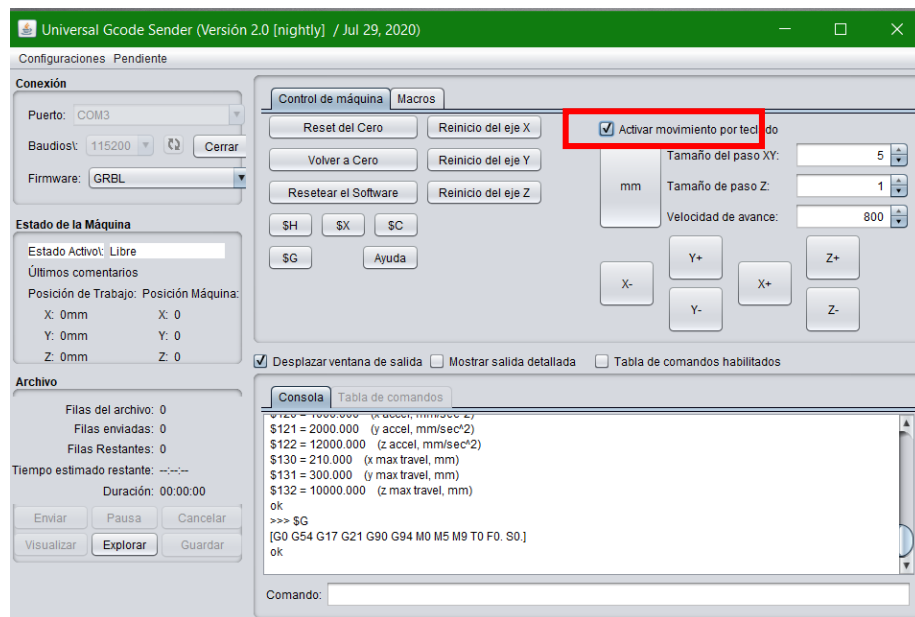
Lo siguiente es seleccionar los baudios correspondientes que se encuentra en el mismo apartado de conexiones, seleccionar la opción de 115200 y dar clic en abrir.



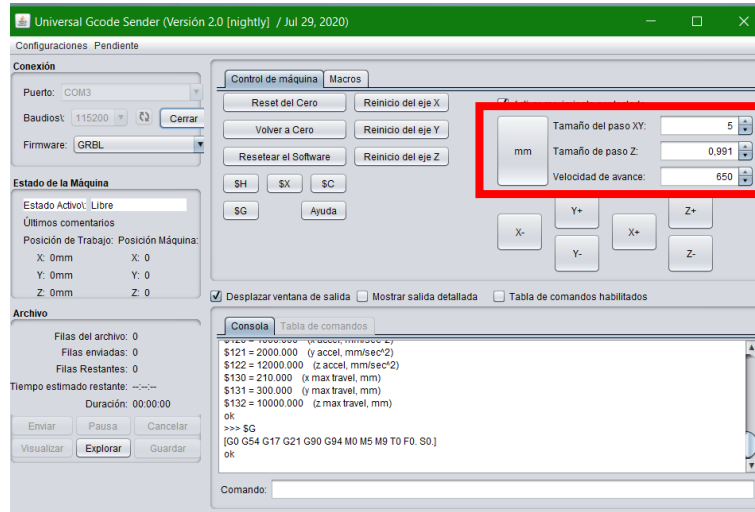
La interfaz de Universal Gcode Sender se visualizará de la siguiente manera, lo cual indica que ya existe una conexión entre el ordenador y la máquina láser CNC.



