



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE QUINTANA ROO

DIVISIÓN DE CIENCIAS, INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

Implementación y verificación de funcionalidad de la
maquina CNC 1419 para la fabricación de PCB

TESIS

PARA OBTENER EL GRADO DE

INGENIERA EN SISTEMAS DE ENERGÍA

PRESENTA

JUAN ALBERTO MATUS CHAN

DIRECTOR

Dr. Freddy Ignacio Chan Puc

ASESORES

Dr. Jorge Ovidio Aguilar Aguilar

MM. Jesús Orifiel Álvarez Ruiz

MP. Set Jubal Castillo Ávila

Dr. Guillermo Becerra Nuñez



CHETUMAL QUINTANA ROO, MÉXICO, FEBRERO DE 2024



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE QUINTANA ROO

DIVISIÓN DE CIENCIAS, INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

TRABAJO DE TITULACIÓN

Implementación y verificación de funcionalidad de la maquina
CNC 1419 para la fabricación de PCB

ELABORADO POR

Juan Alberto Matus Chan

BAJO SUPERVISIÓN DEL COMITÉ DEL PROGRAMA DE LICENCIATURA Y APROBADO COMO REQUISITO
PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE:

INGENIERA EN SISTEMAS DE ENERGÍA

COMITÉ SUPERVISOR

SUPERVISORA:

Dr. Freddy Ignacio Chan Puc

SUPERVISOR 1

SUPERVISOR:

Dr. Jorge Ovidio Aguilar Aguilar

SUPERVISOR 2

SUPERVISOR:

MM. Jesús Orifiel Álvarez Ruiz

SUPERVISOR 3

SUPERVISOR SUPLENTE:

MP. Set Jubal Castillo Avila

SUPERVISOR 4

SUPERVISORA SUPLENTE:

Dr. Guillermo Becerra Nuñez

SUPERVISOR 5



Índice

Dedicatoria	9
Agradecimientos.....	10
Introducción.....	11
Objetivo general	13
Objetivos específicos	13
Marco teórico.....	13
1.1. Maquina CNC	13
1.2. Funcionamiento	14
1.3. Programación en el control numérico	15
1.3.1. Programación Manual	15
1.3.2. Códigos Generales.....	16
1.3.3. Códigos Misceláneas	17
1.3.4. Programación automática.....	18
1.4. Tarjetas de Circuito Impreso.....	18
1.5. Tipos de placas PCB	18
1.5.1. PCB de una cara	18
1.5.2. PCB de doble cara	19
1.5.3. PCB multicapa.....	19
1.5.4. PCB rígido	20
1.6. Tipos de ensamble PCB'S	20
1.6.1. Tecnología de soldadura por ola:	21
1.6.2. Tecnología de refusión SMD (montaje en superficie):.....	21
1.7. Herramientas computacionales de diseños PCB'S.....	21

1.7.1. Software Fritzing.....	21
1.7.2. Software FlatCAM	22
1.7.3. Software Ultiboard	22
1.7.4. Archivos Gerber.....	23
1.8. Métodos tradicionales de fabricación de PCB'S	24
1.8.1. Técnica de Planchado por papel termotransferible	24
1.8.2. Técnica de Serigrafía	25
1.9. Métodos profesionales de fabricación de PCB's.....	26
1.9.1. Fabricación de PCB's usando CNC	27
1.9.2. Fabricación a nivel Industrial	28
Metodología.....	29
2.1 Enfoque de investigación.....	29
2.2 Técnicas de recolección de información	29
2.3 Población y muestra	29
2.4 Metas	29
Capítulo III: Ensamble de CNC 1419	30
3.1. Montaje de motores eje Z	30
3.2. Montaje conjunto de plataforma.....	40
3.3. Montaje de soporte	48
Capítulo IV: Software	55
4.1. Software Fritzing.....	55
4.2. Software FlatCAM.....	56
4.2.1. Vista espectador.....	57
4.2.2. Enrutamiento de aislamiento	57
4.2.3. Doble cara	58

4.3. Software GRBL Controller (Candle).....	58
4.4. Instalación y configuración de software de control	59
Capítulo V: Calibración y ajuste del equipo CNC 1419	61
5.1. Conexión de equipo a maquina	61
5.2. Calibración del GRBL	63
5.2.1. Inversor puerto de dirección, máscara \$3	64
5.2.2. Pasos [X, Y, Z] \$100, \$101 y \$102	64
5.2.3. Aceleración, mm/seg2 \$120, \$121, \$122. [X, Y, Z]	65
5.3. Configuración GRBL final	65
Capítulo VI: Desarrollo de pruebas experimentales	67
6.1. Creación de diseño de PCB.....	67
6.2. Importación de archivos en formato Gerber.....	78
6.3. General archivos G-code de perforación	79
6.4. General archivos G-code de PCB una cara y doble cara	81
6.4.1. General archivos G-code de corte de pista	81
6.4.2. General archivos G-code de corte de pista de doble cara.....	83
6.5. Proceso de colocación de placa en CNC.....	85
6.6. Importación de archivos G-code en programa de control	89
6.7. Proceso de perforación.....	90
6.8. Proceso de corte de pista	92
6.8.1. proceso de corte para PCB de doble cara.....	96
6.9. Limpieza de tarjeta PCB	99
6.10. Proceso de caligrafía	99
6.11. General archivos G- code del proceso de caligrafía	104
6.11.1. General archivos G-code de mascar de componentes	104

6.11.2. General archivos G-code de mascar de soldar	106
6.11.3. General archivos G-code de mascar de soldar trasera	108
6.12. Ajuste de laser para proceso de corte laser	110
6.13. Proceso de colocación de placa en CNC para modulo laser	112
6.14. Importar archivos G-code en programa de control de la CNC	113
6.15. Proceso de mascara de componentes	113
6.16. Proceso de mascar de soldar	116
6.16.1. Proceso de mascara de soldar trasera	118
6.17. Limpieza de tarjeta PCB (corte laser)	120
6.18. Montaje y ensamblado de componentes de la PCB	120
6.19. Finalización	124
Capítulo VII: Evaluación de resultados	125
Prueba experimental 1.- Calibración inicial step/mm de maquina CNC	125
Prueba experimental 2.- Rango de corte de profundidad para conectividad ...	126
Prueba experimental 3.- PCB una cara más ensamble de componentes	127
Prueba experimental 4.- PCB de doble cara más proceso de caligrafía	128
Prueba experimental 5.- PCB de doble completa	129
Recomendaciones	131
Conclusión	132
Bibliografía	133
Anexos	135
Anexo 1	135

Dedicatoria

A mis queridos padres y hermanos.

Este logro no habría sido posible sin su amor incondicional, apoyo constante y guía inspiradora. Dedicación y sacrificios han sido fundamental para este viaje académico. A través tiempos difíciles, siempre han sido guía, brindándome fuerza y orientación.

A ustedes, quienes han sido mis pilares, les dedico con profundo agradecimiento esta tesis. Gracias por ser mis consejeros inquebrantables y, sobre todo, mis amados padres y hermanos.

Con gratitud y cariño.

Juan Alberto Matus Chan

Agradecimientos

En primer lugar, a mis padres, hermanos y a Dios, Esta tesis es el resultado de vuestro amor, apoyo y guía constante. A mis queridos padres, gracias por ser mi fuente de inspiración. A mis hermanos, gracias por sus consejos y enseñanzas. A ti, Dios, mi gratitud por ser mi guía.

A mi facultad de ingeniería y docentes por brindarme la oportunidad de aprender y crecer en un entorno académico.

Al Dr. Freddy Ignacio Chan Puc y Jorge Ovidio Aguilar Aguilar por la oportunidad de trabajar en este proyecto y su comprensión, paciencia, entrega y valiosos consejos a lo largo del proceso de investigación.

Al MM. Jesús Orifiel Álvarez Ruiz y A MP. Set Jubal Castillo Ávila por su apoyo en proporcionarme acceso en recurso y material. Al igual que conocimientos e información para la culminación de este proyecto.

Al Ing. Gabriel Enrique Chan González por proporcionarme acceso a herramientas y consejos para mejorar objetivos establecidos en este proyecto.

Al Dr. Guillermo Becerra Nuñez por ofrecerme información requerida para lograr objetivos trazados en este proyecto.

A mis amigos por estar siempre ahí con su apoyo y cariño. Su amistad es un regalo invaluable que aprecio profundamente.

Y finalmente agradezco al COQCYT por el financiamiento de este proyecto siendo un apartado del proyecto del cual fui incluido.

Juan Alberto Matus Chan

Introducción

En la actualidad, el método de planchado persiste como una técnica común en la fabricación de tarjetas de circuito impreso (Printed Circuit Board, PCB); sin embargo, se enfrenta a desafíos considerables, como el uso de productos químicos perjudiciales para el medio ambiente, imprecisiones milimétricas y limitaciones en la creación de circuitos más complejos, lo que lo hace propenso a errores. Como respuesta a estos desafíos, han surgido máquinas especializadas diseñadas para ejecutar este proceso de manera más eficiente. No obstante, para garantizar un rendimiento óptimo, es imperativo comprender a fondo el papel y el funcionamiento específico de cada componente de estas máquinas.

En este contexto, el desarrollo de PCBs mediante la manufactura de una máquina de control numérico se presenta como una solución integral para la producción de PCB. Este enfoque busca mejorar la eficiencia en la fabricación y eliminar la necesidad de utilizar productos químicos dañinos, contribuyendo así a la producción más sostenible y eficiente de circuitos impresos.

El objetivo principal de este proyecto es desarrollar PCBs mediante de la manufactura asistida por computadora que ofrece una máquina de control numérico (CNC) para fabricar circuitos impresos de manera profesional. La investigación inicial aborda los procesos de fabricación de una PCB y el funcionamiento de las máquinas CNC, empezando el capítulo 1 incluyendo el ensamblaje de una máquina de control, en este caso, una CNC 1419. Continuando en el capítulo 2 explorando el uso de software recomendado para la creación de circuitos y la edición de parámetros para la fabricación de PCB, convirtiendo archivos en G-code esenciales para el manejo del software de control de las máquinas CNC.

Posteriormente en el capítulo 3 se incluye el detallado proceso de calibración y ajustes necesarios para el manejo eficiente y preciso de la máquina. Iniciando así con el capítulo 4 donde se establece un proceso didáctico para la fabricación de PCB, describiendo cada paso de manera clara y comprensible para que otros usuarios puedan replicarlo con facilidad.

Finalmente en el capítulo 5 se incluirá una evaluación detallada de las pruebas realizadas, señalando cada punto de mejora en el proceso de creación de las PCB. Además, se proporcionarán recomendaciones adicionales para perfeccionar el proceso en futuros proyectos. Este enfoque integral busca no solo implementar una solución técnica, sino también facilitar la comprensión y replicabilidad del proceso para el beneficio de la comunidad interesada en la fabricación de circuitos impresos de manera más eficiente y sostenible.

Objetivo general

Desarrollar una Metodología de fabricación de placas PCB mediante la Manufactura Asistida por Computadora, utilizando una máquina de control numérico.

Objetivos específicos

- ❖ Investigar métodos de fabricación de PCB para comparación del proceso automatizado.
- ❖ Ensamblar la máquina CNC.
- ❖ Instalar y configurar del software de manejo.
- ❖ Calibrar y ajuste del equipo para su funcionamiento optimo.
- ❖ Desarrollar de pruebas experimentales para uso general.
- ❖ Evaluar resultados de pruebas piloto.

Marco teórico

Las máquinas CNC son equipos automatizados que cortan, taladran o moldean materiales según instrucciones programadas. Se utilizan en la fabricación para producir piezas con alta precisión y repetibilidad, son comunes en diversas industrias gracias a los avances tecnológicos. Este enfoque permite a las fábricas producir componentes industriales con precisión y eficiencia. Desde su inicio en la década de 1950, las máquinas CNC han experimentado una notable evolución en términos de tamaño y complejidad, adaptándose constantemente a las tecnologías digitales emergentes (SystèmeS, 2023).

1.1. Maquina CNC

Las máquinas CNC son herramientas automatizadas que utilizan programación informática para fabricar piezas precisas de manera eficiente. Se emplean en procesos de fabricación, donde el software de diseño convierte los diseños en instrucciones comprensibles para las máquinas. Estas ofrecen ventajas como mayor productividad y precisión, minimizando errores humanos (De Ingeniería, 2023).

1.2. Funcionamiento

El funcionamiento de la tecnología CNC se basa en un controlador incorporado en las máquinas equipadas con esta tecnología. Este dispositivo recibe las instrucciones de producción desde la computadora y las convierte en señales eléctricas que estimulan las diferentes partes de la máquina CNC, permitiéndole iniciar su proceso de trabajo (BernieA, 2022).

Explicando el funcionamiento básico de los componentes de la máquina CNC ver (Figura 1).

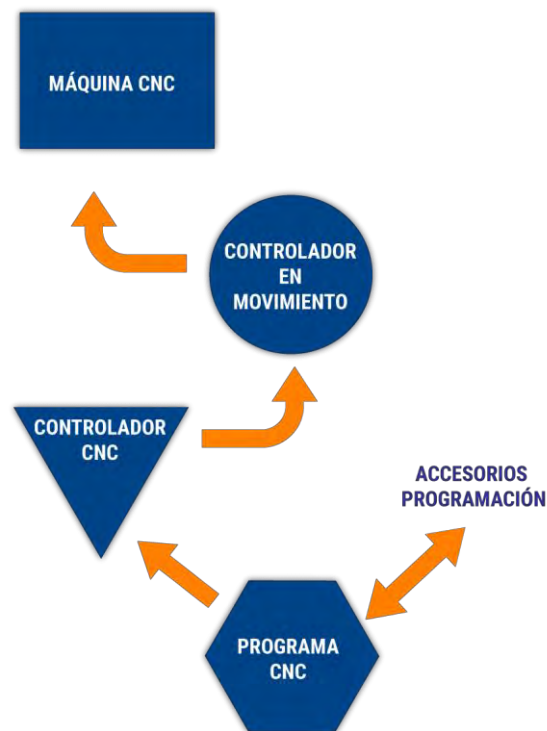


Figura 1.- Funcionamiento básico de una máquina CNC

Donde emplea los elementos fundamentales de una máquina CNC como:

- ❖ Control de movimiento: Dirige los ejes de la máquina para realizar movimientos específicos, variando en complejidad según el número de ejes a controlar.

- ❖ Accesorios de programación: Elementos auxiliares necesarios para facilitar las funciones del control de movimiento y permitir la programación de diversas tareas.
- ❖ Programa CNC: Una secuencia de instrucciones en un lenguaje codificado adaptado a cada máquina, que guía su funcionamiento y define las tareas a realizar.
- ❖ Controlador CNC: Interpreta y ejecuta las instrucciones del programa, siendo esencial para poner en marcha la máquina, realizar ediciones en la programación y ajustar los valores según sea necesario.

1.3. Programación en el control numérico

1.3.1. Programación Manual

Un programa de CNC consta de una lista secuencial de instrucciones que serán ejecutadas por la máquina, ver (Figura 2). A éstas se les conoce como códigos de CNC, las cuáles deben contener toda la información requerida para lograr el maquinado de la pieza (“Máquinas De CNC,” 2024).



Figura 2.- Programación básica

Un programa CNC consta de varios caracteres, los más usuales son las letras, las cuales deben ir siempre en mayúsculas y se les conoce como dirección. Por su parte, los números son los datos, a la unión de una letra con números se le conoce como palabra, la unión de varias palabras se conoce como una línea o bloque de programa y, por último, la unión de varios bloques se conoce como un programa CNC ver (Figura 3).

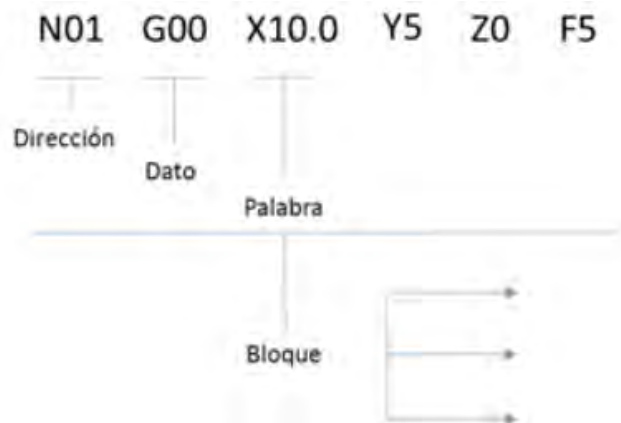


Figura 3.- Estructura de un Programa

La mayoría de los comandos en CNC son comandos modales, esto quiere decir que una vez ingresados al programa permanecen activos hasta que se cancelan o se cambian por otro código.

Los códigos Generales y Misceláneas están formados por letras y números con un significado específico. Es importante tener un orden adecuado de las instrucciones, ya que la máquina no es inteligente y hará exactamente lo que esté en el programa, de tal forma que, si se ponen las instrucciones en un orden incorrecto o se omite alguna instrucción, se corre el riesgo de dañar la máquina por algún percance, por ejemplo, una colisión.

Aunque existen muchos códigos de programación, se recomienda que aprendas los más importantes, como los de movimientos de corte. Con el paso del tiempo y con ejercicios irás aprendiendo más códigos y los programas te saldrán de manera más natural y con menos errores.

1.3.2. Códigos Generales

Los códigos G son conocidos como funciones preparatorias o de movimiento de la máquina, llevan a cabo la mayoría de los movimientos de la máquina para producir el corte de materia, los más comunes se ven en la tabla 1.

Tabla 1.- Tabla de comandos Generales

Código G	Acción
G00	Movimiento rápido
G01	Interpolación lineal
G02	Interpolación circular a favor de las manecillas del reloj
G03	Interpolación circular en contra de las manecillas del reloj
G04	Pausa en segundos
G17	Selección del plano de trabajo XY
G18	Selección del plano de trabajo XZ
G19	Selección del plano de trabajo YZ
G20	Entrada de datos en pulgadas
G21	Entrada de datos en milímetros
G28	Retorno a la posición de home
G29	Retorno de home a la última posición de trabajo
G40	Cancelación de la compensación diámetro del cortador
G41	Compensación del diámetro del cortador hacia la izquierda
G42	Compensación del diámetro del cortador hacia la derecha
G43	Compensación en altura del cortador
G49	Cancelación de la compensación en altura del cortador
G54	Memoria de cero de pieza
G55	Memoria de cero de pieza
G56	Memoria de cero de pieza
G57	Memoria de cero de pieza
G58	Memoria de cero de pieza
G59	Memoria de cero de pieza
G73	Ciclo de taladrado con retracción al plano de seguridad
G80	Cancelación de ciclo de taladrado
G81	Ciclo de taladrado de poca profundidad
G82	Ciclo de taladrado con pausa
G83	Ciclo de taladrado profundo
G84	Ciclo de machuelado
G90	Coordenadas absolutas
G91	Coordenadas incrementales
G92	Desplazamiento del área de trabajo.
G94	Velocidad de corte expresada en avance por minuto.
G95	Velocidad de corte expresada en avance por revolución.
G98	Retorno al nivel inicial.
G99	Retorno al nivel R.
G107	Programación del 4o. eje.

1.3.3. Códigos Misceláneas

Son aquellas funciones auxiliares o misceláneas de la máquina las cuales apoyan al movimiento de la herramienta para producir el corte en la pieza de trabajo, los más comunes se ven en la tabla 2.

Tabla 2.- Tabla de comandos Misceláneas

Código	Función
M00	Paro incondicional del programa
M01	Paro opcional del programa
M02	Fin de programa, corte de energía
M03	Giro del husillo a favor de la manecillas del reloj
M04	Giro del husillo en contra de la manecillas del reloj
M05	Paro del husillo
M06	Tomar herramienta
M08	Encendido del refrigerante
M09	Apagado del refrigerante
M30	Fin programa
M41	Abrir prensa
M42	Cerrar prensa
M43	Señal recíproca entre fresa y otro dispositivo
M46	Abrir puerta
M47	Cerrar puerta
M98	Llamado a subprograma
M99	Regreso al programa principal

1.3.4. Programación automática

En este caso, un ordenador ejecuta los cálculos necesarios para el control de la máquina, a partir de la información previamente suministrada por el programador CNC. Se trata de un proceso más automatizado y productivo (Desarrollo, 2021).

1.4. Tarjetas de Circuito Impreso

Una PCB es fundamentalmente una placa que conecta componentes electrónicos, siendo el elemento básico de cualquier diseño electrónico (Antala, 2023). Con el tiempo, ha evolucionado en un componente altamente sofisticado ver (Figura 4).

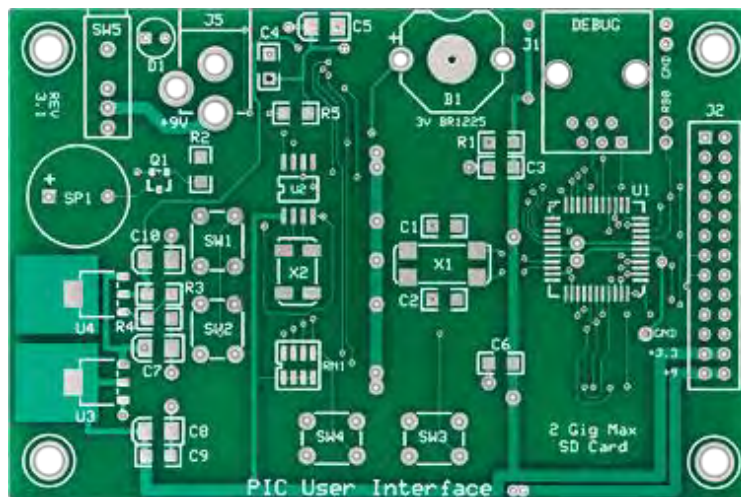


Figura 4.- PCB

1.5. Tipos de placas PCB

Se clasifican en diferentes tipos según su aplicación, materiales y procesos de fabricación. Ahora, veremos algunos tipos comunes de PCB (Li, 2023; "Tipos De Placas De Circuito Impreso: PCB," 2022).

1.5.1. PCB de una cara

La placa de circuito impreso de un solo lado es un tipo de PCB con una sola capa de sustrato y cobre recubierto solo en un lado. En estos tableros, los componentes se soldan en un solo lado, lo que simplifica el diseño y la producción. Con costos más bajos en comparación con otros tipos de PCB, se pueden fabricar rápidamente.

Su aplicación común es en equipos simples como calculadoras, impresoras, radios y cámaras, donde los requisitos para PCB no son muy exigentes ver (Figura 5).

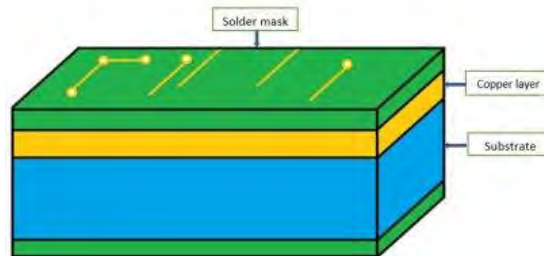


Figura 5.- Estructura de la placa de circuito impreso de un solo lado

1.5.2. PCB de doble cara

La PCB de doble cara tiene un sustrato similar a la de una sola capa, pero con cobre recubierto en ambos lados. Permite la perforación de agujeros para conectar componentes en ambos lados. Se utiliza comúnmente en aplicaciones de complejidad intermedia, como LED, amplificadores, sistemas UPS, sistemas de climatización, sistemas de telefonía celular, máquinas expendedoras y salpicaderos de automóviles ver (Figura 6).

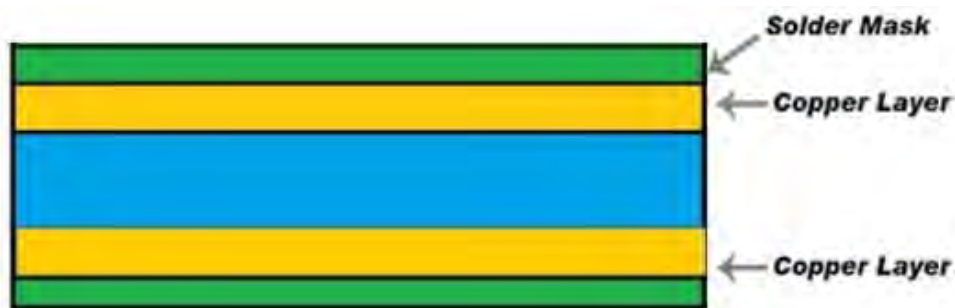


Figura 6.- Estructura de la PCB de doble cara

1.5.3. PCB multicapa

La PCB multicapa es un tipo de placa de circuito impreso con más de dos capas conductoras, intercaladas con capas de aislamiento para proteger los componentes del exceso de calor. Se utiliza en aplicaciones electrónicas avanzadas como almacenamiento de datos, servidores, sistemas satelitales, equipos médicos,

tecnología GPS y análisis meteorológico, ofreciendo versatilidad para proyectos complejos ver (Figura 7).

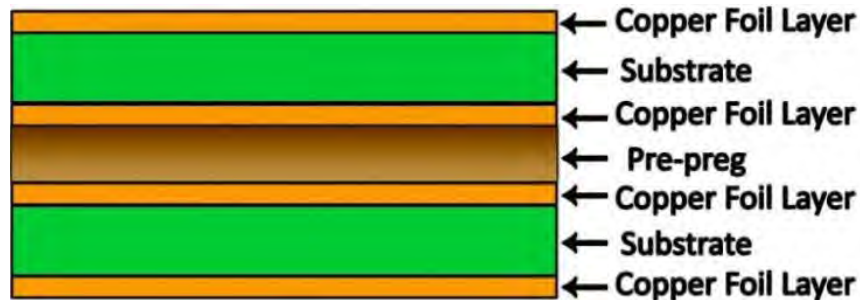


Figura 7.- PCB multicapa

1.5.4. PCB rígido

La PCB rígida es un tipo de placa de circuito impreso que no puede doblarse debido a su sustrato rígido. Compuesta por varias capas, como sustrato, cobre, máscara de soldadura y serigrafía, puede fabricarse como una sola cara, doble cara o multicapa según los requisitos. Se utiliza en aplicaciones como equipos GPS, sistemas de resonancia magnética, teléfonos móviles y sensores de temperatura debido a su rigidez y resistencia ver (Figura 8).

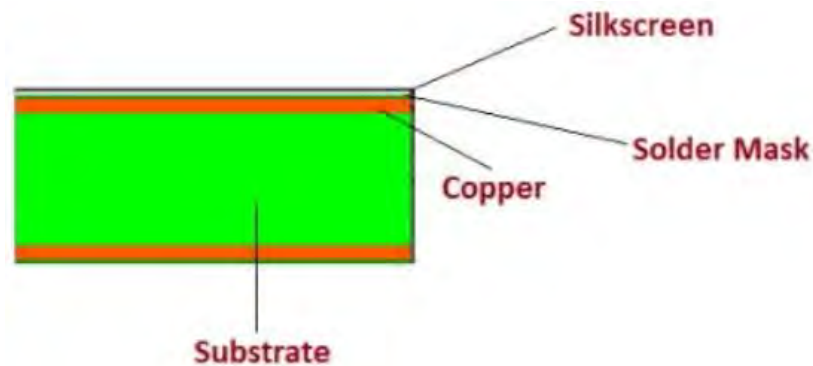


Figura 8.- PCB rígido

1.6. Tipos de ensamble PCB'S

Existen varios métodos de ensamblaje para soldar componentes en las pistas de las placas de circuito impreso utilizando aleaciones de estaño, plata y cobre (*Air Liquide España*, 2024):

1.6.1. Tecnología de soldadura por ola:

- Utiliza una o dos olas de aleación metálica fundida para soldar simultáneamente todas las terminaciones de componentes en la parte inferior de la placa.
- Adecuado para componentes electrónicos de gran volumen o alta potencia, como resistencias, bobinas, condensadores y transformadores.

1.6.2. Tecnología de refusión SMD (montaje en superficie):

- Permite el ensamblaje de pequeños componentes electrónicos SMD en la superficie de las PCB.
- Presenta una alta tasa de producción, siendo eficaz para componentes de tamaño reducido.

1.7. Herramientas computacionales de diseños PCB'S

Para el diseño de PCB, requerimos definir el diagrama esquemático del circuito en el cual se encuentran las conexiones y elementos necesarios del circuito para funcionar, las conexiones realizadas en el diagrama esquemático serán las pistas en la placa.

1.7.1. Software Fritzing

Fritzing es un programa de diseño electrónico gratuito que tiene como objetivo facilitar la transición de prototipos, como los realizados en placas de pruebas, a productos finales. Desarrollado con base en los principios de Processing y Arduino, Fritzing permite a diseñadores, artistas, investigadores y entusiastas documentar prototipos basados en Arduino, crear esquemas de circuitos impresos y compartir experiencias a través de su sitio web complementario ver (Figura 9). Su objetivo es reducir los costos de fabricación y fomentar la colaboración en el diseño electrónico (*"Diseño Electrónico Con Fritzing"*, 2015).

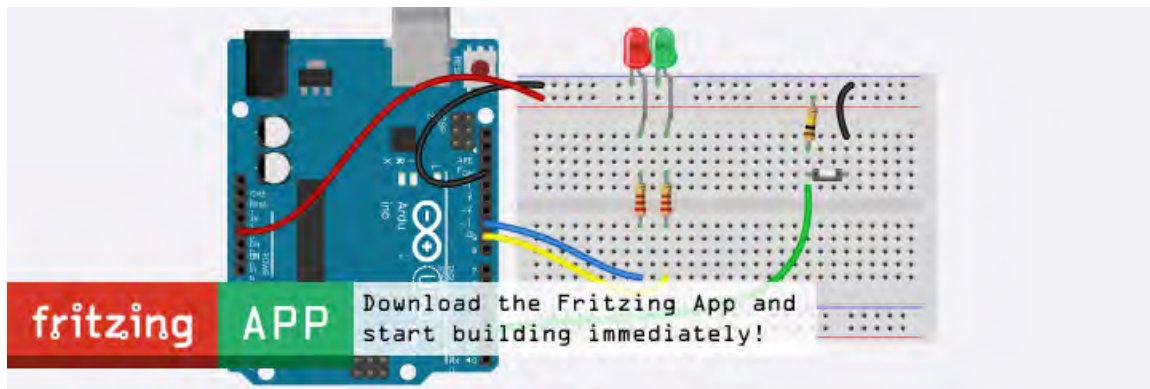


Figura 9.- Software Fritzing

1.7.2. Software FlatCAM

FlatCAM es una aplicación para preparar diseños de circuitos impresos para ser fabricados en una fresa/enrutador CNC ver (Figura 10). Entre otros, puede generar G-Code para enrutamiento de aislamiento a partir de archivos Gerber generados en tu aplicación de CAD (“FlatCAM 8,” 2024).



Figura 10.- Software de FlatCAM

1.7.3. Software Ultiboard

Ultiboard es un software de diseño de PCB que se integra con Multisim para agilizar el desarrollo de prototipos. Ofrece un entorno personalizable con herramientas eficientes para el diseño y enrutado de PCB, permitiendo la colocación precisa de componentes y cobre. Con funciones automatizadas, facilita la finalización rápida de diseños.

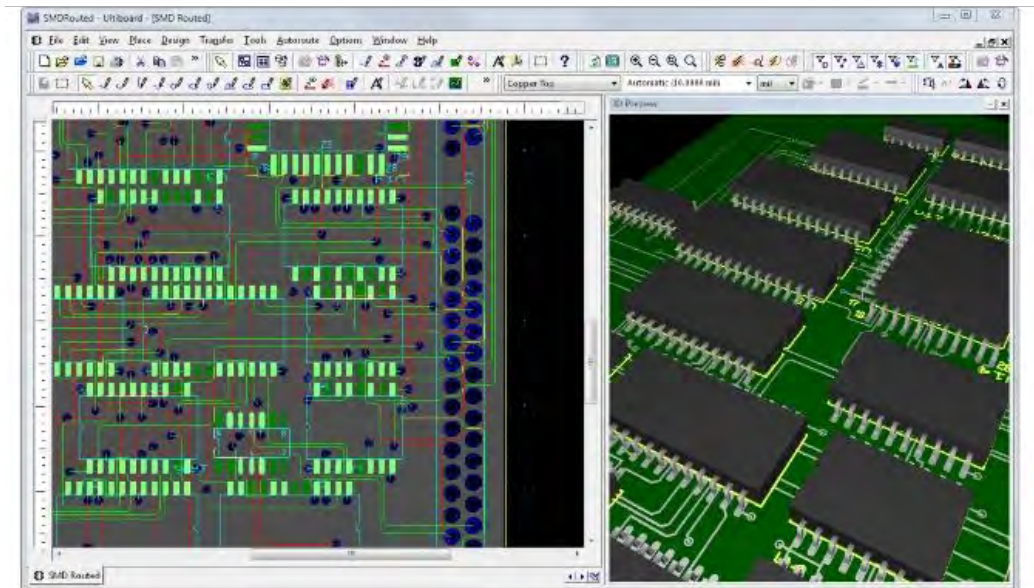


Figura 11.- Software de Ultiboard

La vista avanzada de hoja de datos, herramientas y asistentes de diseño ayudan en la gestión y definición de enrutamientos ver (Figura 11). La integración perfecta con Multisim permite una transferencia sencilla del esquema a la PCB, garantizando una administración fluida de las iteraciones de diseño. Además, es posible exportar formatos estándares de la industria, como Gerber y DXF, para completar el flujo de diseño desde el esquema hasta el enrutado (NI, 2022), siendo este un software de paga.

1.7.4. Archivos Gerber

Los archivos Gerber son un formato de datos para enviar diseños de PCB a fabricantes, compuestos por texto ASCII que incluye información como configuración, coordenadas y códigos de comandos para representar elementos como pads y pistas (LuisSuarez, 2021).

Los archivos Gerber X2, una versión más reciente, incorporan datos adicionales como funciones de capas y objetos, buscando organizar los datos como una base de datos para facilitar la interpretación del diseño.

1.8. Métodos tradicionales de fabricación de PCB'S

Según (LuisSuarez, 2021), Los métodos convencionales de fabricación de PCB, conocidos como "arsenales", requieren la intervención humana para llevar a cabo el proceso. Ahora se explorarán los más frecuentes.

1.8.1. Técnica de Planchado por papel termotransferible

Esta técnica es comúnmente utilizada por estudiantes y gente que inicia en el mundo de los PCB's ya que al ser el método más conocido está al alcance de todos, es recomendable para circuitos a una cara y no muy complejos.

Procedimiento:

- Tener el esquema de circuito impreso.
- Imprimir el circuito en formato PDF en una hoja de papel termo transferible con una impresora láser.
- Recortar el circuito dejando un margen para poder manipular el circuito.
- Recortar la placa fenólica en el tamaño deseado, lavar el lado de cobre con jabón y agua, hasta que quede totalmente limpio, sin grasa, mientras se lija la placa fenólica con la lija de agua.
- Secar muy bien la placa.
- Imprimir el diseño del circuito en papel termo transferible y colocarlos sobre la placa de cobre ya limpia y cortada, ajustar con cinta adhesiva si es necesario.
- Tener la plancha a temperatura media y colocarla sobre la placa fenólica con el circuito impreso ver (Figura 12).
- Durante 10 a 15 minutos planchar haciendo énfasis en los bordes y centro de la placa.



Figura 12.-Técnica de planchado

- Transcurrido este tiempo de planchado, observar si el circuito quedo adherido a la placa, sin despegar, dejar enfriar y después introducir la placa en un recipiente con agua fría.
- Dejarla al menos 5 minutos, o hasta que el papel se humedezca completamente.
- Retirar el papel con cuidado preferentemente hacer uso de las yemas de los dedos.
- Secar placa de cobre y revisar que no tenga restos de papel, si los hay eliminarlos de igual forma frotando con las yemas de los dedos en el recipiente con agua.
- Secar la placa de cobre nuevamente.
- Introducir la placa de cobre en un recipiente previamente llenado con cloruro férrico, para mayor efectividad del cloruro férrico, este puede calentarse a *baño maría* con ayuda de agua. Precaución no introducir el cloruro férrico vaciado en un recipiente al microondas.
- Realizar movimientos oscilatorios al recipiente de cloruro férrico con la placa inmersa para mayor efectividad y rapidez en el proceso de disolución del cobre.
- Verificar que el cloruro férrico ha consumido por completo el cobre sobrante de la placa.
- Sacar la placa del recipiente.
- Retirar la tinta con tinner y un trapo o estopa.
- Lavar de nuevo la placa con jabón y agua para mayor presentación.

1.8.2. Técnica de Serigrafía

Esta técnica a diferencia del planchado es más complicada pero más precisa para realizar PCB's y tienen un mejor acabado. Sin embargo, el costo es más elevado por los materiales necesarios para su fabricación.

Procedimiento:

- Limpiar la pantalla, que es el marco de madera con tela o malla. No deben existir poros tapados en la malla o tela.
- Imprimir en acetato preferentemente, en blanco y negro, con abundante tóner.
- Aplicar foto emulsión en forma uniforme a la malla o tela de la pantalla ver (Figura 13).



Figura 13.- Técnica de Serigrafía

- Colocar el acetato con el diagrama del PCB sobre la pantalla foto emulsionada, y sobre ellos colocar la insoladora.
- Lavar la malla con abundante agua y secar. En la pantalla quedarán los poros sellados donde no exista el diagrama o trazos del PCB.
- Colocar la pantalla, la malla debe estar en contacto directo con la superficie de cobre y pintar con acrílico.
- Las partes deseadas quedarán protegidas con pintura.
- Quitar la pantalla y dejar secar la pintura ubicado en la placa fenólica.
- Al finalizar el procedimiento, limpiar y secar con mucho cuidado la pantalla para evitar que se tapen los poros de la malla que no interesan.
- Una vez seca la pintura acrílica, se procede al ataque químico del cobre no deseado.

1.9. Métodos profesionales de fabricación de PCB's

En la actualidad pequeñas y medianas empresas hacen uso de tecnología más robusta para cubrir la demanda que existe, por lo que el método de fabricación por CNC es el más utilizado y rentable al momento de la fabricación profesional de PCB's.

1.9.1. Fabricación de PCB's usando CNC

El control numérico se usa para automatizar máquinas y herramientas de manera que pueden controlarse a través de comandos programados usando un lenguaje denominado *Código G*.

Este *código G* ofrece instrucciones al controlador de movimientos sobre la forma en que cada eje de la fresadora debe moverse.

Procedimiento:

- Tener los archivos Gerber del diseño de PCB requerido.
- Introducir este archivo Gerber en un programa de manufactura asistida por computadora CAM, el cual a través del Layout calculará las rutas que deberá seguir la herramienta usada por la maquina fresadora.
- Este software CAM genera un archivo con instrucciones para la maquina fresadora CNC ver (Figura 14).



Figura 14.- Maquina laser de corte

El proceso de convertir archivos Gerber a código G es esencial para la interpretación y posterior mecanizado de datos por una máquina CNC. Optar por métodos profesionales de fabricación de PCB en lugar de métodos tradicionales destaca notoriamente, ya que los profesionales pueden lograr pistas de hasta 0.2 mm de grosor, algo difícil de alcanzar con métodos artesanales ver (Figura 15)

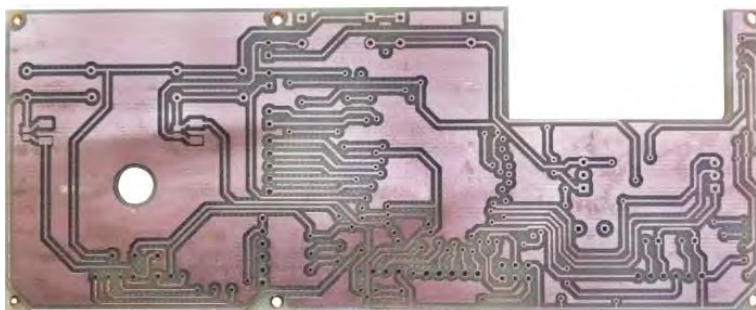


Figura 15.- Diseño de corte en CNC

La elección entre métodos depende del material disponible, herramientas, presupuesto y acceso al software de diseño, que desempeña un papel crucial en la creación de diagramas de conexiones, el diseño de PCB y la generación de archivos de salida.

1.9.2. Fabricación a nivel Industrial

El método más utilizado para tener PCB's con acabados mucho más estéticos y funcionales, es con el método industrial, ya que el PCB es protegido con distintas capas de pintura alargando el tiempo de vida de este ver (Figura 16).

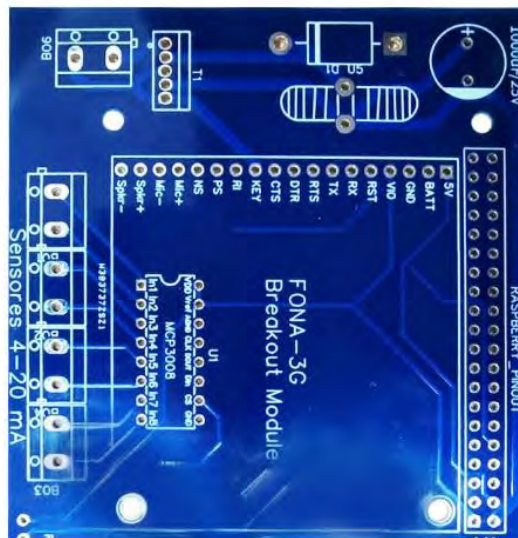


Figura 16.- PCB de estilo profesional

Para este servicio, el tiempo de fabricación es mayor al de prototipado, ya que, al tener un proceso industrial, el tiempo puede tardar de 2 a 3 semanas hasta por 5 piezas, este método de fabricación es ideal para aquellas personas que no necesitan realizar pruebas previas de su diseño o bien, ya han sido probados y desean una producción para venta o uso propio con un acabado más estético.

Metodología

2.1 Enfoque de investigación

Este enfoque de investigación se centrará en llevar a cabo tanto el desarrollo de PCB's mediante manufactura asistida por computadora. El objetivo es obtener resultados concretos y aplicables, contribuyendo así a mejorar los procesos de fabricación de placas de circuito impreso.

2.2 Técnicas de recolección de información

Las técnicas de recolección de información serán internet, análisis de fallas y errores, Pruebas experimentales y documentos técnicos relacionados con: Maquinas CNC, lenguaje numérico, diseño CAD, programación para sistemas de control, PCB, tipos de tarjetas, métodos de fabricación tradicionales e industriales de las PCB'S

2.3 Población y muestra

Las personas con las que se colabora para esta investigación en su mayor parte son docentes universitarios con conocimientos en de este proyecto y la empresa que financia el proyecto.

2.4 Metas

Se requiere armar ensamblar la maquina CNC, al igual que hacer pruebas de calibración y ajustes en el equipo. Se requiere instalar software de control para diseños CAD que convierten a lenguaje numérico. Igualmente, un software para el lenguaje numérico a los controladores de la máquina. Se requiere hacer pruebas piloto con diferentes parámetros para verificar las muestras más optimas a replicar.

Capítulo III: Ensamble de CNC 1419

El objetivo principal de esta tesis es la fabricación de una PCB, con el propósito de agilizar el proceso y evitar el uso de químicos tóxicos. Para lograrlo, se ensambló la CNC de escritorio 1419 (O. OWhyNot, 2019).

