

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS

IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO CNC DE FRESADO

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE TECNÓLOGO EN
ELECTROMECAÁNICA**

JOSEPH FRANCISCO RIVADENEIRA CAIPE

joseph.rivadeneira@epn.edu.ec

DIRECTOR: ING. PABLO ANDRÉS PROAÑO CHAMORRO

pablo.proano@epn.edu.ec

CODIRECTOR: ING. CARLOS ORLANDO ROMO HERRERA MSC.

carlos.romo@epn.edu.ec

Quito, agosto 2020

DECLARACIÓN

Yo, Joseph Francisco Rivadeneira Caipe, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mí autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Firma:

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Joseph', is written over a horizontal line. The signature is stylized and somewhat cursive.

Joseph Francisco Rivadeneira Caipe
C.I: 1726529173
Teléfono: 0984920487 – (02)3191769
E-mail: josephrivade@gmail.com

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue desarrollado por el señor Joseph Francisco Rivadeneira Caipe, bajo nuestra supervisión.

Ing. Pablo Andrés Proaño Chamorro

DIRECTOR DE PROYECTO

Ing. Carlos Orlando Romo Herrera

CODIRECTOR DE PROYECTO

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, quiero expresar mi agradecimiento a Dios por haberme acompañado a lo largo de mi carrera, por ser mi fortaleza en mis momentos de debilidad y brindarme la oportunidad de cumplir una meta más en mi vida.

Le doy gracias a mis padres por el apoyo que han brindado a este trabajo, por las sugerencias y la motivación de seguir adelante y nunca decaer ante las malas decisiones a pesar de mi carácter.

A mi tío Edwin por su esfuerzo y experiencia quien me ha instruido y aconsejado en cada inquietud que se me presentaba.

Finalmente agradezco a los docentes de la ESFOT y de manera especial a los ingenieros: Pablo Proaño, Mauricio Duque, Carlos Romo por haber compartido sus conocimientos a lo largo de la preparación de mi carrera y de manera especial al Ing. Mauricio Duque quien fue la primera persona en otorgarme su ayuda.

DEDICATORIA

El presente proyecto se lo dedico principalmente a Dios, por ser la inspiración y darme fuerza para continuar en la culminación de mis metas propuestas.

A mis padres quienes siempre han estado junto a mi apoyándome en el transcurso de mi formación profesional, por su amor y sacrificio he logrado llegar hasta aquí y convertirme en lo que hoy soy.

A mis familiares por su cariño y apoyo incondicional que me han brindado a lo largo de mi vida, por darme fuerzas para continuar ya que han hecho que el trabajo se realice con éxito.

Finalmente quiero dedicar este trabajo a todos mis amigos, por apoyarme con consejos y extender su ayuda en momentos difíciles y su solidaridad brindado en el día a día.

INDICE

1.	INTRODUCCION	12
1.1	Planteamiento del problema.....	12
1.2	Justificación	13
1.3	Objetivos.....	13
1.3.1	Objetivo general	13
1.3.2	Objetivos específicos	13
1.4	Antecedentes.....	13
2.	METODOLOGIA.....	21
2.1	Descripción de la metodología.....	21
3.	RESULTADOS Y DISCUSIONES	23
3.1	Estudio de requerimientos.	23
3.1.1	Diseño de estructura	24
3.1.2	Elementos y materiales.....	24
3.2	Elaboración de planos de montaje.....	26
3.3	Implementación de componentes.	28
3.3.1	Ensamble de la base.....	28
3.3.2	Ensamble de la torre	29
3.3.3	Ensamble del soporte	30
3.3.4	Conexión eléctrica del módulo.....	31
3.4	Implementar el programa de la CNC.	32
3.4.1	Primera etapa.....	33
3.4.2	Segunda etapa	34
3.5	Desarrollo de cálculos de la CNC	35
3.5.1	Placa A4988	35

3.5.2	Motores a pasos NEMA	36
3.5.3	Placa CNC Shield V3	37
3.5.4	Motor Dremel 3000	37
3.6	Calibración de parámetros de la fresadora CNC	38
3.7	Parámetros para calibrar en Inkscape	41
3.8	Pruebas de funcionamiento y análisis de resultados.	42
	• Pruebas de voltaje y continuidad.	42
	• Pruebas de movimiento manual y automático.	43
	• Pruebas de tallado.....	45
	• Pruebas de seguridad.	46
3.9	Manual de usuario.	47
3.10	Manual de mantenimiento	47
4.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	48
4.1	Conclusiones	48
4.2	Recomendaciones.....	49
5.	REFERENCIAS.....	50
6.	ANEXOS.....	52