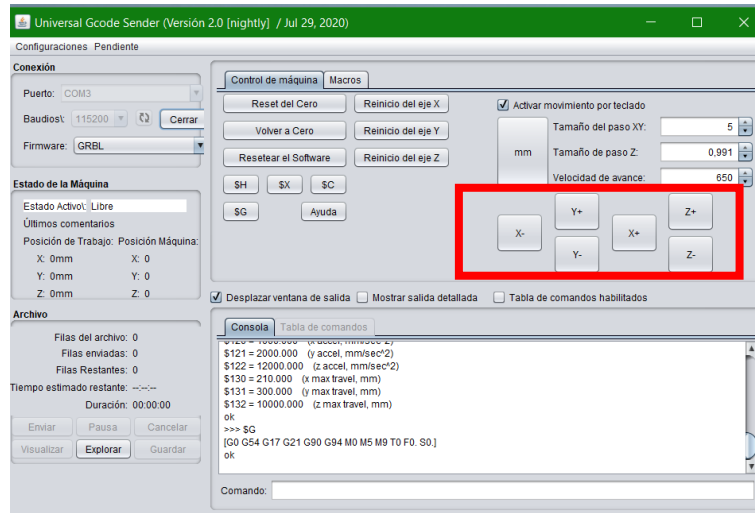
Es necesario tener activa la función de movimiento por teclado, ya que esta función permite ejecutar los movimientos de los ejes en la CNC.

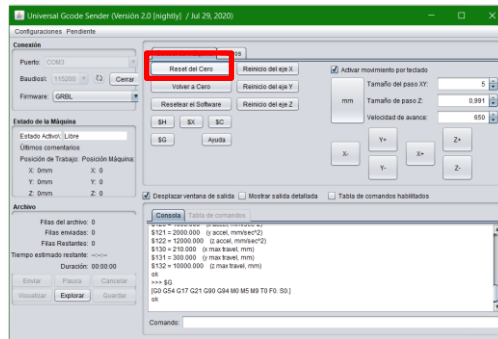


Lo siguiente es establecer el tamaño de los pasos para los motores en los ejes XY y Z, también se selecciona en que unidades se dará el avance y por último la velocidad de avance, que para este caso es de 650mm/s ya que se grabará en madera.

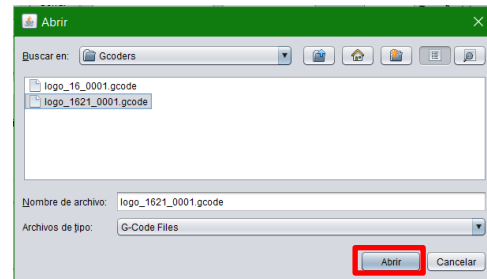
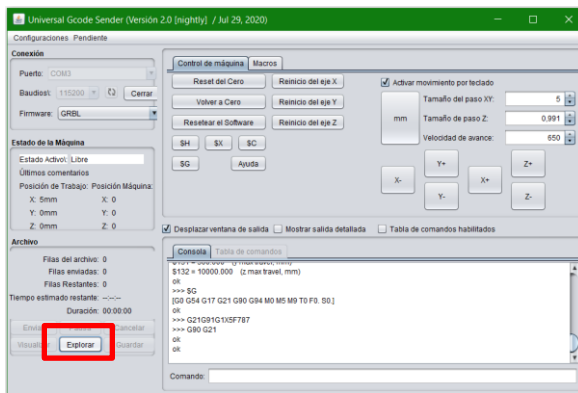


Es necesario posicionar el cabezal de la CNC en la ubicación donde se encuentra la pieza a grabar, para ello con ayuda de los botones x+, x-, y+, y-, z+, z-, se desplazan los ejes en avance o retroceso, una vez localizado el punto se da clic en reset del cerо, el cual indicará que es el punto a partir de donde ejecutara las líneas del código.