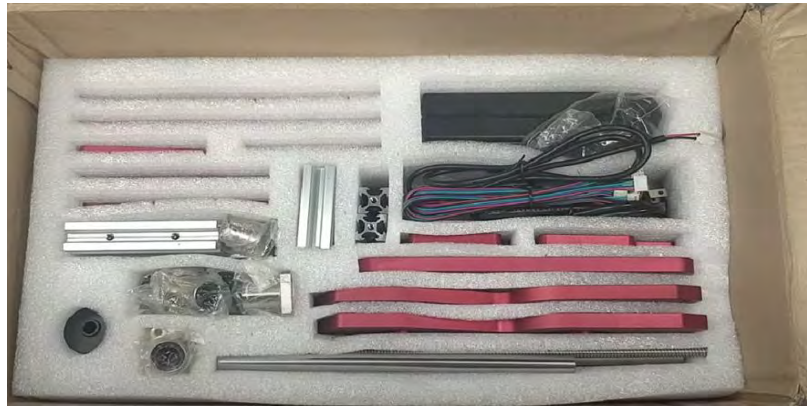


Figura 17.- piezas de la CNC 1419

Dividiendo así el ensamble en tres partes, se inicia con el montaje de la parte superior del eje Z ver (Figura 17).

3.1. Montaje de motores eje Z

Preparando dos motores con sus respectivos acoplamientos, ensamblando dichos acoplamientos en los motores y apretando los tornillos de fijación del casquillo ver (Figura 18).



Figura 18.- Motores del eje Z

Preparando la siguiente etapa, se utilizan los tornillos M4 de 8 mm y el cojinete de brida. Se fija el cojinete al orificio lateral de las bases seleccionadas ver (Figura 19 y Figura 20).



Figura 19.- base del eje Z



Figura 20.- Fijación de cojinetes

Teniendo la siguiente parte del motor y el volante, se fija el volante al motor de la siguiente manera, desenroscando la tuerca de cobre ver (Figura 21).



Figura 21.-Ensamble del motor eje Z

Luego se utilizará el soporte del motor y los tornillos M3 de 9 mm para montarlo en su soporte, logrando así el siguiente resultado ver (Figura 22).

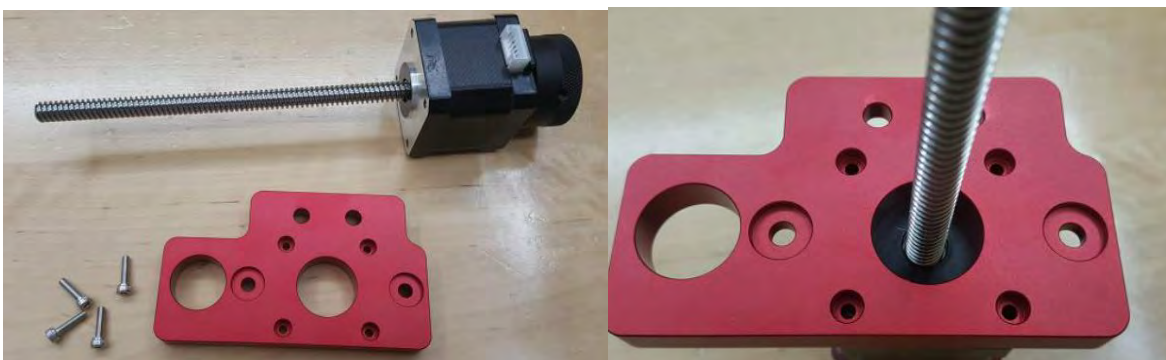


Figura 22.- Soporte del motor

Se preparan las siguientes partes, utilizando los tornillos M3 de 12 mm para ensamblar la tuerca de cobre ver (Figura 23 y Figura 24).



Figura 23.- Piezas de base del motor



Figura 24.- Montaje de tuerca de cobre

Ensambladas las siguientes piezas, la tuerca de cobre y el resorte del motor ver (Figura 25).

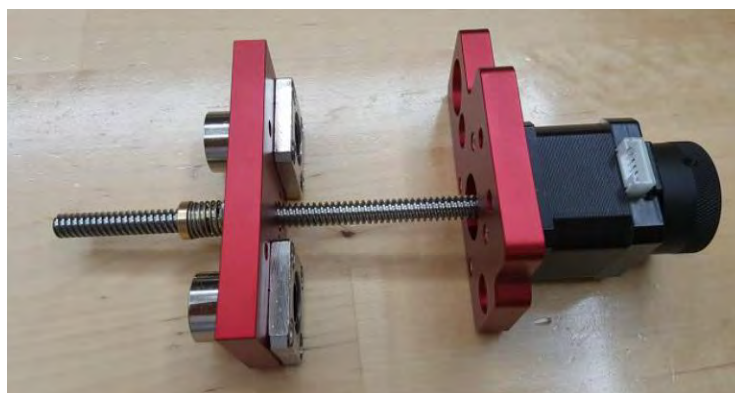


Figura 25.-Ensamble de tuerca de cobre y resorte

Utilizando el perfil pequeño y los tornillos M5 de 25 mm, se procederá al montaje siguiendo la disposición visualizada en la (Figura 26).

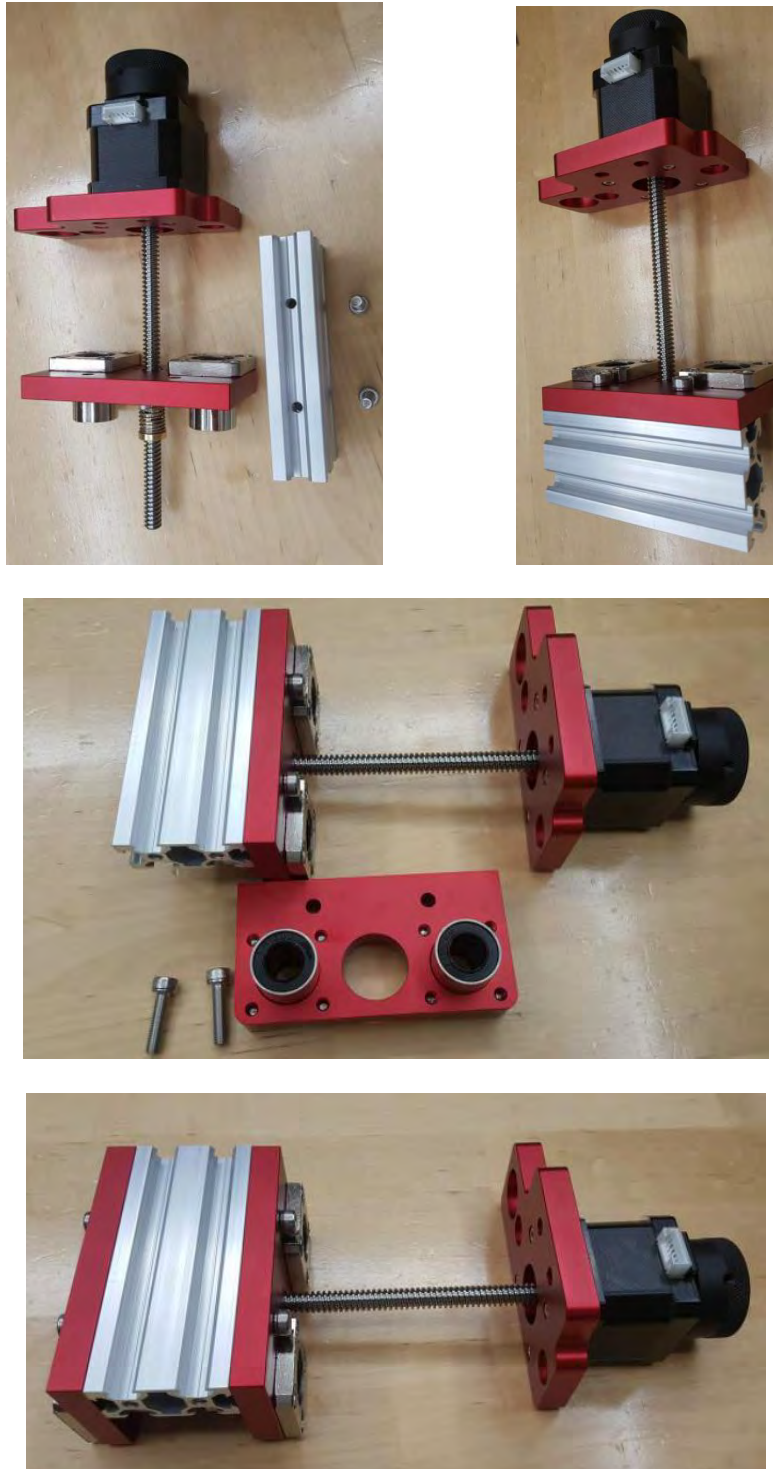


Figura 26.- Ensamble del base de motor

Preparando las dos varillas pulidas pequeñas y los tornillos M5 de 16 mm, se insertan las varillas en los cojinetes y se atornillan a la base del motor ver (Figura 27).



Figura 27.- Ensamble de varillas en base de motor

Empleando el perfil largo y los tornillos M5 de 16 mm, se procede a montar el perfil en la base ver (Figura 28).

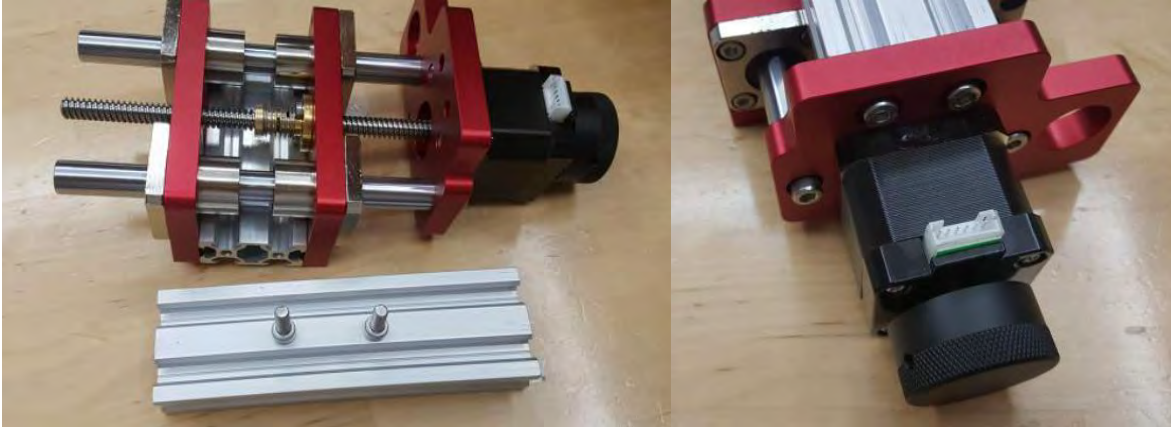


Figura 28.- Ensamble de perfil largo

Ahora se inicia el ensamblaje de las placas del eje X, incorporando los cojinetes de brida y los tornillos M4 de 8 mm. Se procede a armar todos los elementos con el objetivo de obtener el resultado deseado ver (Figura 29).

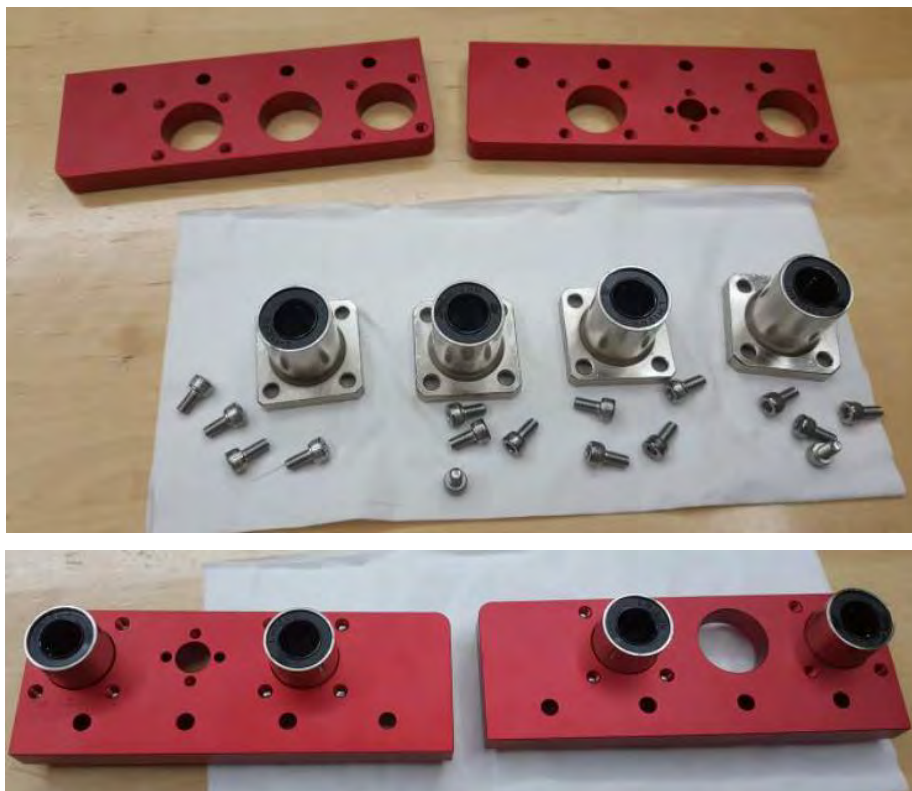


Figura 29.- Ensamble de placa del eje X

Con las tuercas de cobre y los tornillos M3 de 12 mm en su posesión ver (Figura 30).



Figura 30.- Ensamble de tuerca de cobre en placa eje X

Se utilizan los tornillos M5 de 25 mm para ensamblar la placa del eje X en el perfil largo ver (Figura 31).

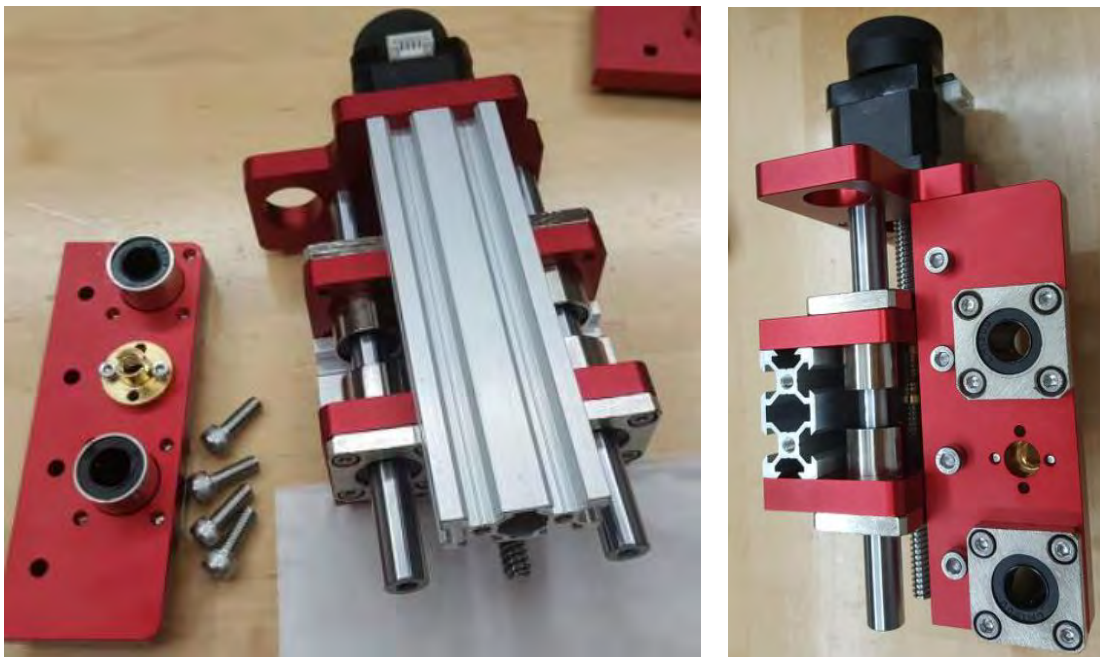


Figura 31.- Ensamble de placa del eje x

Se está preparando el husillo, la tuerca de cobre y el resorte para ensamblarlos ver (Figura 32).

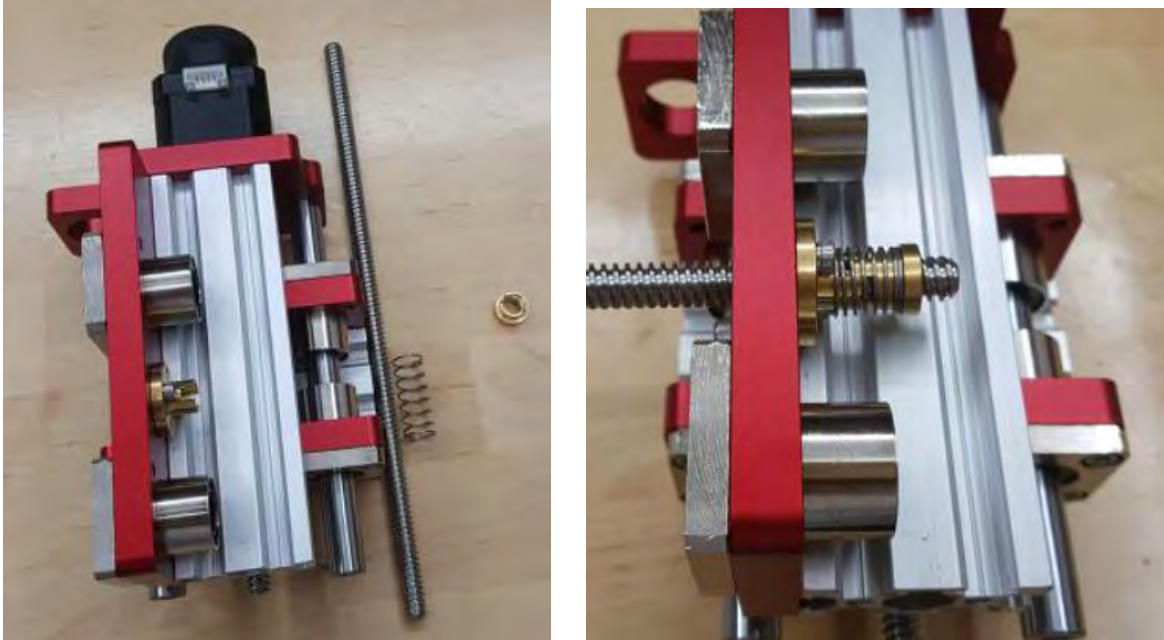


Figura 32.- Ensamble de husillo en tuerca de cobre

Preparando los tornillos M5 de 25 mm para sujetar la placa del eje x en el otro extremo, se utilizan las varillas pulidas medianas para encajarlas en los agujeros de los cojinetes ver (Figura 33).



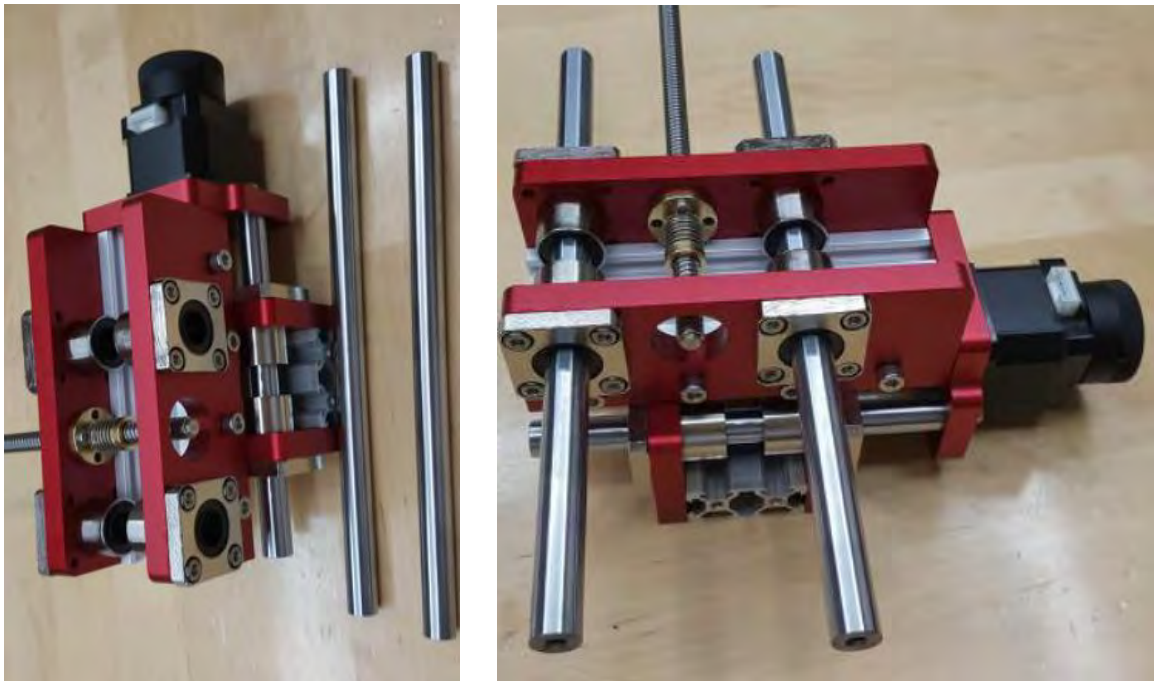


Figura 33.- Ensamble de placa del eje X más acoplamiento de varillas pulidas

Preparando la siguiente etapa, se tiene la placa base y el rodamiento, insertando este último en la placa base ver (Figura 34).



Figura 34.- Ensamble de rodamiento en placa base

Preparando los tornillos M5 de 16 mm para el montaje de la placa base en la Placa del eje Z ver (Figura 35).

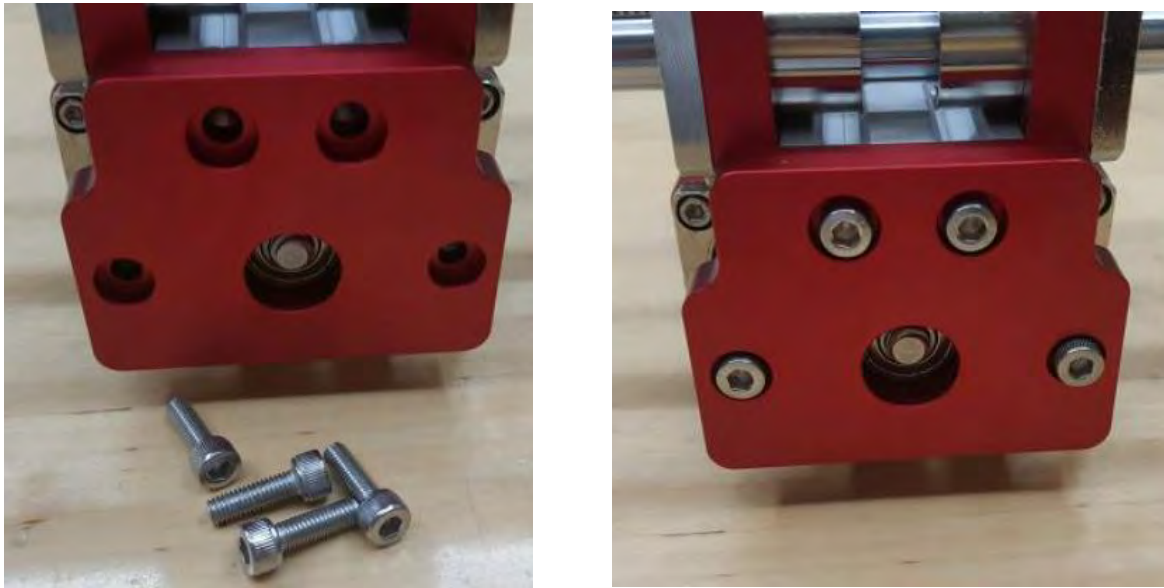


Figura 35.- Ensamble de placa base con placa eje X

Concluyendo de esta manera la primera etapa del montaje de los motores del eje Z, preparando para la siguiente fase.

3.2. Montaje conjunto de plataforma

Para la segunda etapa, se debe preparar las placas de la plataforma delantera/trasera junto con sus respectivas gomas y los tornillos M4 de 14 mm ver (Figura 36).



Figura 36.- Montaje de placa de plataforma

Empleando el motor sobrante previamente preparado y los tornillos M3 de 9 mm, se procede a ensamblar todos los componentes siguiendo las instrucciones correspondientes ver (Figura 37).

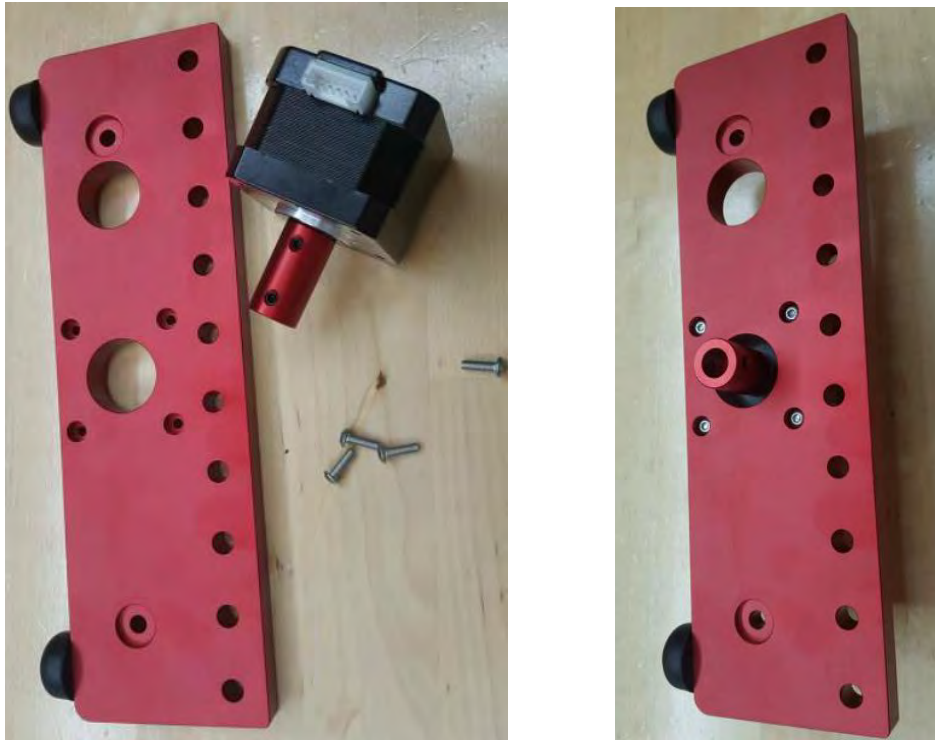


Figura 37.- Ensamble de motor en placa de plataforma

Preparando las placas del eje Y, se procede a ensamblar los cojinetes de brida junto con los tornillos M4 de 8 mm. Los cojinetes se montan primero, seguidos por la fijación de la tuerca de cobre mediante los tornillos M3 de 12 mm ver (Figura 38).



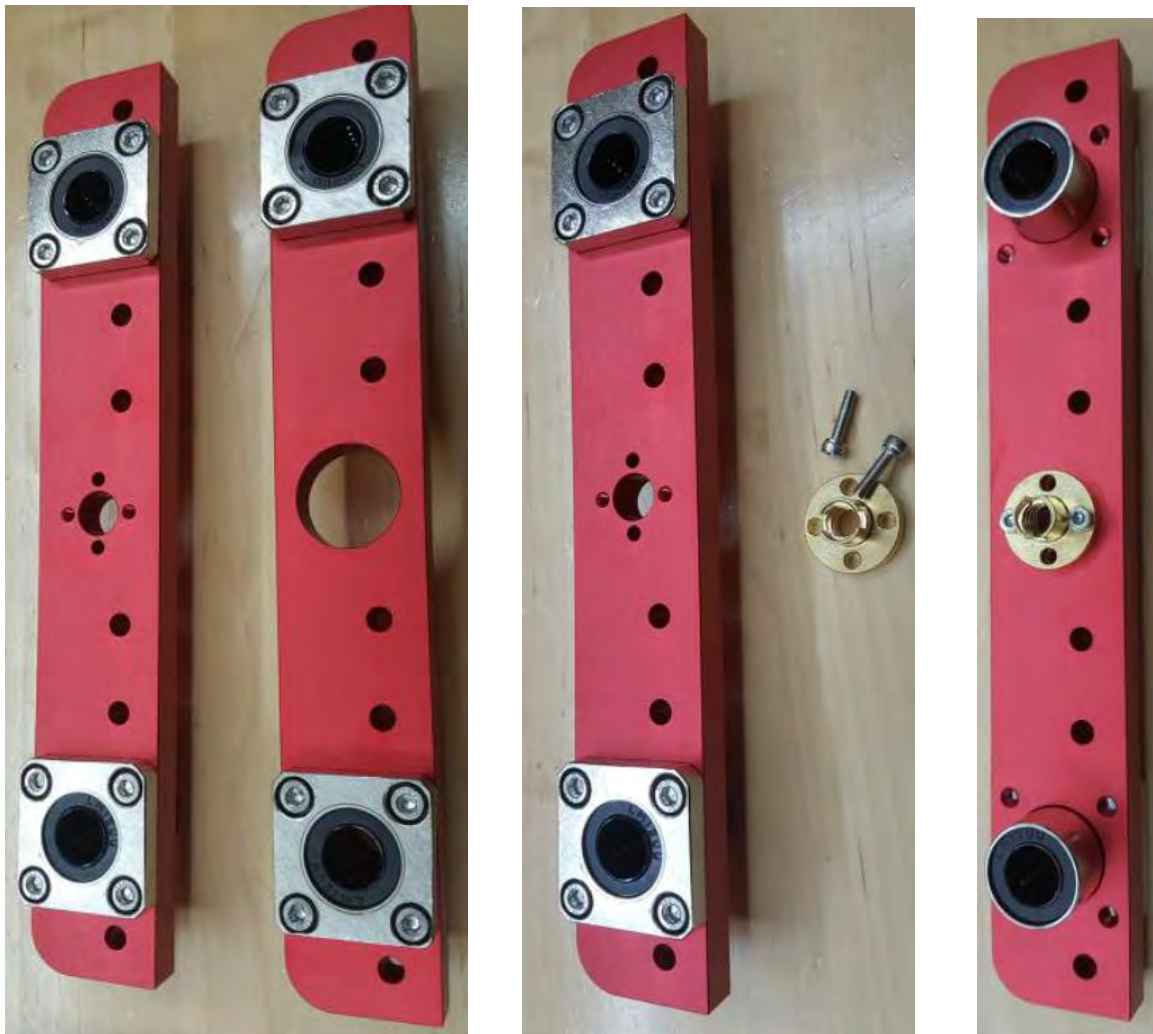


Figura 38.- Ensamble de cojinetes y tuerca en placa de eje Y

Preparando el husillo, el resorte y la tuerca de cobre, se ensamblan para obtener la disposición deseada ver (Figura 39).



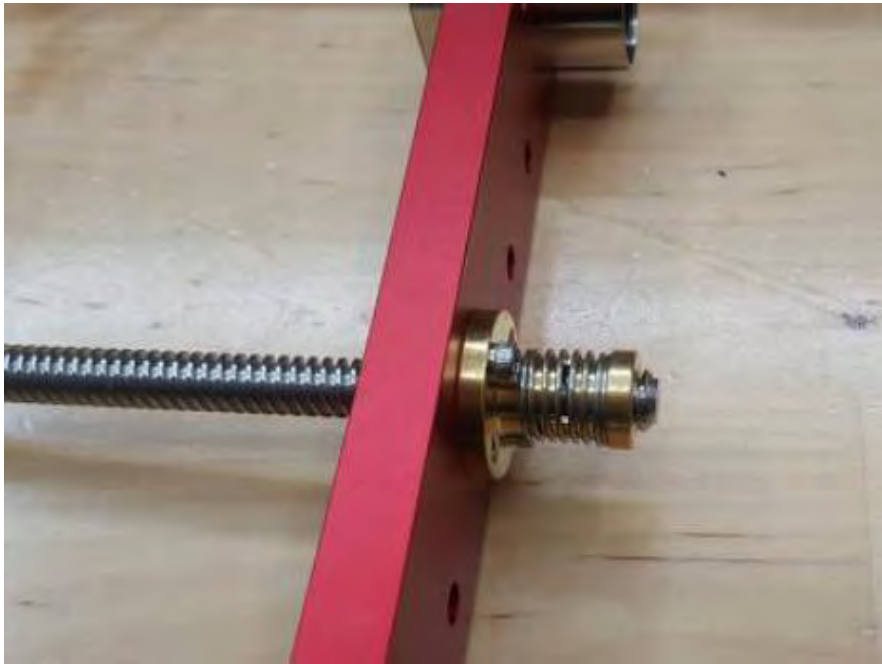


Figura 39.- Montaje de husillo y resorte

Utilizando perfiles cortos y tornillos M5 de 16 mm, se procede al montaje en la placa del eje Y, abordando ambos lados del componente ver (Figura 39).

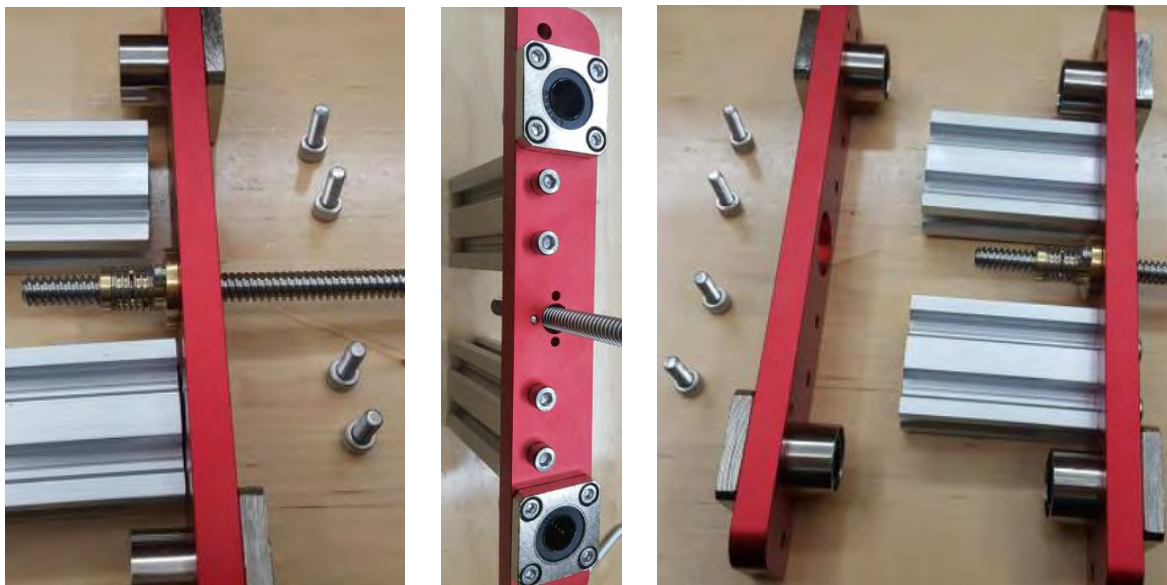


Figura 40.- Montaje de perfiles cortos

Ensamblándolo todo, obtiene el siguiente resultado. ver (Figura 40).



Figura 41.- Ensamble de placa eje Y

Preparando los perfiles pequeños con los tornillos M5 de 16 mm para ensamblarlos a los extremos de la Placa anterior, se verifica que la dirección del perfil hacia los extremos quede con los agujeros orientados hacia afuera ver (Figura 41).

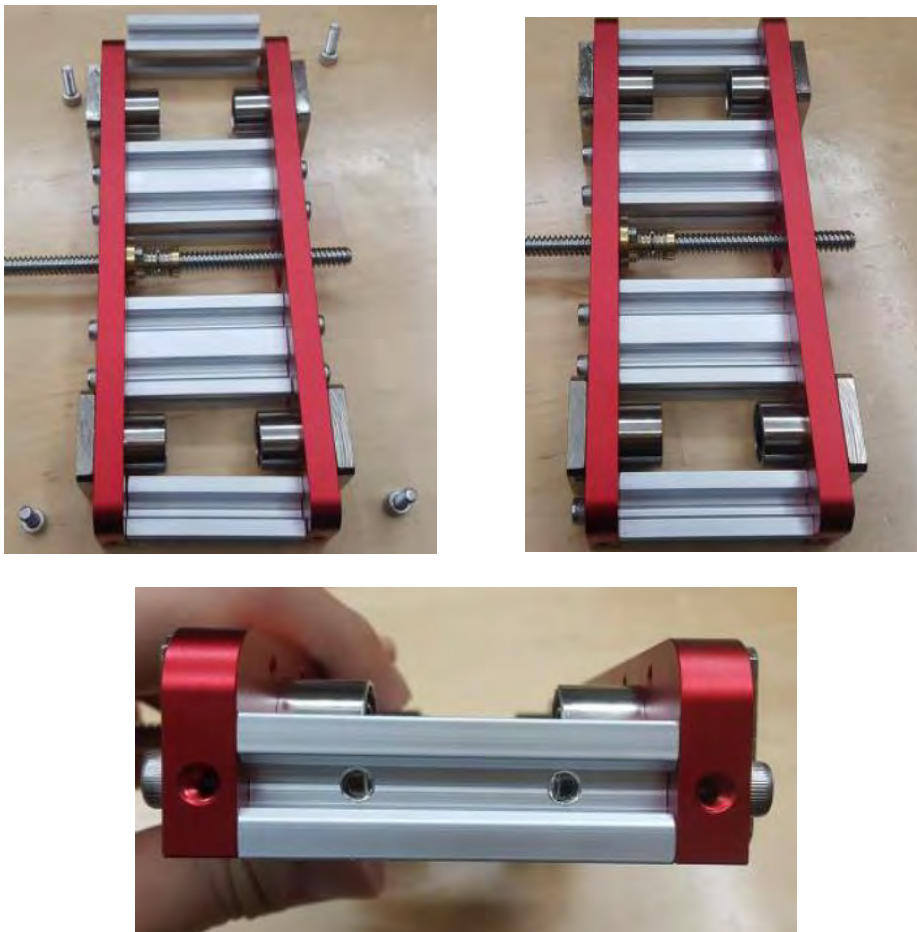


Figura 42.- Ensamble de la placa eje Y

Se preparando los perfiles de base y los tornillos M6, ajustándose únicamente desde un lado los tornillos ver (Figura 42).

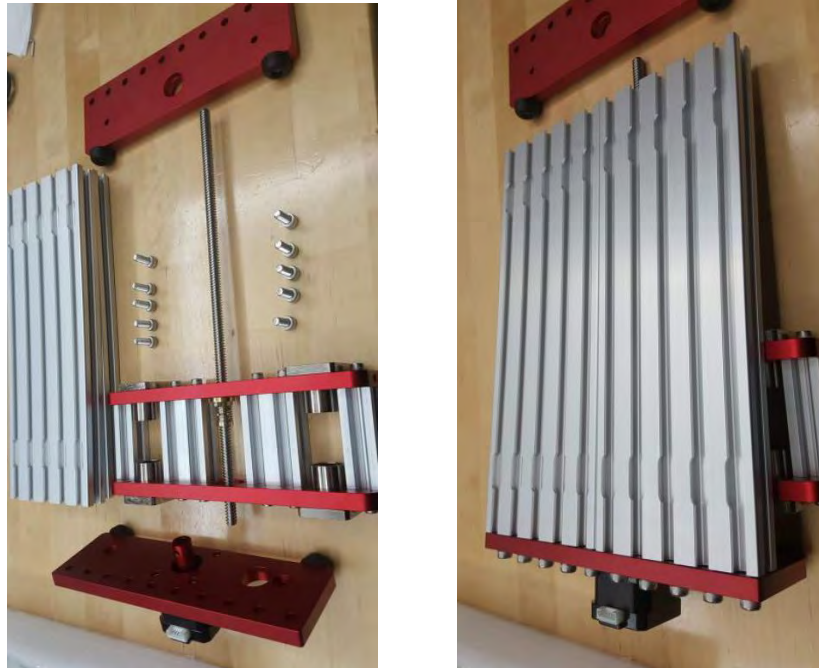


Figura 43.- Montaje de base

Posteriormente, se giró el objeto para ajustar las varillas pulidas largas en la placa base ver (Figura 43).



Figura 44.-Ensamble de varillas pulidas

Se Preparando los tornillos M5 de 16 mm para ajustar las varillas de ambos extremos ver (Figura 44).

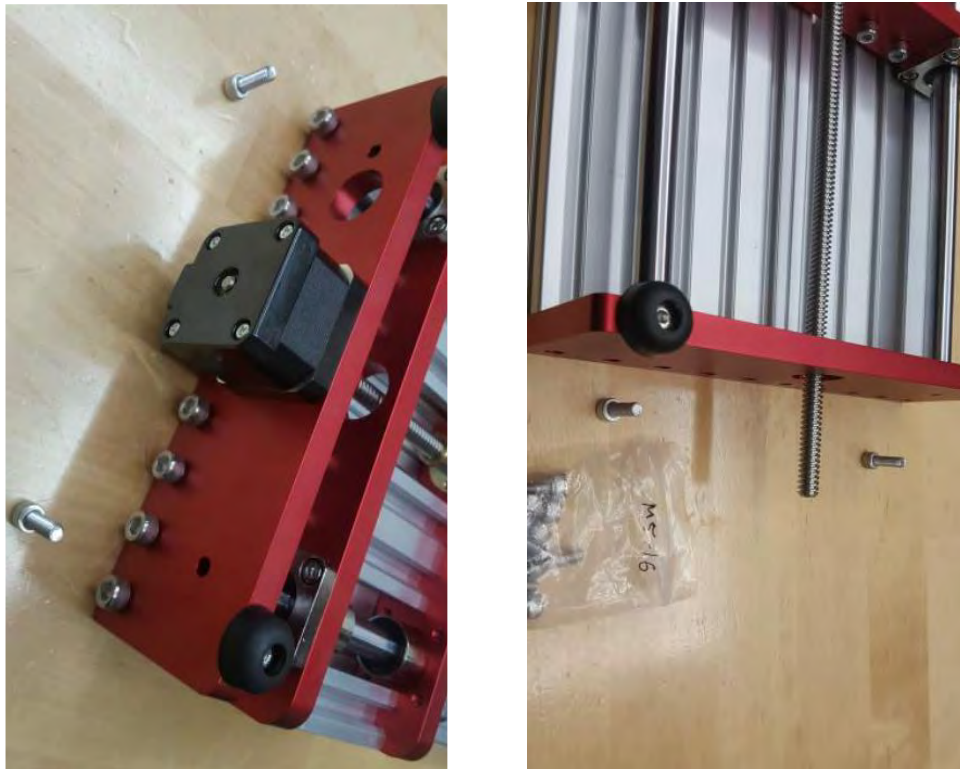


Figura 45.- Acoplamiento de varillas pulidas

Se preparando los tornillos M6 para sujetar el otro extremo de la placa base ver (Figura 45).



Figura 46.- Sujetación de placa base

Insertando el husillo en el acoplamiento del motor que quedó en la parte inferior de la placa base, apretando el tornillo, preparando el rodamiento y el volante en el extremo saliente del husillo. Apretando el tornillo correspondiente para asegurarlo ver (Figura 47).