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Arduino UNO, [7]	14
Figura 1.2 Placa de control CNC shield V3, [8].....	14
Figura 1.3 Diagrama eléctrico circuito A4988, [9]	15
Figura 1.4 Motor a pasos, [10].....	16
Figura 1.5 Secuencia para generar movimiento en motores a pasos, [10]	16
Figura 1.6 Grafica aceleración vs tiempo en GRBL, [17].....	18
Figura 1.7 Sentidos de giro motores en el módulo.	18
Figura 1.8 Sistemas de coordenadas absolutas vs relativas.....	19
Figura 1.9 Datos motor dremel 3000.....	19
Figura 1.10 Final de carrera CNC.....	20
Figura 2.1 Esquema de proyecto.....	22
Figura 3.1 Módulo CNC.	23
Figura 3.2 Modelo base CNC Router Aluminium	24
Figura 3.3 Estructura fresadora CNC.....	27
Figura 3.4 Soporte Dremel 3000.	27
Figura 3.5 Base entenalla	27
Figura 3.6 Acople de motores a pasos.....	28
Figura 3.7 Base de la CNC	28
Figura 3.8 Colocación de la torre.....	29
Figura 3.9 Montaje del soporte	30
Figura 3.10 Diagrama de conexión CNC Shield	31
Figura 3.11 Montaje de placas A4988.....	32
Figura 3.12 Diagrama de flujo GRBL	33
Figura 3.13 Carga de GRBL a Arduino.	34
Figura 3.14 Entorno universal G Code Sender 1.0.8	35
Figura 3.15 Puntos de medición	36
Figura 3.16 Modelo de conexión de desplazamiento de motores a pasos.	37
Figura 3.17 Interfaz INKSCAPE	42
Figura 3.18 Pruebas de resolución.....	46

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Códigos G más utilizados.....	17
Tabla 3.1 Elementos mecánicos.....	25
Tabla 3.2 Elementos electrónicos.....	25
Tabla 3.3 Elementos de montaje.....	26
Tabla 3.4 Costo total.....	26
Tabla 3.5 Datos de motores a pasos.....	37
Tabla 3.6 Máscara de finales de carrera en Universal G code Sender, [14].....	41
Tabla 3.7 Resultados de pruebas de voltajes.....	43
Tabla 3.8 Resultados de prueba de continuidad.....	43
Tabla 3.9 Pruebas de movilidad.....	44
Tabla 3.10 Aceleración de motores.....	44
Tabla 3.11 Pruebas de profundidad de corte.....	45
Tabla 3.12 Prueba de seguridad.....	47

Resumen

El proyecto realizado tuvo como propósito la construcción de una fresadora automática basada en el control numérico como elemento de control y código G para sus instrucciones, las cuales basa su funcionamiento en código libre por la placa controladora Arduino y GRBL el mismo que envía pulsos que generan movimiento a los motores a pasos para ejecutar una cierta acción según corresponda, además permite la recepción de archivos “NGC” para su modo automático, archivos que son el resultado de la transformación de imágenes o texto a lenguaje entendible para el módulo.

El presente escrito cuenta con cuatro capítulos de desarrollo, los que son resumidos a continuación:

El primer capítulo contiene la introducción al proyecto, se plantea el problema donde se manifiesta las necesidades de la implementación, continuando la justificación que responde al porque se llegó a dicha respuesta y los antecedentes como elementos clave que corresponden a una definición puntual de lo utilizado ya sea físico o teórico.

El segundo capítulo detalla la metodología aplicada para la realización del proyecto, junto a las actividades que se requirieron para el desempeño de los objetivos planteados.

El tercer capítulo corresponde al análisis de resultados referido a los métodos aplicados para elaborar el módulo de fresado CNC detallando las pruebas realizadas a lo largo de su implementación y sus respectivas acciones correctivas para la obtención de resultados satisfactorios.

El cuarto capítulo especifica las conclusiones y recomendaciones obtenidas luego de cumplir los objetivos anteriores, además, el módulo cuenta con manuales de usuario y mantenimiento que se detalla en los anexos del proyecto.

ABSTRACT

The project was intended to build an automatic milling machine based on numerical control as a control element and G code for its instructions, which base its operation on open code by the Arduino and GRBL controller board the same one that sends pulses that generate movement to the stepper motors to execute a certain action as appropriate, it also allows the reception of "NGC" files for its automatic mode which is the transformation of images or text to understandable language for the module.

This paper has four development chapters, which are summarized below:

The first chapter contains the introduction to the project, here the problem arises where the needs of implementation is manifested, continuing the justification that responds to the reason that such a response was reached and the background as key elements that correspond to a specific definition.

The second chapter details the methodology applied for the realization of the project, also details the activities that were required for the performance of the objectives set.

The third chapter concerns the analysis of results concerning the methods used to develop the CNC milling module detailing the tests carried out throughout its implementation and their respective corrective actions for obtaining satisfactory results.

The fourth chapter specifies the conclusions and recommendations obtained after meeting the above objectives, also the module has user and maintenance manuals detailed in the annexes.

1. INTRODUCCION

El presente proyecto se redacta con carácter de trabajo profesional de fin de carrera, para la obtención del título de Tecnólogo en Electromecánica el cual plantea “Implementación de un módulo CNC de fresado”, tiene como objetivo principal permitir al usuario comandar el equipo de forma automática para recrear trayectorias difíciles de conseguir con operadores humanos, en base a instrucciones que son creados por programa por medio de comandos vectoriales, dichos comandos son el resultado de la transformación de lo que se desea imprimir (tallar) como es el caso de texto o archivos JPG (Imágenes), además permite monitorear como se ejecuta la acción en tiempo real.

Por ende, el presente proyecto indica al usuario todo el proceso que se está ejecutando de manera continúa mostrando las acciones que se realizan y mostrándolas en la pantalla del ordenador, el módulo que está valorado en 440 USD aproximadamente y pretende contribuir al diseño de circuitos impresos y grabados en madera de forma rápida y eficiente para los estudiantes de la ESFOT.