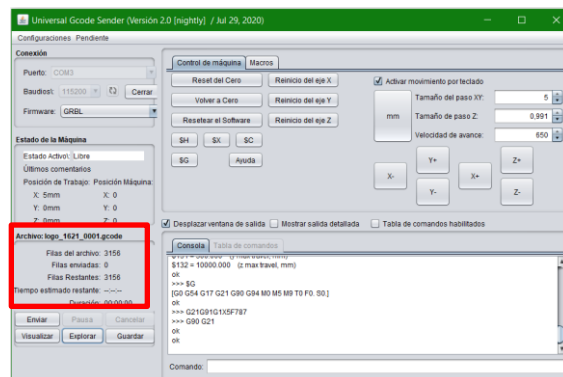




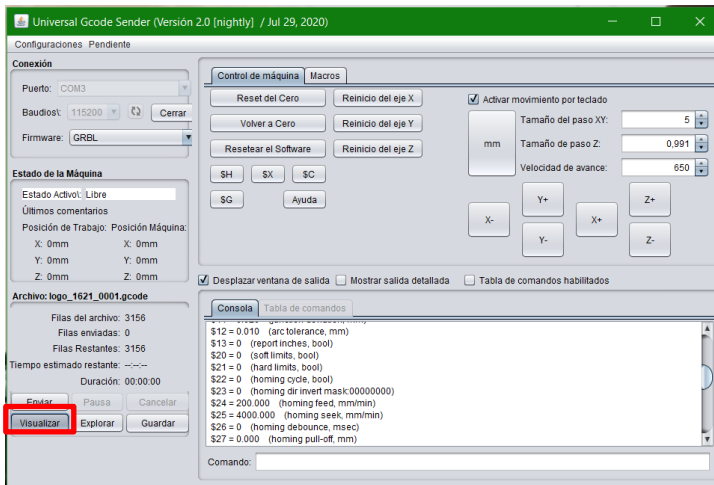
En el apartado de archivo, se da clic en la opción explorar, la cual abrirá una nueva ventana y es necesario buscar la dirección donde se guardó el código G que se generó en Inkscape, una vez seleccionado se da clic en abrir.



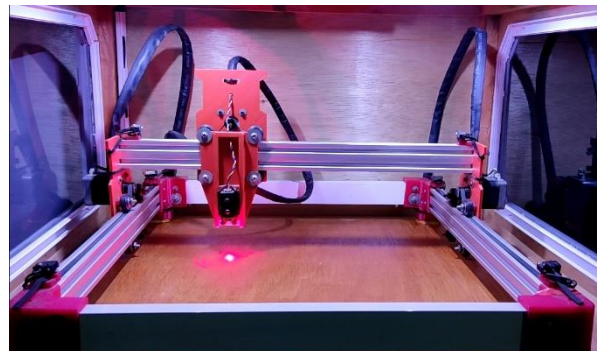
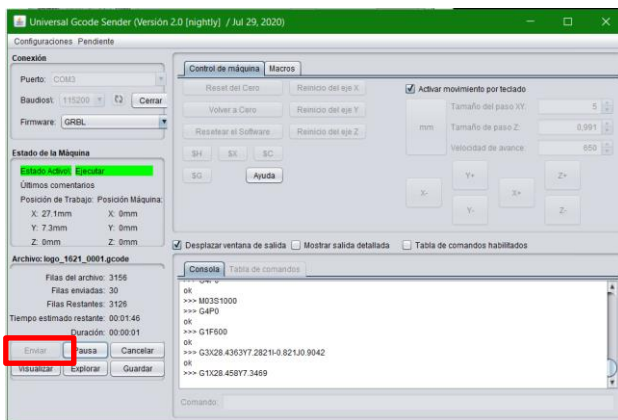
El apartado de archivo mostrará los datos del código, las cuales son el número de filas que contiene en total el archivo el número de filas enviadas y restantes, así como el tiempo estimado en ejecutar todas las líneas, también se visualizan algunas opciones que permanecían bloqueadas.



La opción visualizar en el apartado de archivo abre una nueva ventana en la cual es posible observar una pre visualización del diseño a maquinar, las líneas de movimiento de maquinado, así como las dimensiones del grabado.



Por último, se da clic en la opción de enviar, con esto se enviará el código al Arduino y se ejecutará el maquinado en la pieza, además en el mismo apartado se observará el avance de las filas enviadas y el tiempo estimado restante para finalizar el proceso.



4. Pulsadores de control

Antes de realizar el corte o grabado de alguna pieza es necesario encender el extractor que se encuentra dentro de la cabina, para ello en el área de control se cuenta con un botón on/off el cual ejecuta dicha acción.



La cabina cuenta con iluminación led en el interior, la cual es controlada mediante un botón de palanca ya sea para encender o apagar los leds, este interruptor se encuentra en el área de control.