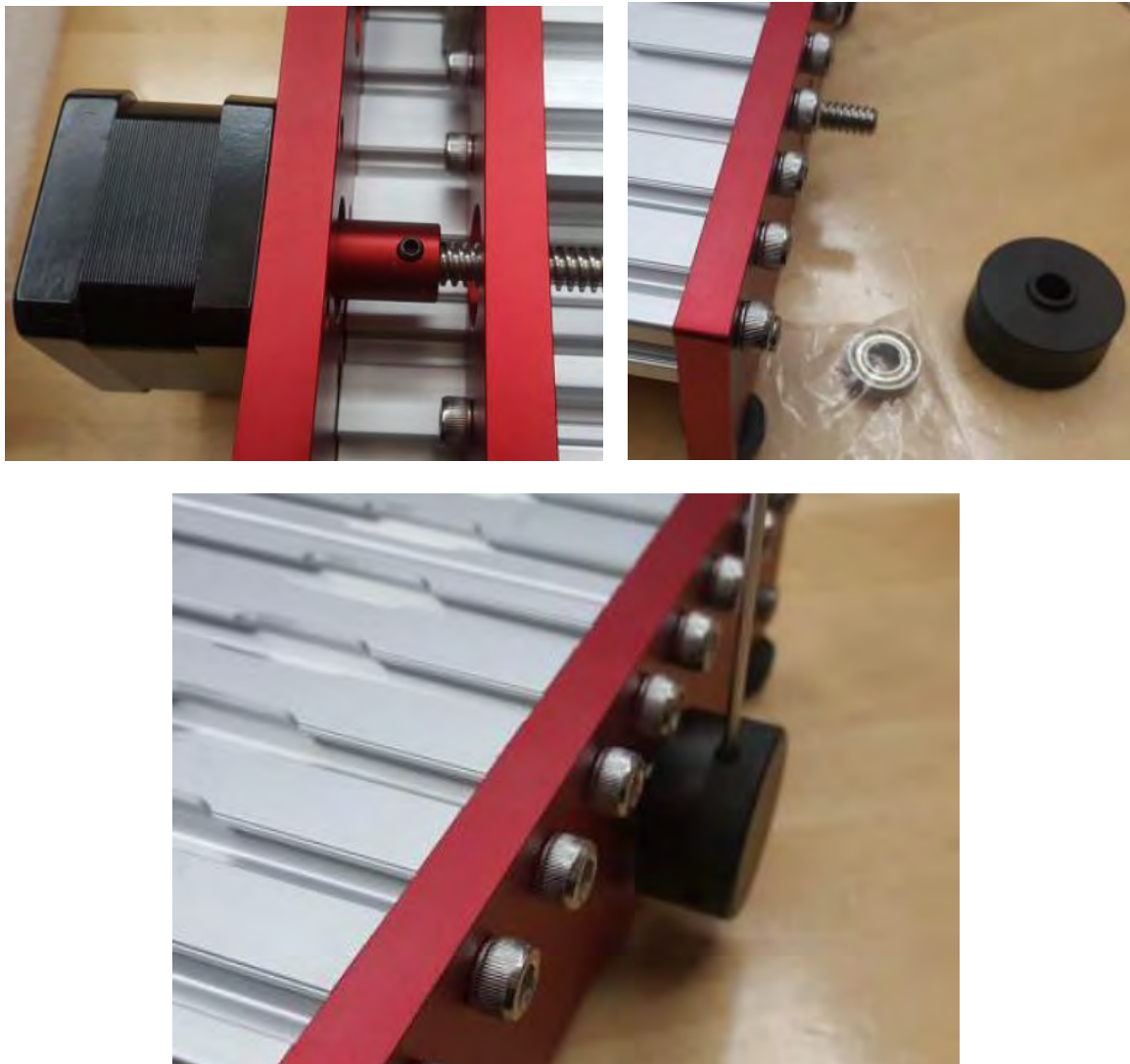


Figura 47.- Ensamble final de placa base

Con la finalización del montaje conjunto de la plataforma, se procede a la etapa final del ensamblaje.

3.3. Montaje de soporte

En la última fase, se preparan las placas de soporte donde se sujetará el motor, empleando los tornillos M3 de 19 mm ver (Figura 48).

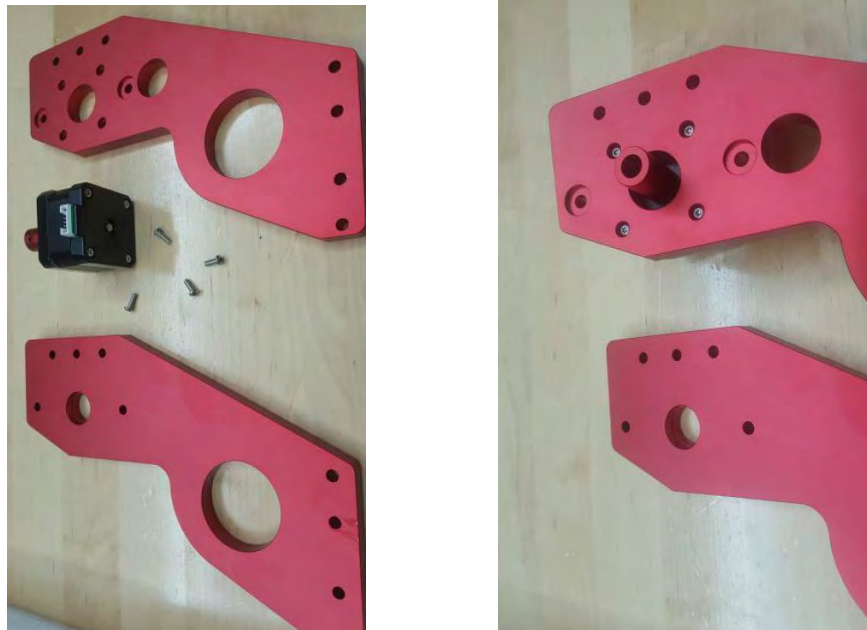


Figura 48.- Placas del motor vertical

Preparan los tornillos M5 de 16 mm para asegurar los extremos y los tornillos M5 de 20 mm para los agujeros del centro ver (Figura 49).

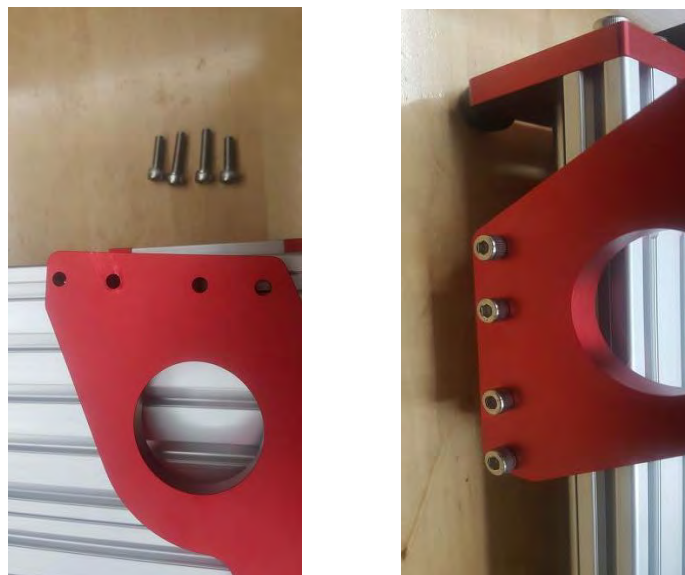


Figura 49.- Sujetadores de placa

La unidad del husillo se prepara, retirando las varillas pulidas y asegurándolas en la placa de soporte con los tornillos M5 de 16 mm ver (Figura 50).

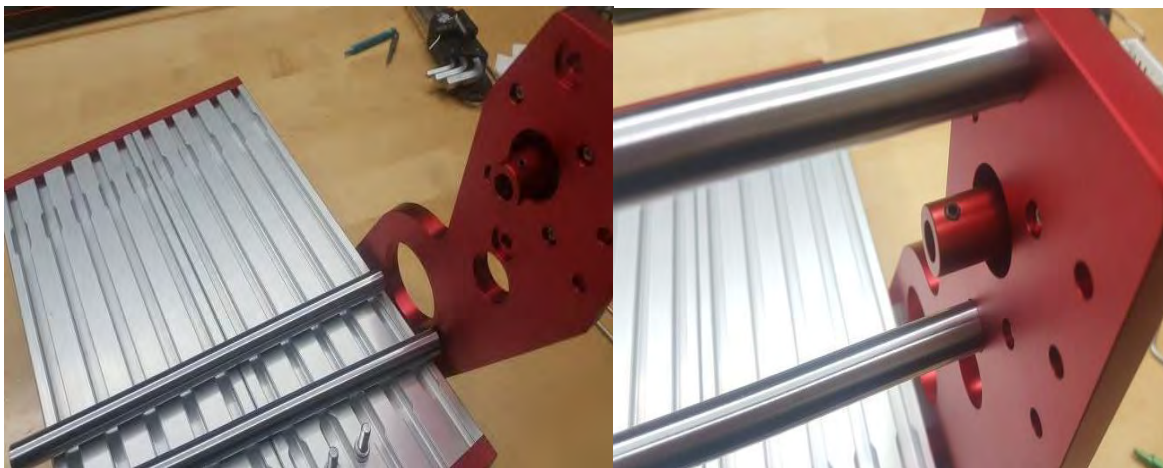
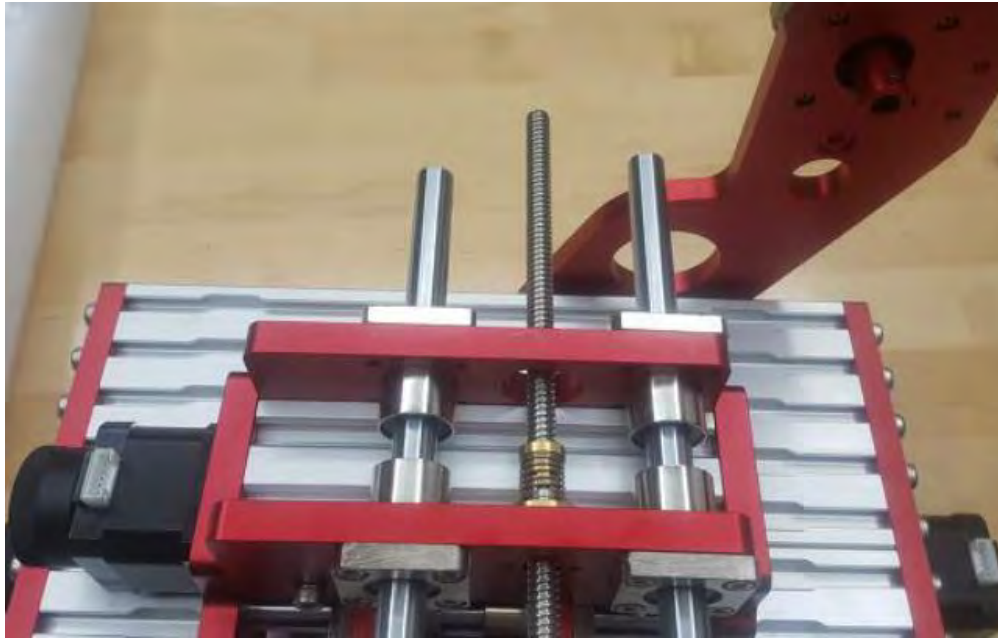


Figura 50.- varillas pulidas del eje X

Se prepara el perfil de los tornillos M5 de 16 mm, asegurándolos en la placa de soporte ver (Figura 51).



Figura 51.- sujetadores de soporte

Inserta la unidad del husillo en las varillas pulidas y prepara los tornillos M5 de 16 mm para asegurar los extremos, así como los tornillos M5 de 20 mm para los agujeros del centro ver (Figura 52).

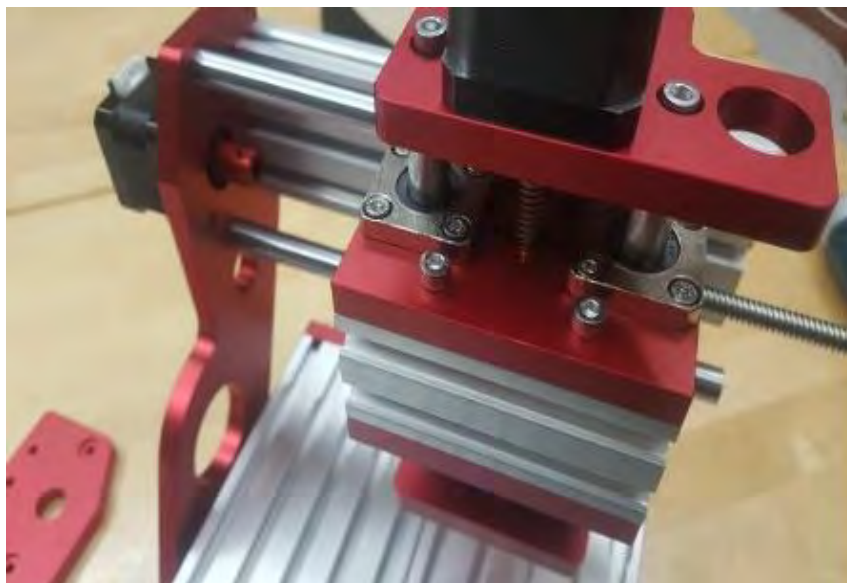




Figura 52.- Sujetadores del soporte del taladro

Se procede a ajustar las varillas pulidas mediante el uso de tornillos M5 de 16 mm ver (Figura 53).



Figura 53.- Aseguración de placa de soporte

Ajustando todos los tornillos de los cojinetes de brida y preparando el rodamiento con su volante. Insertando el rodamiento mientras se coloca el colante, para luego apretar el tornillo del volante con el fin de asegurarlo ver (Figura 54 y Figura 55).



Figura 54.-Rodamiento y cabezales los ejes XY



Figura 55., Aseguración de rodamiento y volante

Preparando las tuercas en T, los tornillos M4 de 8 mm y el accesorio del eje, se insertan las tuercas en T en el perfil ver (Figura 56 y figura 57).

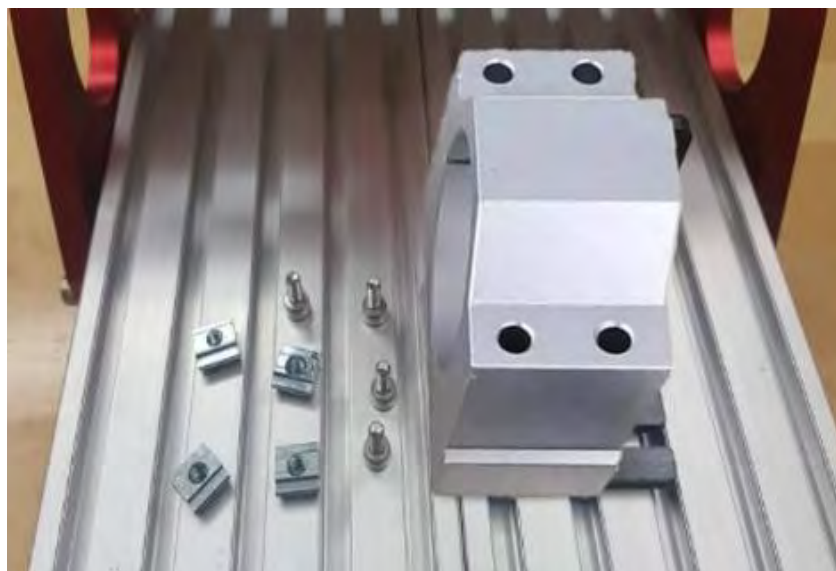


Figura 56.- Accesorios de soporte de taladro

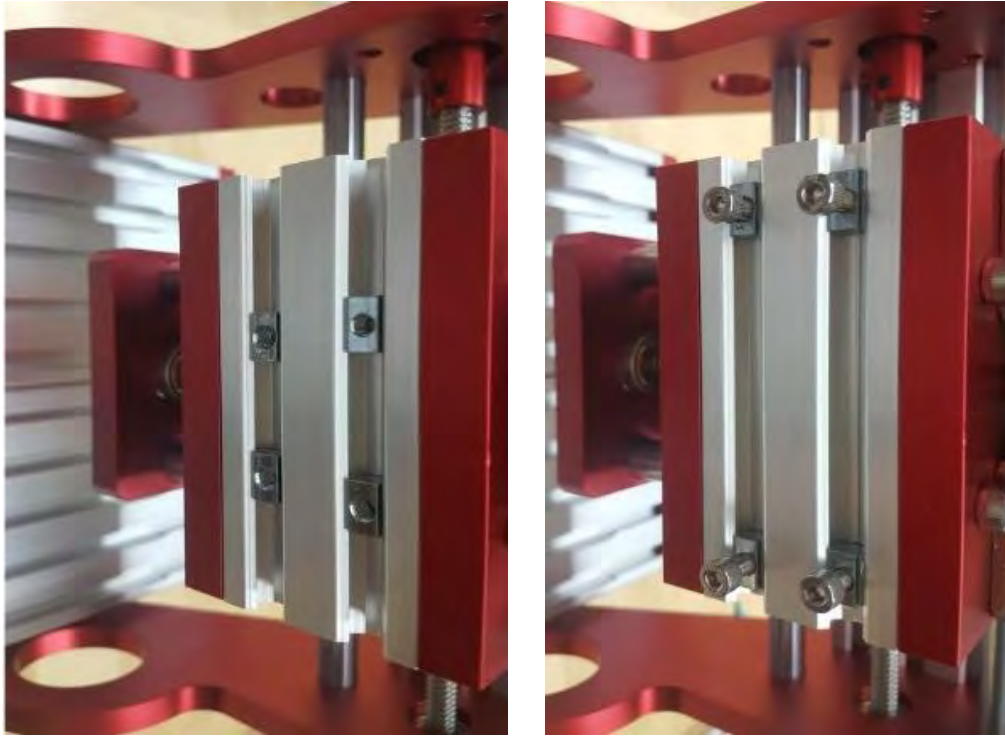


Figura 57.- Soporte de taladro

Asegurando la base y montando el taladro, concluyendo el armado de la CNC 1419 ver (Figura 58).

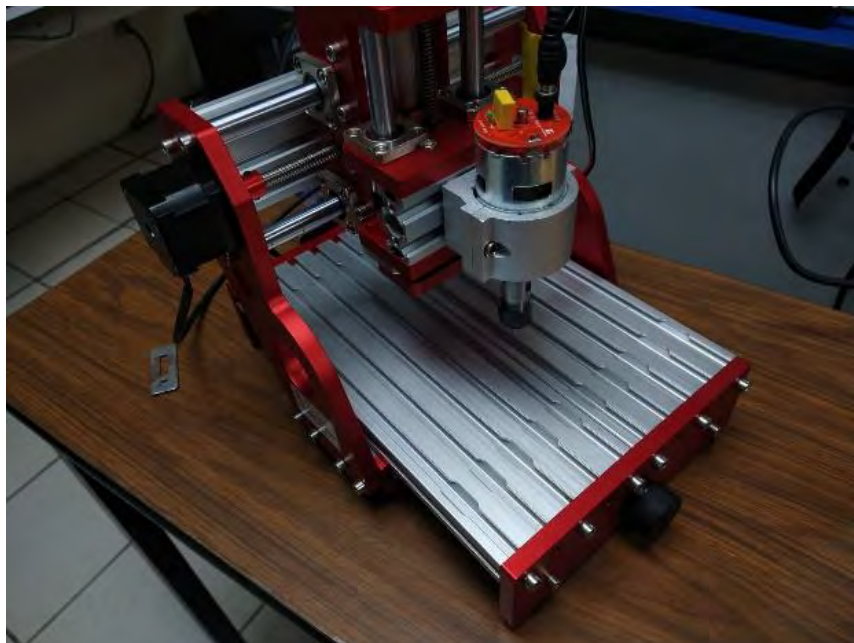


Figura 58.- CNC 1419

Capítulo IV: Software

Antes de abordar la instalación del software de control, resulta esencial explorar dos programas específicos para el diseño de PCB. Estos se basan en el diagrama esquemático del circuito, detallando las conexiones y elementos esenciales para su correcto funcionamiento. Estos programas son los siguientes:

4.1. Software Fritzing

La aplicación Fritzing es reconocida como un software de automatización de diseño electrónico que presenta una baja barrera de entrada, lo que la hace idónea para las necesidades tanto de fabricantes como de aficionados. Se destaca por proporcionar una visión única de una "placa de pruebas" en la vida real y una biblioteca de piezas que abarca numerosos componentes de alto nivel y uso común. esta herramienta simplifica la comunicación sobre circuitos y facilita la transformación de estos en diseños de PCB listos para la producción (Fritzing, 2024).

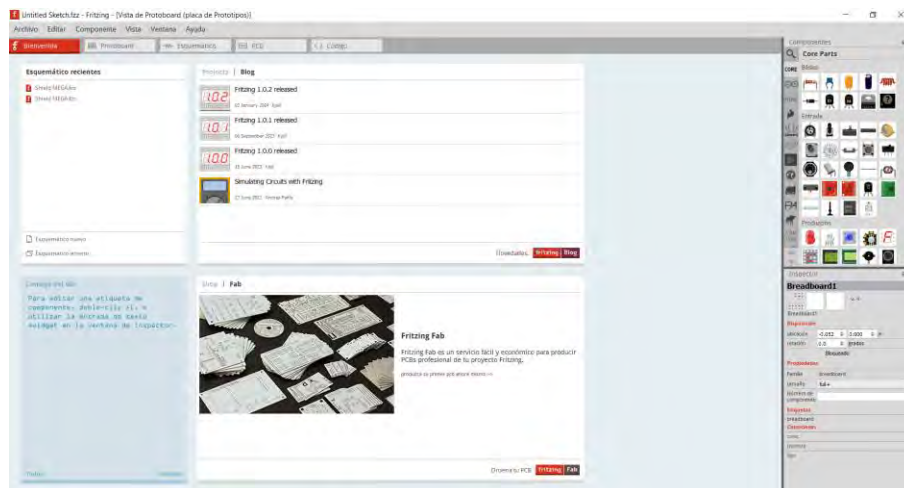


Figura 59.- Captura de pantalla del software Fritzing

Un aspecto fundamental de Fritzing es su vista PCB, en ella se lleva a cabo el diseño de la tarjeta impresa del circuito, permitiendo colocar los elementos del circuito, teniendo en cuenta sus dimensiones reales y la disposición de las patas en la placa impresa. Además, se pueden trazar las pistas que conectarán los dispositivos (González, 2018). La salida de esta vista resulta invaluable, ya que puede

emplearse directamente en la fabricación de un circuito impreso. Con una instalación sencilla y fácil ver (Figura 60).

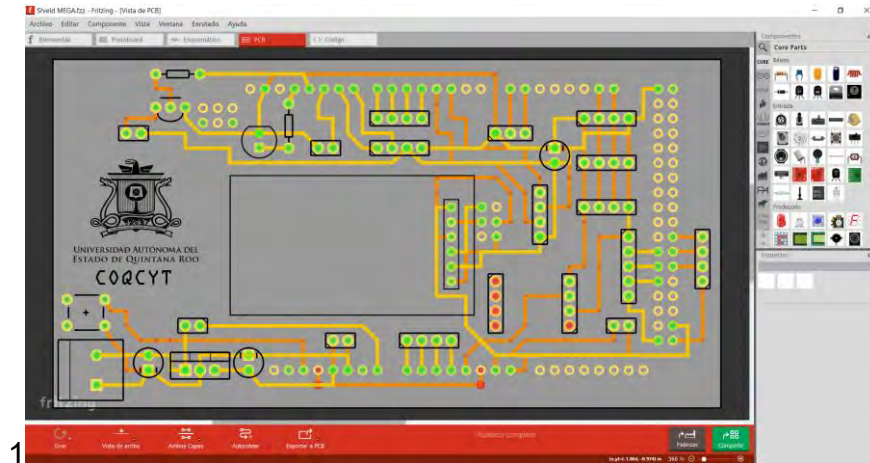


Figura 60.- Captura de pantalla de modo vista PCB

4.2. Software FlatCAM

La aplicación de FlatCAM permite llevar tus diseños a un enrutador CNC. Puede abrir Gerber, Excellon o G-code, editarlo o crearlo desde scratch y generar G-Code. El enrutamiento de aislamiento es una de las muchas tareas para las que FlatCAM es perfecto. Es de código abierto, está escrito en Python y funciona sin problemas en la mayoría de las plataformas ("FlatCAM: Creación De Prototipos De PCB CAD/CAM," 2024.). Con una instalación sencilla y fácil ver (Figura 61).

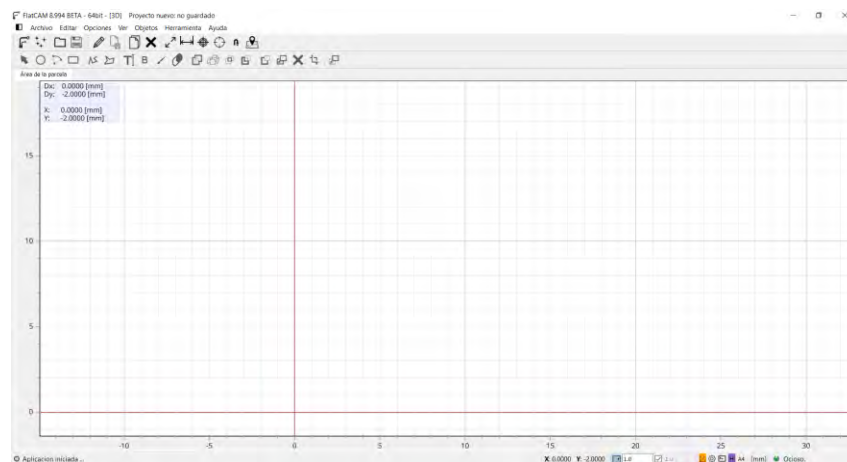


Figura 61.- Captura de pantalla del software FlatCAM

Contando con herramientas esenciales para el proceso de fabricación, tales como:

4.2.1. Vista espectador

Visualiza los archivos Gerber, los archivos Drill y el código G con precisión. Adquiere un conocimiento detallado sobre cómo la máquina llevará a cabo la producción de la PCB ver (Figura 62).

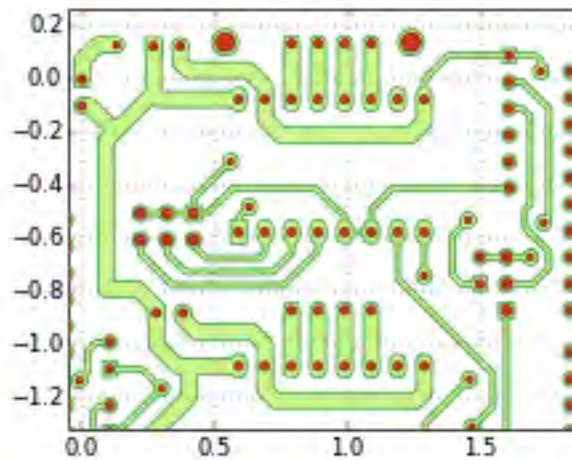


Figura 62.- Captura de pantalla de modo vista espectador

4.2.2. Enrutamiento de aislamiento

Genera rutas específicas para las herramientas con el propósito de realizar cortes alrededor de las trazas de señal en el circuito. Emplea múltiples pasadas en áreas más extensas para lograr un espacio adecuado. Elimina de manera precisa las áreas arbitrarias de cobre en la placa ver (Figura 63).

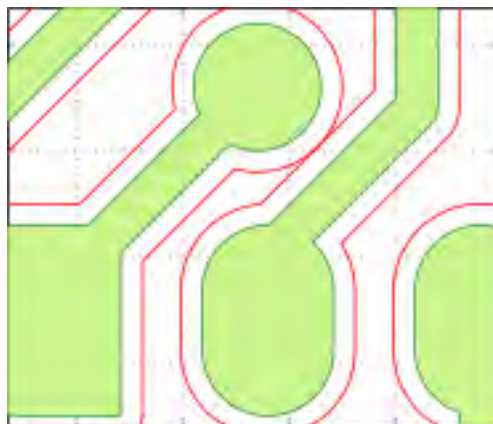


Figura 63.-Captura de pantalla de modo enrutamiento de aislamiento

4.2.3. Doble cara

La herramienta incorporada especializada facilita la rápida creación de PCB de doble cara al permitirle invertir las capas y generar guías de alineación de manera eficiente ver (Figura 64).

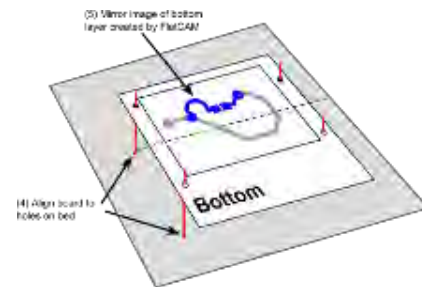


Figura 64.- Captura de pantalla de modo doble cara

4.3. Software GRBL Controller (Candle)

Contando finalmente con el software que facilita la comunicación del lenguaje numérico hacia los controladores de la máquina. El GRBL Controller (Candle) ha sido diseñado con la función específica de enviar códigos G a máquinas CNC, como aquellas utilizadas en fresadoras 3D. Su enfoque no reside en una complejidad excesiva; más bien, se centra en proporcionar a los usuarios una interfaz amigable para obtener comandos de cualquier controlador que utilicen. Su atractivo se manifiesta en la capacidad de crear aplicaciones de interfaz gráfica de usuario de calidad, mejorando la experiencia de interacción y control durante el proceso de fresado en 3D ver (Figura 65).

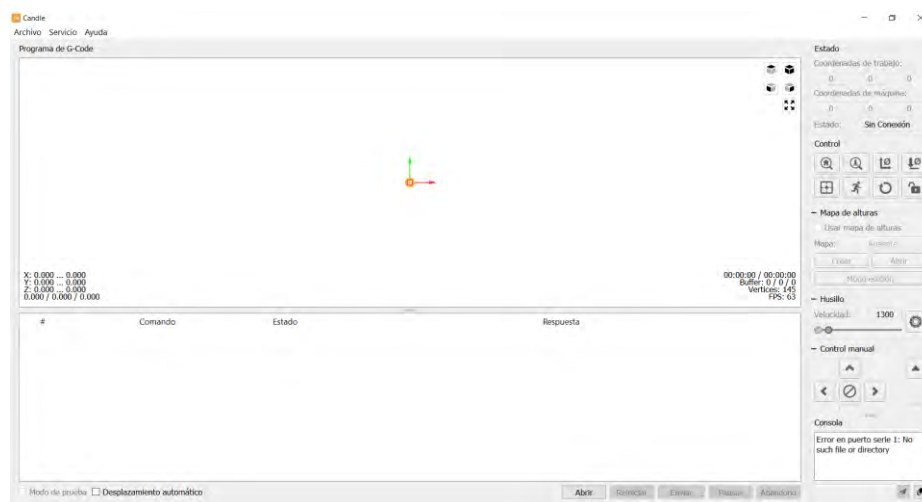


Figura 65.- Captura de pantalla del software GRBL Controller (Candle)

4.4. Instalación y configuración de software de control

En el proceso de instalación, se incluye un disco de instalación que acompaña al material adicional proveniente de las partes del ensamblaje de la máquina CNC 1419. Este disco contiene los archivos esenciales requeridos para llevar a cabo la instalación de manera adecuada ver (Figura 66).

Nombre	Fecha de modificación	Tipo	Tamaño
driver	22/09/2023 11:01 a. m.	Carpeta de archivos	
Factory_data_reset	22/09/2023 03:47 p. m.	Carpeta de archivos	
Grblcontrol(Candle_1.1.7)	10/10/2023 12:33 a. m.	Carpeta de archivos	
Laser	09/11/2023 05:53 p. m.	Carpeta de archivos	
NCfile	22/09/2023 11:01 a. m.	Carpeta de archivos	
XLoader(Download)	22/09/2023 11:02 a. m.	Carpeta de archivos	
XLoaderú;Downloadú®	22/09/2023 11:02 a. m.	Carpeta de archivos	
Factory_data_reset	23/03/2020 02:09 a. m.	Archivo WinRAR	54,488 KB
Grblcontrol(Candle_1.1.7)	23/03/2020 02:23 a. m.	Archivo WinRAR	22,200 KB
XLoader(Download)	03/04/2020 04:01 a. m.	Archivo WinRAR ZIP	648 KB

Figura 66.- Archivos incluidos en el disco de instalación

Instalando primero el driver para extraer el máximo de las funcionalidades del dispositivo para el cual ha sido diseñado. Dando doble click Para comenzar, se procede a la instalación del controlador, diseñado para aprovechar al máximo las funcionalidades del dispositivo. Esto se logra dando doble clic sobre el archivo correspondiente ver (Figura 67).

Nombre	Fecha de modificación	Tipo	Tamaño
CH340SER	07/03/2016 04:39 a. m.	Aplicación	228 KB

Figura 67.- Driver de maquina CNC

Una vez aceptados los permisos de administrador, se visualizará la siguiente pantalla, indicando la necesidad de conectar la máquina a un puerto disponible en la computadora. Posteriormente, se hace clic en "INSTALAR" para completar el proceso de instalación de manera correcta ver (Figura 68).

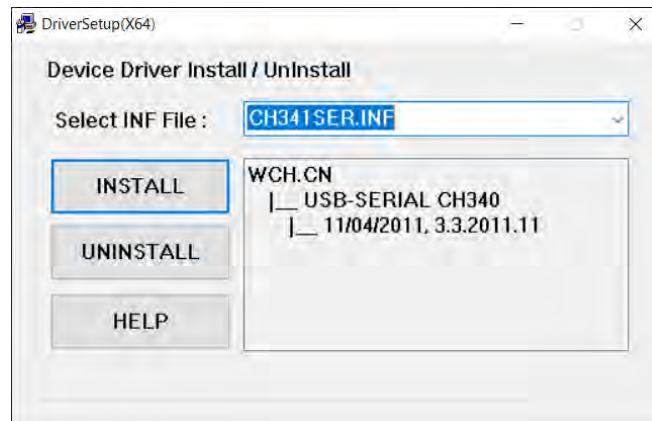


Figura 68.- Instalación de driver

A continuación, al retornar a la carpeta inicial, se accede a la carpeta correspondiente al GRBL Controller, dentro de la cual se hallan los archivos de aplicación, realizando un doble clic en el archivo señalado ver (Figura 69).

Nombre	Fecha de modificación	Tipo	Tamaño
platforms	22/09/2023 11:02 a. m.	Carpeta de archivos	
translations	22/09/2023 11:02 a. m.	Carpeta de archivos	
d3dcompiler_47.dll	12/10/2015 08:46 p. m.	Extensión de la ap...	3,386 KB
Grblcontrol (Candle)	28/12/2016 08:33 a. m.	Aplicación	791 KB
icudt54.dll	31/03/2015 02:56 a. m.	Extensión de la ap...	24,788 KB
icuin54.dll	31/03/2015 02:56 a. m.	Extensión de la ap...	3,829 KB
icuuc54.dll	31/03/2015 02:56 a. m.	Extensión de la ap...	2,127 KB
libEGL.dll	12/10/2015 08:46 p. m.	Extensión de la ap...	10 KB
libgcc_s_dw2-1.dll	21/12/2014 07:07 a. m.	Extensión de la ap...	118 KB
libGLESV2.dll	12/10/2015 08:46 p. m.	Extensión de la ap...	1,564 KB
libstdc++-6.dll	21/12/2014 07:07 a. m.	Extensión de la ap...	1,003 KB
libwinpthread-1.dll	21/12/2014 07:07 a. m.	Extensión de la ap...	48 KB
LICENSE	08/08/2015 08:30 p. m.	Archivo	35 KB
opengl32sw.dll	23/09/2014 02:36 a. m.	Extensión de la ap...	14,864 KB
Qt5Core.dll	08/10/2016 11:17 a. m.	Extensión de la ap...	5,265 KB
Qt5Gui.dll	12/10/2015 11:31 a. m.	Extensión de la ap...	5,210 KB
Qt5OpenGL.dll	12/10/2015 11:43 a. m.	Extensión de la ap...	327 KB
Qt5SerialPort.dll	12/10/2015 11:59 a. m.	Extensión de la ap...	86 KB
Qt5Svg.dll	12/10/2015 11:48 a. m.	Extensión de la ap...	324 KB
Qt5Widgets.dll	12/10/2015 11:37 a. m.	Extensión de la ap...	6,389 KB
Qt5WinExtras.dll	12/10/2015 12:55 p. m.	Extensión de la ap...	236 KB
settings	10/10/2023 12:33 a. m.	Opciones de confi...	4 KB

Ilustración 69.- Archivos de instalación

Logrando utilizar el software de manera completa y finalizar el proceso de instalación del software

Capítulo V: Calibración y ajuste del equipo CNC 1419

5.1. Conexión de equipo a maquina

Para llevar a cabo la manipulación del equipo en esta etapa, es necesario abrir el programa Candle previamente instalado. La calibración del equipo se realizará siguiendo el procedimiento indicado ver (Figura 70).

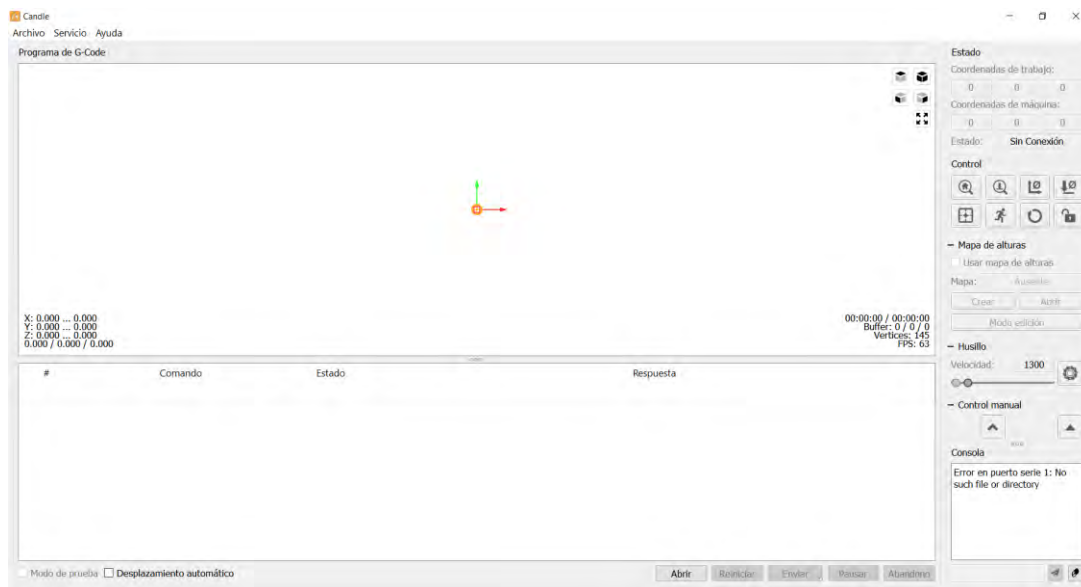


Figura 70.- Software Candle sin conexión

Para acceder, es preciso dirigirse a la ventana de "Servicio" y hacer clic en "Opciones" ver (Figura 71).

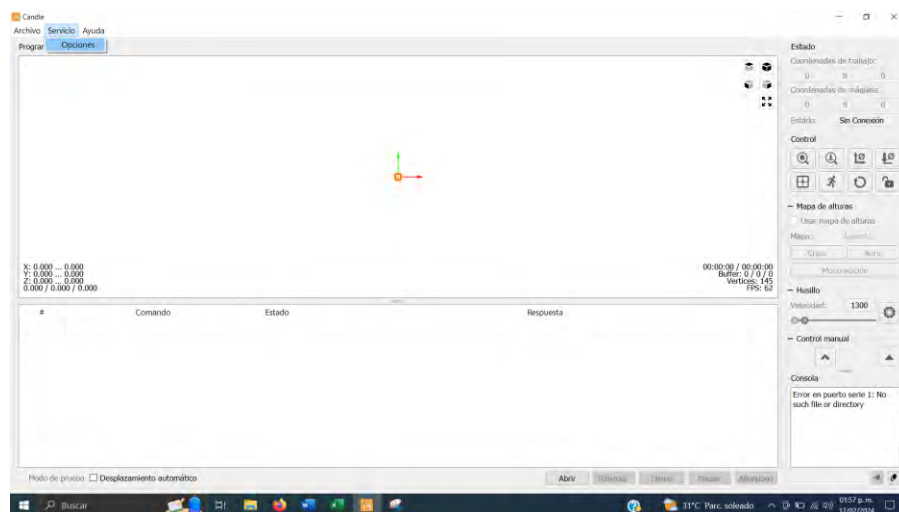


Figura 71.- Software Candle ventana de configuración

Posteriormente, se debe seleccionar el puerto en el que la máquina se ha conectado. Se debe hacer clic en el icono ubicado a la derecha para actualizar automáticamente el valor de "Baud" ver (Figura 72).

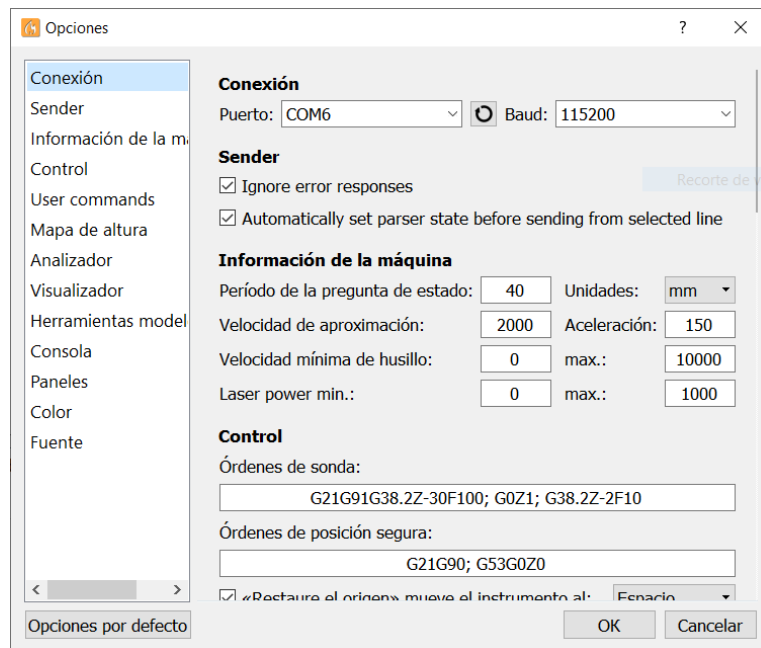


Figura 72.- Ventana de configuración

Con la máquina conectada (indicada con un "Listo" en el icono de "Estado"), se procede a actualizar los datos provenientes del GRBL. En este caso, la máquina viene equipada con el GRBL v1.1, el cual debe ser modificado para adaptarse al uso de la máquina ver (Figura 73 y Figura 74).



Figura 73.- conexión de maquina con programa de control



Figura 74.- GRBL Controller

5.2. Calibración del GRBL

Utilizando la consola ubicada en la parte inferior derecha, se debe escribir el comando \$ (son los comandos del sistema Grbl utilizados para ajustar la configuración, ver o cambiar los estados de Grbl y los modos de ejecución, e iniciar un ciclo de homing) y presionar la tecla Enter para que GRBL imprima un mensaje de ayuda. No se debería observar ningún eco local del símbolo \$ al ingresar ver (Figura 75).

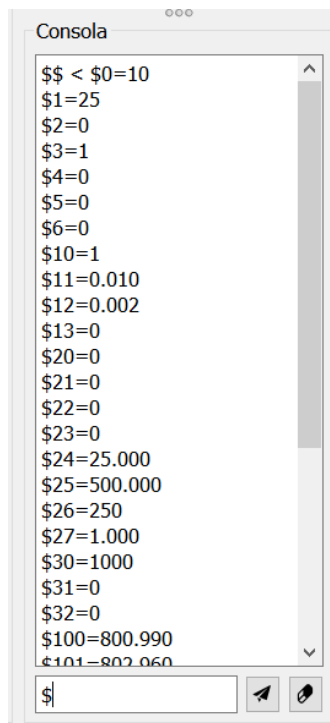


Figura 75.- Consola de Candle

Los comandos de Grbl se utilizan para ajustar la configuración, visualizar o cambiar los estados de Grbl y los modos de ejecución, así como para iniciar un ciclo de homing. Los cambios afectan a tres parámetros específicos, que son los siguientes:

5.2.1. Inversor puerto de dirección, máscara \$3

La configuración invertirá la señal de dirección para cada eje. Por defecto, se asume que los ejes se desplazan en dirección positiva cuando la señal del pin de dirección está baja y en dirección negativa cuando el pin está alto. La mencionada configuración invertirá la señal del pin de dirección para aquellos ejes que se desplazan en sentido opuesto ver (Tabla 3).