1.1 Planteamiento del problema

Las fresadoras de control numérico computarizado “CNC” son maquinarias controladas por ordenador que permiten la extracción de material por medio de una herramienta de rotación y corte. Estas pueden ser de tipo horizontal, vertical o la combinación de las dos anteriores, se diferencia de una fresadora convencional por la capacidad de realizar trabajos sin la intervención directa de un operario [1]. Además, gracias a su precisión y forma de comandar permite realizar movimientos complejos imposibles de realizar de forma manual tales como diagonales, circunferencias y figuras complejas, también reduce residuos, tiempos de operación y obteniendo alta precisión y seguridad al operador [2].

El módulo construido responde a la necesidad de los estudiantes de la ESFOT principalmente a las carreras de electromecánica y telecomunicaciones en la elaboración de placas de circuitos impresos “PCBs” eliminando métodos ineficientes y contaminantes como es el uso de ácido y papel fotográfico [3], además realizar grabado y corte en madera de una superficie definida. Por ello se llevó a cabo la construcción de un módulo CNC de fresado que se podrá usar para realizar prototipos útiles para los estudiantes [4].

1.2 Justificación

La creación de un módulo CNC de fresado ayudará a los estudiantes de la Escuela de Formación de Tecnólogos a realizar proyectos de manera más eficiente y menos riesgosa en función de un área de trabajo que podrá ser ajustada por el usuario. Además, dicho módulo es adaptable para futuras modificaciones en sus funciones como es la impresión 3D mediante la colocación de un inyector de plástico o grabado láser [5].

Debido a la cantidad de tareas que representa realizar una placa PCBs la cual demanda precisión la utilización de la tecnología CNC permite simplificar procesos rudimentarios. Además, la utilización de la aplicación Inkscape permite la transformación de archivos JPG a formato vectorial para establecer el trayecto en base a las dimensiones deseadas, permitiendo al módulo realizar la acción automática de crear un trayecto según un origen donde. Así se simplifica el tiempo y coste de producción que normalmente se requiere para su fabricación manual [6].

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Implementar un módulo CNC de fresado.

1.3.2 Objetivos específicos

- Realizar un estudio de requerimientos.
- Elaborar planos de montaje.
- Implementar los componentes físicos de la CNC.
- Implementar el programa de la CNC.
- Realizar las pruebas y análisis de resultados.
- Elaborar un manual de usuario y mantenimiento.

1.4 Antecedentes

Para una mejor comprensión del proyecto se contemplan las siguientes definiciones.

Arduino uno

Arduino es una placa de microcontrolador compuesto de varias partes, entre ellas la unidad de procesamiento, memorias, puertos de entrada y salida. Todas las partes se encuentran interconectadas que trabaja con software y hardware libre, es utilizado para la elaboración de proyectos de electrónica, robótica, automatización, etc., por bajo costo y entorno permite programar en los distintos sistemas operativos Mac, Linux y Windows [7], obsérvese la Figura

1.1

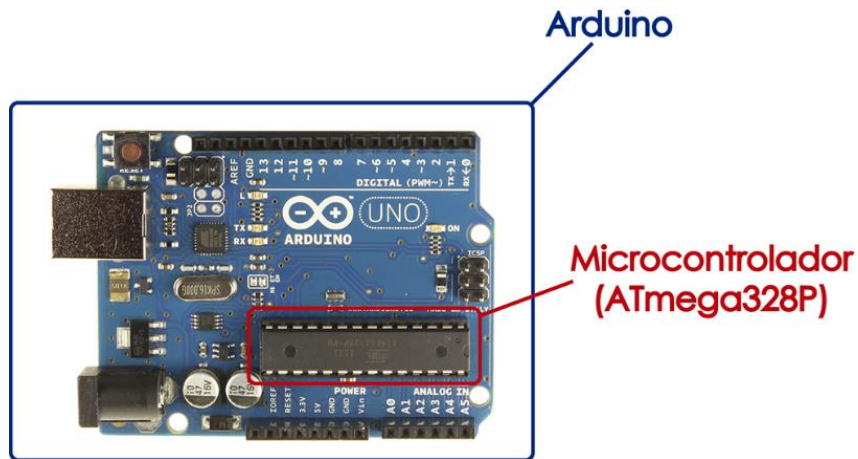


Figura 1.1 Arduino UNO, [7]

Arduino CNC Shield V3

Es una placa diseñada para la creación de máquinas CNC de manera sencilla y económica con la interconexión entre el Arduino UNO y varios componentes externos como relés, finales de carrera y sensores. Es compatible con el GRBL, además de ser usada para el control en máquinas CNC como son: láser, dibujo, fresado o en el control en motores paso a paso con el uso de escaladores de pasos, obsérvese la Figura 1.2. Para el correcto funcionamiento de la placa se requieren 3 componentes [8]:

- CNC shield.
- Controladores de pasos (A4988).
- Arduino UNO.

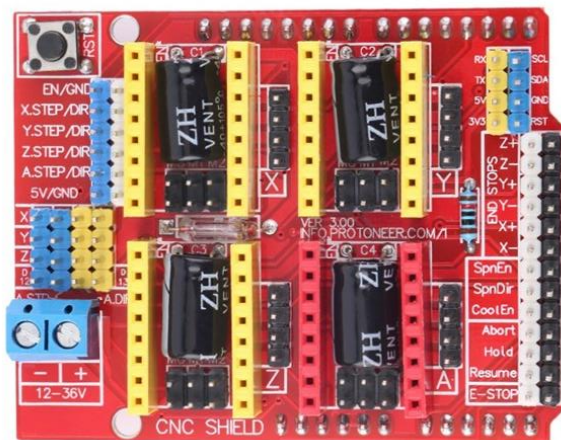


Figura 1.2 Placa de control CNC shield V3, [8]

Driver A4988

Es una placa de control de motores paso a paso basado en la limitación de corriente regulable para generar movimientos en unidades enteras como en sus fracciones (hasta 1/16 de paso), permite trabajar de 8 a 35 (V_{DC}) con corriente máxima de 2 (A) de forma continua, posee las siguientes características [9]:

- Resolución de diferentes pasos: paso completo, medio paso, cuarto de paso, octavo de paso, decimosexto de paso.
- Control de corriente ajustable en base a potenciómetro.
- Control de corte inteligente en modo de decaimiento rápido o lento.
- Protección térmica por sobre temperatura.
- Protección a tierra y cortocircuito.