Tabla 3.- Configuración de dirección para cada eje

Ajuste del valor	Máscara	Invertir X	Invertir Y	Invertir Z
0	00000000	N	N	N
1	00000001	Y	N	N
2	00000010	N	Y	N
3	00000011	Y	Y	N
4	00000100	N	N	Y
5	00000101	Y	N	Y
6	00000110	N	Y	Y
7	00000111	Y	Y	Y

Utilizando la tabla proporcionada, se enviaría \$3 = 2 a Grbl y la configuración correspondiente debería ser leída como \$3 = 2

5.2.2. Pasos [X, Y, Z] \$100, \$101 y \$102

Para calcular los pasos/mm para un eje de su máquina, la persona necesita conocer los siguientes aspectos:

- El mm que recorre por revolución el motor Stepper de la máquina, dependiendo de los engranajes de la correa o del tornillo de plomo.
- Los pasos completos por revolución de los pasos del motor, que suelen ser 200 en la mayoría de los casos.

- Los micropasos por paso del controlador, que generalmente pueden ser 1, 2, 4, 8 o 16.

Los pasos/mm se pueden calcular así:

$$\text{steps_per_mm} = (\text{steps_per_revolution} * \text{microsteps}) / \text{mm_per_rev}$$

Utilizando la calculo anterior, se enviaría \$100 = 800.99, \$100 = 802.960, \$100 = 800 a Grbl y la configuración correspondiente debería ser leída como \$100 = 800.99, \$100 = 802.960, \$100 = 800

5.2.3. Aceleración, mm/seg² \$120, \$121, \$122. [X, Y, Z]

Los parámetros de aceleración de los ejes en mm/segundo/segundo son establecidos, donde un valor más bajo implica que el sistema se aliviará más lentamente durante el movimiento, mientras que un valor más alto resultará en movimientos más ajustados y alcanzará las tasas de alimentación deseadas de manera más rápida. Al igual que con la configuración de la velocidad máxima, cada eje posee su propio valor de aceleración, siendo independientes entre sí. En consecuencia, en un movimiento multieje, la aceleración será limitada por el eje con el valor más bajo.

Utilizando los cálculos (“RepRaP Calculator - Original Prusa 3D Printers,” 2015), se enviaría \$110 = 1500, \$111 = 1500, \$112 = 1500 a Grbl y la configuración correspondiente debería ser leída como \$110 = 1500, \$111 = 1500, \$112 = 1500

5.3. Configuración GRBL final

Contando con una tabla que presenta los datos predeterminados y aquellos que han sido modificados ver (Tabla 4).

Tabla 4.- Configuración GRBL

Configuración GRBL			
GRBL V1.1		GRBL v1.1 (modificada)	
\$0	10	\$0	10
\$1	25	\$1	25
\$2	0	\$2	0

\$3	0	\$3	1
\$4	0	\$4	0
\$5	0	\$5	0
\$6	0	\$6	0
\$10	1	\$10	1
\$11	0.01	\$11	0.01
\$12	0.002	\$12	0.002
\$13	0	\$13	0
\$20	0	\$20	0
\$21	0	\$21	0
\$22	1	\$22	1
\$23	0	\$23	0
\$24	25	\$24	25.000
\$25	500	\$25	500.00
\$26	250	\$26	250
\$27	1	\$27	1.000
\$30	1000	\$30	1000
\$31	0	\$31	0
\$32	0	\$32	0
\$100	250	\$100	800.990
\$101	250	\$101	802.960
\$102	250	\$102	800
\$110	500	\$110	1500
\$111	500	\$111	1500
\$112	500	\$112	1500
\$120	10	\$120	70
\$121	10	\$121	70
\$122	10	\$122	70
\$130	200	\$130	200
\$131	200	\$131	200
\$132	200	\$132	200

Capítulo VI: Desarrollo de pruebas experimentales

El proceso de fabricación de PCB se detalla en el Anexo 1. En dicho procedimiento, se inicia con la creación del diseño de la PCB. A continuación, se generan los archivos G-code necesarios, dependiendo de si se trata de una placa de una cara o doble, para cargarlos en el programa de control de la CNC. Este paso permite comenzar con la colocación de la placa en la CNC, iniciando los procesos subsiguientes, tales como perforación, corte de pistas y, en el caso de una PCB de doble cara, el corte de pistas en la cara posterior.

Posteriormente, se procede con la limpieza y verificación de la PCB terminada. En este punto, se puede avanzar en la soldadura de los componentes. Para otorgarle un aspecto más profesional, se sigue con el proceso de serigrafía, generando los archivos G-code para la máscara de componentes y la máscara de soldadura. En el caso de una placa de doble cara, también se genera la máscara de soldadura para la cara posterior. Estos archivos se cargan en el programa de control de la CNC para iniciar la colocación de la placa en la CNC, dando paso a los procesos de máscara de componentes, máscara de soldadura y, si es una placa de doble cara, máscara de soldadura trasera.

Finalmente, se realiza una limpieza y verificación exhaustiva antes de iniciar la soldadura para asegurar la fijación adecuada de los componentes. Este completo proceso de fabricación de PCB es seguido por una inspección de calidad, que verifica la correcta conexión y la ausencia de defectos. El riguroso seguimiento del diagrama de flujo garantiza la eficiencia del proceso y la producción de PCB de alta calidad. Cada paso del diagrama se detalla en los siguientes pasos.

6.1. Creación de diseño de PCB

La iniciativa se puso en marcha con el uso del software Fritzing, que permite simular el diseño de la placa. Se encuentran disponibles componentes básicos como cables, botones y resistencias, entre otros. También se pueden añadir componentes especiales, como placas Arduino y sensores, a los diseños ver (Figura 76).

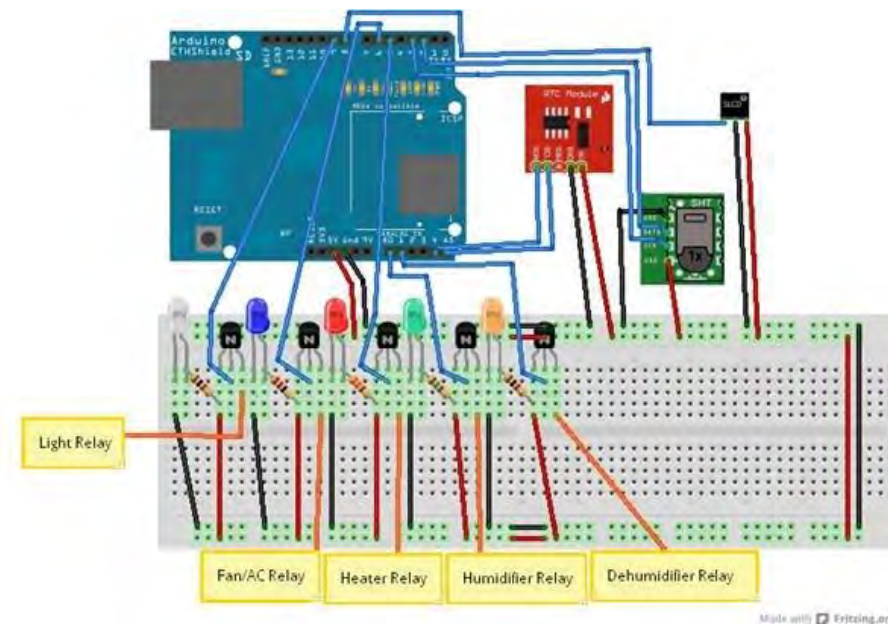


Figura 76.- Componentes Fritzing

Al abrir un proyecto en Fritzing por primera vez, la aplicación se inicia en la pantalla de protoboard ver (Figura 77).

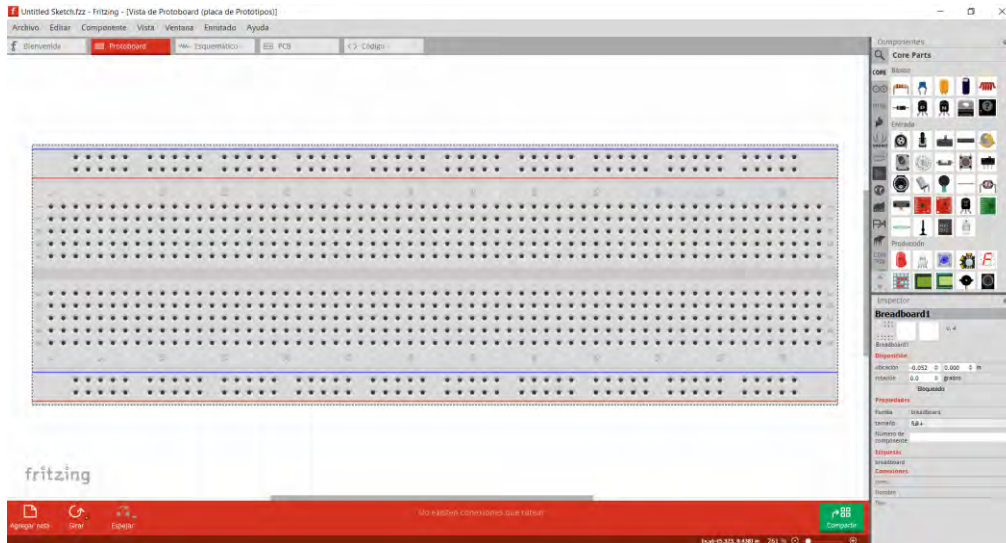


Figura 77.- Modo protoboard

A la derecha de la pantalla se halla la barra de menú, que exhibe todos los componentes y opciones disponibles. Cuando un componente permite personalización, la mitad inferior de la barra de herramientas muestra las opciones de personalización disponibles para esa parte específica ver (Figura 78).

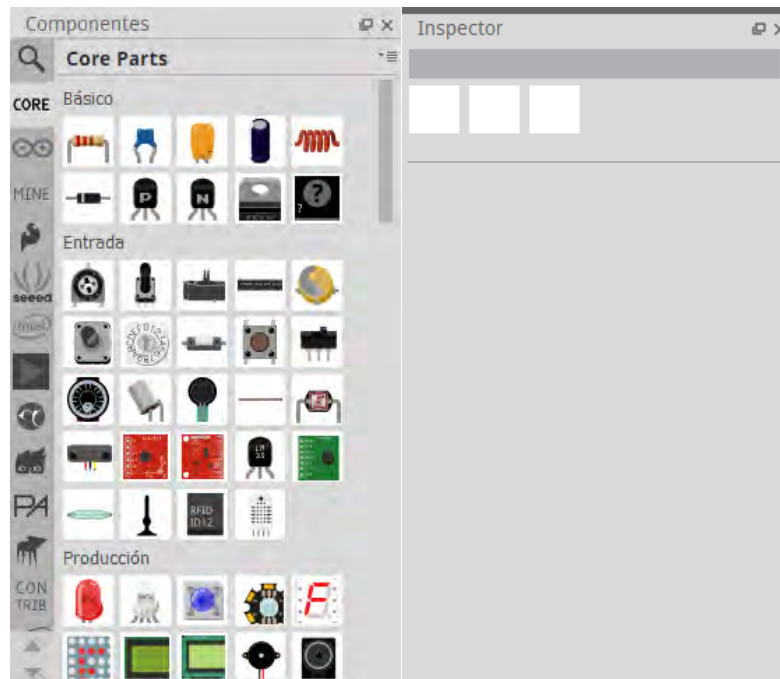


Figura 78.- barra de menú e inspector

El primer paso consiste en ubicar todos los componentes en el área de trabajo. Se pueden seleccionar y arrastrar para colocarlos. Cuando un componente se conecta a una columna, toda la fila se ilumina en verde, como se muestra a continuación. Esta zona verde indica la existencia de una conexión eléctrica entre los agujeros de la protoboard ver (Figura 79).

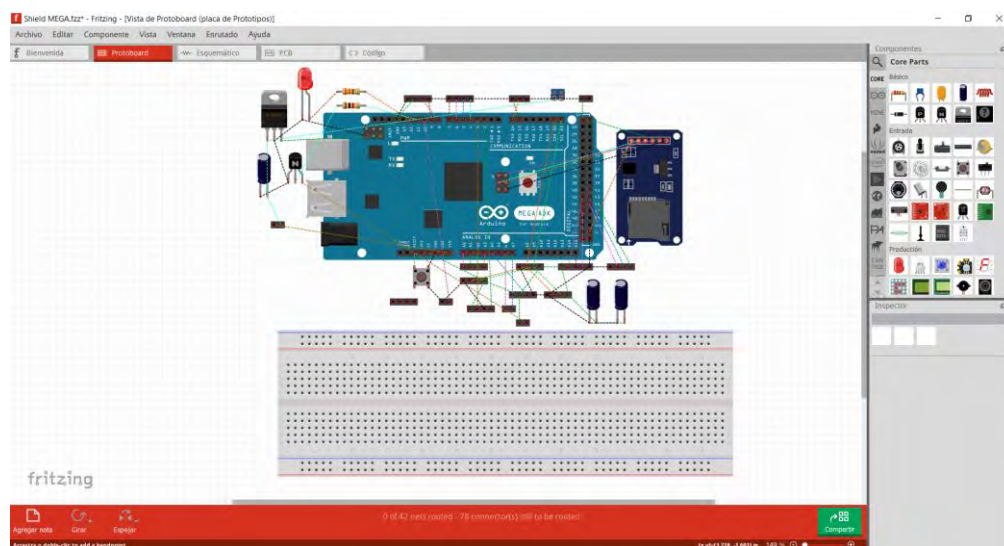


Figura 79.- vista de componentes en modo protoboard

Al igual que en un tablero físico, es posible agregar pequeños cables para establecer las conexiones necesarias. Al colocar el cursor del ratón sobre un agujero en el protoboard, este se resalta en azul, indicando que está listo para agregar un cable ver (Figura 80).

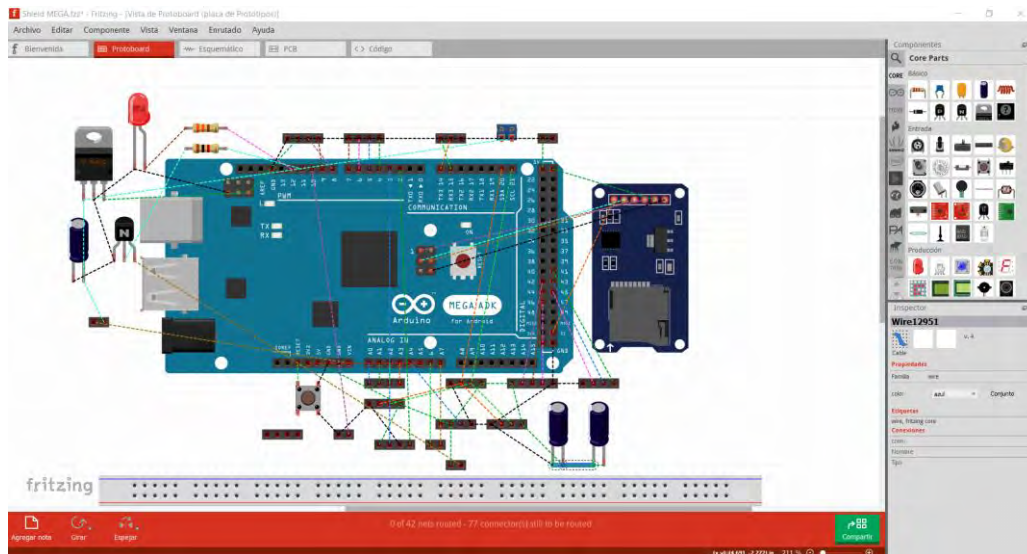


Figura 80.- Modo de conexión

Esta funcionalidad es única en el software de diseño de PCB, ya que permite visualizar imágenes en tiempo real del circuito. A medida que se añaden componentes y cables en el protoboard, se genera automáticamente un esquema preciso del circuito.

Esta vista se puede acceder seleccionando el botón de esquema en la esquina superior derecha de la pantalla ver (Figura 81).

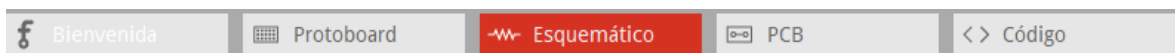


Figura 81.-Selector de modo de vista esquemático

A continuación, se presenta el esquema. Fritzing comprueba que todas las conexiones sean correctas, aunque el diseño estético queda fuera del control de la aplicación de escritorio. Se puede desplazar por el área de trabajo usando la barra de desplazamiento ubicada en la parte inferior derecha. Una vez que se identifican todos los componentes, se pueden arrastrar y ajustar el zoom para obtener una visión óptima del circuito ver (Figura 82).

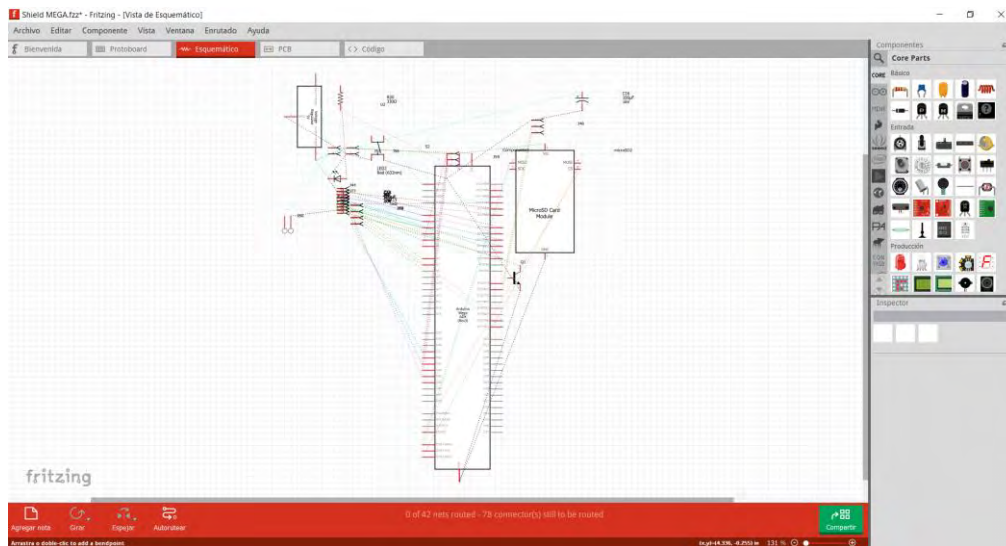


Figura 82:- Vista del modelo esquemático

Una vez que las líneas están rectas y definidas, se procede a ajustar el esquema tanto como sea posible ver (Figura 83).

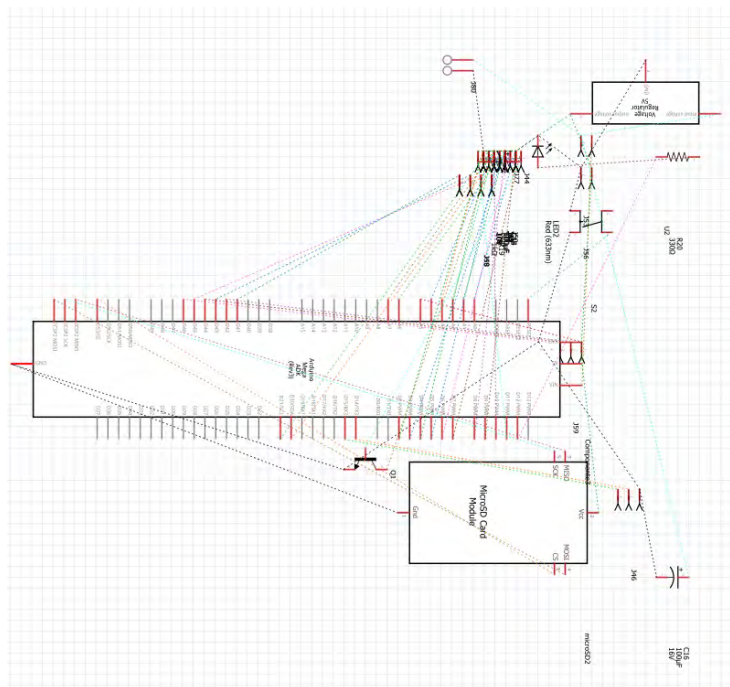


Figura 83.- Modelo esquemático

Una vez que el esquema se muestre tan compacto como el de la parte superior, se debe hacer clic en el botón AutoRoute, ubicado en el centro inferior del espacio de trabajo ver (Figura 84 y Figura 85).

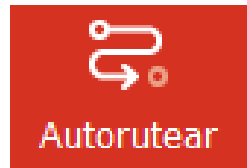


Figura 84.- Herramienta de Autorutear

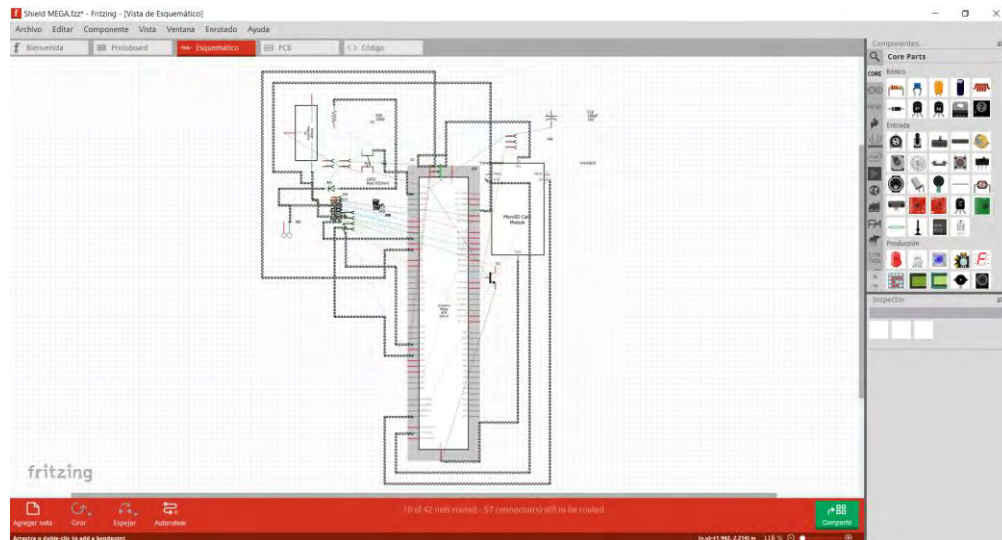


Figura 85.- Modelo esquemático conectado

Se debe hacer clic en la pestaña de PCB ubicada en la parte superior derecha de la barra de herramientas. Al igual que en la pestaña de esquemáticos, la pestaña de PCB presenta los componentes distribuidos de forma desordenada ver (Figura 86).

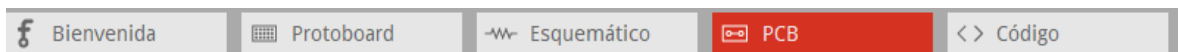


Figura 86.-Selector de modo de vista PCB

Se deben arrastrar los componentes en la placa verde de forma similar a los esquemáticos. El objetivo es minimizar el espacio, por lo que se reduce el tamaño de la placa verde haciendo clic y arrastrando cualquier esquina hacia el centro.

Al igual que en el esquema, se deben mover y rotar los componentes (*ctrl + r*) para que las líneas entre ellos sean rectas y claras. Estas líneas aún no representan las trazas de cobre en el diseño final de la placa, pero indican qué piezas deberán conectarse ver (Figura 87).

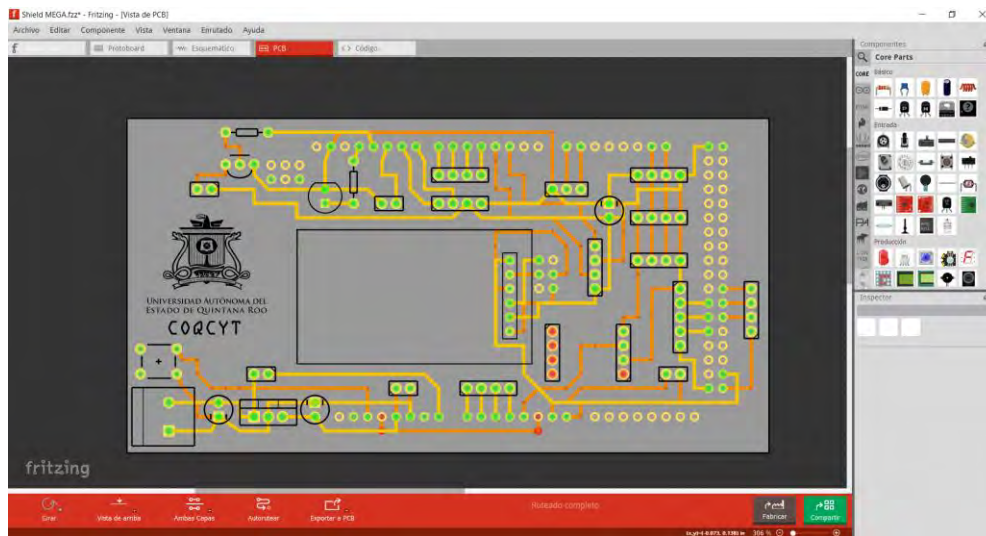


Figura 87.- Vista de modo PCB

Al hacer clic en cualquier parte de la tarjeta verde, se debe acceder a la parte inferior de la barra de herramientas, donde se encuentran las opciones de personalización. Al dirigirse a la sección 'capas', se puede desplazarse hacia abajo y seleccionar 'doble faz'. Aunque las placas de circuito fabricadas en grandes fábricas pueden contar con múltiples capas de pistas intercaladas en la placa, en función del proyecto, se diseñarán las pistas de PCB de doble capa ver (Figura 88 y Figura 89).

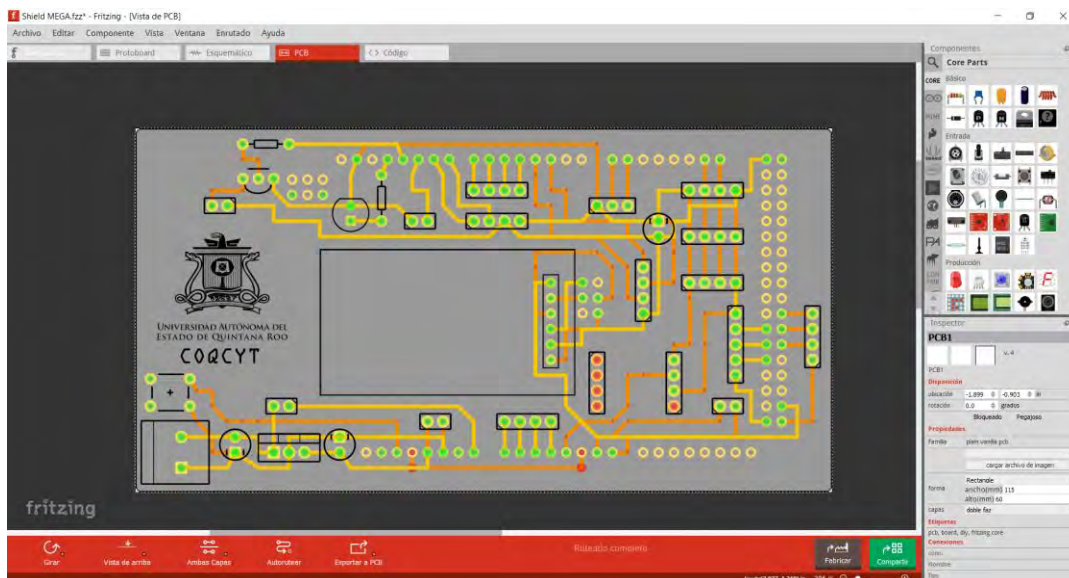


Figura 88.- Modificación de numero de capas

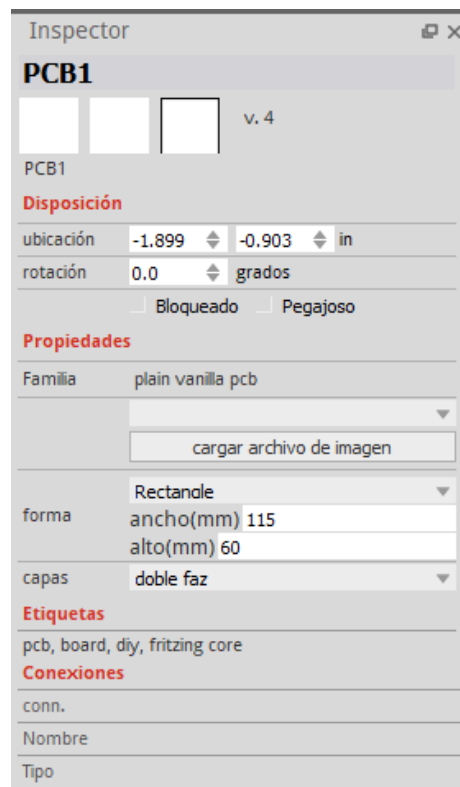


Figura 89.- Vista de opciones de configuración de placa PCB

Una vez que se ha seleccionado una placa de doble cara, se debe hacer clic en el botón AutoRoute ubicado en la parte inferior central de la zona de trabajo ver (Figura 90).



Figura 90.- Herramienta de Autorutear

Las pistas de cobre han sustituido a las líneas finas ver (Figura 91).

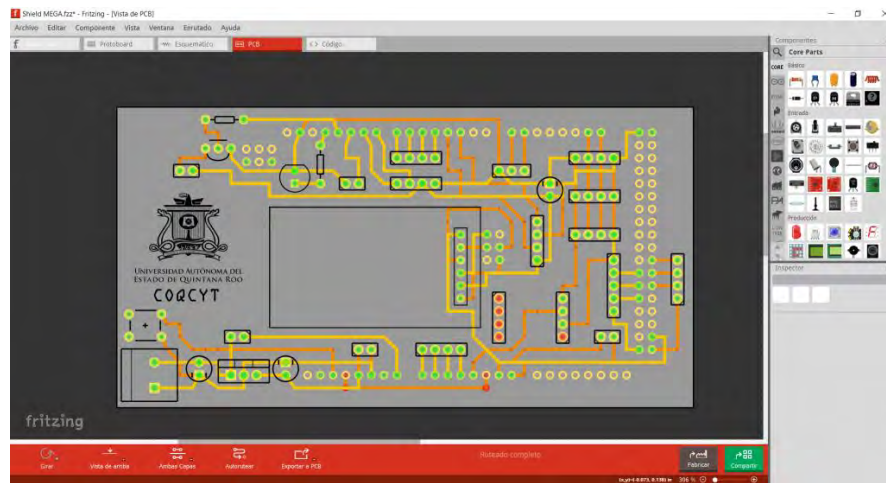


Figura 91.- Vista de modo PCB

En este momento, se cuenta con un diseño de circuito completamente operativo, listo para ser grabado en una placa fenólica.

La capa de serigrafía es crucial para aplicar etiquetas pintadas sobre la placa después de construir el circuito. Fritzingshield genera automáticamente el componente de la capa de serigrafía en la visualización ver (Figura 92).

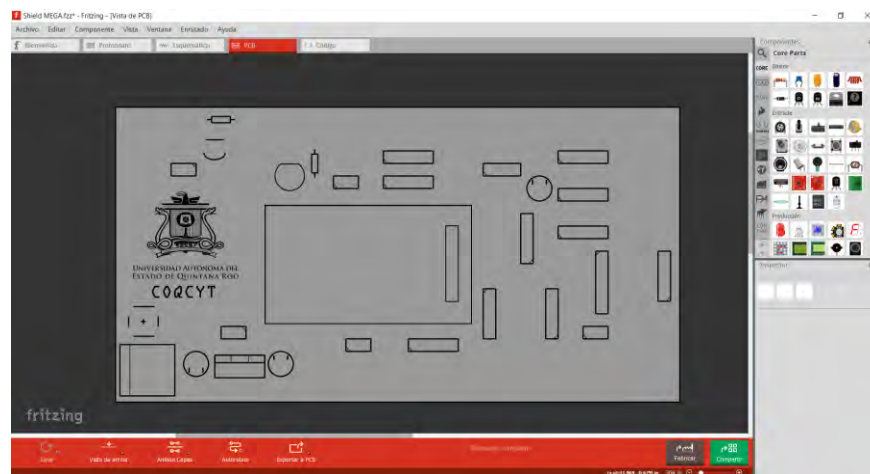


Figura 92.- Modo de vista serigrafía

Se optó por este software debido a su capacidad para exportar archivos en formatos como SVG, DXF, PDF, y especialmente en Gerber RS-274X, considerado el más recomendable. Esta elección se fundamentó en la compatibilidad óptima de dichas extensiones con el programa de control de la máquina CNC 1419, facilitando un rendimiento superior en el proceso ver (Figura 93 y Figura 94).

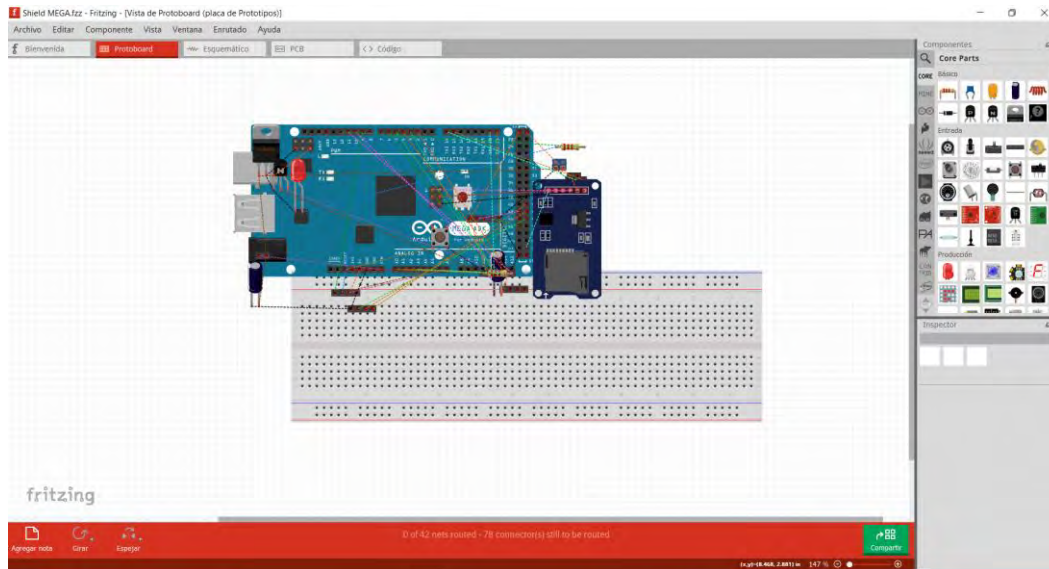


Figura 93.- proceso de diseño



Figura 94.- proceso de diseño de placa

El archivo del circuito es exportado en Gerber RS-274X. Este archivo se genera en una nueva carpeta, dado que se divide en varios archivos que contienen la información correspondiente a la cara superior, la cara inferior, la máscara de grabado, el contorno, entre otros ver (Figura 95,96 y 97).

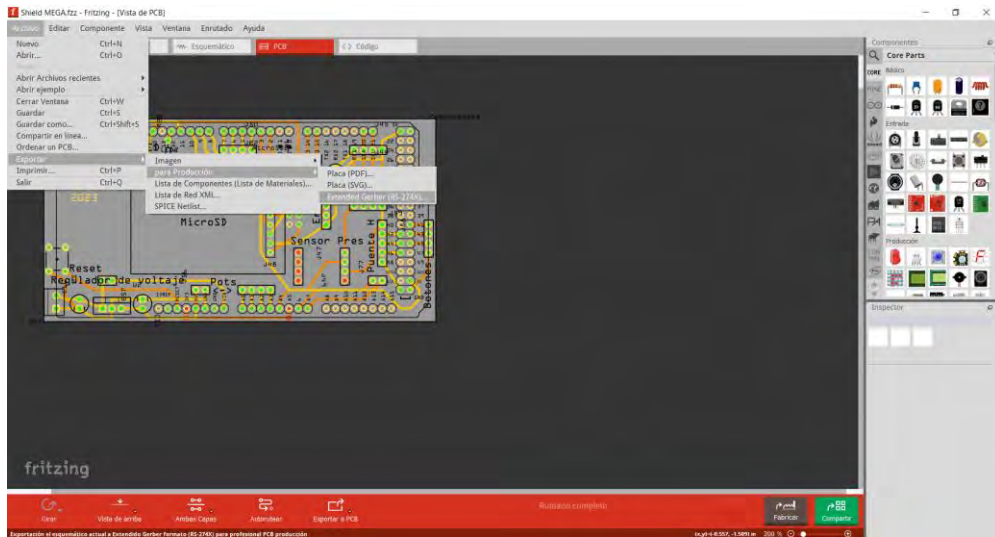


Figura 95.- Proceso de exportación

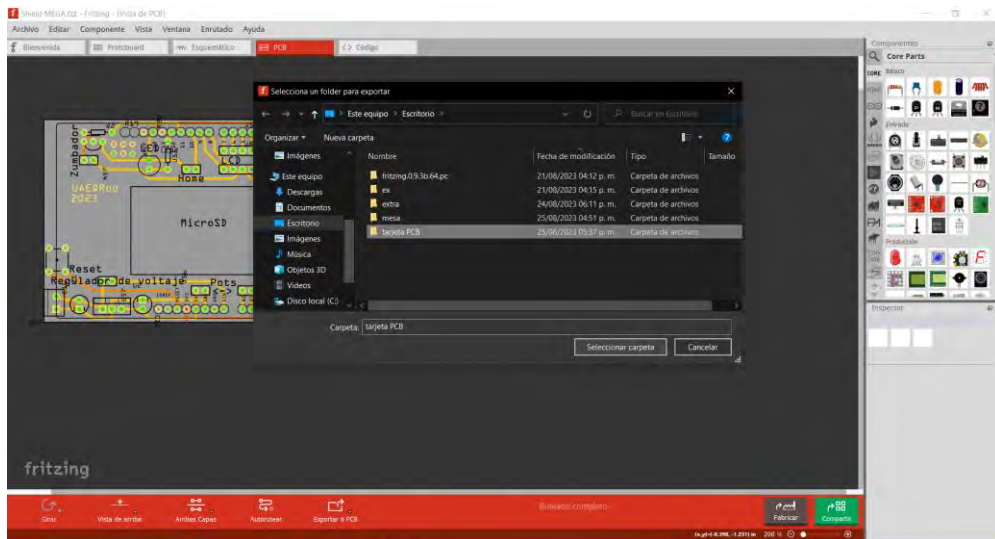


Figura 96.- Proceso de exportación pt2

Nombre	Fecha de modificación	Tipo	Tamaño
Shield MEGA_contour	25/08/2023 05:38 p. m.	Program FlatCAM	1 KB
Shield MEGA_copperBottom	25/08/2023 05:38 p. m.	Program FlatCAM	25 KB
Shield MEGA_copperTop	25/08/2023 05:38 p. m.	Program FlatCAM	60 KB
Shield MEGA_drill	25/08/2023 05:38 p. m.	Documento de tex...	4 KB
Shield MEGA_maskBottom	25/08/2023 05:38 p. m.	Program FlatCAM	18 KB
Shield MEGA_maskTop	25/08/2023 05:38 p. m.	Program FlatCAM	18 KB
Shield MEGA_pnp	25/08/2023 05:38 p. m.	Documento de tex...	3 KB
Shield MEGA_silkBottom	25/08/2023 05:38 p. m.	Program FlatCAM	1 KB
Shield MEGA_silkTop	25/08/2023 05:38 p. m.	Program FlatCAM	957 KB

Figura 97.- Proceso de exportación pt3

6.2. Importación de archivos en formato Gerber

Se empleó el software "FlatCAM" para generar un archivo G-code. En este procedimiento, se realizaron ediciones en los parámetros del software "FlatCAM", tales como el tamaño de la broca para agujeros, la distancia en el corte de Z, la velocidad de avance y la velocidad de giro del motor ver (Figura 98 y Figura 99).

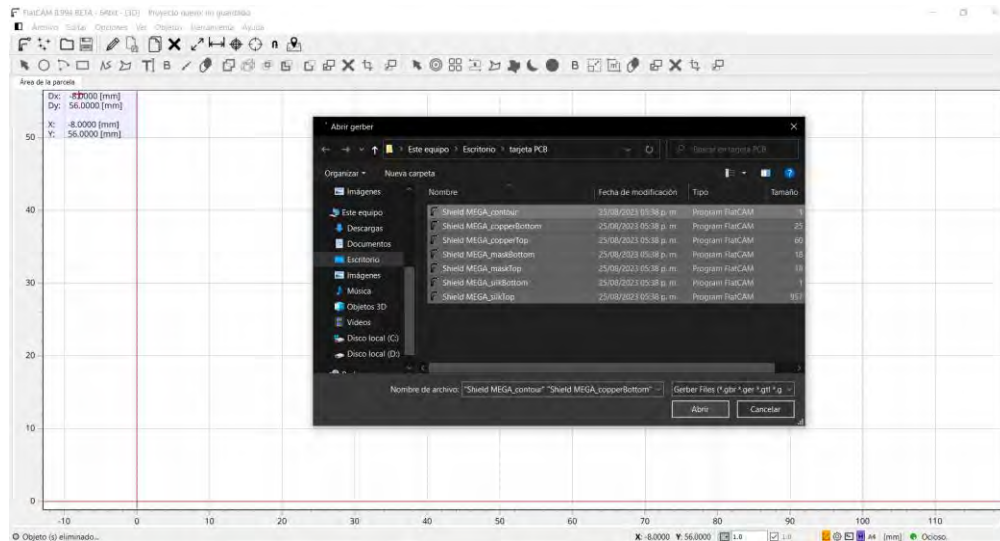


Figura 98.- proceso de carga del archivo Gerber

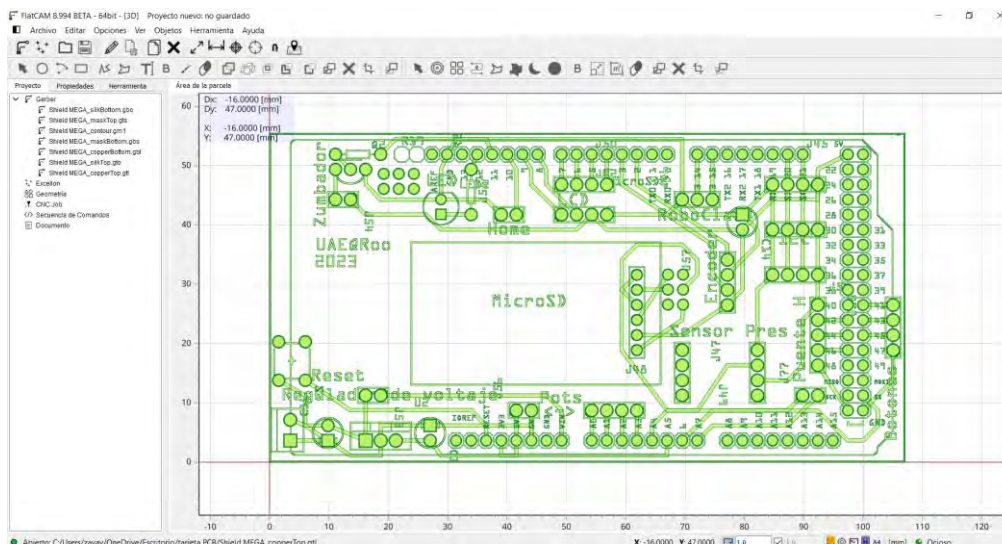


Figura 99.- Proceso de carga

6.3. General archivos G-code de perforación

A partir de los archivos generados en la carpeta, se seleccionó el archivo TXT denominado "Shield MEGA_drill". Se empleó la "herramienta de perforación" para definir los cortes en Z que se llevarán a cabo y, posteriormente, se procedió a la generación del archivo CNC ver (Figura 100 y Figura 101).

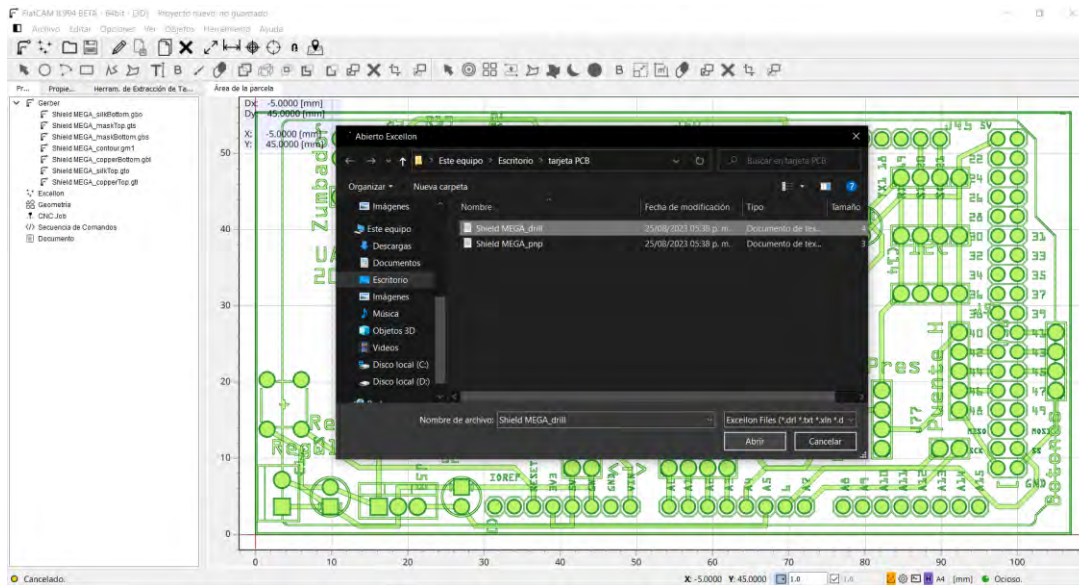


Figura 100.- proceso de generación de archivo de perforación

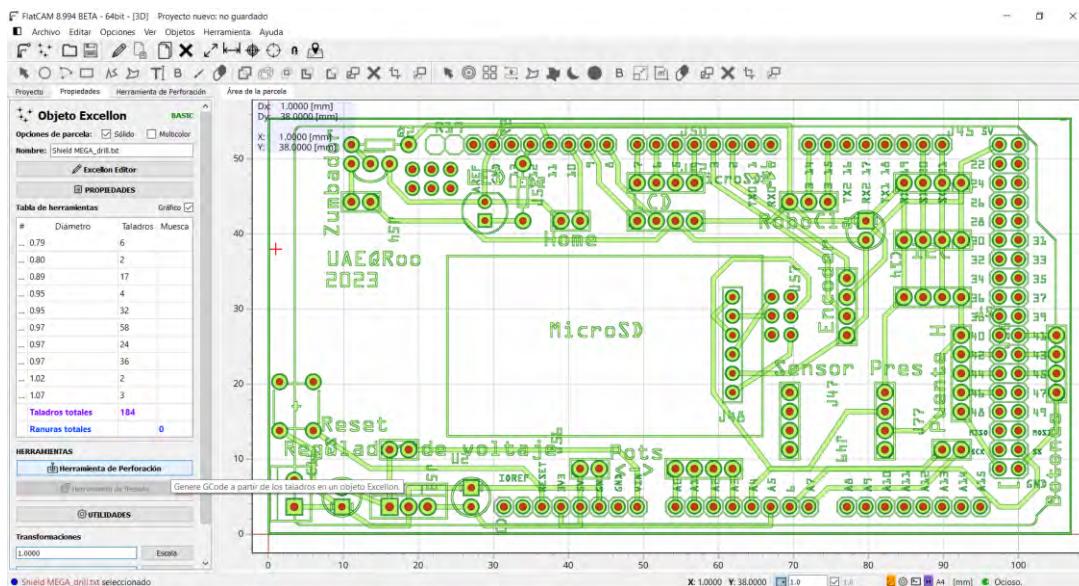


Figura 101.- proceso de generación de archivo de perforación pt2

Luego de este paso, se procedió a ajustar los parámetros a las siguientes configuraciones: Corte Z (perforación vertical) a -2.00 mm , Viaje Z (altura de viaje) a 1.000 mm , Avance Z (Velocidad vertical) a 25.000 mm/min y, finalmente, el Eje de velocidad (Velocidad de giro de la máquina) se estableció en 1000 RPM . ver (Figura 102).

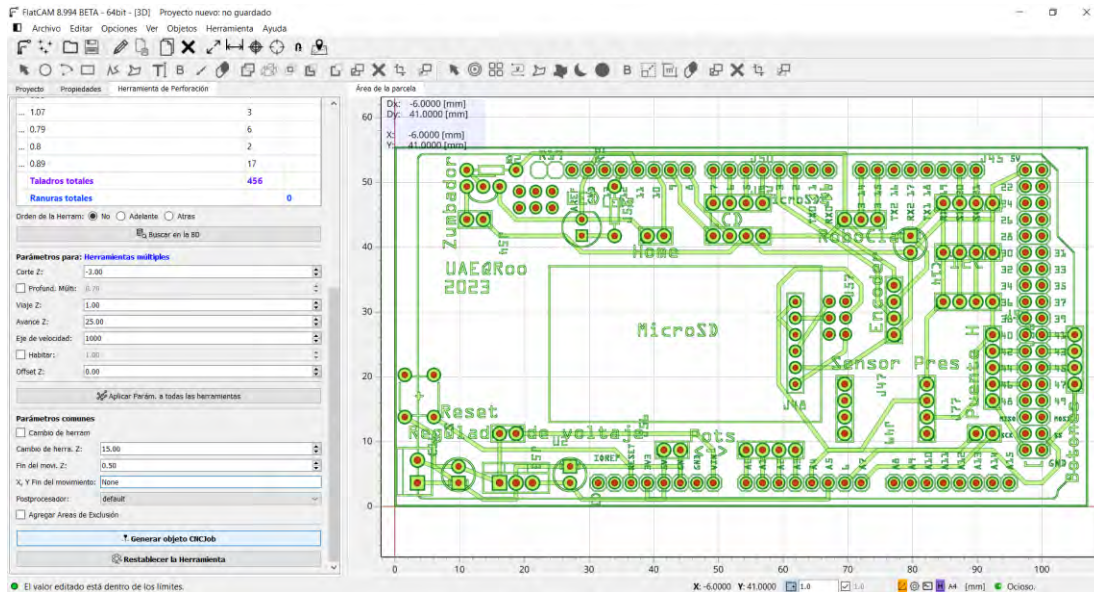


Figura 102.- proceso de generación de archivo de perforación pt3

Una vez que se establecen los valores de corte, se genera el archivo G-code de perforación ver (Figura 103).

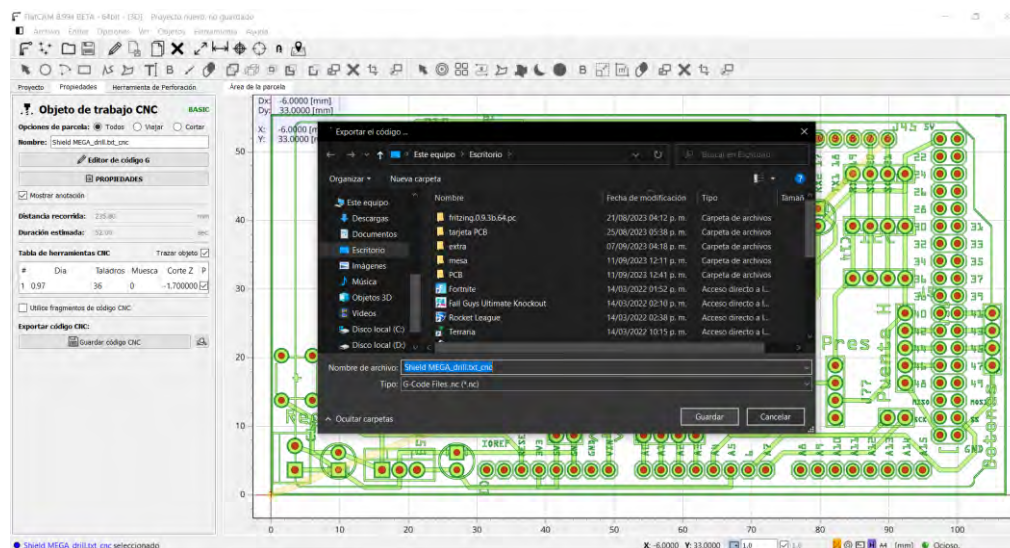


Figura 103.- proceso de generación de archivo de perforación pt4

6.4. General archivos G-code de PCB una cara y doble cara

6.4.1. General archivos G-code de corte de pista

Lo siguiente consiste en generar el archivo G-code correspondiente al corte de pista. Esta tarea se lleva a cabo utilizando la herramienta de "enrutamiento de aislamiento" en el archivo "Shield MEGA_copperTop.gtl", que representa la cara superior de la PCB ver (Figura 104).

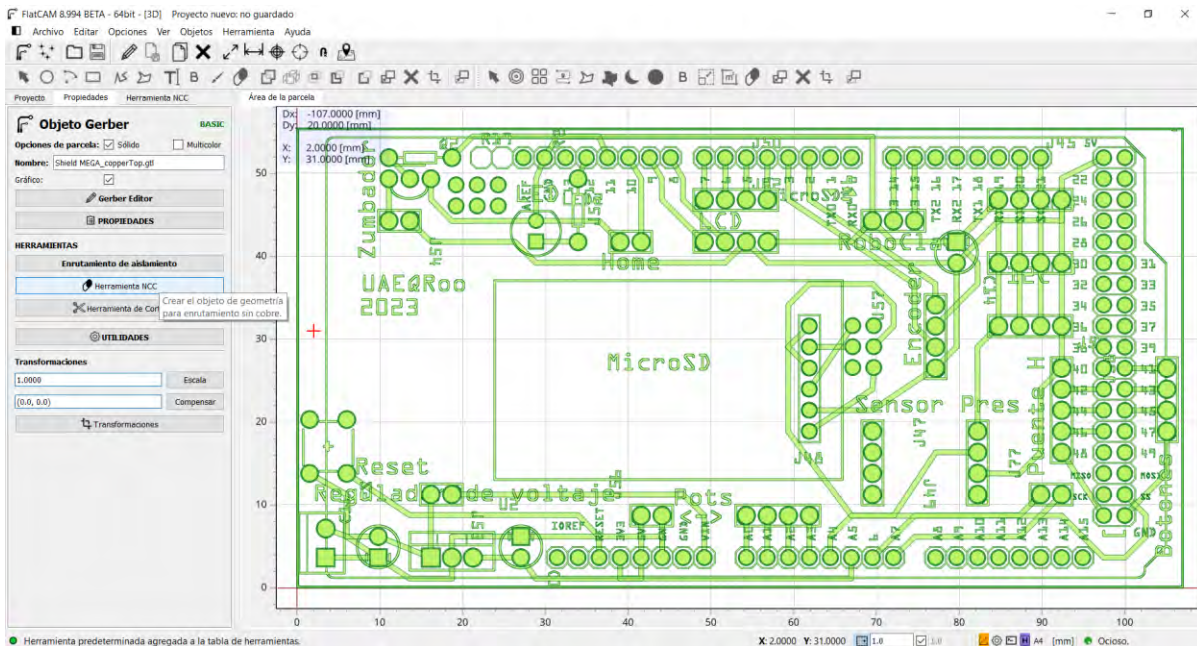


Figura 104.- proceso de generación de archivo de corte de pista pt1

En esta fase del proceso de fresado, se empleará una fresa con forma cónica con una punta de 0.1 mm , y un Angulo de 30° . En la imagen siguiente, se pueden apreciar las características de corte asociadas a esta herramienta ver (Figura 105).

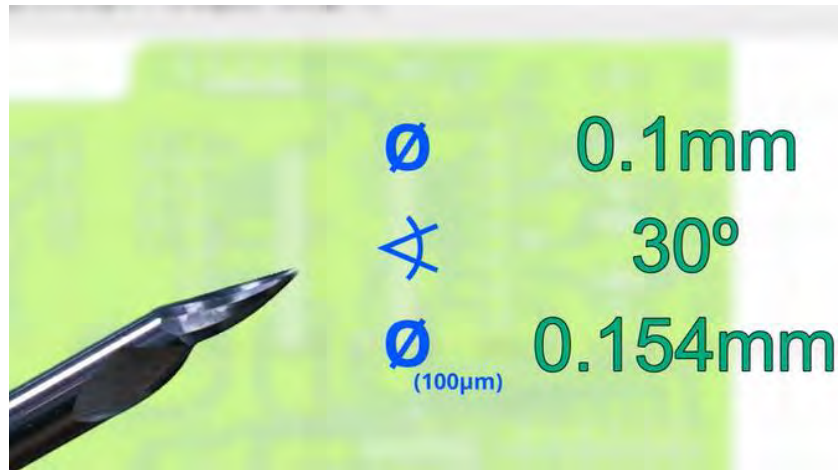


Figura 105.- parámetros de broca en V para fresado

El diámetro efectivo de corte se establece en 0.154 mm , y en el programa se redondeará a 0.2 mm . En los apartados de pases, con un número de pasadas igual a 1, y en superposición, fijada en 80%, una vez que estos valores hayan sido ingresados en sus correspondientes casillas, se procederá a la generación de la geometría ver (Figura 106).

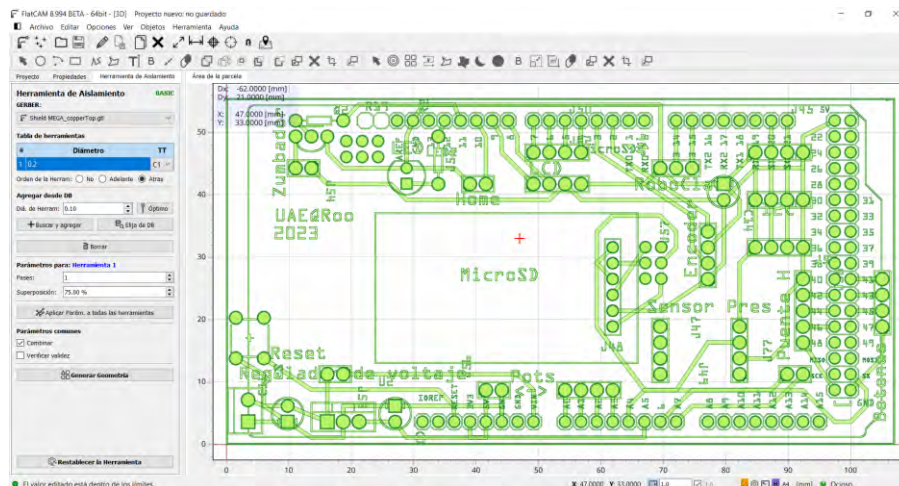


Figura 106.- proceso de generación de archivo de corte de pista pt2

Una vez generada la geometría, los nuevos parámetros son los siguientes: el Corte Z (perforación vertical) se establece en -0.3 mm , el Viaje Z (altura de viaje) se fija en 1.5 mm , el Avance X-Y (velocidad horizontal) es de 120 mm/min , el Avance Z (velocidad vertical) se configura en 25.000 mm/min y, finalmente, la Velocidad de giro del eje de la máquina se establece en 1000 RPM ver (Figura 107).

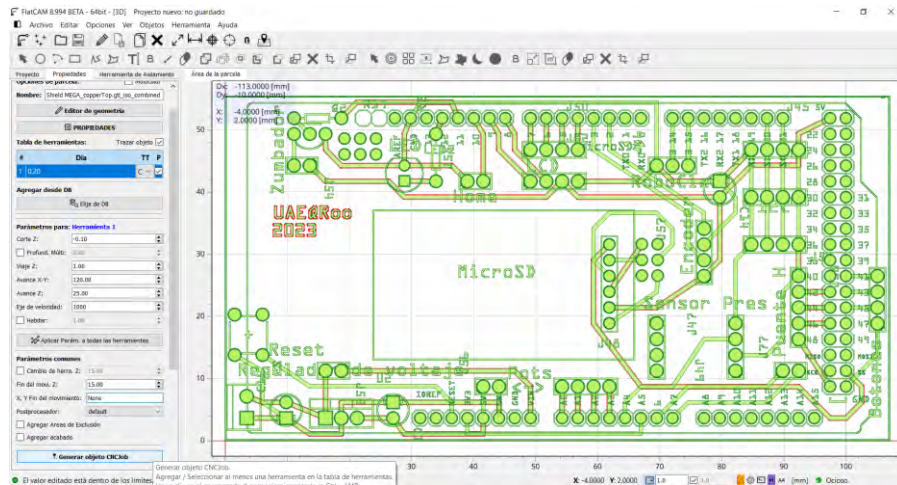


Figura 107.- proceso de generación de archivo de corte de pista pt3

Finalmente, se realiza la acción de hacer clic en el botón "Generar objeto CNCjob" para iniciar la configuración de los parámetros de corte correspondientes a la segunda cara. El siguiente paso se lleva a cabo en situaciones donde el diseño de la placa es de doble cara; de lo contrario, se permite avanzar al siguiente paso del proceso ver (Figura 108).

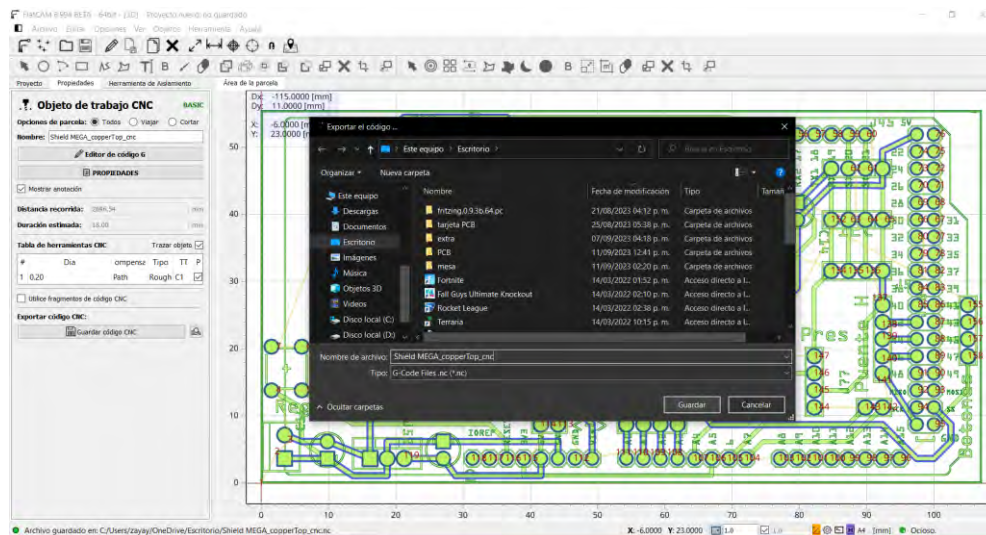


Figura 108.- proceso de generación de archivo de corte de pista pt4

6.4.2. General archivos G-code de corte de pista de doble cara

Iniciando con la carga del archivo de la cara inferior "Shield MEGA_copperBottom.gbl", una vez que este fue cargado, se empleó la herramienta PCB a 2 caras ver (Figura 109).

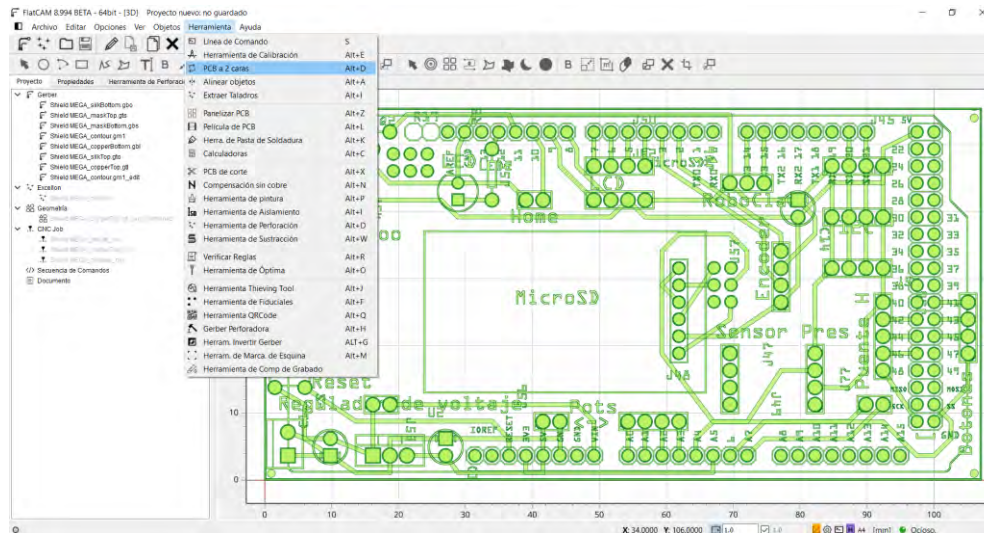


Figura 109.- proceso de generación de archivo de corte doble cara pt1

En las configuraciones, si el diseño no se encuentra centrado en el punto (0,0), se sugiere el uso de la función "calcular valores de límites", la cual buscará automáticamente el punto central del diseño. Posteriormente, se debe seleccionar la opción "Espejo" para lograr la simetría del diseño en la cara posterior ver (Figura 110).

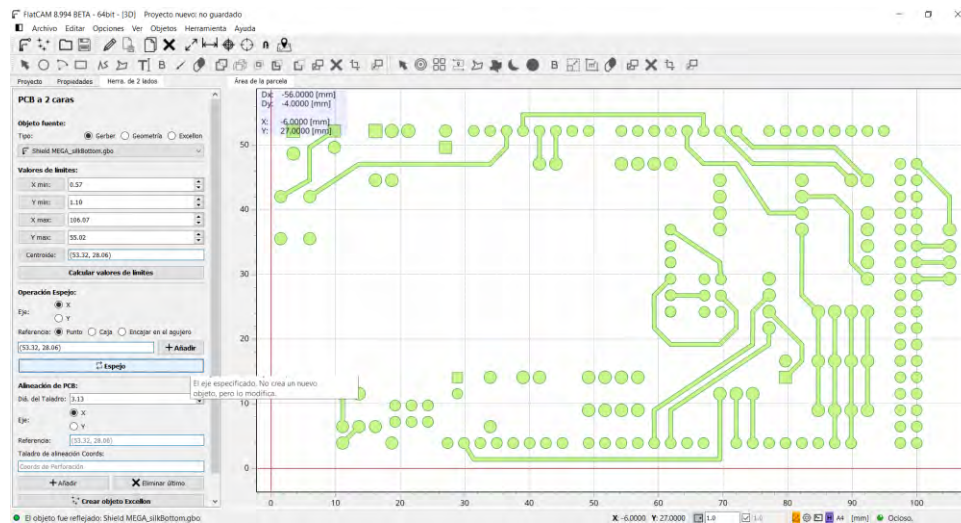


Figura 110.- proceso de generación de archivo de corte doble cara pt2

Luego, se procede a seguir el procedimiento previo para generar el archivo CNC, ingresando los siguientes valores: Corte Z (perforación vertical) de -0.3 mm , Viaje Z (altura de viaje) de 1 mm , Avance X-Y (velocidad horizontal) de $120\text{ mm}/\text{min}$,

Avance Z (Velocidad Vertical) de 25 mm/min y finalmente, Eje de velocidad (Velocidad de giro de la máquina) de 1000 RPM ver (Figura 111).

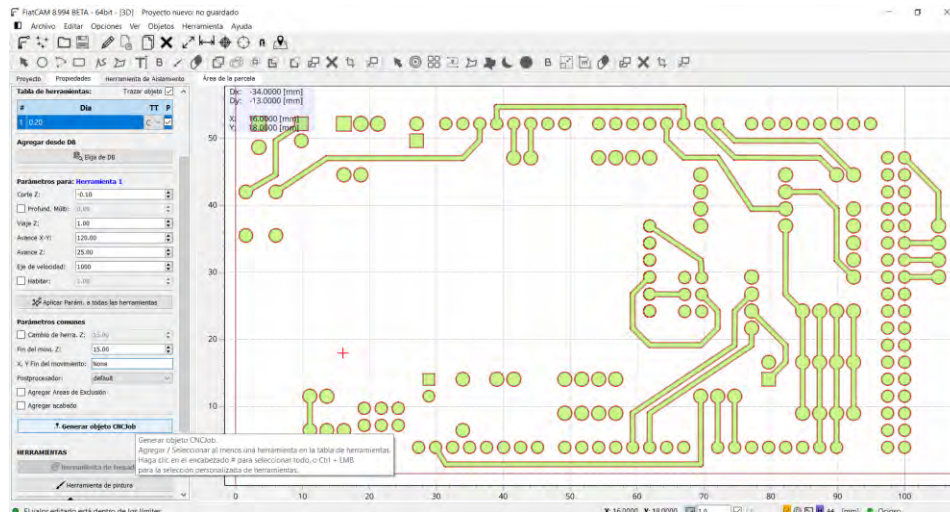


Figura 111.- proceso de generación de archivo de corte doble cara pt3

Finalmente, se realiza la acción de hacer clic en el botón "Generar objeto CNCjob" para iniciar el proceso de importar archivos en el programa de control de la CNC ver (Figura 112).

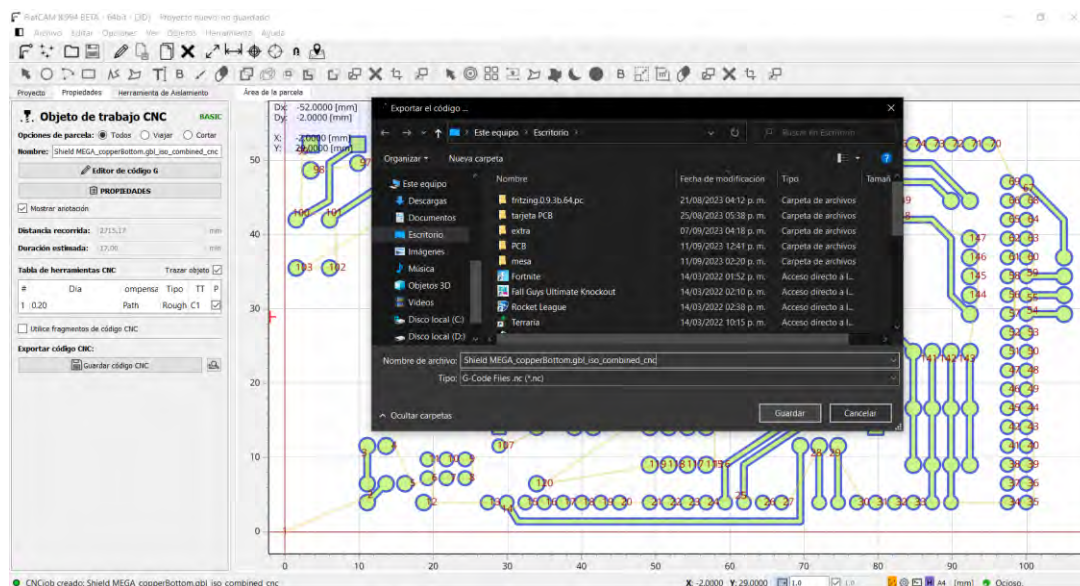


Figura 112.- guardado de archivo G-code pista doble cara

6.5. Proceso de colocación de placa en CNC

Para lograr la correcta fijación de las placas fenólicas en la base de la CNC, se han diseñado bases en SolidWorks. Esta decisión se tomó debido a que los soportes proporcionados por el distribuidor no resultaron ser los más eficaces para realizar las perforaciones necesarias en las placas. Además, la altura de dichos soportes es insuficiente, ya que están más adaptados para materiales como la madera, con un grosor mínimo de al menos 5 cm. Se han creado dos bases específicamente diseñadas para asegurar las placas de manera adecuada en la CNC ver (Figura 113).

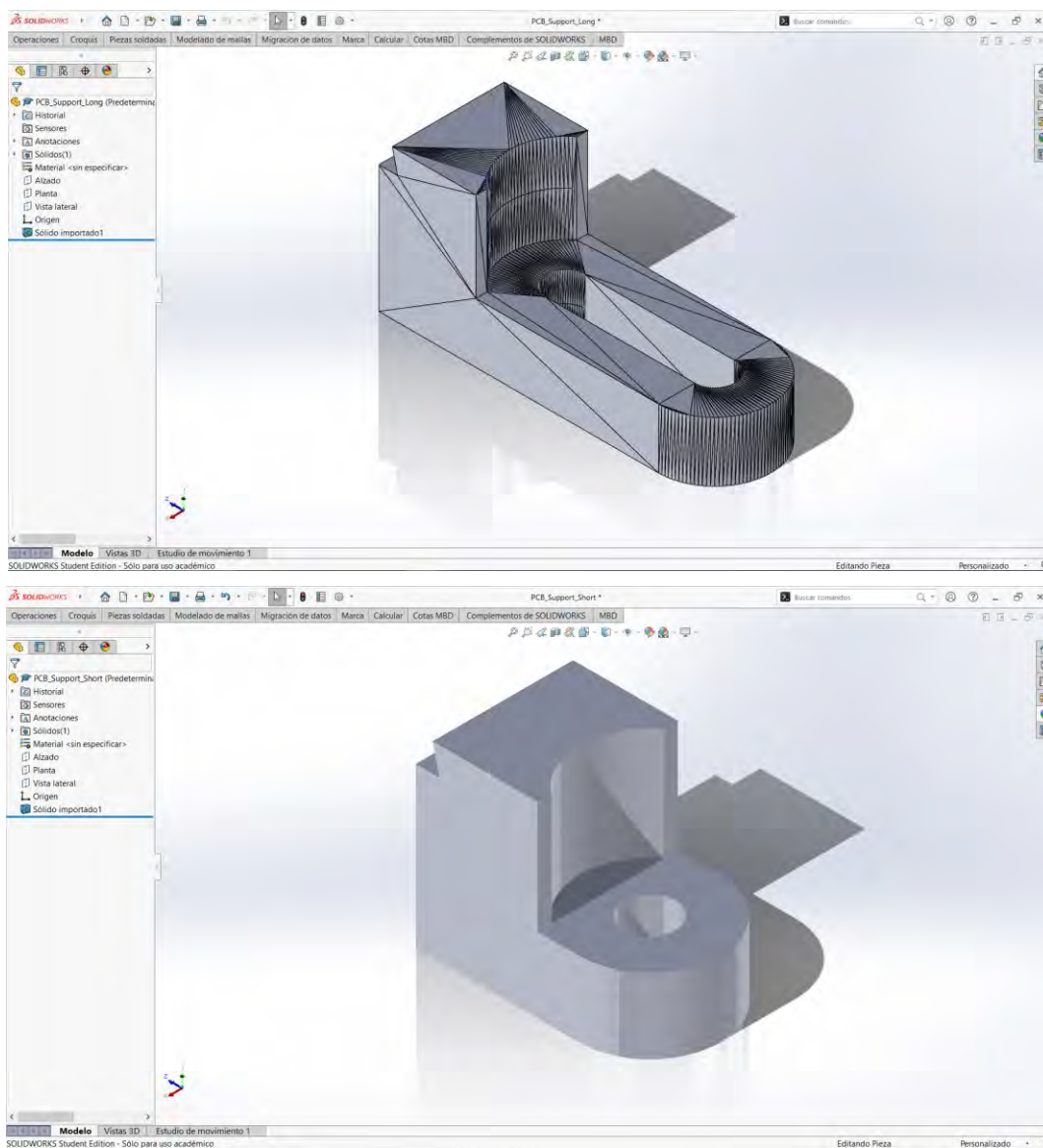


Figura 113.- diseño de base larga y base corta

Luego, los archivos fueron convertidos a formato STL con el objetivo de imprimir al menos tres copias de cada soporte, con el propósito de asegurar la sujeción de la placa en cuatro puntos. Estos archivos fueron impresos utilizando una Impresora Dremel 3D, y el proceso fue gestionado mediante el software Dremel 3D ver (Figura 114,115 y 116).

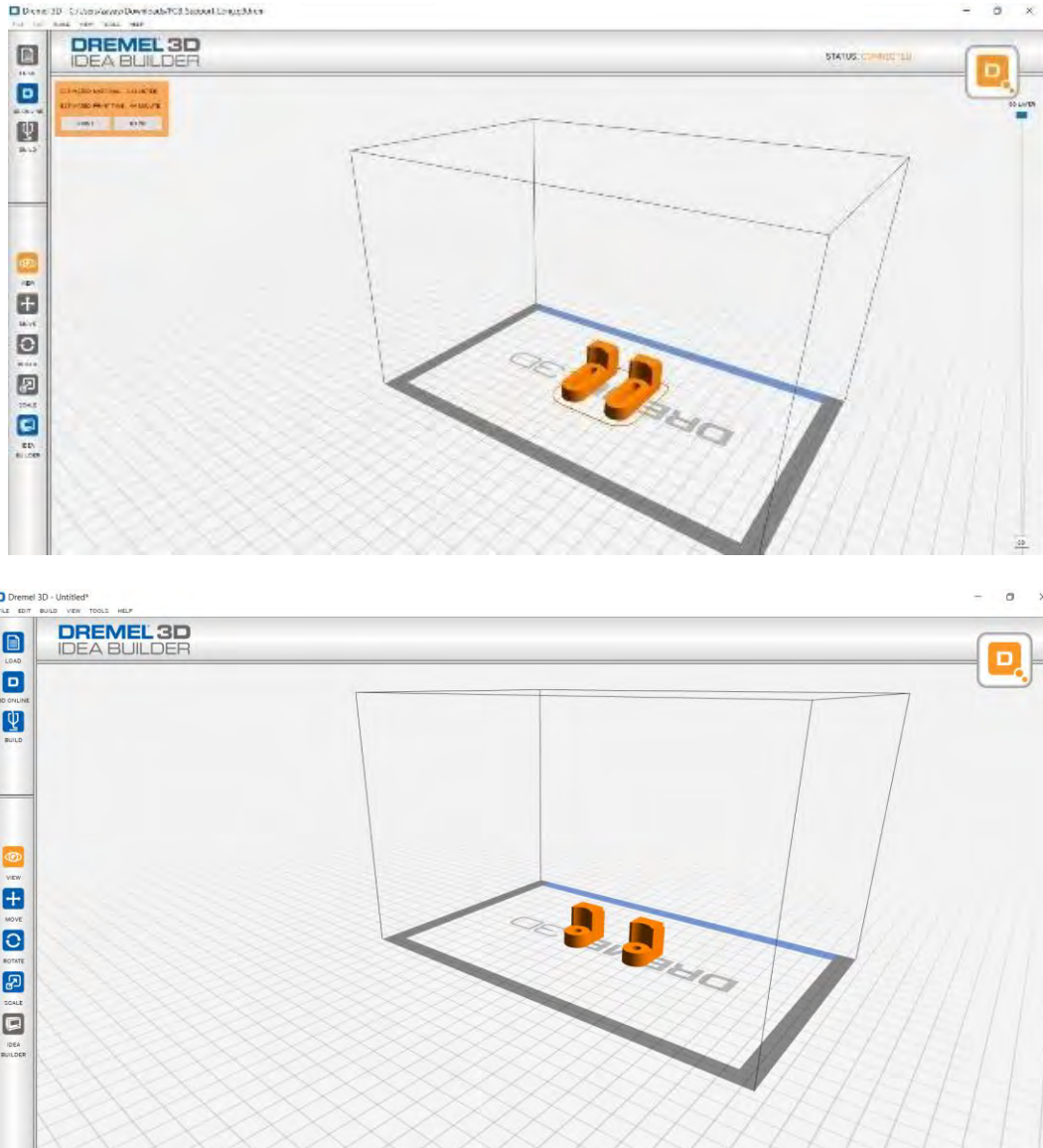


Figura 114.- Impresión soporte largo y soporte corto

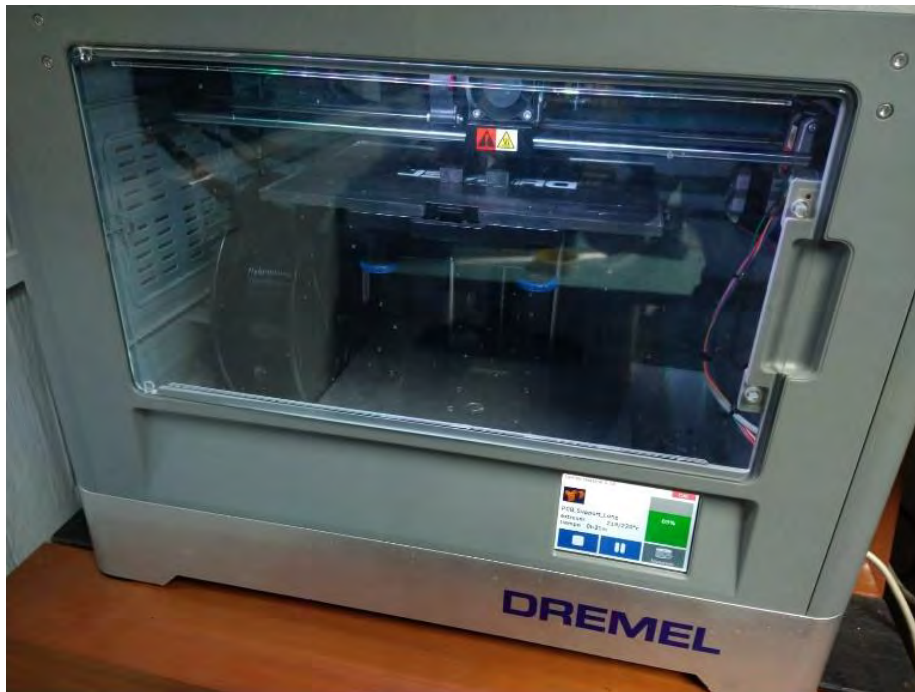


Figura 115.- Impresión de soportes



Figura 116.-piezas 3D de sujeción

Al llevar a cabo las acciones anteriores, se logra sujetar la placa de manera adecuada en la base de la CNC, preparándola para iniciar la siguiente fase del proceso ver (Figura 117).

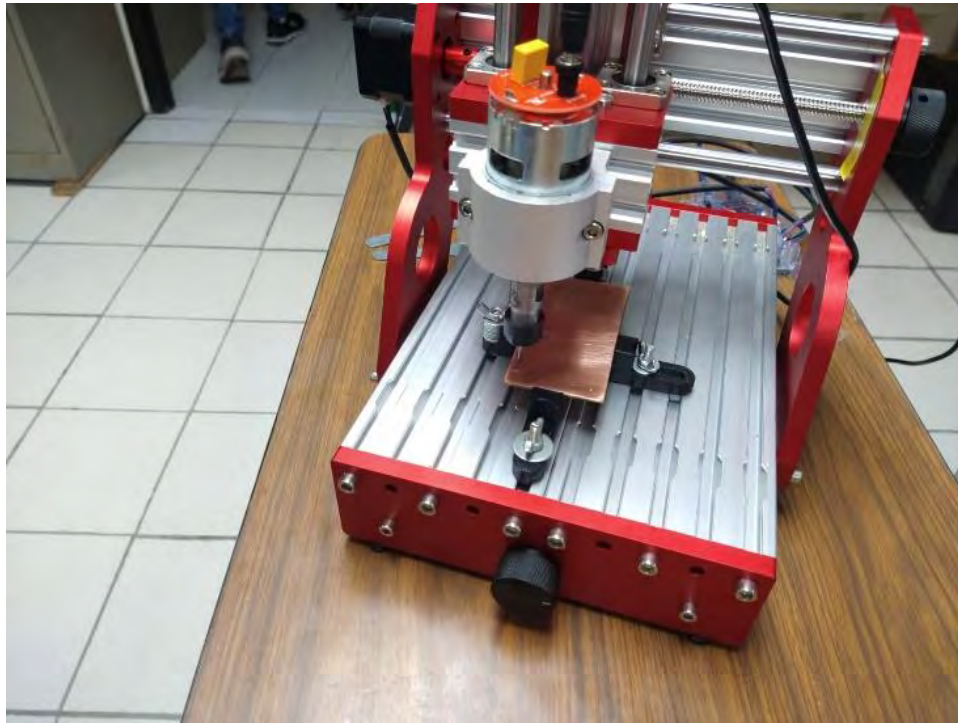


Figura 117.- CNC 1419 con soportes

6.6. Importación de archivos G-code en programa de control

Se cargará el primer archivo G-code de perforación en el software “Candle”. Para empezar con el proceso de perforación ver (Figura 118).

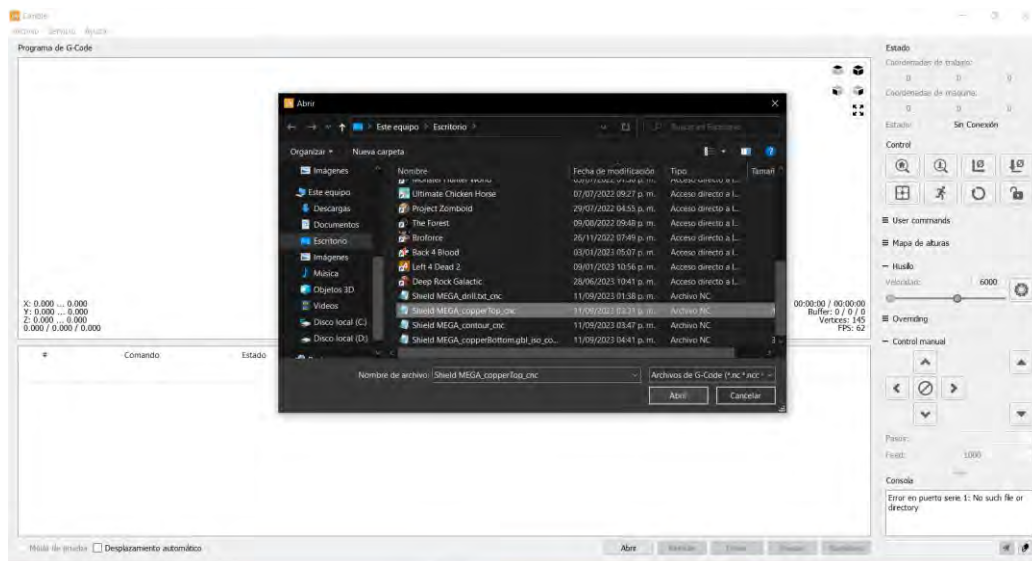


Figura 118.- Carga del archivo G-code en Candle

6.7. Proceso de perforación

Para iniciar el proceso de perforación de la tarjeta, se emplearon brocas de carburo de tungsteno debido a su alta resistencia y durabilidad. Estas brocas presentan un módulo de Young de aproximadamente 550 GPa (Admin, 2023). Se anexó el proceso de perforación de calibración, en el cual se realizaron taladros en solo cuatro puntos de toda la tarjeta. Estos puntos se utilizarán como referencia durante el proceso de corte de pistas en caso de que se trate de un diseño de doble cara ver (Figura 119,120 y 121).