Obsérvese la Figura 1.3 como diagrama de conexión.

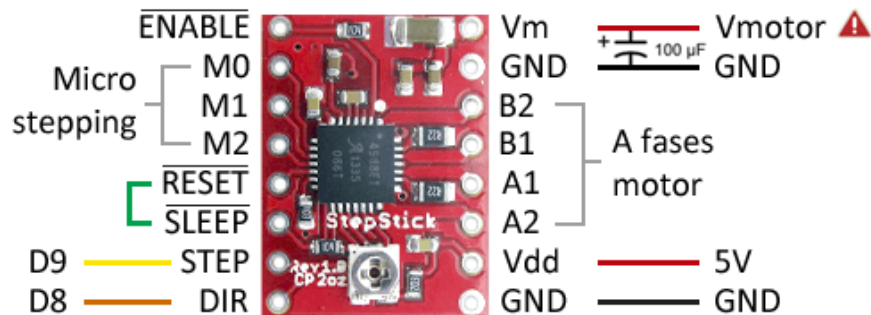


Figura 1.3 Diagrama eléctrico circuito A4988, [9]

Motor Paso a Paso

Un motor es un dispositivo electromecánico capaz de convertir la energía eléctrica en movimiento. En esta clase de motores se generan movimientos por pulsos eléctricos para girar una cantidad definida de grados, es decir estos motores trabajan con desplazamientos angulares o pasos, son ideales para el control de movimientos muy precisos [10]. La Figura 1.4 presenta el modelo de motores utilizados.

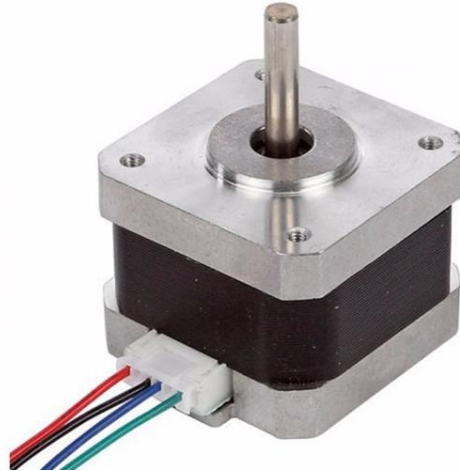


Figura 1.4 Motor a pasos, [10]

Motor paso a paso bipolar

Los motores bipolares poseen 6 cables de salida de su bobina un inicio, punto medio y el extremo final, para realizar un correcto giro de un motor bipolar se debe identificar los pares inicio/fin de cada de las dos bobinas que lo componen. El movimiento se lo realiza aplicando una secuencia de pulsos por medio de un controlador, esto permite realizar movimientos en ambos sentidos según la Figura 1.5.

Step #	Bobina 1		Bobina 2	
	Terminal A	Terminal B	Terminal A	Terminal B
1	0	1	0	1
2	0	1	1	0
3	1	0	1	0
4	1	0	0	1

Figura 1.5 Secuencia para generar movimiento en motores a pasos, [10]

Inkscape

Es una aplicación gratuita para los sistemas operativos Windows, Mac y Linux. Es usado para diseño de gráficos como ilustraciones, iconos, logos, diagramas y diseños web en donde utiliza gráficos vectoriales escalables es decir que permite el dibujo vectorial, su interfaz es sencilla con varios idiomas y distintos formatos de exportación SVG, AI, EPS, PDF, PS y PNG.

Permite la transformación de un archivo (Imagen o texto) a instrucciones entendibles para el módulo [11].

Código G

Es el nombre de un lenguaje de programación para describir un movimiento predeterminado de la máquina, entre ellos avances lineales, avances radiales, pausas y ciclos. Estos contienen variables definidas para cada función la Tabla 1.1 muestra una fracción del listado total de comandos, se maneja por el lenguaje de programación vectorial es decir por segmentos de recta y arcos de circunferencia, dicho código se almacena en forma de texto donde se puede realizar modificaciones, pero lo más habitual es la utilización de programas de modelado 3D [12].

Tabla 1.1 Códigos G más utilizados.

Código	Función
G00	Avance lineal de alta velocidad
G01	Avance lineal del cortador a velocidad programada
G02	Avance circular del cortador en sentido horario
G03	Avance circular a velocidad programada en sentido antihorario
G20	Valores en pulgadas
G21	Valores en milímetros
G28	Retorno a punto cero (HOME)

Universal G Code Sender

Es una aplicación multiplataforma para los sistemas operativos Mac, Linux y Windows desarrollada en JAVA, es un lenguaje de programación orientado hacia objetos basado en GRBL el cual es compatible por código G, es dedicado para aplicaciones de control de máquinas CNC de forma general, capaz de controlar hasta 3 motores y transmisión de información serial por cable USB [13].