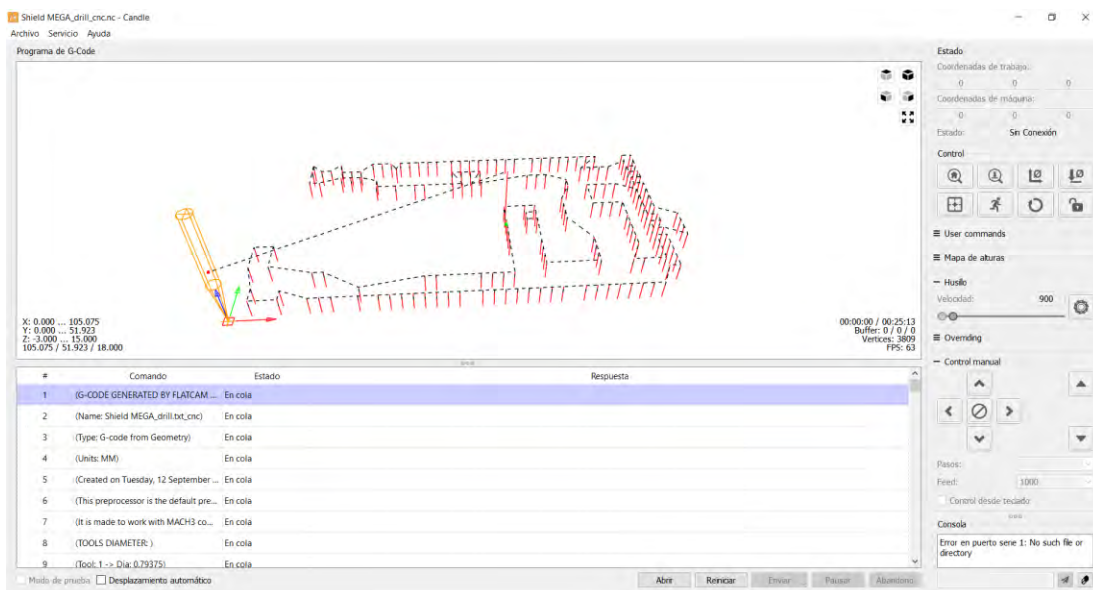


Figura 119.- proceso de perforación pt1



Figura 120.- Brocas de carburo para Placa de Circuito Impreso de PCB

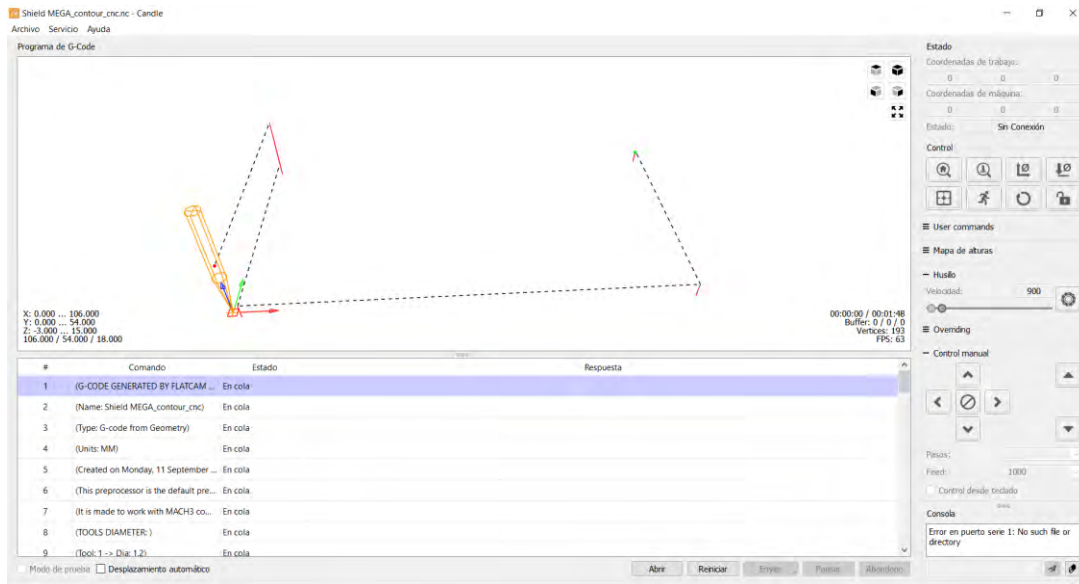


Figura 121.- Proceso de calibración

Para iniciar la puesta en marcha, es esencial que se realice el cambio de la broca del taladro por la broca de carburo previamente mencionada. Además, se debe acoplar la placa con los soportes correspondientes para asegurar que la tarjeta PCB permanezca estable y no se desplace durante el proceso ver (Figura 122 y Figura 123).

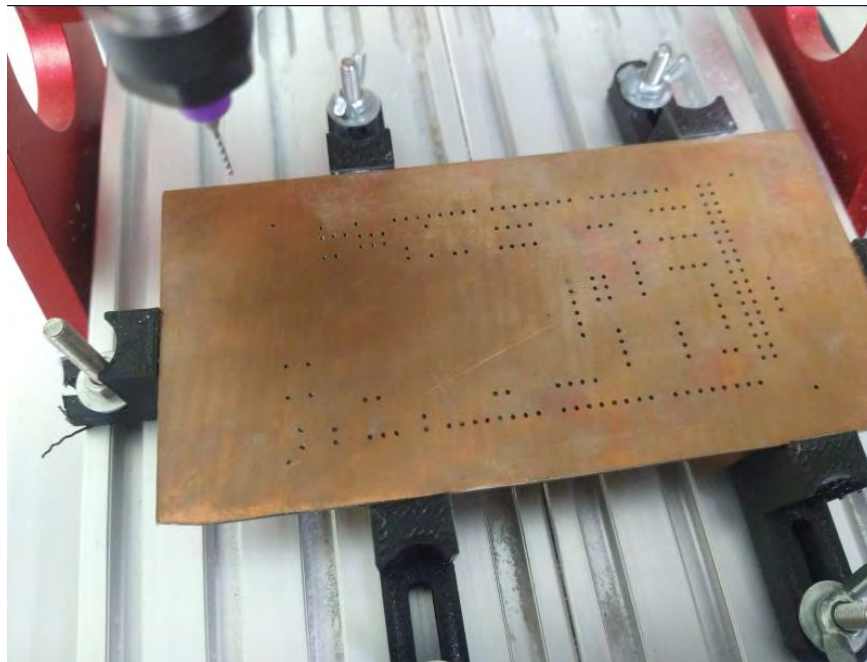


Figura 122.- proceso de perforación pt2

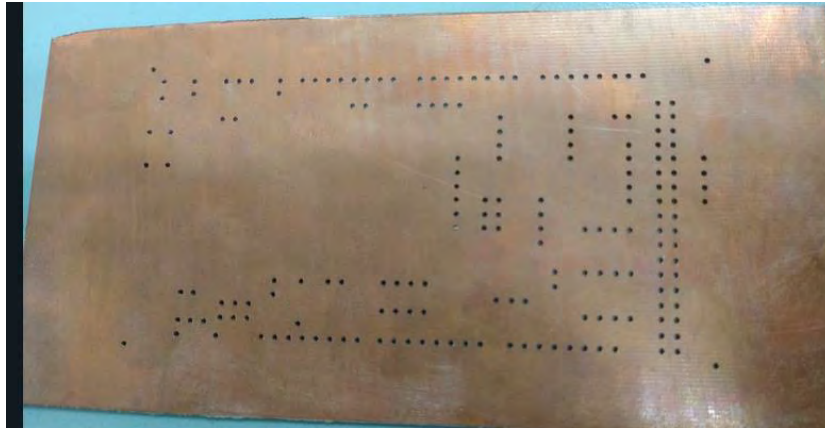


Figura 123.- proceso de perforación pt3

6.8. Proceso de corte de pista

Se procedió a cargar el archivo G-code correspondiente a la pista superior. Después de asegurar la fijación de la placa en su posición y verificar que todo estuviera en orden, se llevó a cabo el cambio de la broca por la broca en forma de V para el fresado ver (Figura 124).

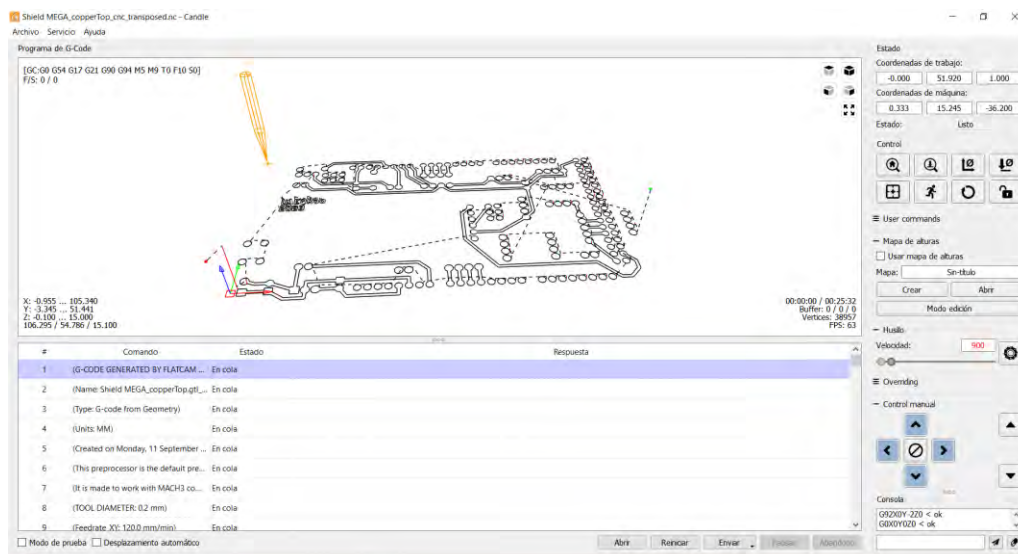


Figura 124.- Proceso de corte de pista

De manera similar, se utiliza un cable fabricado para automatizar la medición de la distancia entre la punta de la fresa y la superficie de la pieza a fresar, mediante el uso de la herramienta adicional de medición, conocida como sonda Z. Este cable

se enlaza al terminal A5 del conector de 16 pines y al terminal GND opuesto ver (Figura 125).

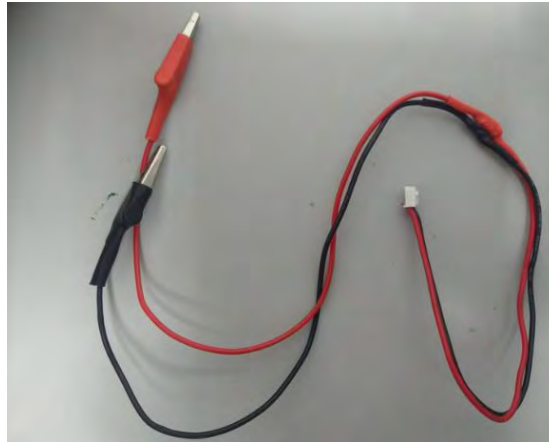


Figura 125.- Cable de sonda Z

La conexión se realiza de la siguiente manera ver (Figura 126).



Figura 126.- conexión de onda Z en placa

Luego, se llevó a cabo la creación de un "mapa de alturas", que será utilizado para calibrar el programa en relación con la profundidad de la totalidad de la placa, asegurando de esta manera la uniformidad en el proceso de corte a lo largo de toda la superficie de la placa, ya que en los procesos de perforación no se le otorga la misma importancia a la nivelación de la placa que en el proceso de corte ver (Figura 127).

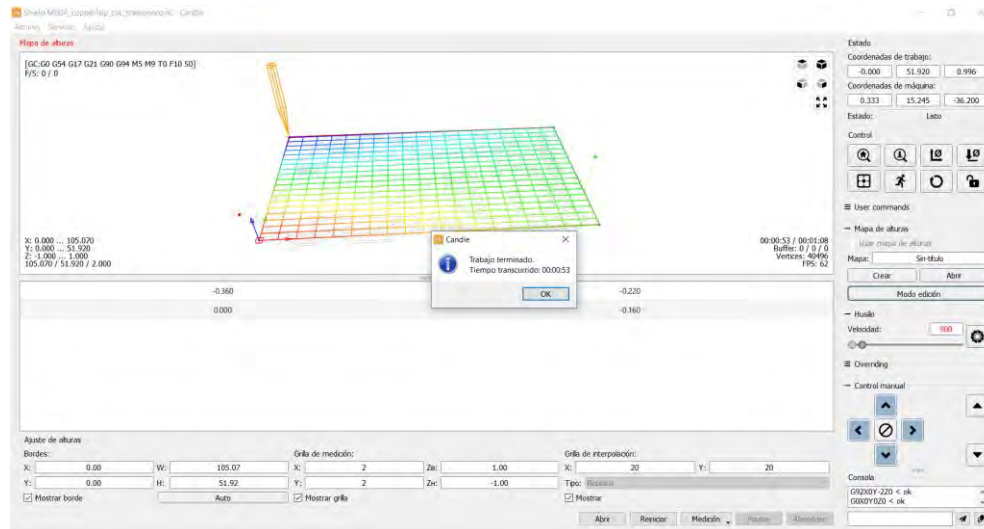


Figura 127.- herramienta mapa de altura

Para iniciar el proceso, se sugiere que se aplique aceite sobre la superficie de la placa con el objetivo de prolongar la vida de la broca. Una vez que esta recomendación ha sido confirmada, se procede a enviar la señal necesaria para iniciar el proceso ver (Figura 128,129 y 130).



Figura 128.- Aplicación de aceite



Figura 129.- confirmación de estado antes de puesta en marcha

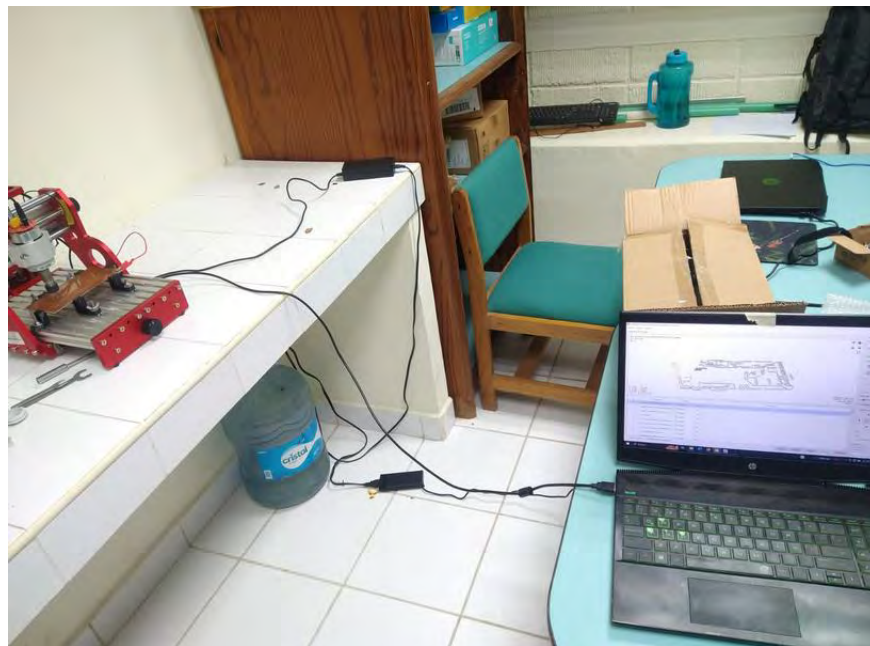


Figura 130.- Puesto en marcha

Con el resultado obtenido se presenta lo siguiente. El paso subsiguiente se ejecuta en situaciones en las que el diseño de la placa es de doble cara; en caso contrario, se permite avanzar al siguiente paso del proceso. ver (Figura 131).

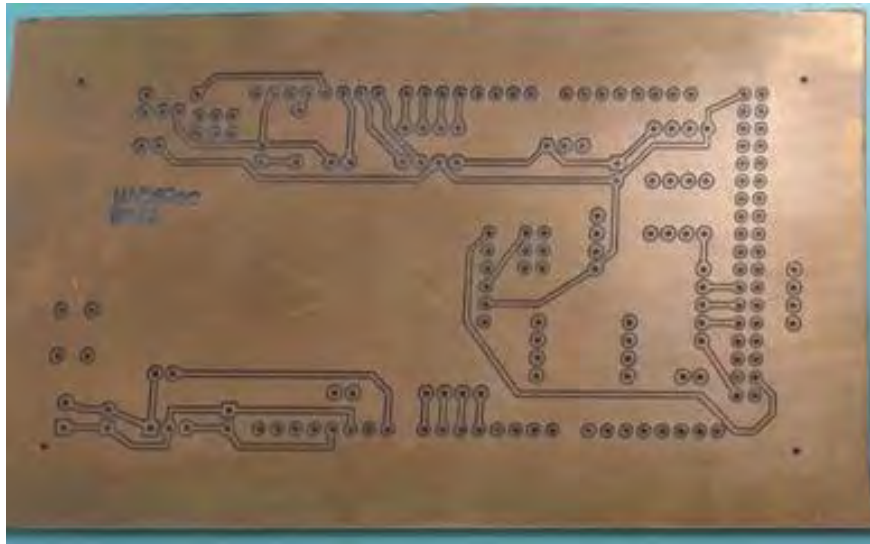


Figura 131.- tarjeta PCB

6.8.1. proceso de corte para PCB de doble cara

Una vez finalizada la acción previa, se procederá a colocar la placa. En este caso, se volteará, utilizando los cuatro agujeros perforados con anterioridad durante el proceso de perforación. Estos agujeros se emplearán para la calibración precisa de la placa ver (Figura 132).

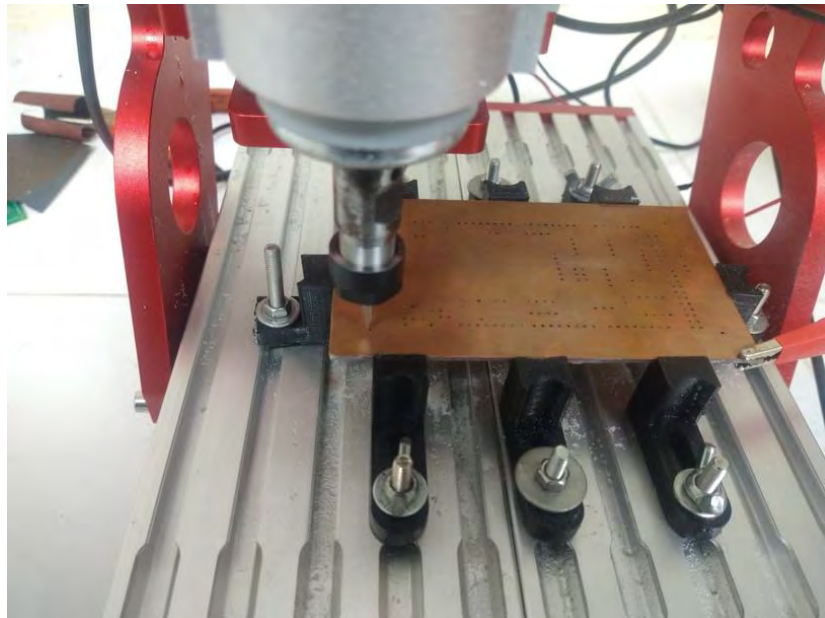


Figura 132.-cara inferior de la placa

Para llevar a cabo el proceso de calibración, se empleó el software "G-code Utils". En este programa, se cargó el archivo anterior que contiene la información de la pista de la cara inferior de la PCB ver (Figura 133).

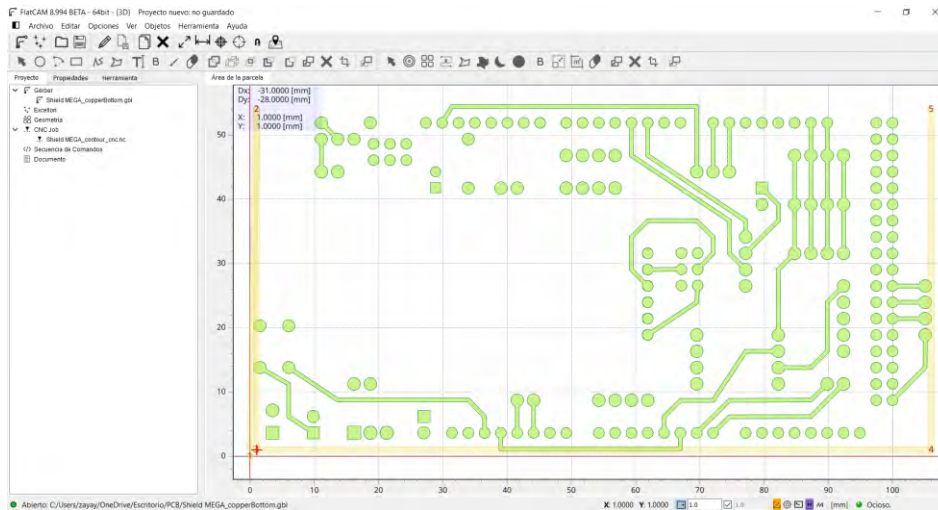


Figura 133.- coordenadas de los 4 puntos de calibración

El procedimiento de calibración consta de las siguientes etapas: en la sección de "Original Frame", se ingresan las coordenadas de los 4 puntos de referencia previamente marcados, mientras que en la sección de "Measured Frame", se registran las coordenadas de estos 4 puntos, los cuales se obtienen manualmente a través del software de Candle. De esta manera, se logra el alineamiento con los 4 puntos de calibración, asegurando que el archivo G-code esté calibrado correctamente con respecto a la cara de la PCB recién colocada ver (Figura 134).

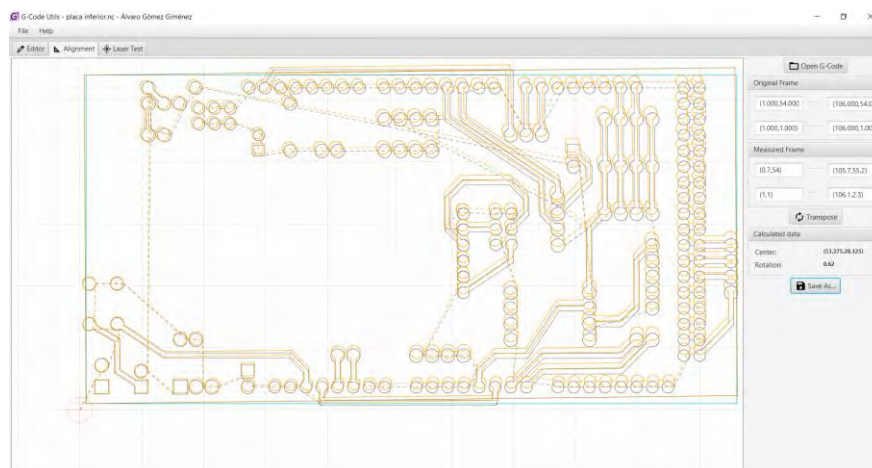


Figura 134.-proceso de calibración

Usando el archivo previamente modificado con los puntos de calibración actualizados, se seguirá el mismo procedimiento que en el proceso de corte. Se procederá a cargar el archivo en Candle y se generará un nuevo mapa de alturas, dado que se trata de una superficie nueva ver (Figura 135).

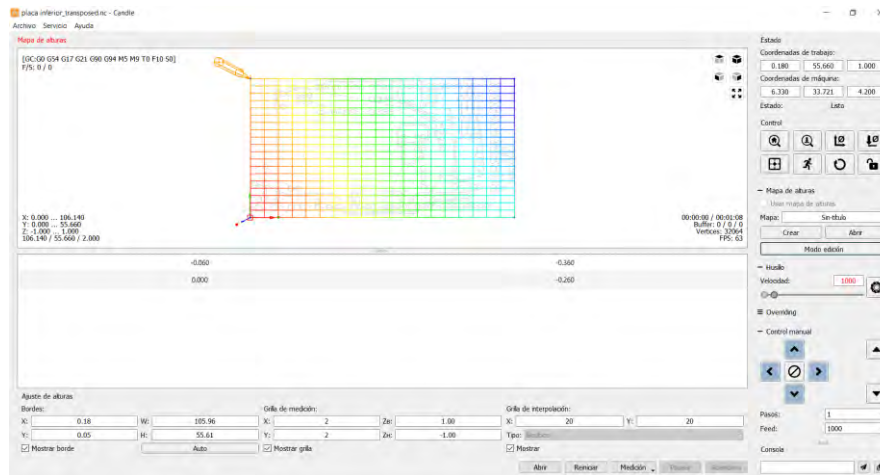


Figura 135.- proceso de mapa de alturas

Una vez confirmada la información previa, se procede a ejecutar el programa, al mismo tiempo que se realiza una supervisión continua del proceso de corte, con el fin de obtener el resultado deseado ver (Figura 136).

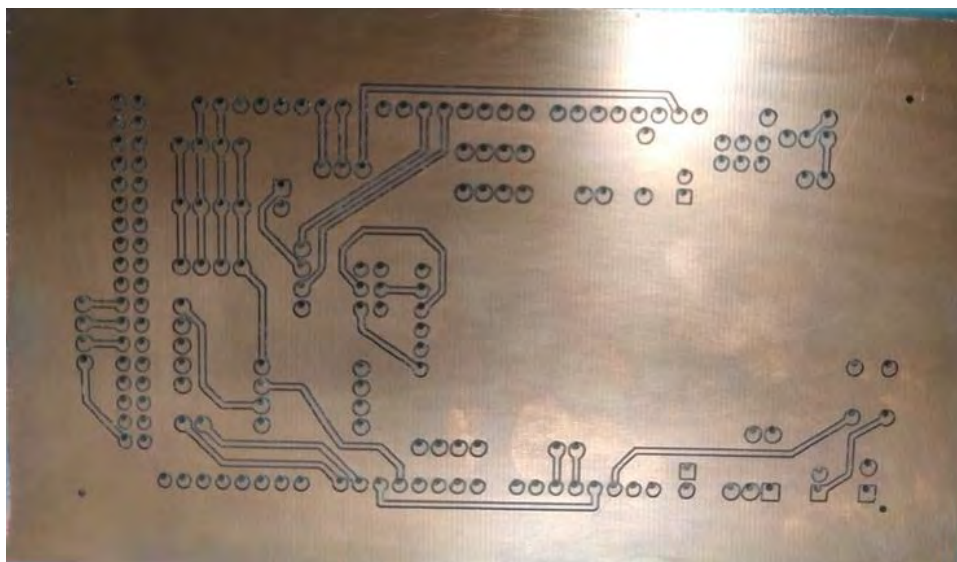


Figura 136.-cara inferior de la tarjeta PCB

6.9. Limpieza de tarjeta PCB

Una vez completadas las etapas anteriores, se procede con la limpieza de la tarjeta utilizando alcohol de limpieza de circuitos y un cepillo de cerdas duras. Este proceso tiene como objetivo garantizar la eliminación completa de residuos y evitar posibles restos de cobre en las pistas de la placa. En función del estilo profesional de la placa, se avanza al paso siguiente. En caso contrario, se sigue con el proceso de soldadura de componentes.

6.10. Proceso de caligrafía

En el desarrollo de dicho proceso, se utilizaron los siguientes materiales, los cuales son la tinta de máscara de soldadura, una espátula de goma y un bastidor de caligrafía. El propósito de esta elección de materiales fue mejorar la apariencia de la PCB, otorgándole un aspecto más profesional ver (Figura 137,138 y 139).



Figura 137.- Tinta de máscara de soldadura



Figura 138.-Espátula de plástico



Figura 139.-Bastidor de madera

Para iniciar el proceso, se adquirió una pieza de madera del mismo tamaño que la placa para evitar la contaminación de la superficie de trabajo ver (Figura 140).

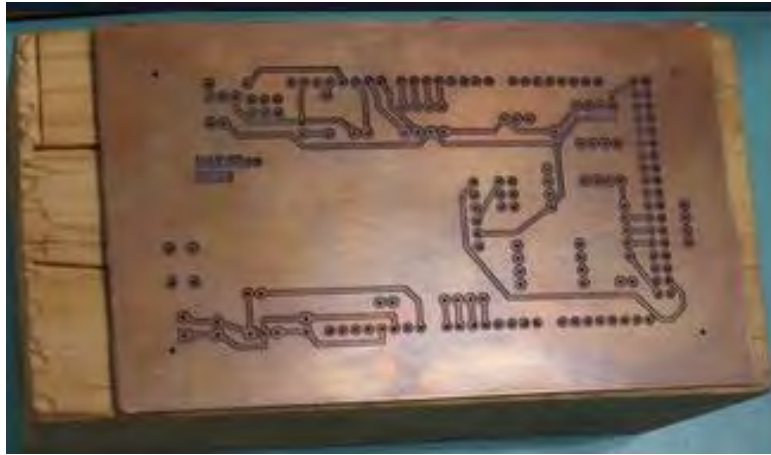


Figura 140.- placa en base de madera

Posteriormente, se llevó a cabo una limpieza exhaustiva de la placa con el propósito de eliminar cualquier residuo de cobre o polvo que pudiera haberse acumulado durante el proceso de corte. A continuación, se procedió a posicionar el bastidor sobre soportes que permitieran ajustar su altura de manera que quedara alineado con la superficie de la placa, junto con la base de madera. Este ajuste fue diseñado para asegurar una presión constante y adecuada para la aplicación de la tinta de soldadura ver (Figura 141).





Figura 141.- Proceso de caligrafía pt3

Con el siguiente resultado ver (Figura 142).

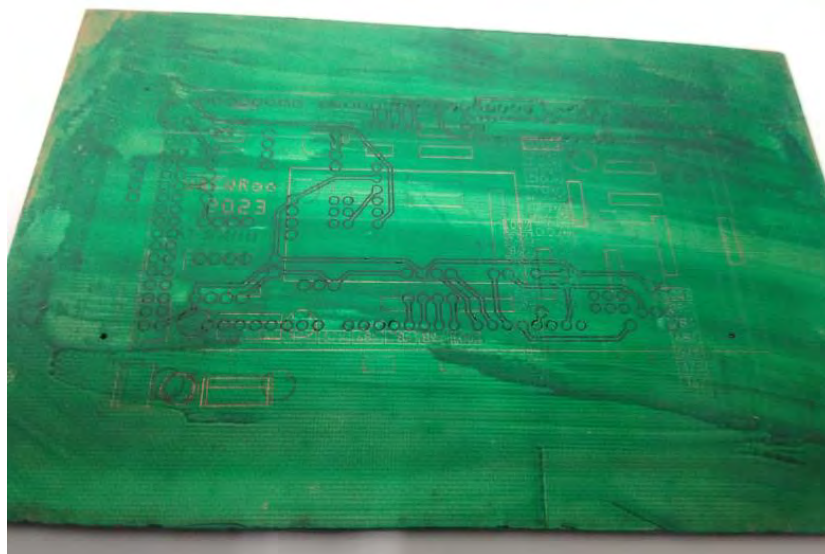


Figura 142.- placa PCB con tinta UV

La siguiente fase implica el secado, para lo cual se utilizaron los rayos del sol o una lámpara ultravioleta (UV), que son capaces de secar la tinta de soldadura. Se recomienda un tiempo de aproximadamente 30 minutos para asegurar un secado completo, sin embargo, no es necesario preocuparse si el tiempo de exposición es mayor, ya que la tinta no experimenta un curado exponencial. En consecuencia, una exposición prolongada al sol no afectará el funcionamiento del proceso ver (Figura 143).



Figura 143.- Proceso de secado

Luego, se lleva a cabo la aplicación de la misma tinta verde en el lado inferior de la placa, ya que únicamente exhibe una máscara de soldar en esa área ver (Figura 144 y Figura 145).



Figura 144.- Proceso de caligrafía segunda cara

De igual manera, se aplica el mismo sistema de secado, manteniendo el mismo tiempo de espera.



Figura 145.- Proceso de secado

Con el siguiente resultado ver (Figura 146).

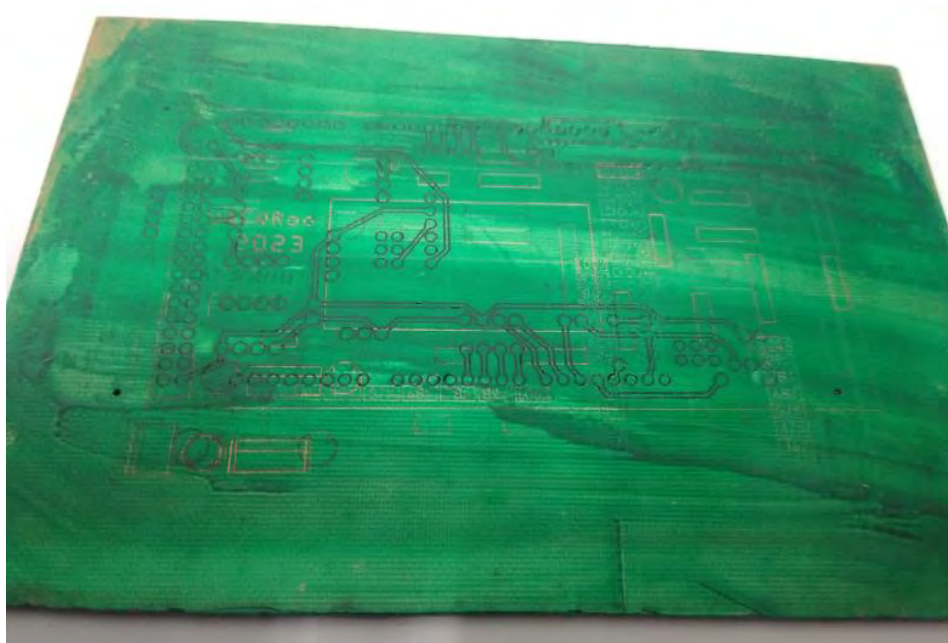


Figura 146.- tarjeta PCB con tinta UV aplicada

6.11. General archivos G- code del proceso de caligrafía

6.11.1. General archivos G-code de mascar de componentes

Mediante el uso del programa FlatCAM, donde se cargan los siguientes archivos de la carpeta del proyecto: "Shield MEGA_silkTop" para la máscara de componentes y "Shield MEGA_maskBottom" para la máscara de soldadura. Una vez cargados en FlatCAM, se dirige al apartado de herramientas, donde se selecciona la opción de pintura ver (Figura 147).

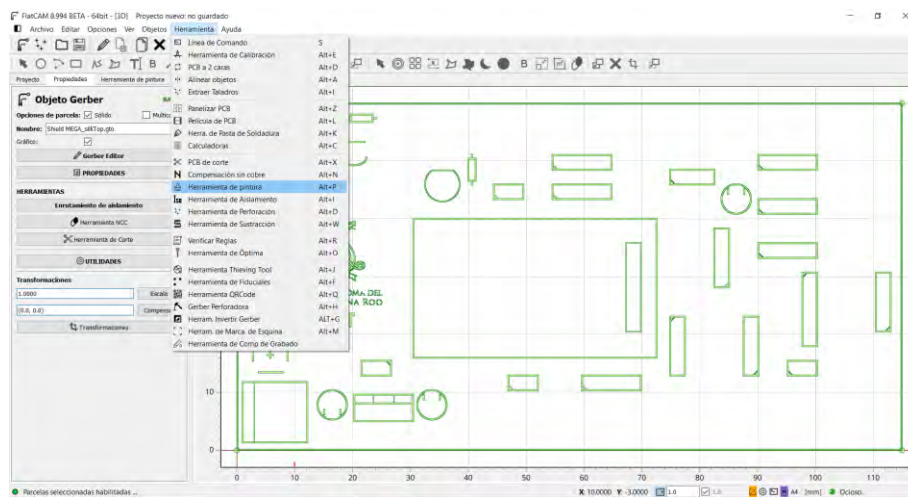


Figura 147.- proceso de generación de archivo de máscara de componentes pt1

Aplicamos una superposición de 0 para evitar márgenes en los componentes, asegurando su representación más completa durante el proceso ver (Figura 148).

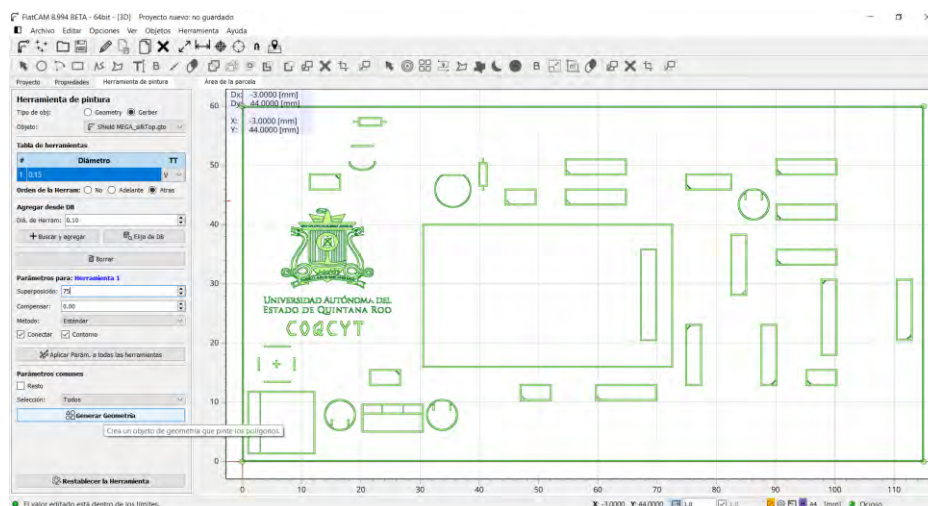


Figura 148.- proceso de generación de archivo de máscara de componentes pt2

Se seleccionarán los mismos parámetros: Avance X-Y (Velocidad de corte): 1000 m/s , y potencia del láser: 320 mW ver (Figura 149).

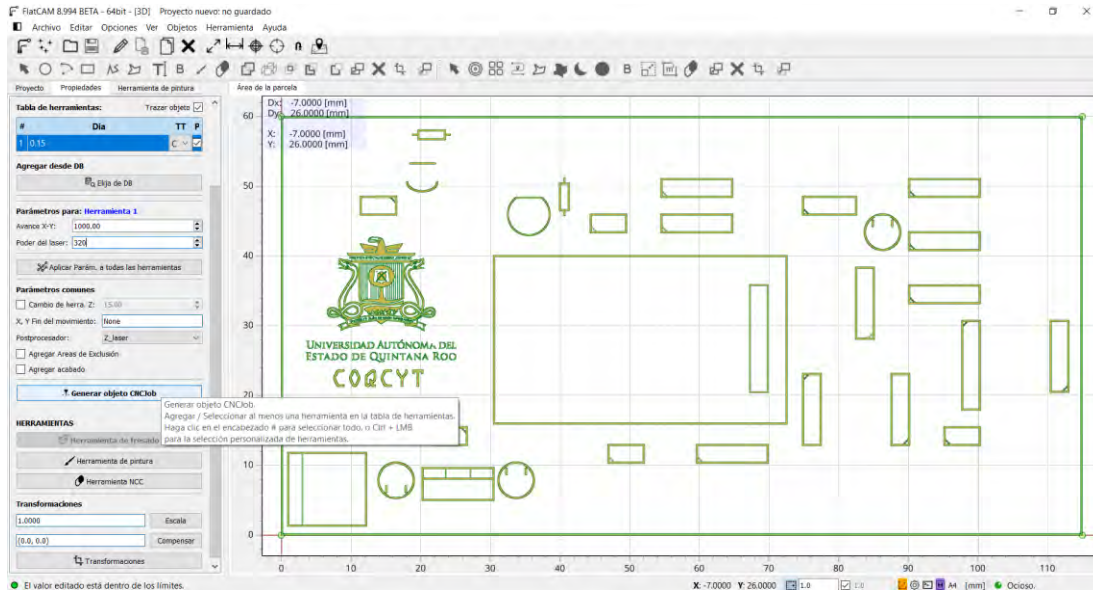


Figura 149.- proceso de generación de archivo de máscara de componentes pt3

Se procede a guardar el archivo CNC para su uso posterior ver (Figura 150).

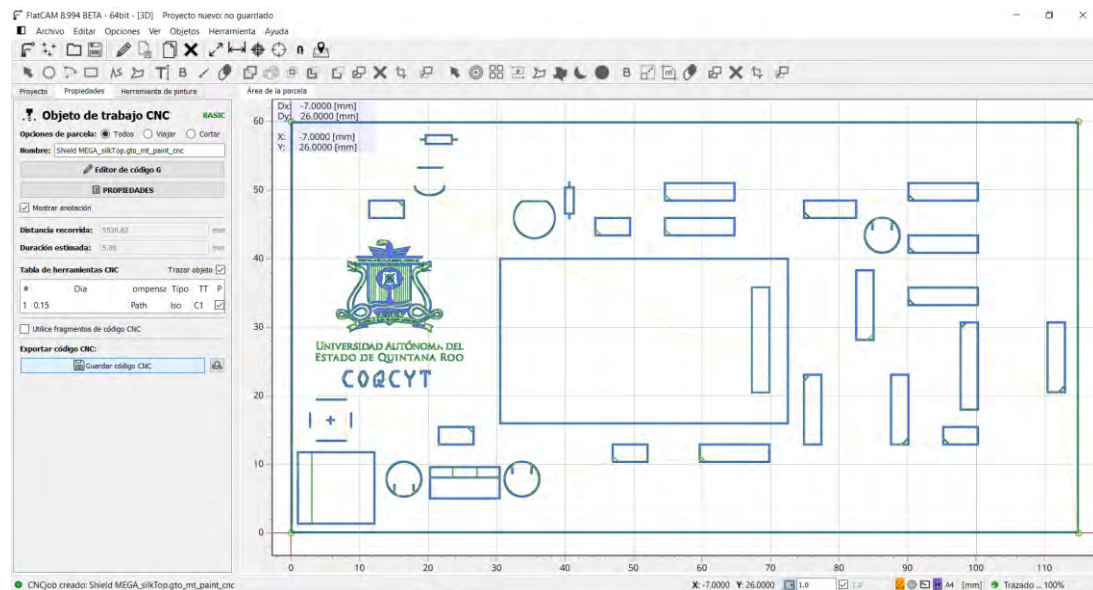


Figura 150.- proceso de generación de archivo de máscara de componentes pt4

6.11.2. General archivos G-code de mascar de soldar

Siguiendo el protocolo establecido, se procederá a replicar el proceso mencionado, esta vez aplicándolo a la máscara de soldar. No obstante, se hará necesario ajustar algunos valores de configuración para esta fase específica ver (Figura 151).

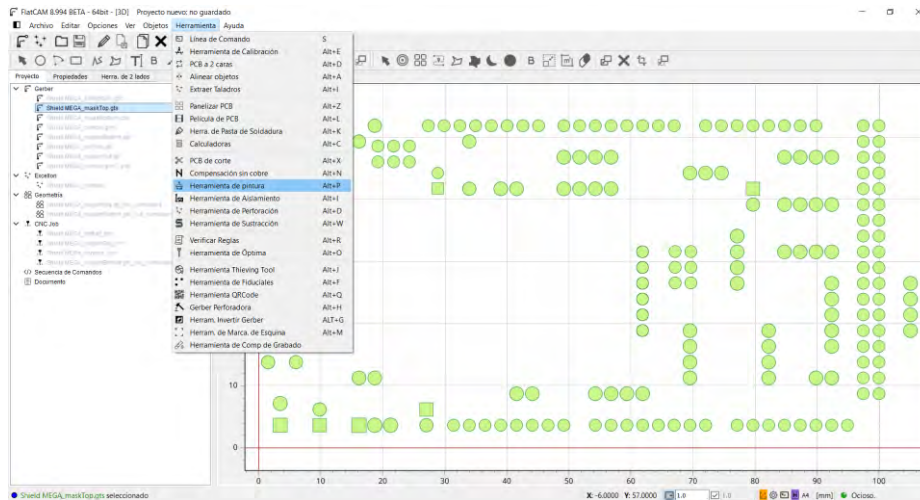


Figura 151.- General archivos G-code de mascar de soldar pt1

En la configuración, se establece un diámetro de 0.15 mm para el láser, correspondiente al diámetro del apuntador de la CNC. Los demás parámetros se definen como sigue: una superposición del 80%, una compensación de 0.15 mm y la aplicación del método estándar ver (Figura 152).

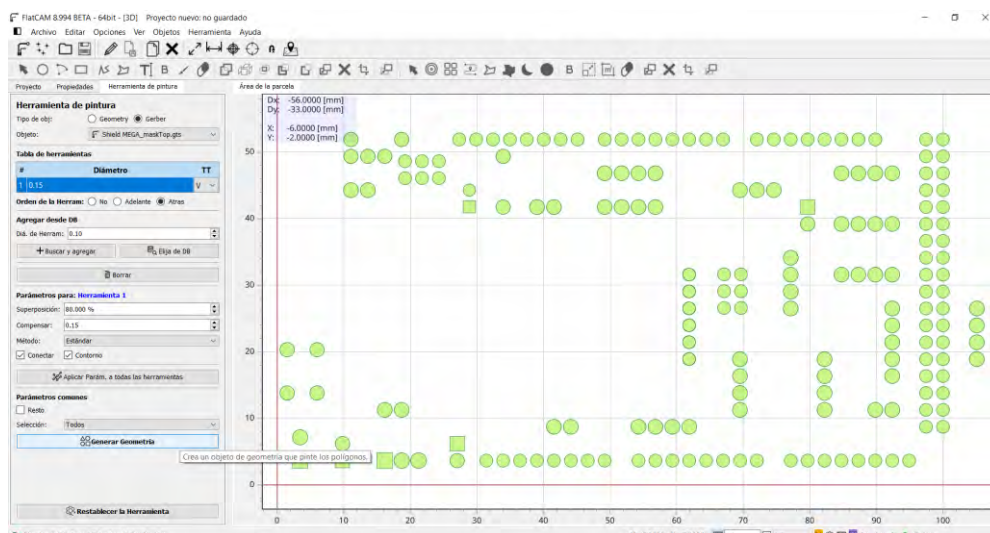


Figura 152.- General archivos G-code de mascar de soldar pt2

Se presenta a continuación el resultado obtenido. En esta fase, se debe seleccionar la opción “Z_laser” en el menú de procesadores, asegurándose así de que el archivo CNC incluya las configuraciones específicas para el uso del láser ver (Figura 153).

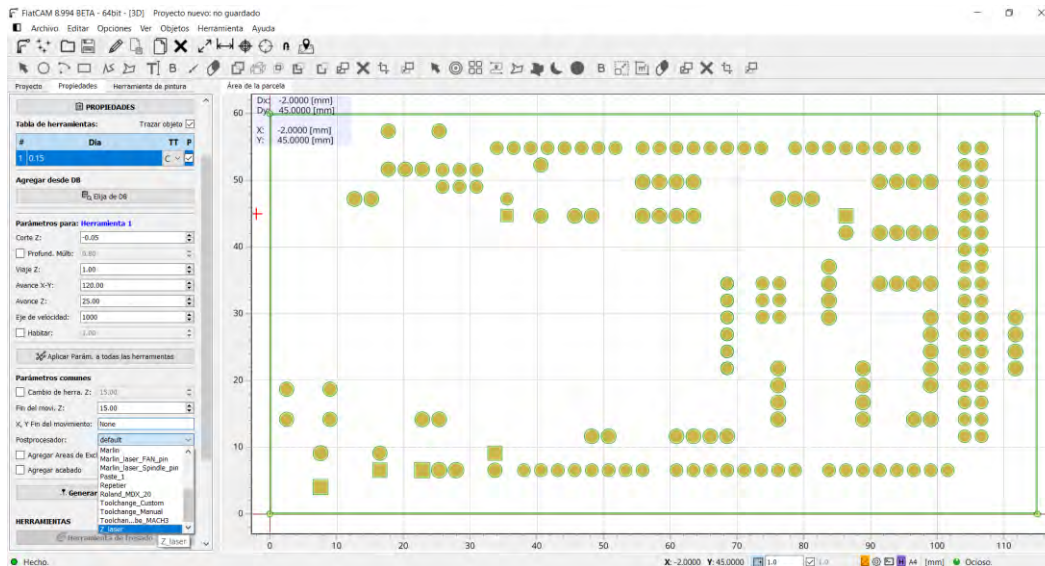


Figura 153.- General archivos G-code de mascar de soldar pt3

Se establecen los siguientes valores: Avance X-Y (Velocidad de corte): 1000 m/s , y potencia del láser: 320 mW ver (Figura 154), conforme a los datos suministrados por un test de corte láser según Giménez (2021).

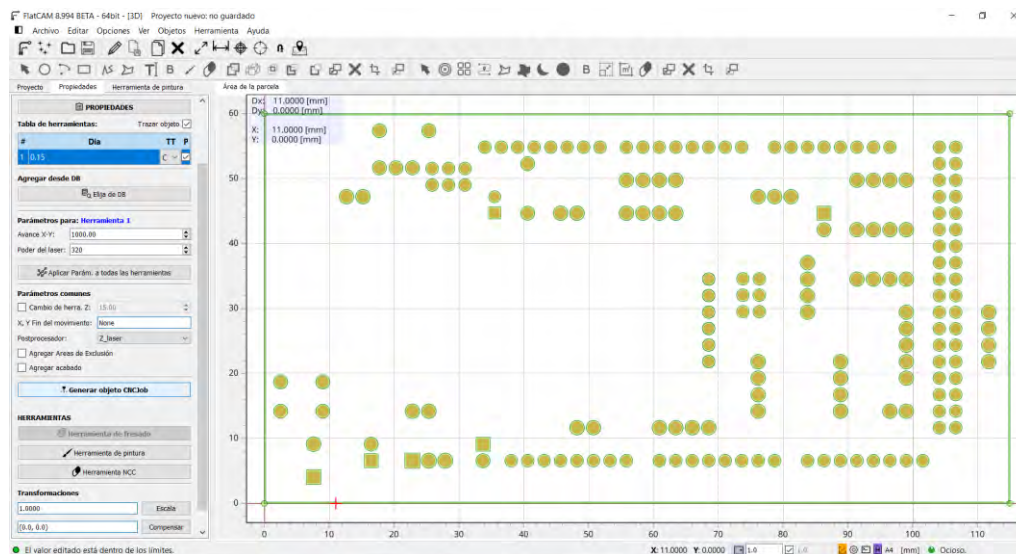


Figura 154.- General archivos G-code de mascar de soldar pt4

Finalmente, se procede a guardar el archivo CNC para su posterior utilización en el programa de Candle. El siguiente paso se lleva a cabo en situaciones donde el diseño de la placa es de doble cara; de lo contrario, se permite avanzar al siguiente paso del proceso ver (Figura 155).

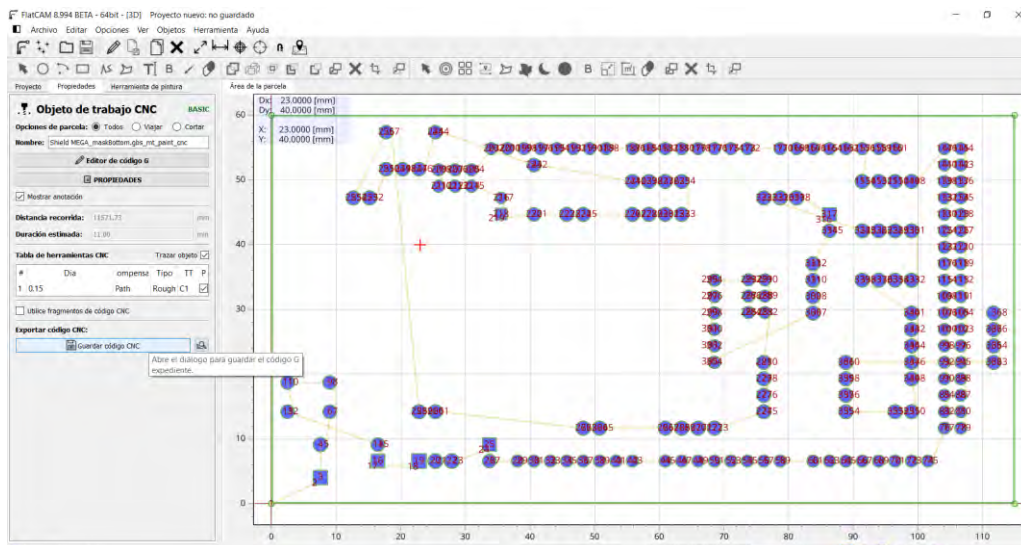


Figura 155 General archivos G-code de mascar de soldar pt5

6.11.3. General archivos G-code de mascar de soldar trasera

En este paso, se procederá a utilizar nuevamente el archivo de máscara para soldar, ya que es necesario invertirlo para la pista de doble cara en la parte posterior ver (Figura 156).

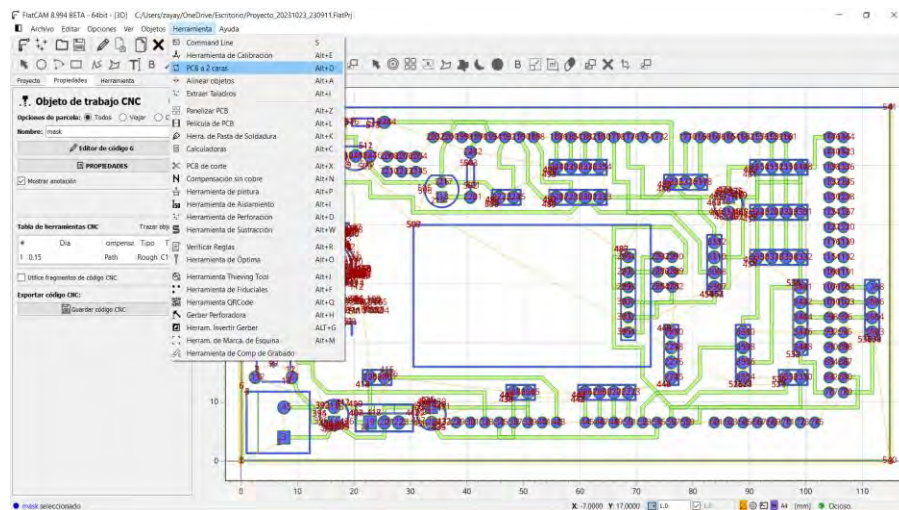


Figura 156.- General archivos G-code de mascar de soldar trasera pt1

Aplicando las dimensiones de la base de la tarjeta, se determinará la mitad de dichas dimensiones para identificar el punto central de la tarjeta, permitiendo así una mayor precisión en el proceso de corte láser de doble cara ver (Figura 157).

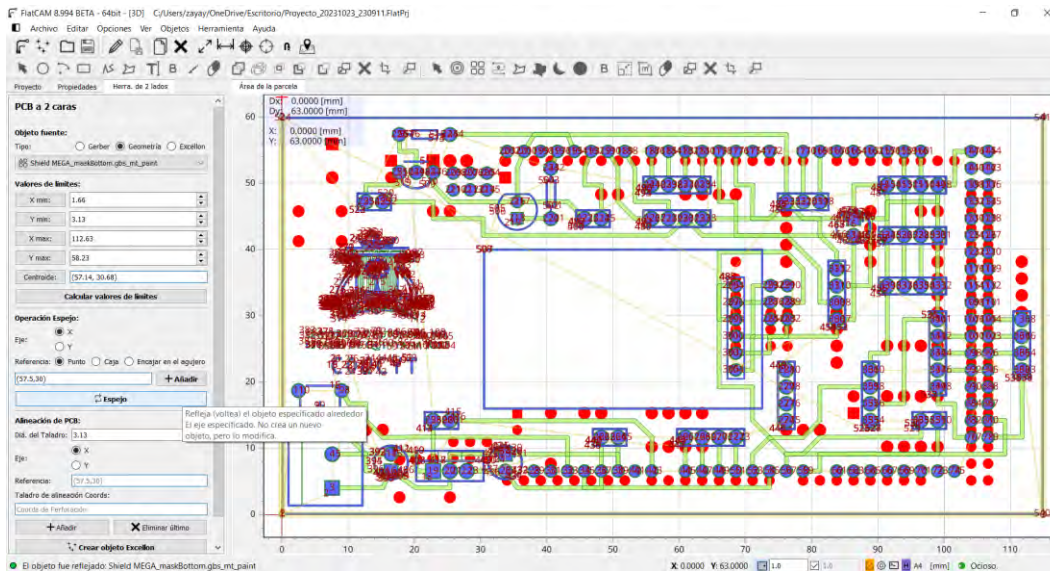


Figura 157.- General archivos G-code de mascar de soldar trasera pt2

Se seleccionarán los mismos parámetros mencionados anteriormente: Avance X-Y (Velocidad de corte): 1000 m/s , y potencia del láser: 320 mW ver (Figura 158).

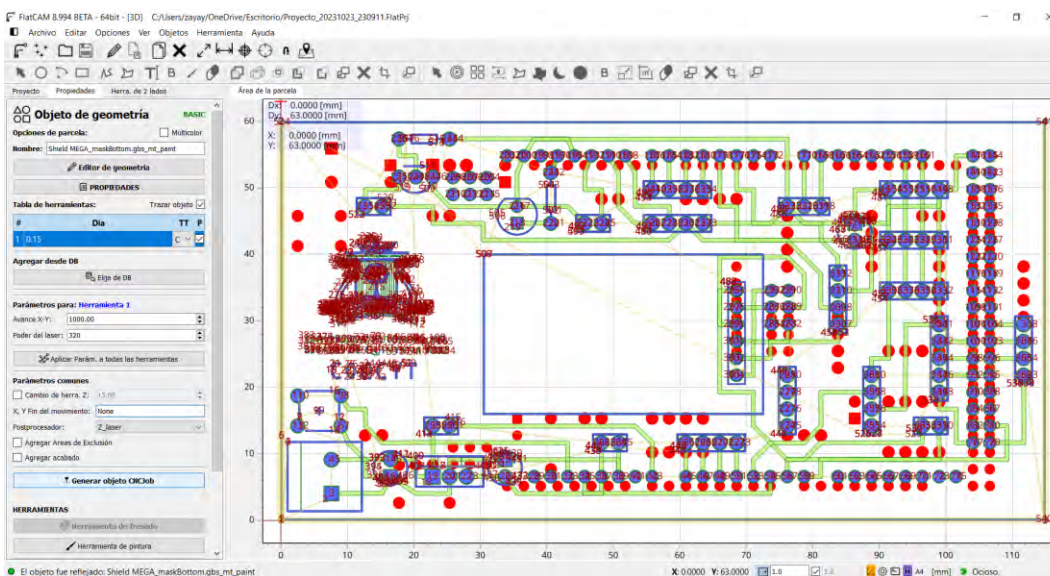


Figura 158.- General archivos G-code de mascar de soldar trasera pt3

Se procede a guardar el archivo CNC para su uso posterior ver (Figura 159).

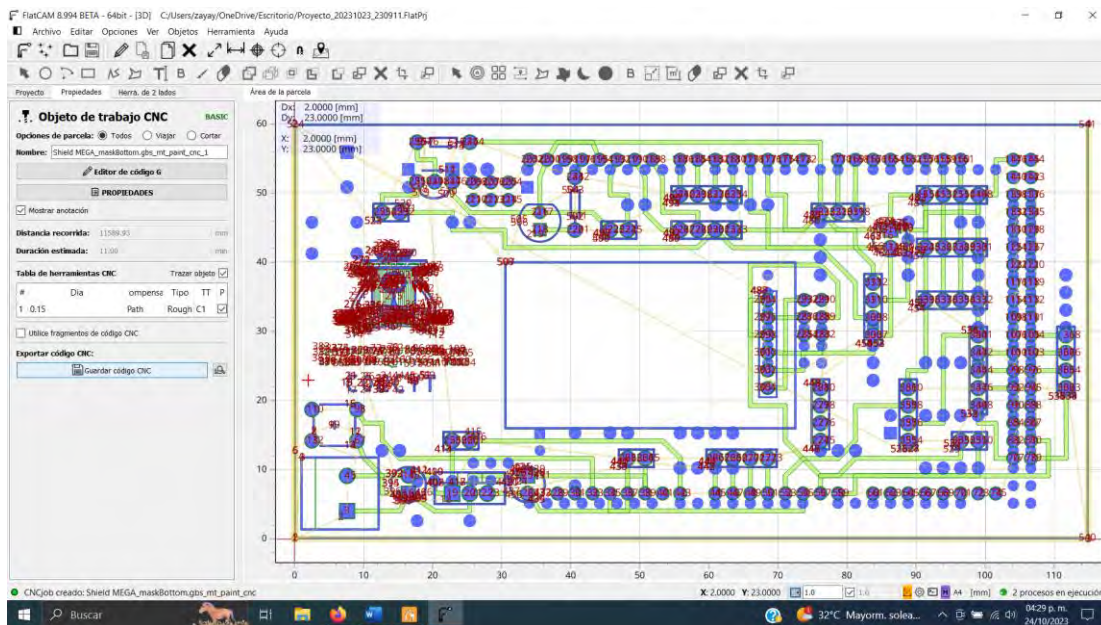


Figura 159.- General archivos G-code de mascar de soldar trasera pt4

6.12. Ajuste de laser para proceso de corte laser

Antes de iniciar la puesta en marcha, se requiere verificar que el módulo láser esté correctamente montado y enfocado en la CNC ver (Figura 160).



Figura 160.- Modulo laser

En primer lugar, se procederá a acoplar el módulo láser en el anclaje del motor, realizando el cambio correspondiente y asegurando el tornillo de montaje con el fin de evitar movimientos del módulo. Este ajuste contribuirá a lograr un corte láser más preciso ver (Figura 161).

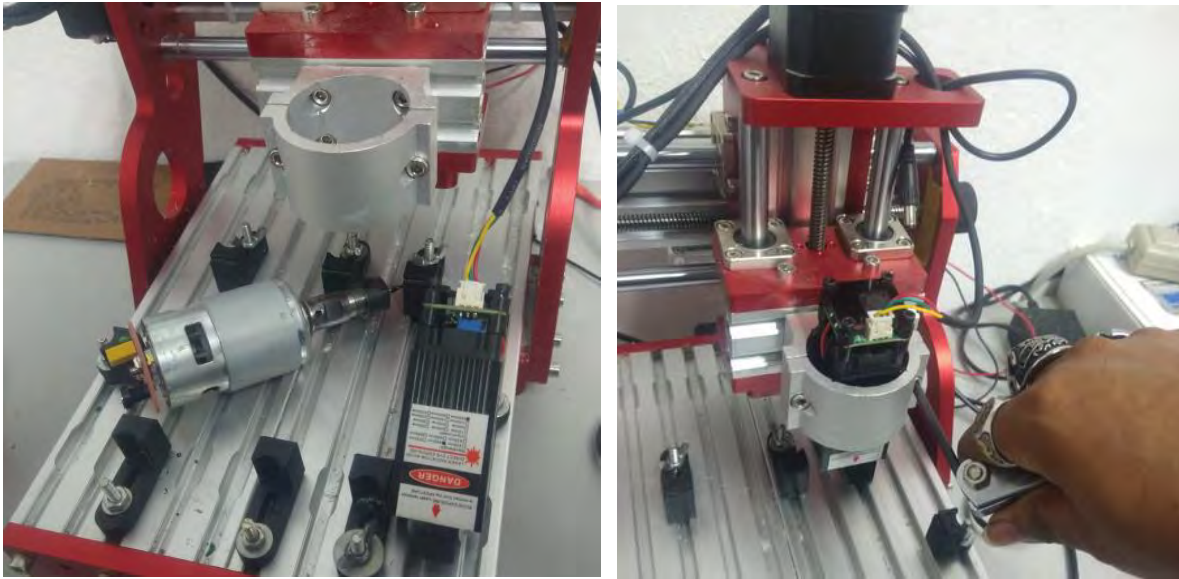


Figura 161.- Montaje de modulo en base CNC

Luego, en el software de Candle, se activará el láser en su configuración de menor intensidad para proceder a ajustar la altura y enfocar la mira mediante la perilla de ajuste ver (Figura 162).

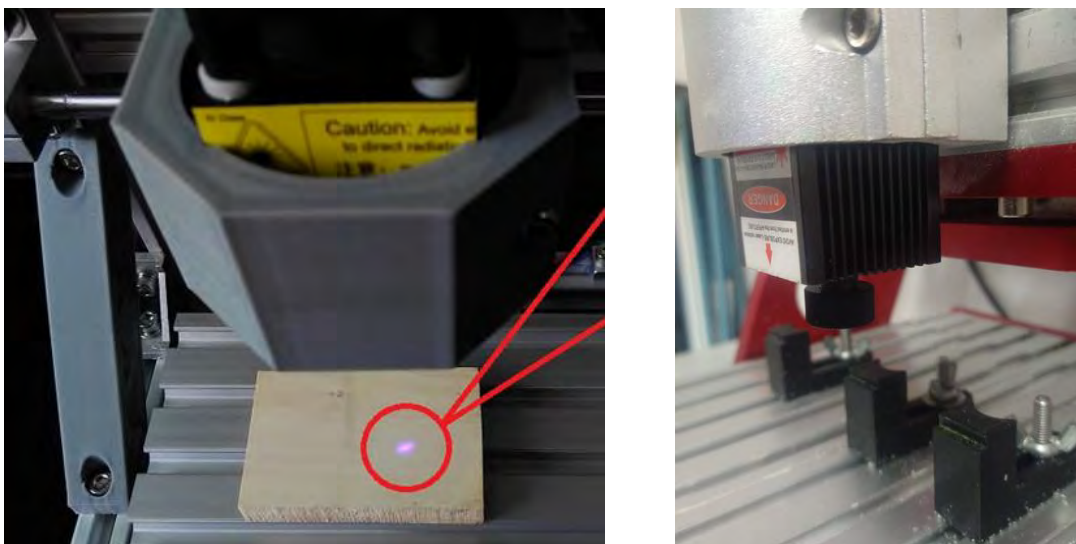


Figura 162.- Ajuste de mirilla laser con perilla del modulo

Determinando la posición óptima para la ejecución del trabajo, posteriormente se procederá a iniciar el proceso de grabado ver (Figura 163).

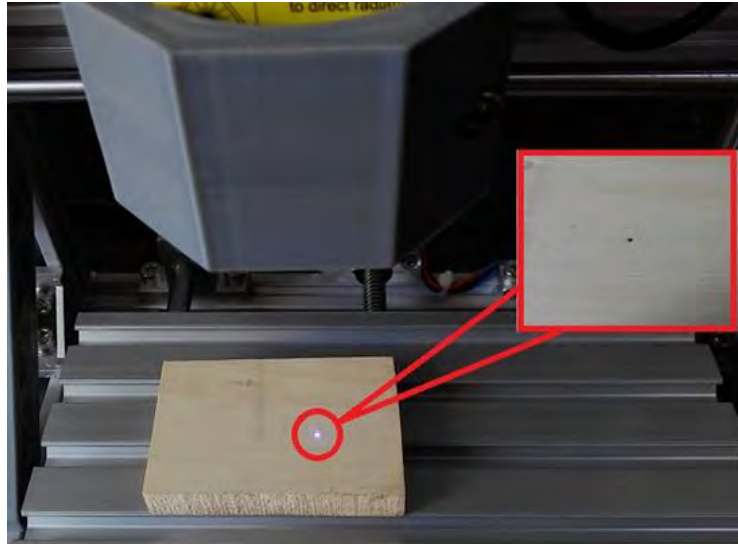


Figura 163.- mira laser ajustada

6.13. Proceso de colocación de placa en CNC para modulo laser

Una vez verificado lo anterior, se procederá a realizar los ajustes necesarios en la posición de la placa sobre la base de la CNC, garantizando la correcta alineación de los soportes con el fin de evitar posibles problemas de calibración ver (Figura 164).

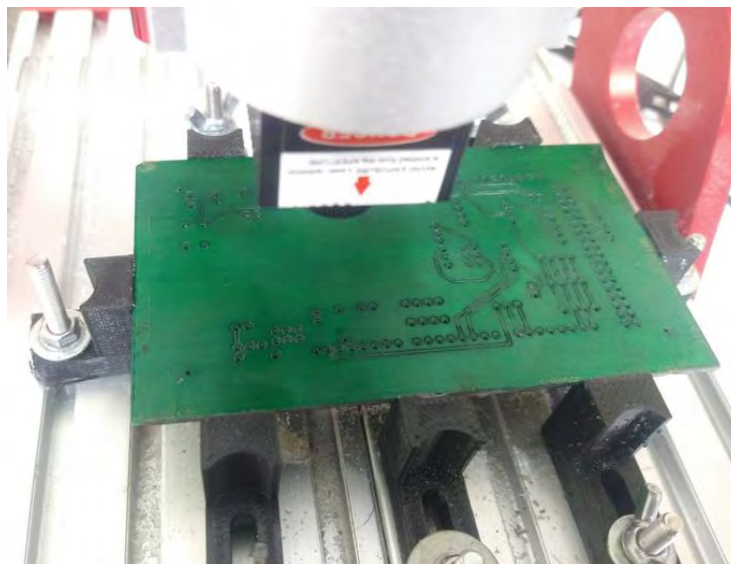


Figura 164.-Montaje de placa en CNC para Proceso de corte laser

6.14. Importar archivos G-code en programa de control de la CNC

La configuración final del módulo láser se realiza utilizando el software Candle. Iniciamos este proceso ingresando el código "\$32 = 1" en el puerto serial de Candle para configurar el módulo láser en modo booleano, aumentando así su precisión. Después, actualizamos Candle para aplicar el nuevo valor ver (Figura 165).

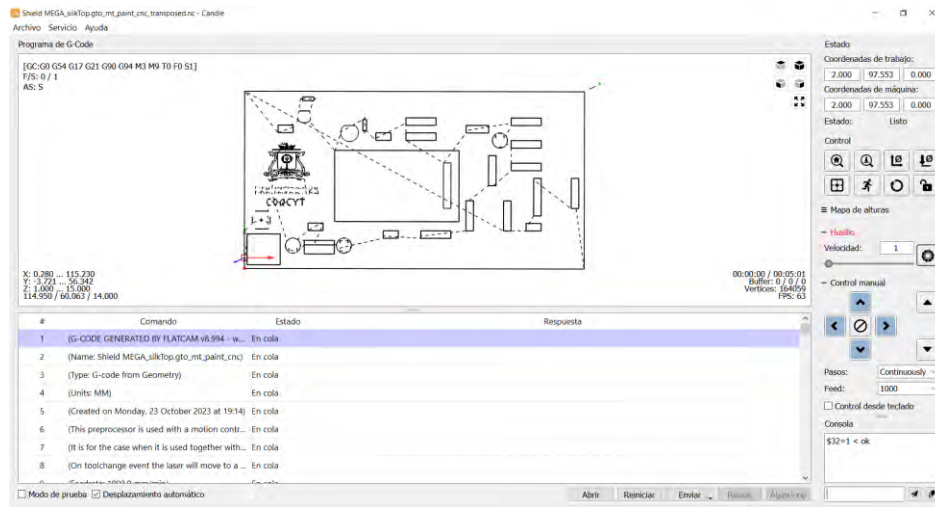


Figura 165.- ajustes de parámetros Candle

Es crucial verificar que la posición en Z no haya sido alterada para mantener el enfoque previamente calibrado.

6.15. Proceso de mascara de componentes

Posteriormente, ponemos en marcha el proceso de corte láser, utilizando lentes protectores para observar con seguridad ver (Figura 166 y Figura 167).



Figura 166.- Lentes de protección

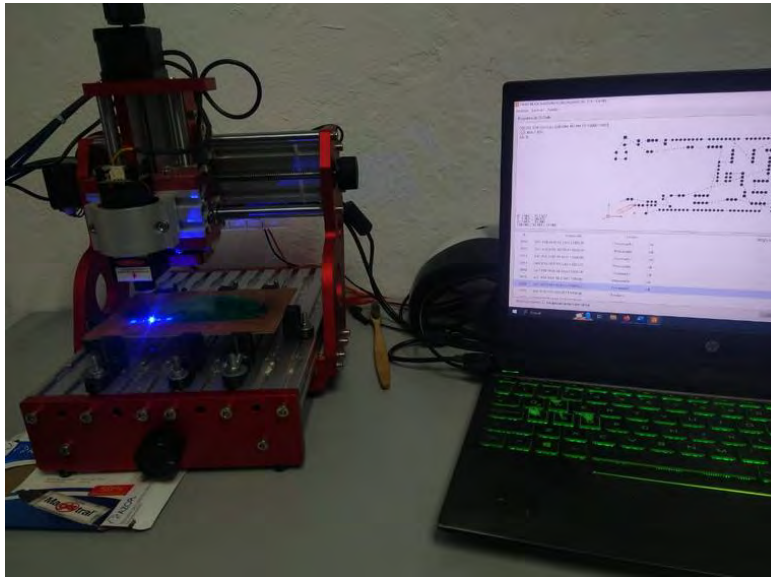


Figura 167.- Corte laser del proceso de mascara de componentes

Al completar el corte, procedemos a limpiar la superficie utilizando un cepillo de cerdas duras y alcohol, eliminando residuos de la operación anterior. El resultado se muestra en la siguiente imagen, donde se destaca la máscara de soldadura ver (Figura 168).



Figura 168.- limpieza de placa cara superior (mascara de componentes)

Luego, aplicamos pintura negra de UV para resaltar los espacios cortados con el láser, utilizando una espátula de goma para distribuir uniformemente. Utilizamos

una gasa con alcohol para eliminar el exceso de tinta. La lámpara UV se coloca sobre la placa para un secado de aproximadamente 15 minutos antes de pasar al siguiente paso ver (Figura 169 y Figura 170).

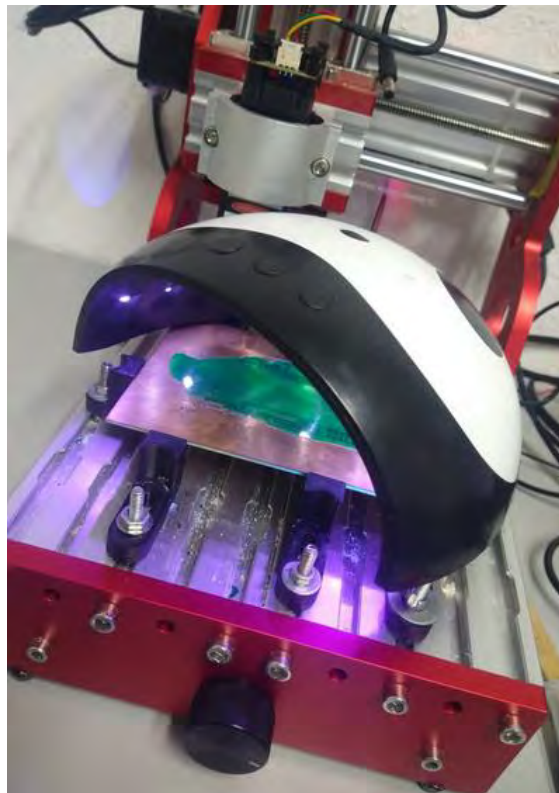
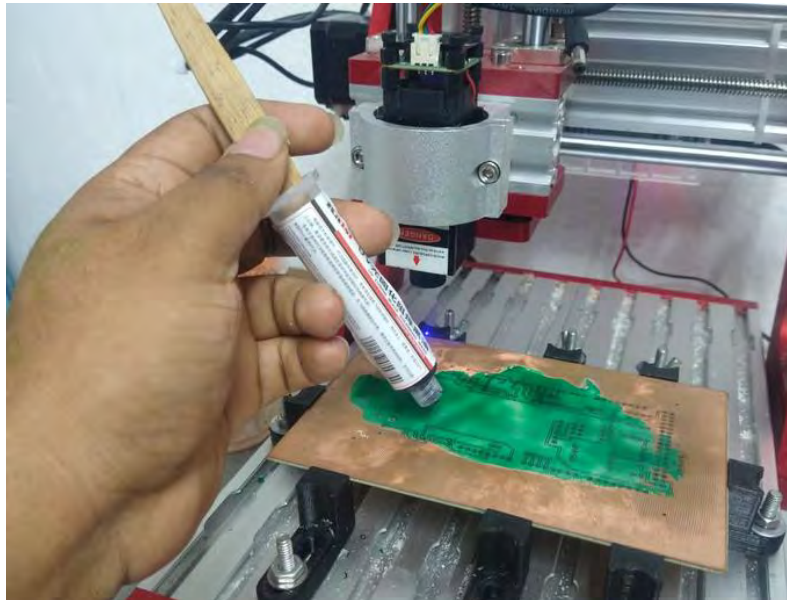


Figura 169.- aplicación de pintura y método de secado

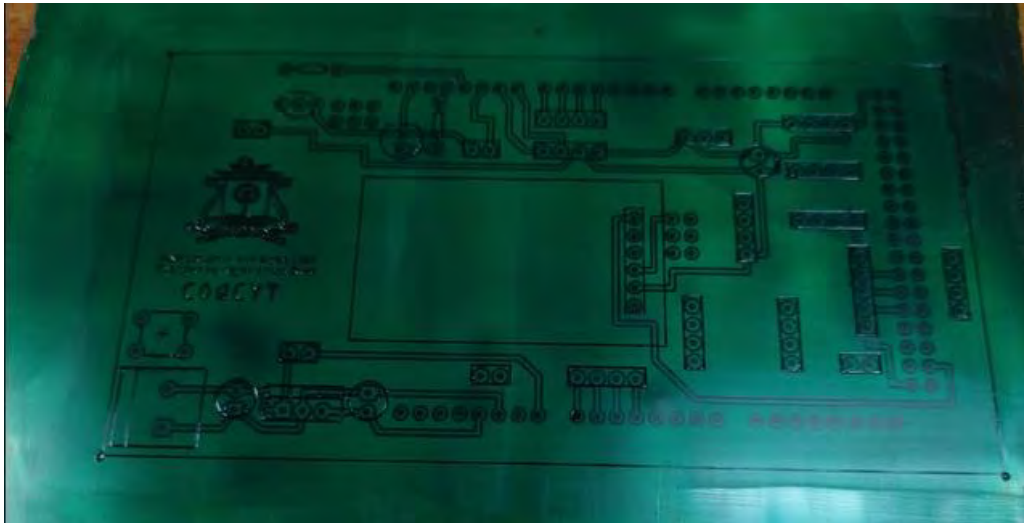


Figura 170.- Placa PCB

6.16. Proceso de mascar de soldar

Se carga el archivo de la máscara de soldadura en Candle y se ejecuta el proceso para eliminar el exceso de pintura de los orificios de soldadura, siempre utilizando anteojos de seguridad ver (Figura 171).

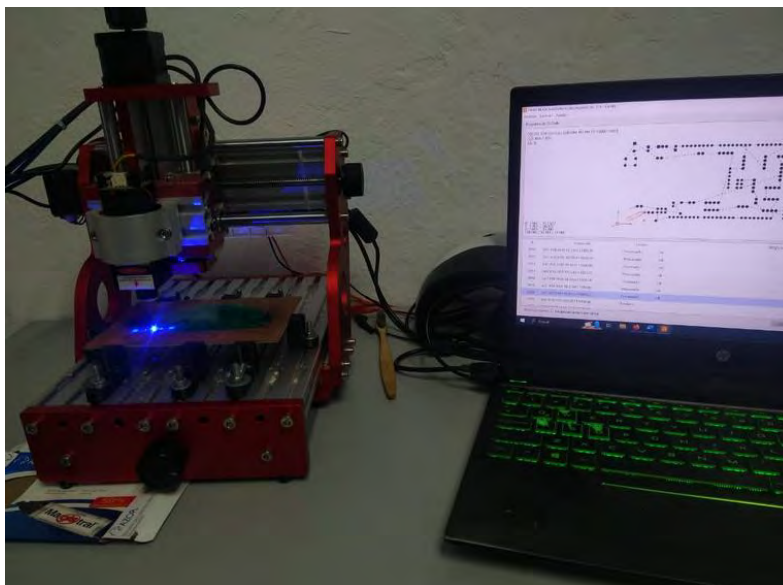


Figura 171.- Corte laser del proceso de mascara de soldar

Después de este paso, realizamos una limpieza para eliminar las partes quemadas de la pintura en el área seleccionada, obteniendo como resultado la cara superior soldada ver (Figura 172 y Figura 173).



Figura 172.-limpieza de placa cara superior (mascara de soldar)

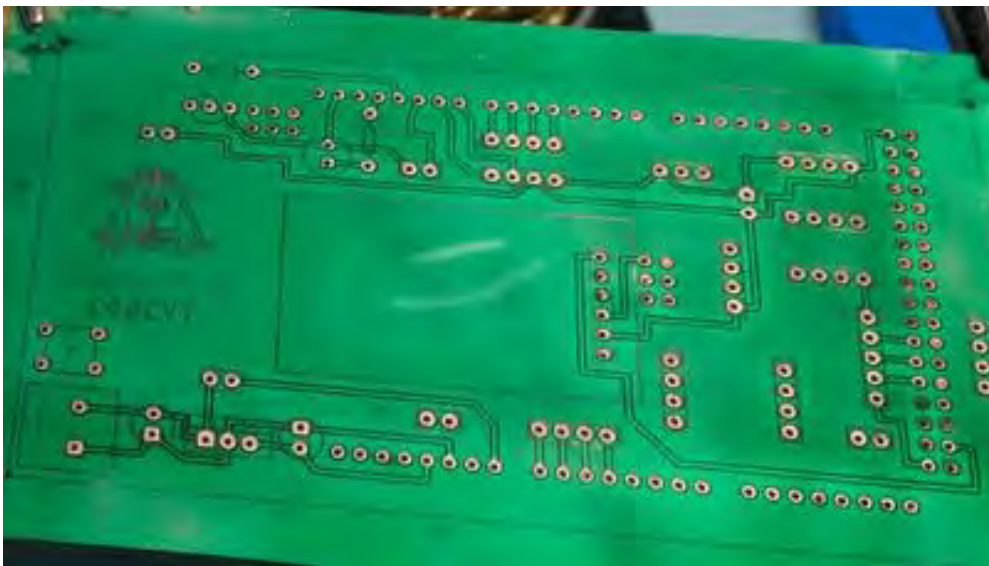


Figura 173.- test de prueba de potencia

. El siguiente paso se lleva a cabo en situaciones donde el diseño de la placa es de doble cara; de lo contrario, se permite avanzar al siguiente paso del proceso.

6.16.1. Proceso de mascara de soldar trasera

Luego, giramos la placa 180 ° en el eje X para iniciar el proceso de corte láser de la segunda cara, utilizando el software G-code utils para ajustar la calibración según los puntos de perforación mencionados en el informe anterior ver (Figura 174).

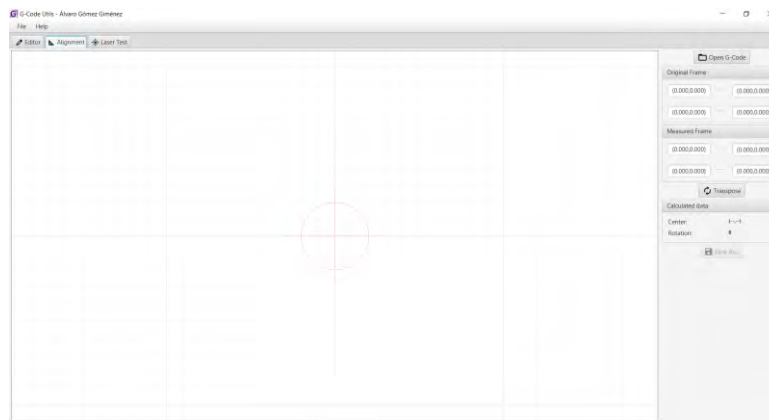


Figura 174.- software G-code utils

La localización de los puntos de perforación se llevará a cabo de manera manual utilizando la CNC. Este procedimiento implicará ajustar la mira láser en cada punto de perforación, anotando sus coordenadas correspondientes. Estas coordenadas se ingresarán en el programa para calibrar la máquina a la nueva posición de la placa. Posteriormente, se cargará el archivo correspondiente a la segunda cara y se guardará la versión actualizada con las modificaciones de posición ver (Figura 175 y Figura 176).

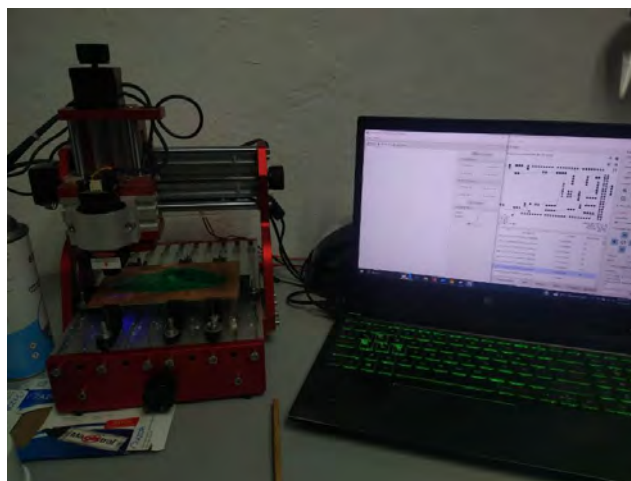


Figura 175.- Proceso de calibración

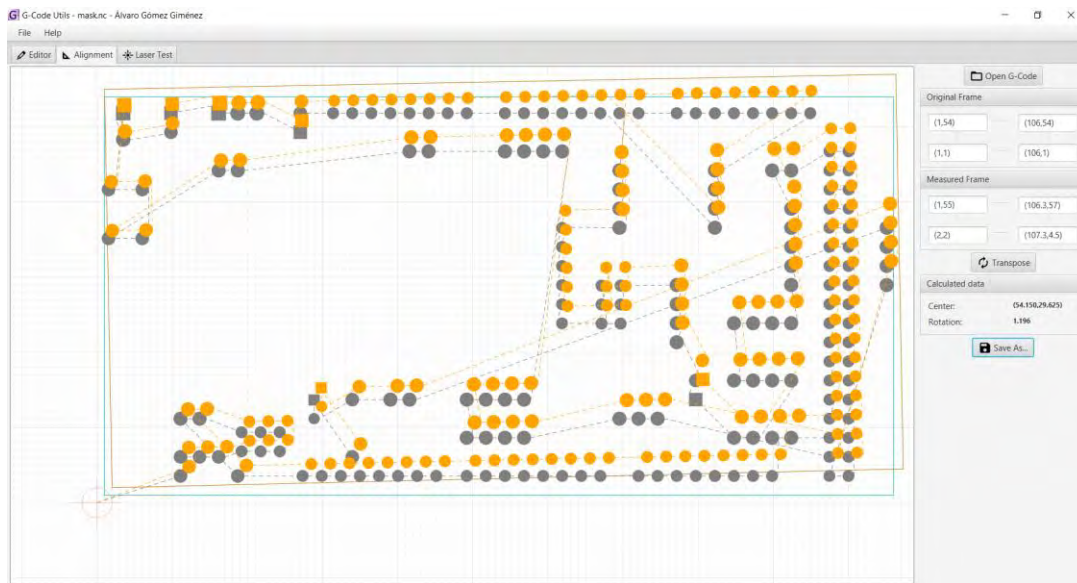


Figura 176.- configuración de calibración

Con las tareas anteriores completadas, se procede a cargar el archivo modificado en Candle para iniciar la puesta en marcha. Se recomienda el uso de lentes protectores para observar el proceso de manera segura. Además, es necesario activar nuevamente el código "\$32=1" para garantizar el correcto funcionamiento del láser ver (Figura 177 y Figura 178).