GRBL

Es un programa informático (firmware) que establece la comunicación para el control de máquinas CNC pensado para el uso en Arduino con microcontrolador Atmega328 ya que permite la configuración de control y desplazamiento de una máquina ya sea en trayectorias 2D y 3D [14]. A diferencia de otros controles este posee una línea de aceleración y desaceleración suave cuando los actuadores (motores) están en reposo, cambio de giro y esquinas, obsérvese la Figura 1.6.

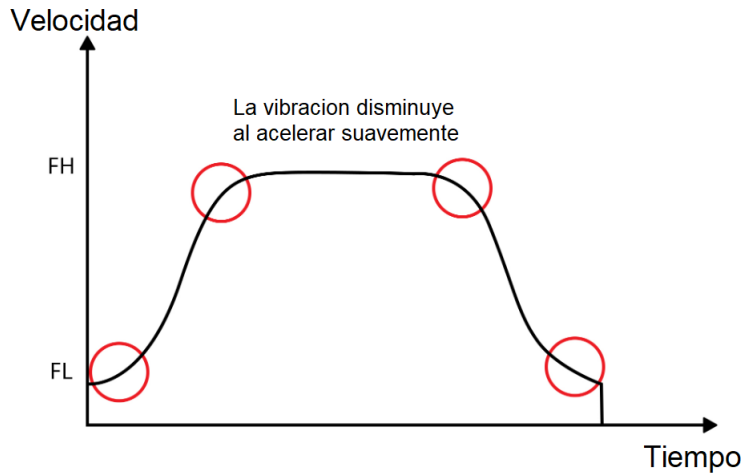


Figura 1.6 Grafica aceleración vs tiempo en GRBL, [17].

Sistema de coordenadas

Para implementar una pieza con volumen es necesaria la correcta manipulación de las tres variables largo, ancho y profundidad (X, Y, Z), esto depende de la forma de la pieza es decir las irregularidades que posee con el fin de obtener medidas reales por medio de “cotas”. Esto se facilita debió a que existe un punto de referencia llamado origen de coordenadas se lo denomina punto cero y es desde donde la CNC comienza el desplazamiento ya sea positivo o negativo. Este punto se lo define en dos maneras el cero fijo como origen determinado por el fabricante y el flotante determinado por programa o finales de carrera el cual puede variar para cada caso propuesto por tanto para el sistema se determina los ejes X, Y para el posicionamiento de la mesa de trabajo y el eje faltante para posicionar la herramienta de corte [15]. Obsérvese la Figura 1.7.

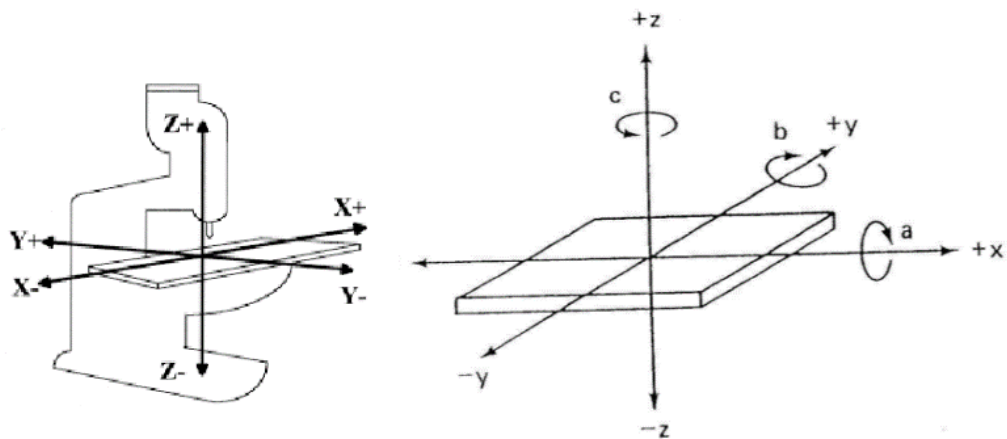


Figura 1.7 Sentidos de giro motores en el módulo.

Coordenadas absolutas y relativas

Existen dos formas de localizar la posición de la herramienta el sistema de coordenadas absolutas e incrementadas el primero se lo define como el punto inicial referente al origen de coordenadas o punto cero, es decir que cualquier movimiento efectuado el origen nunca cambia. Por el contrario, cuando se habla de coordenadas relativas el punto cero varía en función de cada posición de la herramienta respecto al último punto conseguido, obsérvese la Figura 1.8 para una comparación de ambos sistemas.

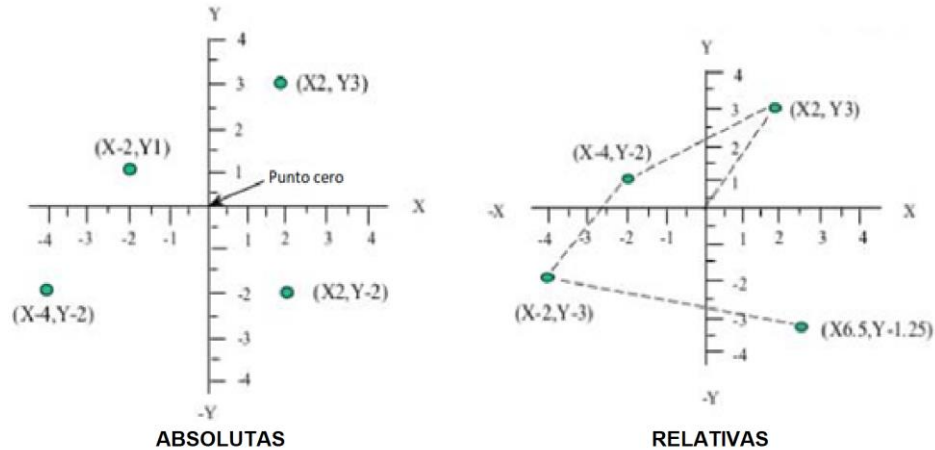


Figura 1.8 Sistemas de coordenadas absolutas vs relativas.