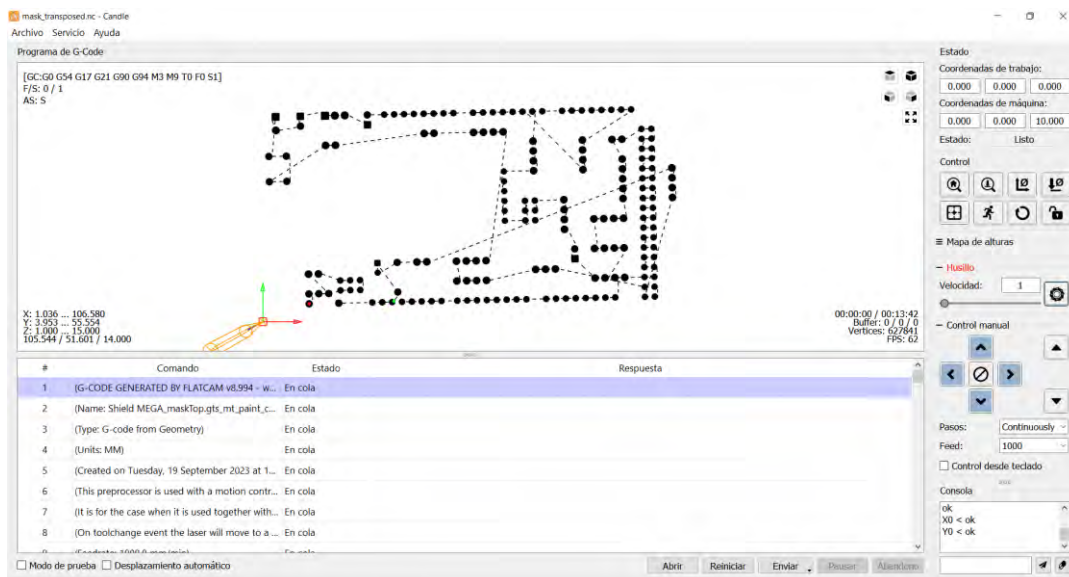


Figura 177.- puesta en marcha (mascar de soldar doble cara)

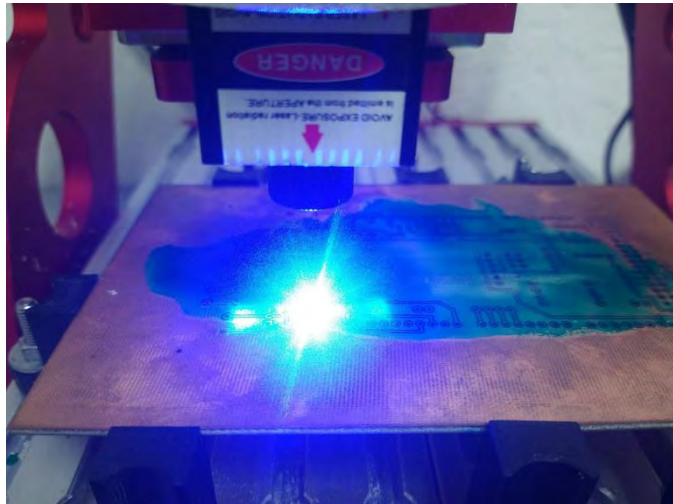


Figura 178.- Corte laser del proceso de mascara de soldar doble cara

Se presenta el siguiente resultado ver (Figura 179).

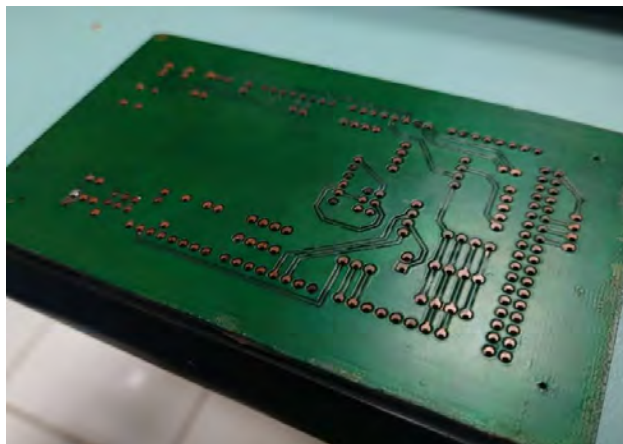


Figura 179.- Placa inferior

6.17. Limpieza de tarjeta PCB (corte laser)

Una vez completadas las etapas anteriores, se procede con la limpieza de la tarjeta utilizando alcohol de limpieza de circuitos y un cepillo de cerdas duras. Este proceso tiene como objetivo garantizar la eliminación completa de residuos y evitar posibles abrasiones de pintura de las fases anteriores.

6.18. Montaje y ensamblado de componentes de la PCB

En la fase inicial del montaje y ensamblado de los componentes de la PCB, se procederá a ubicar la placa en un banco especial diseñado para soldar. Se utilizarán

herramientas como el caudín, cera para soldar, punta fina para soldar y estaño para fijar los componentes en su lugar ver (Figura 180).

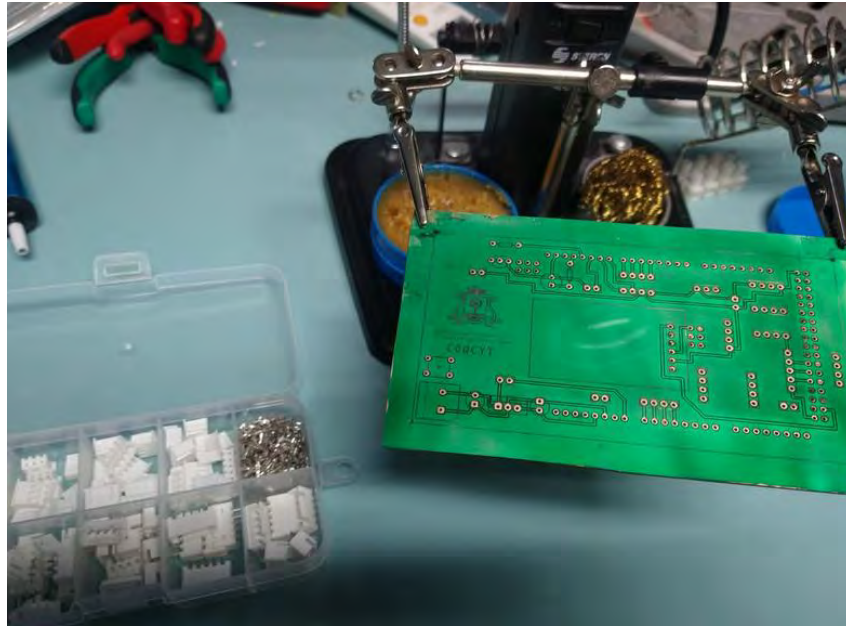


Figura 180.- base de soldar más conectores Jst-xh

Al verificar inicialmente la posición en función del espacio disponible para otros componentes, se obtuvo el siguiente resultado ver (Figura 181 y Figura 182).

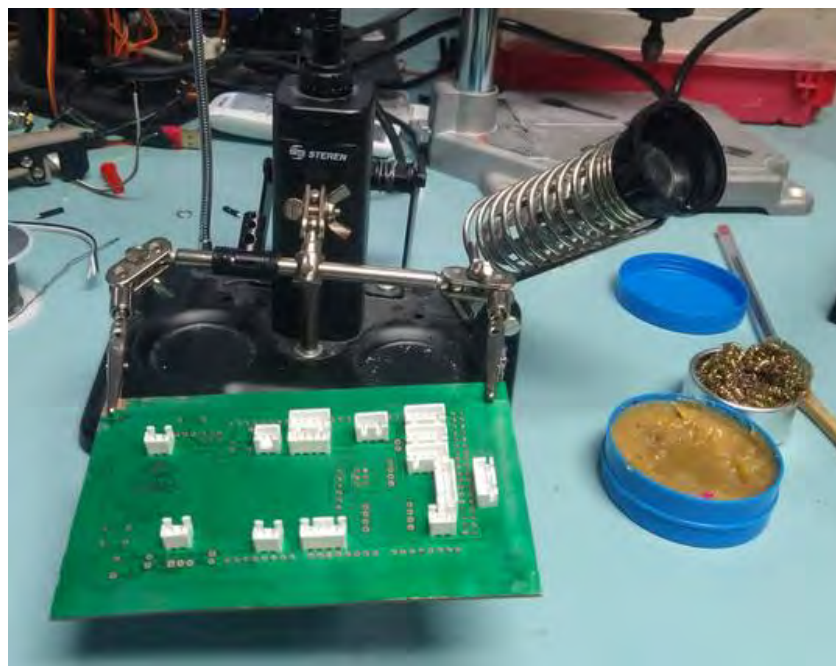


Figura 181.- colocación de componentes primera fase

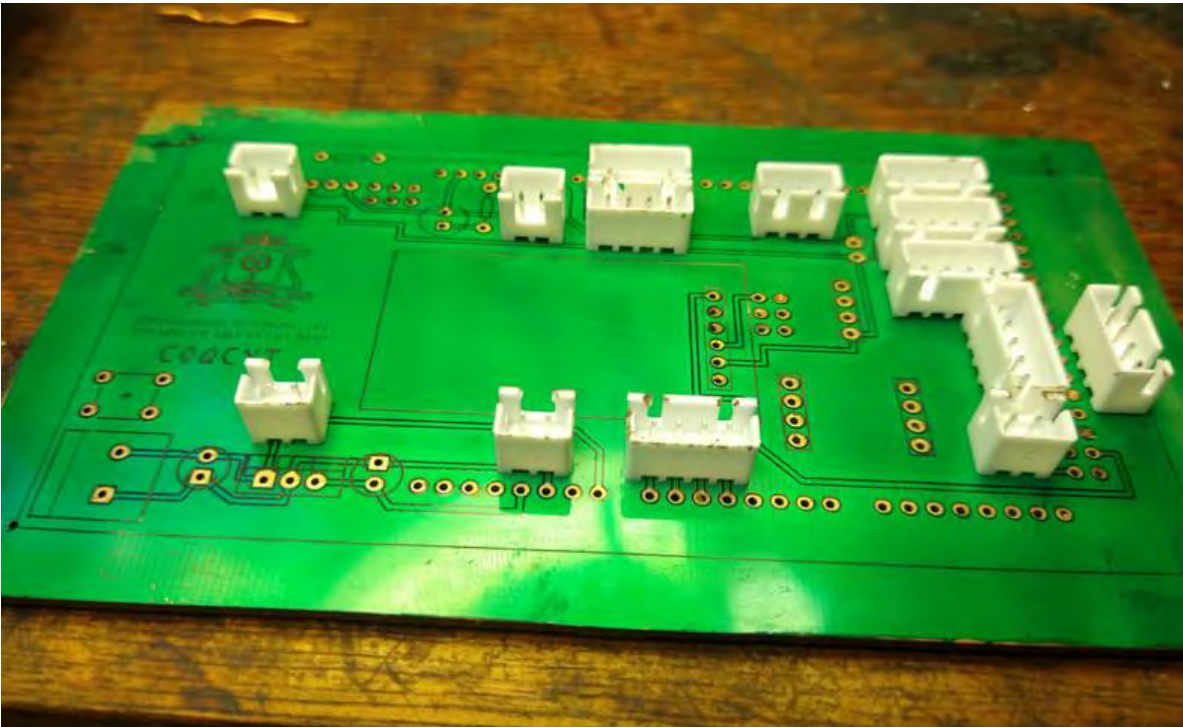


Figura 182.- placa soldada parte 1

La siguiente etapa implica la soldadura de los componentes subsiguientes, tales como Leds, resistencias, pines hembra y macho, capacitores de 100 y 50 μF , así como un transistor NPN 2N2222 ver (Figura 183).



Figura 183.- componentes electrónicos segunda fase

Tras la soldadura y la verificación de la conectividad, se obtiene como resultado la placa siguiente, la cual se compara con la placa principal del equipo ver (Figura 184).

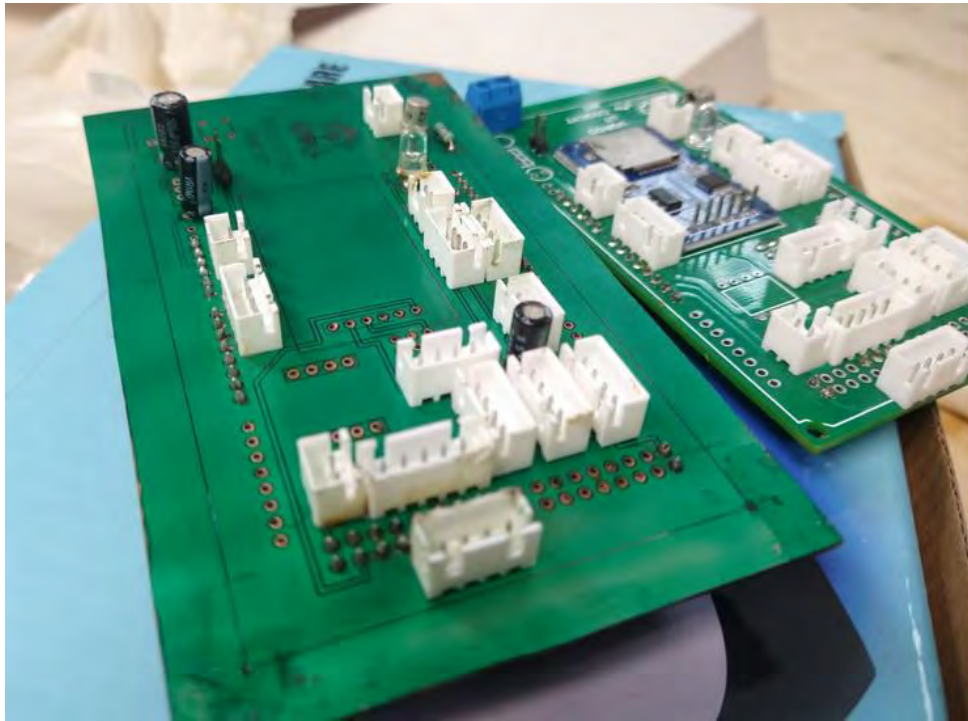


Figura 184.-placa soldada parte 2

Y por último soldando los últimos componentes convertidor de 5V, módulo de lectora de tarjeta SD y un sensor de Presión ver (Figura 185).



Figura 185.- componentes electrónicos tercera fase

Contando con el resultado que se presenta a continuación ver (Figura 186).

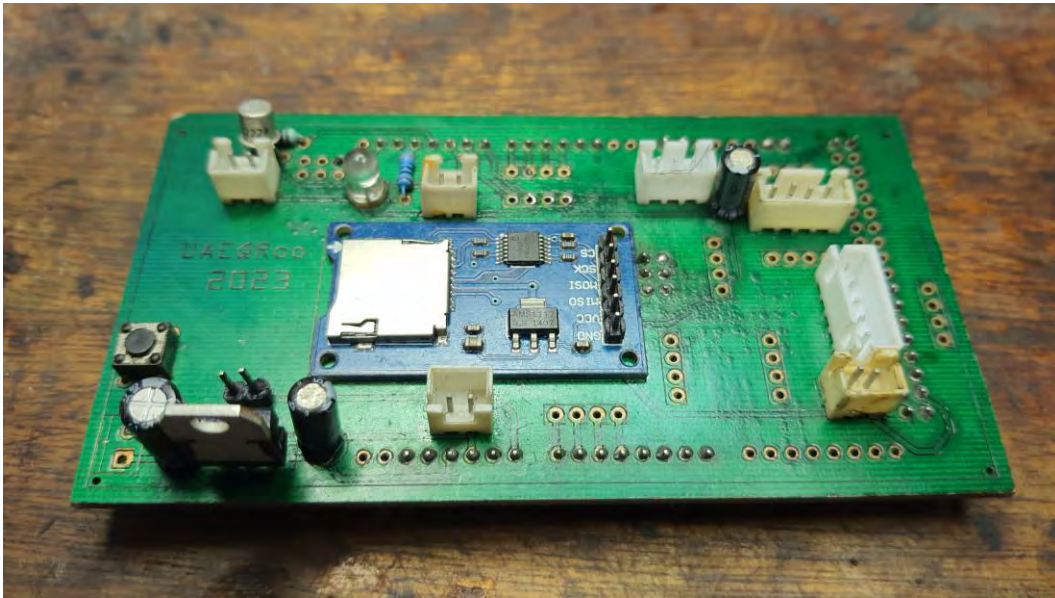


Figura 186.- placa soldada parte 3

6.19. Finalización

Finalmente, se realiza la verificación de la continuidad de la placa para garantizar la conectividad de todas las pistas, marcando así la conclusión del proceso de creación de la placa CNC ver (Figura 187).

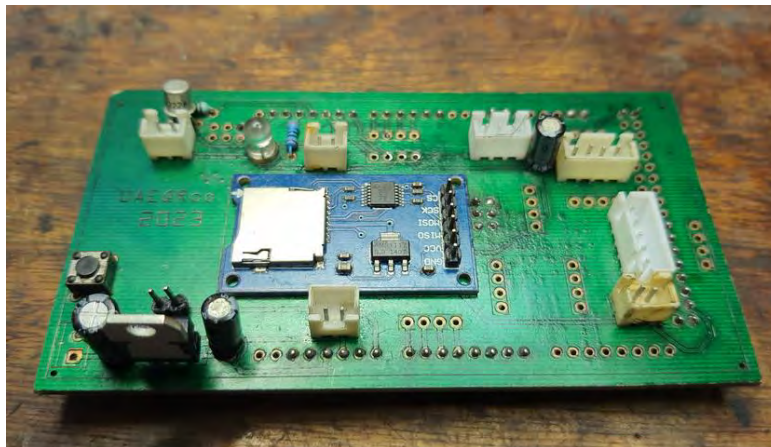


Figura 187.- tarjeta PCB

Capítulo VII: Evaluación de resultados

En este capítulo, se exploran las diversas pruebas experimentales realizadas a lo largo del proceso de elaboración de la PCB de manera profesional. Se presentan ejemplos tanto de la máquina calibrada como de la no calibrada, junto con pruebas realizadas en PCB de una cara y de doble cara. Estas pruebas fueron llevadas a cabo con el objetivo de obtener los parámetros precisos del proceso anterior.

Prueba experimental 1.- Calibración inicial step/mm de maquina CNC

En esta prueba, se realiza únicamente una vez. El proceso se inicia debido a que el problema detectado está relacionado con las dimensiones. Se observa que la parte del diseño, hasta la generación del archivo G-code, resulta ser precisa. El inconveniente radicó en la calibración de la máquina, ya que no proporcionaba las dimensiones correctas, presentando una equivalencia de $1\text{ mm (diseño)} = 0.4\text{ mm (máquina)}$. Esto resultó en una reducción del tamaño después de completar el proceso de corte ver (Figura 188).

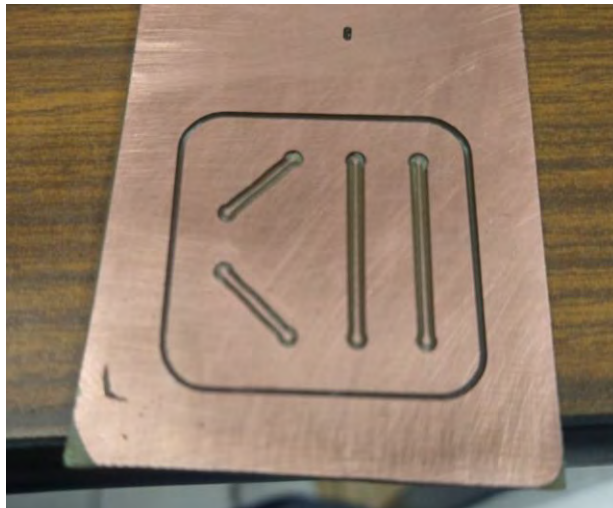


Figura 188.- Prueba experimental de maquina no calibrada

Se observaba un problema al transitar al proceso de PCB de doble cara, ya que, en algunos puntos, debido a la falta de calibración al 100%, se producía un desplazamiento de unos milímetros hacia arriba entre el diseño de la cara superior y el de la cara inferior ver (Figura 189).

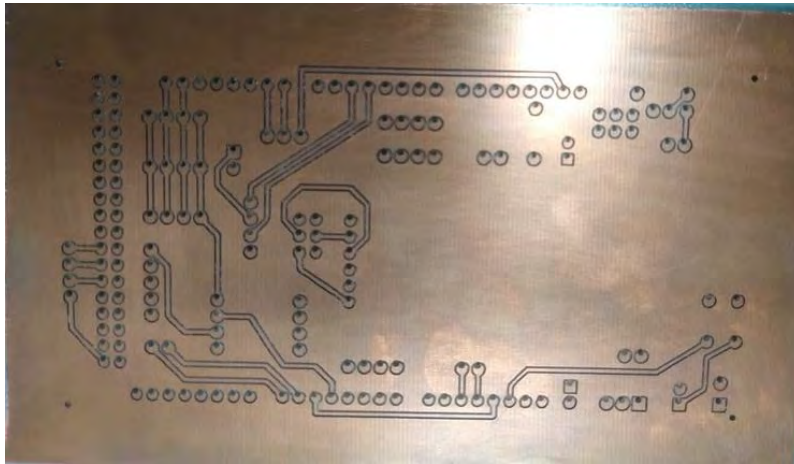


Figura 189.- Prueba experimental de maquina no calibrada PCB de doble cara

Prueba experimental 2.- Rango de corte de profundidad para conectividad

Como resultado, se presenta el siguiente conjunto de datos, acompañado de pruebas previas para su comparación. Se empleó el mismo diseño con parámetros de profundidad diferentes. Se observó que, cuando el espacio de corte era muy grande, se comprometía parte del grosor de la pista, llegando en algunos casos a afectar las curvas del diseño. Por otro lado, si el corte de pista era muy corto, la conectividad persistía en toda la tabla, indicando un cortocircuito en la placa. Se identificó que el rango de profundidad óptimo se encuentra entre -0.3 mm y -0.4 mm ver (Figura 190 y Figura 191).

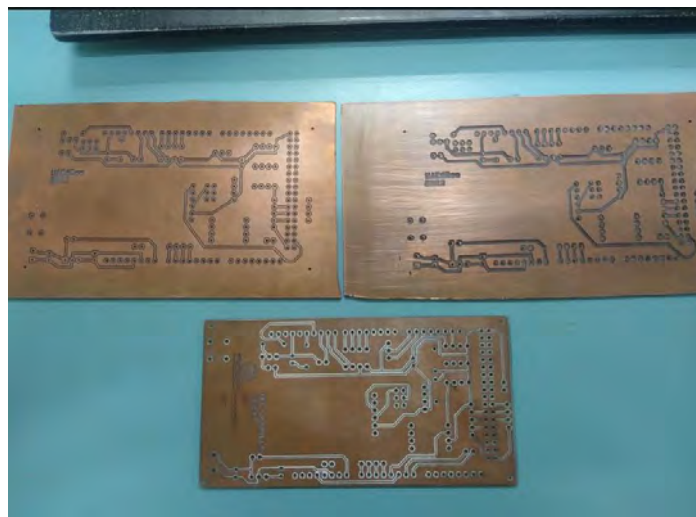


Figura 190.- Prueba experimental de pruebas de corte de profundidad de conectividad

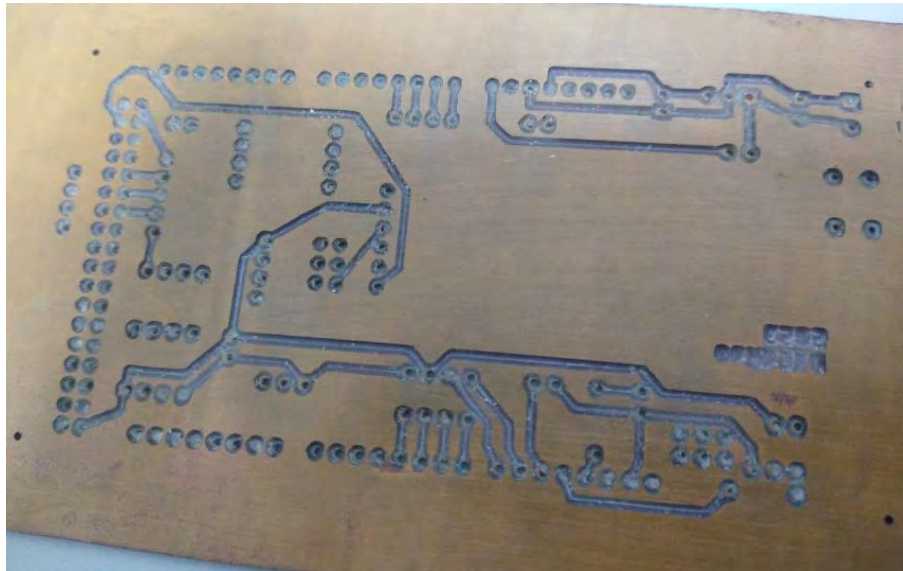


Figura 191.- corte de profundidad excedente al recomendado

Prueba experimental 3.- PCB una cara más ensamble de componentes

Después de corregir los errores previos en las pruebas experimentales y obtener parámetros precisos para la fabricación de una PCB, se logró producir una placa de circuito impreso de una sola cara con componentes ensamblados. Esta PCB fue diseñada para ser utilizada en un circuito de inversor trifásico, dando como resultado el siguiente conjunto de logros ver (Figura 192 y Figura 19).

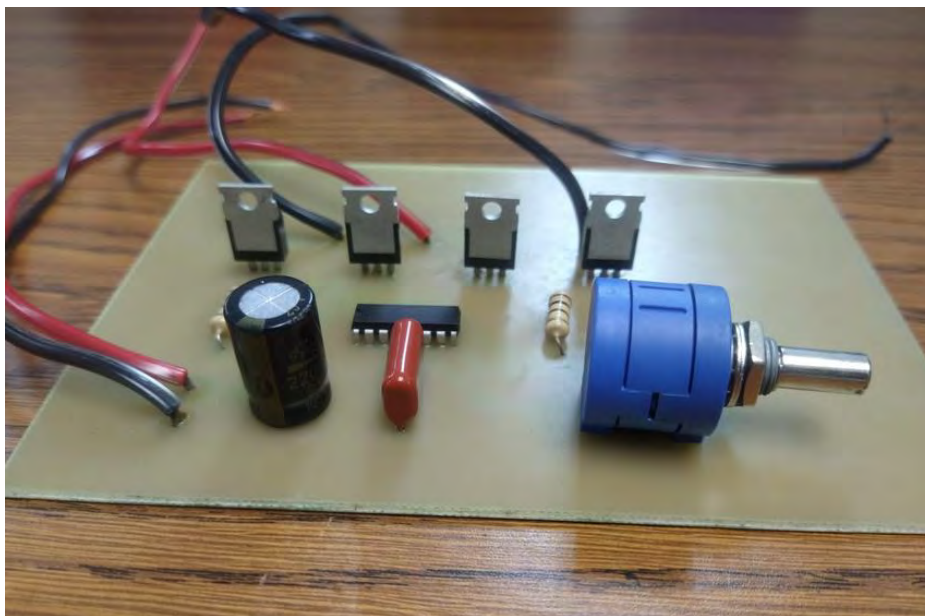


Figura 192.- PCB de una cara más ensamble de componentes

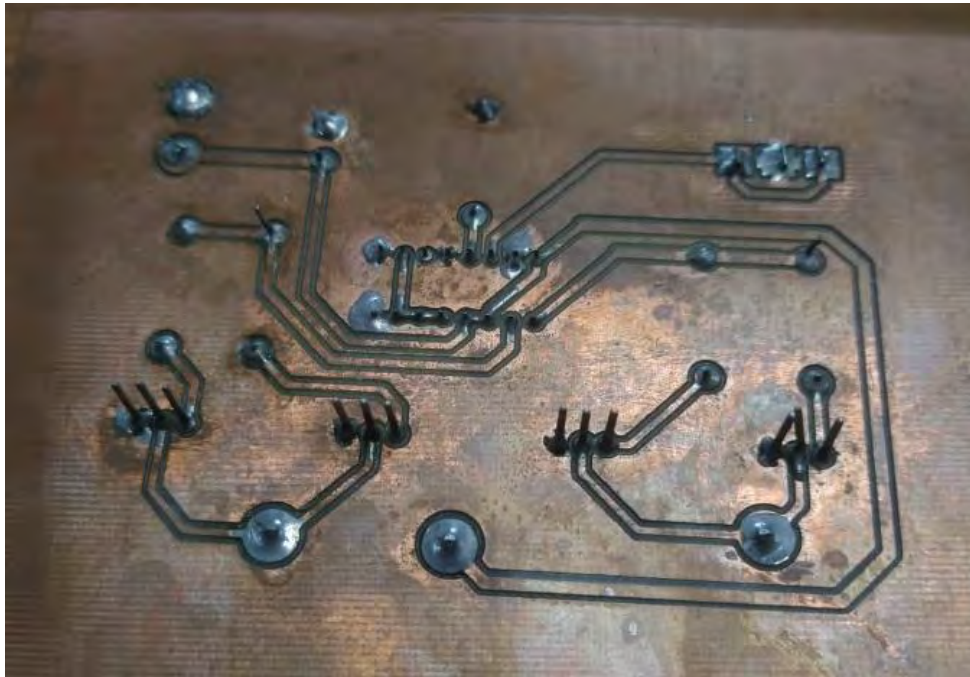


Figura 193.- Pista de PCB una cara

Habiendo obtenido buenos resultados en todos los aspectos relacionados con la PCB, se ha implementado un método de corte mejorado en comparación con versiones anteriores. Aunque esto ha aumentado ligeramente el tiempo de fabricación, ha resultado en un corte de pista perfecto. Este ajuste es especialmente beneficioso en el proceso de soldadura de componentes, ya que asegura que el estaño no se salga del área de soldadura del componente.

Prueba experimental 4.- PCB de doble cara más proceso de caligrafía

Ya contando con parámetros adecuados para la fabricación de PCB de una sola cara, la prueba se realizó ahora para el proceso de una PCB de doble cara. Se observaron detalles después del proceso de caligrafía, específicamente en el corte láser, donde surgieron problemas relacionados con la potencia utilizada. En este caso, una potencia baja resultaba en que el excedente de la pintura aplicada no se eliminara adecuadamente, mientras que una potencia muy alta provocaba la remoción tanto de la pintura como de la pista de la máscara de componentes. Fueron necesarias pruebas de potencia para encontrar el ajuste óptimo y lograr un proceso exitoso ver (Figura 194 y Figura 195).

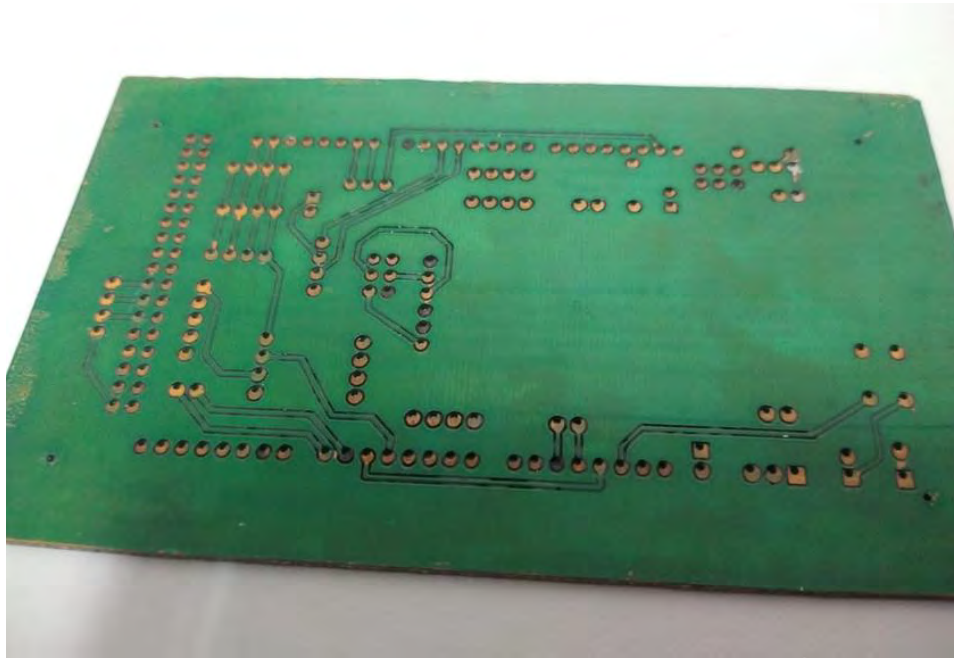


Figura 194.- Prueba de corte laser potencia baja

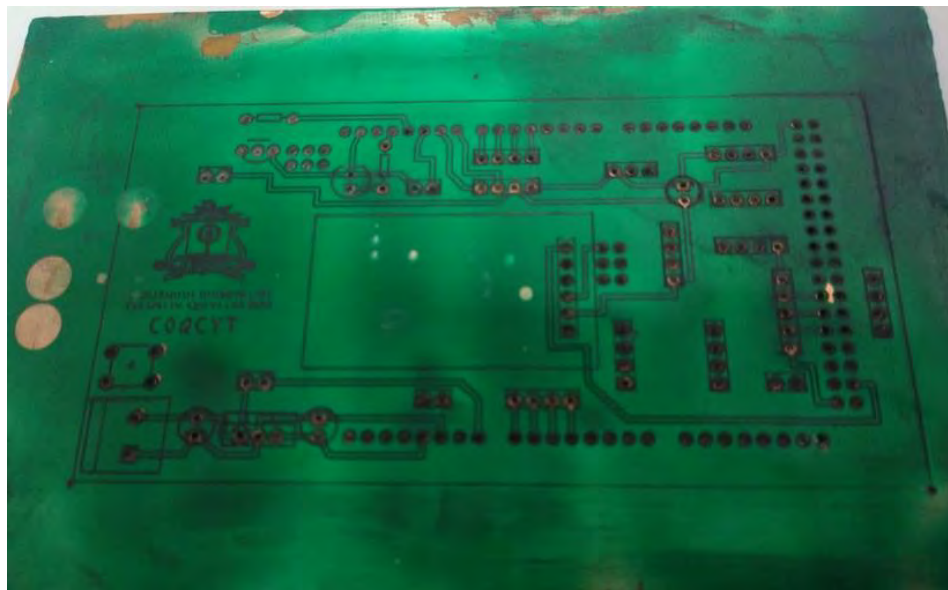


Figura 195.- prueba de corte laser potencia alta

Prueba experimental 5.- PCB de doble completa

Después de abordar la cuestión relacionada con la potencia del láser, se logró obtener una PCB de doble cara con ensamblaje de componentes. Los resultados obtenidos en las pruebas del circuito y en aspectos vinculados a la fabricación

fueron satisfactorios. Este circuito ha sido diseñado para el control de un respirador ver (Figura 196).

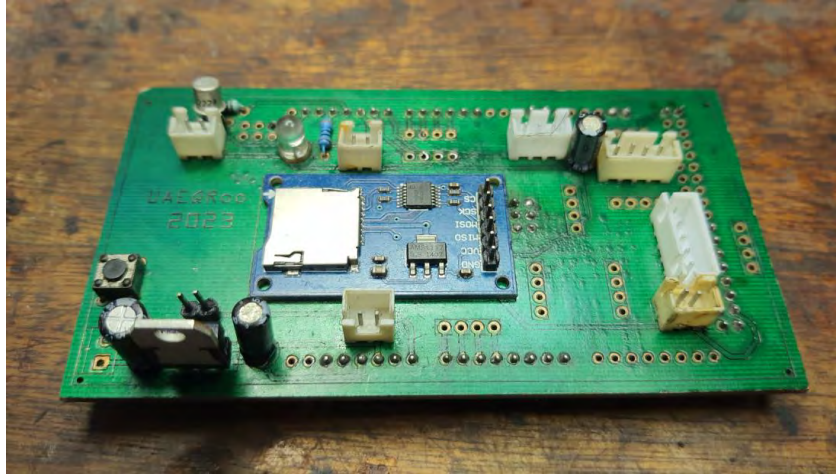


Figura 196.- PCB de doble cara

Se observa una conectividad adecuada entre los componentes soldados y las pistas creadas durante el proceso de corte, incluso después de la aplicación del láser. En esta situación, se constata que ninguna área de soldadura de componentes se desprendió o resultó dañada debido al corte láser llevado a cabo.

Recomendaciones

Después de completar todo el proceso y enfrentarse a los errores durante la fabricación de una PCB, se identificaron algunos aspectos para mejorar tanto en el diseño de la máquina CNC como en el propio proceso de fabricación, los cuales pueden ser corregidos.

- La automatización del cambio de broca se vuelve crucial en procesos extensos o en diseños de PCB que implican numerosos cambios de broca. En tales situaciones, la intervención manual es necesaria, ya que, por ejemplo, si el diseño incorpora 20 tamaños de broca, se requiere realizar el cambio en 20 ocasiones.
- En relación con la maquinaria, resulta fundamental la implementación de alarmas sonoras que lleven a cabo un paro automático en el proceso. Esto es esencial debido a que, en ciertos casos, el tamaño de los diseños excede las dimensiones de la base, ocasionando que, al dimensionar el "mapa de alturas", la máquina se desborde y los motores se atasquen. Mientras tanto, el programa de control no lo interpreta como un error, sino que ejecuta la acción sin reportar fallos.
- La ausencia de alertas ante la rotura de brocas o fresas complica la identificación del momento en que se produce la interrupción en el proceso. Esto se debe a que el programa de control gestiona el proceso con normalidad y no detiene el sistema al enfrentar estos errores.
- Adquirir una lámpara UV más potente fue una decisión tomada debido a que la lámpara utilizada anteriormente poseía una potencia insuficiente. Esto ocasionaba que el tiempo de secado fuera considerablemente prolongado y, en ocasiones, no se lograba un secado completo durante los días en los que no era posible utilizar la luz solar para el proceso.

Conclusión

Se logró alcanzar el objetivo principal de Desarrollar una Metodología de fabricación de placas PCB mediante la Manufactura Asistida por Computadora, utilizando una máquina de control numérico. Después de realizar pruebas experimentales, se obtuvieron los parámetros necesarios para la producción de PCB de una y doble cara, logrando resultados favorables. Se elaboró un diagrama de flujo detallado del proceso de fabricación de PCB, con la intención de proporcionar información detallada para futuros proyectos y permitir a más personas fabricar sus PCB en esta máquina.

Para el manejo del software de control, sugiero emplear Candle por su interfaz interactiva y fácil manejo. Este programa no solo proporciona opciones adicionales para controlar alarmas y herramientas, sino que también se integra sin problemas con la sonda en Z, fabricada que se ha añadido a la CNC. Destacó la importancia de utilizar sensores y herramientas apropiadas para prevenir complicaciones, especialmente teniendo en cuenta los pines específicos del GRBL Controller diseñados para conectar estos accesorios, como los límites de dimensionamiento, que surgieron como un desafío durante el proceso.

En cuanto al láser, se subraya la necesidad de calibración y configuración en el software de control para un manejo eficiente. Después de varias pruebas, se determinaron parámetros efectivos para evitar dañar las pistas de los componentes.

Además, la utilización de diferentes tipos de brocas, como las de carburo para perforación y la broca en forma de "V" para el fresado, facilita considerablemente el trabajo y proporciona resultados satisfactorios. Este enfoque diversificado en las herramientas contribuyó a la eficacia en los diferentes procesos.

Bibliografía

- [1].- Systèmes, D. (2023, February 9). Mecanizado CNC. Dassault Systèmes. <https://www.3ds.com/es/make/guide/process/cnc-machining>
- [2].- Desarrollo. (2021, March 12). Programación en CNC: ¿Qué es y qué tipos existen? - Grumeber. Empresa De Mecanizado En Barcelona - Grumeber. <https://grumeber.com/tipos-de-programacion-en-cnc/>
- [3].- Lynch, M. (2023, April 1). CNC o control numérico por computadora: qué es y cómo funciona. Gardner Business Media, Inc. <https://www.mms-mexico.com/articulos/cnc-o-control-numerico-por-computadora-que-es-y-como-funciona>
- [4].- BernieA. (2022, February 24). ¿Qué es y cómo funciona una máquina CNC? | Centric. Distribución y venta de maquinaria CNC. <https://centricdemexico.com/maquina-cnc/>
- [5].- LuisSuarez. (2021, January 19). FABRICACIÓN DE PCB'S. AG | Blog. <https://agelectronica.blog/2020/12/15/fabricación-de-pcbs/>
- [6].- ¿Qué es el proceso de ensamblaje de PCB? | Air Liquide España - Gases industriales. (2024). <https://es.airliquide.com/soluciones/procesos-con-gas-para-el-ensamblaje-electronico/que-es-el-proceso-de-ensamblaje-de-pcb>
- [7].- Antala. (2023, October 31). PCB: ¿Qué es una placa de circuito impreso? Antala Industria. <https://www.antala.es/pcb-que-es-placa-circuito-impreso/>
- [8].- Diferentes tipos de Placas de Circuito Impreso: PCB | Orientar pantalla. (2022, July 8). Orient Display. <https://www.orientdisplay.com/es/knowledge-base/pcb-basics/different-types-of-pcb/>
- [9].- Li, W. (2023, December 13). How many types of PCB are there. Tecnología: Su Socio De Servicios De Fabricación Electrónica De Confianza. <https://www.mokotechnology.com/es/how-many-types-of-pcb-are-there/>
- [10].- Equipo editorial, Etecé. (2021, August 5). Metodología - Concepto, tipos, investigación y método. Concepto. <https://concepto.de/metodologia/>
- [11].- O. OWhyNot. (2019, March 6). Desktop CNC 1419 Assembly #1 (Spindle Mount). 이것저것. <https://yjlove.tistory.com/67?category=821351>

- [12].- O. OWhyNot. (2019, March 6). Desktop CNC 1419 Assembly #2 (BED). 이것저것.
<https://yjlove.tistory.com/68?category=821351>
- [13].- O. OWhyNot. (2019, March 6). Desktop CNC 1419 Assembly #3 (Gantry). 이것저것.
<https://yjlove.tistory.com/69?category=821351>
- [14].- González, V. T. L. E. P. A. (2018, July 30). Fritzing – software CAD para el diseño de hardware electrónico. ARGONUR. <https://argonur.com/2018/07/28/fritzing-software-cad-para-el-diseno-de-hardware-electronico/>
- [15].- Fritzing. (2024.). GitHub - fritzing/fritzing-app: Fritzing desktop application. GitHub.
<https://github.com/fritzing/fritzing-app>
- [16].- FlatCAM: creación de prototipos de PCB CAD/CAM. (2024). <http://flatcam.org/>
- [17].- Admin. (2023, February 17). Por qué el carburo de tungsteno es el metal más elegido - Tungco. Tungco. <https://www.tungco.com/es/insights/blog/why-is-tungsten-carbide-the-most-chosen-metal/>
- [18].- Giménez, Á. G. (2021, August 4). Soldermask & Silkscreen con Láser + CNC: Tutorial completo. Álvaro Gómez Giménez.
<http://gomezgimenez.com/electronica/2021/08/04/soldermask-silkscreen-laser-cnc.html>
- [19].- RepRaP Calculator - Original Prusa 3D Printers. (2015, March 20). Original Prusa 3D Printers. https://blog.prusa3d.com/calculator_3416/
- [20].- *Programación de máquinas de CNC con códigos G&M.* (2024). TecnoEdu.com.
<https://tecnoedu.com/CNC/GM.php>
- [21].- NI. (2022, September 2). Sistemas de pruebas y medidas, una división de Emerson. Retrieved from <https://www.ni.com/es.html>

Anexos

Anexo 1

Diagrama de flujo del proceso de puesto en marcha de la CNC 1419