Dremel 3000

Es una herramienta giratoria de alta velocidad variable en 10 escalas, capaz de realizar cortes, grabados, perforaciones, etc. En diferentes superficies como es madera vidrio y metal mediante la colocación de fresas que permiten la sustracción de material de forma perpendicular y paralela al eje de perforación, obsérvese la Figura 1.9 para los datos del motor de trabajo y los Anexos 2 y 4 para la tabla de velocidades por material y el tipo de fresa de trabajo.

High Performance Motor
Insulating air gap between motor and housing to eliminate direct heat transfer to hand.



Replaceable Brushes
Replacement brushes for a longer lifetime.



5 YEAR
Limited Warranty

Specification	Dremel® 3000
Input Power (W)	130
Variable Speed (rpm)	10,000 - 33,000
Weight (kg)	0.62
Compatible with Attachments	Refer to page 13-15

Figura 1.9 Datos motor dremel 3000.

Finales de Carrera

Un final de carrera es un botón o pulsador que se suele utilizar en sistemas automáticos para la limitación la acción de cierto elemento como es el caso de motores, se caracterizan de los pulsadores convencionales por tener una palanca que accionara el pulsador, normalmente constan de 3 pines definidos como COM (común), NO (normalmente abierto) y NC (normalmente cerrado) [16], obsérvese la Figura 1.10.



Figura 1.10 Final de carrera CNC

2. METODOLOGIA

En este capítulo se plantea los aspectos metodológicos y prácticos con los cuales se realizó la implementación y puesta en marcha de la fresadora CNC para circuitos impresos y tallado en madera, de igual forma se presentan el tipo de investigación previo al desarrollo del proyecto y la Figura 2.1 el esquema de trabajo.

2.1 Descripción de la metodología

Se realizó un estudio técnico para la construcción de una CNC con el fin de determinar los elementos mecánicos, eléctricos y electrónicos necesarios para la construcción y puesta en marcha, además se estimó un presupuesto de los costos que intervienen en el proceso de construcción, cada uno de los elementos que se adquirieron se basaron en catálogos de distintos proveedores.

Utilizando como referencia modelos existentes en el mercado de estructuras CNC, se seleccionó y modificó las dimensiones para el diseño de los planos de montaje en programas CAD, los cuales están debidamente acotados.

Se cortó y perforó las planchas de madera MDF de acuerdo con las medidas presentes en el plano de construcción, los cuales constan de base, torre y soporte de la CNC. Posteriormente se ensambló de forma secuencial la estructura de madera con sus respectivos elementos mecánicos a fin de comprobar la correcta movilidad de los ejes del módulo.

Se descargó e instaló la aplicación Universal G Code Sender para ejecutar la programación de cada una de las variables que controla la CNC a fin de realizar pruebas de movimiento simple y combinado por otra parte, se calibro voltajes y corrientes en las placas A4988 para limitar el consumo energético y evitar daños al microcontrolador basando los cálculos en las hojas de datos de los elementos utilizados.

Se realizaron las pruebas correspondientes para evidenciar el funcionamiento del módulo en los modos manual y automático comprobando el correcto desplazamiento de los ejes. De la misma forma se corrigió las variaciones y fallos que se presentaban en la velocidad de desplazamiento y resolución en los movimientos.

Adicionalmente se descargó la aplicación Inkscape para realizar trayectorias de movimientos combinados esto pretende la transformación de imágenes a formato entendible para la CNC para el control en todas sus dimensiones (largo, ancho y profundidad) en el tallado.

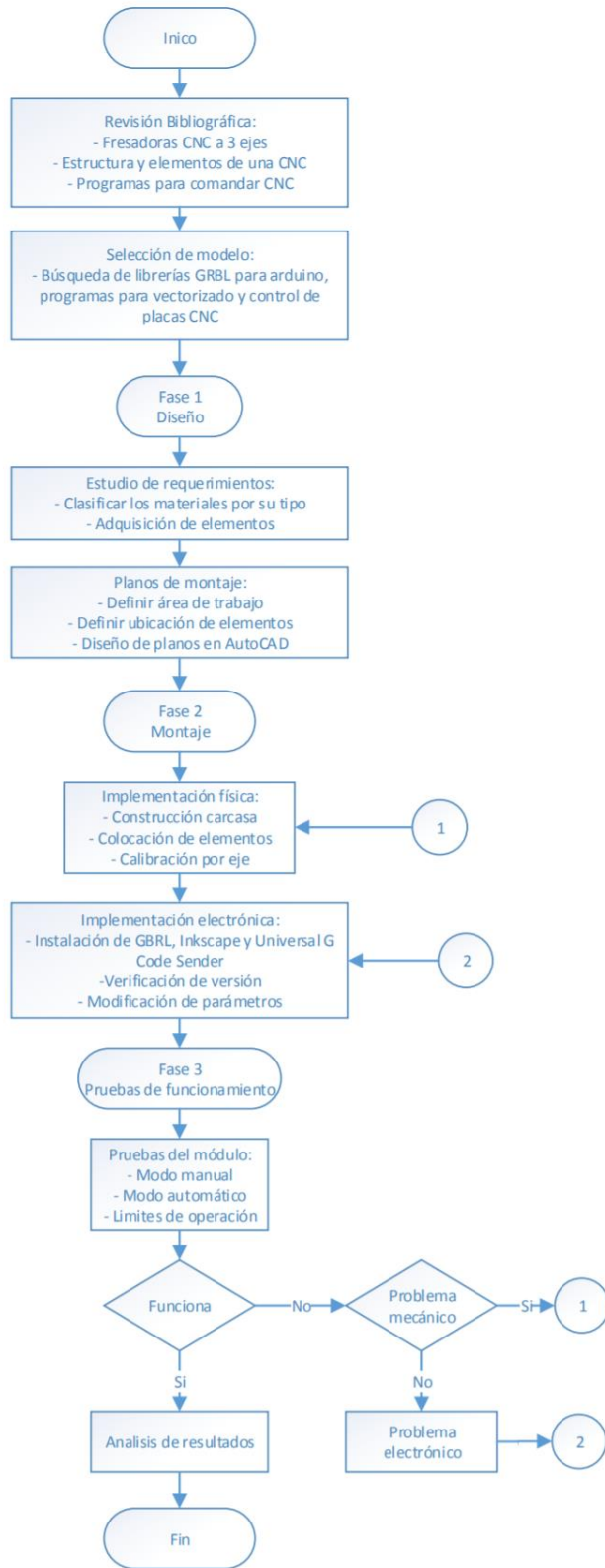


Figura 2.1 Esquema de proyecto

3. RESULTADOS Y DISCUSIONES

La Figura 3.1 muestra el módulo CNC elaborado, se basó previamente en un diseño y posterior construcción, además de implementar las librerías y programas necesarios a ser utilizados por el ordenador, los cuales llevaron a realizar varias pruebas de configuración y corrección de datos, las mismas que se presentan más adelante. Adicionalmente se proporcionó medidas de seguridad que evitara daños al operador como al módulo.

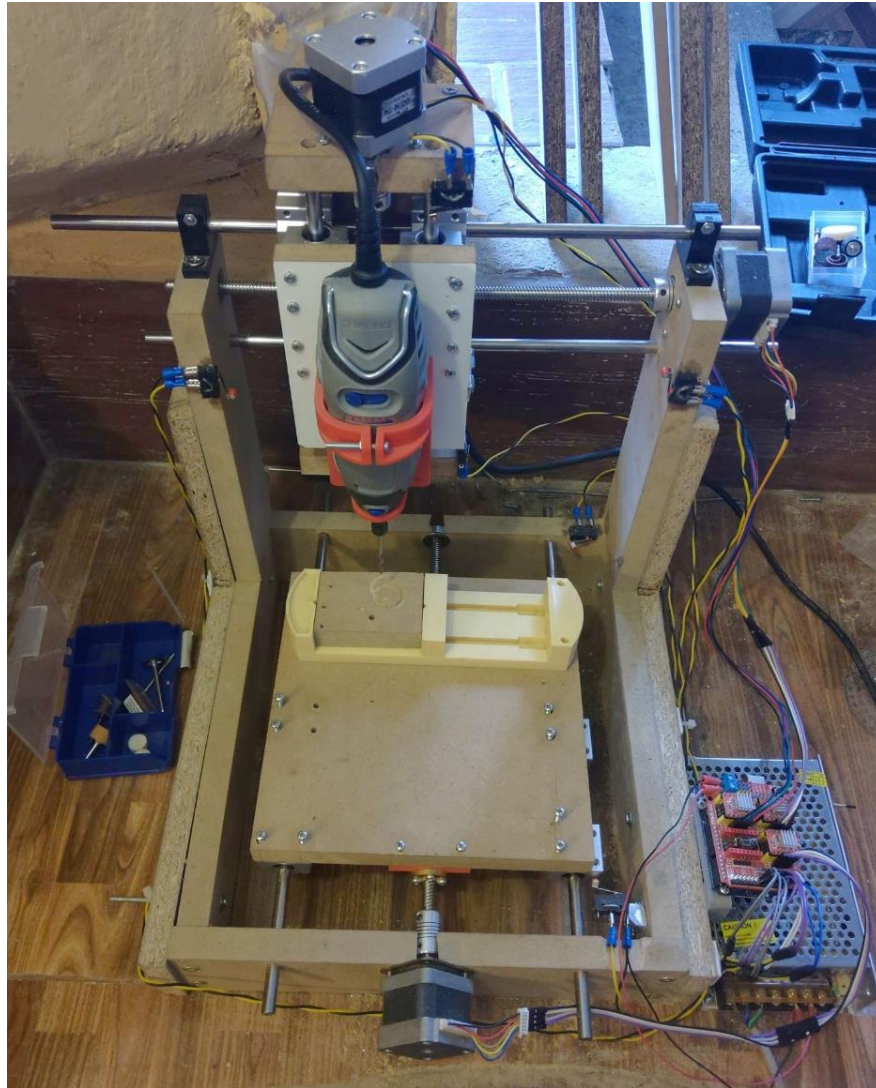


Figura 3.1 Módulo CNC.

3.1 Estudio de requerimientos.

Se consideró que las siguientes características son indispensables para una correcta implementación del módulo CNC.

3.1.1 Diseño de estructura

La estructura CNC mostrada en la Figura 3.1 parte de un modelo base obtenido a través de búsquedas en fuentes dedicadas a compartir diseños digitales, estas son de libre acceso como es Thingiverse, ahí se presentan gran variedad en diseños de varios autores como plataforma interactiva el modelo base se lo puede apreciar en la Figura 3.2, la estructura del módulo se realizó en planos debidamente acotados en el programa AutoCAD subdivididos por cada eje de construcción ubicado en Anexo 2. El modelo presentado posee flexibilidad para realizar modificaciones y expansiones según se requiera, pues su forma de construcción facilita el intercambio de componentes permitiendo un mayor desplazamiento de los ejes o tipo de herramienta de corte.



Figura 3.2 Modelo base CNC Router Aluminium

3.1.2 Elementos y materiales

Se realizó un estudio de los elementos necesarios para la correcta implementación de una máquina CNC, rechazando elementos de alto costo y de difícil adquisición, en el proceso de creación de una CNC se elaboró un listado de los elementos principales que lo conforman, los cuales se clasificaron de acuerdo con su tipo, los costos de la CNC se basan en datos reales de distintos proveedores y se clasifican en:

- Elementos mecánicos.
- Elementos electrónicos.
- Elementos de montaje.
- Costo total.

Tabla 3.1 Elementos mecánicos

Elementos mecánicos			
Descripción	Cantidad	Valor unitario (USD)	Valor total (USD)
Plancha de MDF	1	20,00	20,00
Acople flexible 8/5 (mm)	3	4,99	15,00
Tornillos sin fin 4 hilos 300 (mm)	3	20,00	60,00
Camisa y tuerca 4 hilos	3	1.50	4.50
Eje acero inoxidable 400 (mm)	5	6,00	30,00
Rodamiento lineal con recubrimiento	12	4.75	57,00
Soporte sk8	2	3.50	7,00
Kit brocas de fresado	1	20,00	20,00
Kit brocas PCB	1	8,00	8,00
Rodamientos 8 (mm)	3	1.20	3.60
Finales de carrera	6	1.10	6.60
Broca de carburo 0.1 (mm) 10 (Deg)	1	5,00	5,00
	Total		236.70

Tabla 3.2 Elementos electrónicos

Elementos electrónicos			
Descripción	Cantidad	Valor unitario (USD)	Valor total (USD)
Motor nema 17 1,2 (A)	3	21,00	63,00
Arduino UNO r3 + Cable USB	1	12,00	12,00
Driver A4988	3	3.99	12,00
Shield CNC v3	1	4,00	4,00
Fuente 12v 5A	1	10,00	10,00
Taladro Dremel 3000	1	55,00	55,00
	Total		156,00

Tabla 3.3 Elementos de montaje

Elementos de montaje		
Descripción	Cantidad	Total (USD)
Material complementario	1	20,00
Alquiler taller y herramientas	1	15,00
Transporte	1	10,00
Mano de Obra	1	50
	Total	95,00

Tabla 3.4 Costo total

Costo total		
Descripción	Cantidad	Total (USD)
Costos mecánicos CNC	1	236.70
Costos electrónicos CNC	1	156,00
Costos de montaje CNC	1	95,00
	Total	487.70

Por otro lado, se identificó y enumeró las aplicaciones compatibles para comandar el comportamiento del módulo CNC por medio del ordenador el cual provee el control puntual de los movimientos simples y combinados de las distintas trayectorias permitiendo el cambio de resolución y velocidad los cuales son:

- Arduino
- Universal G Code Sender
- Inkscape

3.2 Elaboración de planos de montaje.

Una vez adquiridos todos los materiales se realizó un plano de la estructura mecánica en AutoCAD como se observa en la Figura 3.3, con las dimensiones reales de la máquina y sus componentes, por otra parte, la Figura 3.4 muestra el soporte del taladro dremel 3000 el cual es la impresión 3D en PLA (plástico biodegradable) y la Figura 3.5 muestra un banco de sujeción la cual se modificó su longitud inicial para alojar objetos de gran tamaño que se adapte a las dimensiones requeridas.

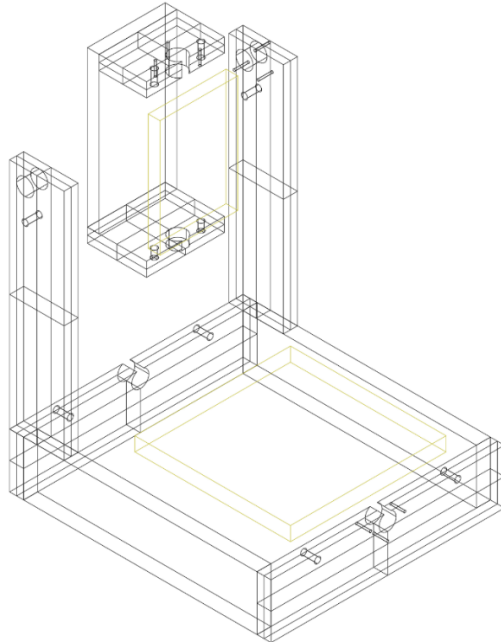


Figura 3.3 Estructura fresadora CNC.



Figura 3.4 Soporte Dremel 3000.

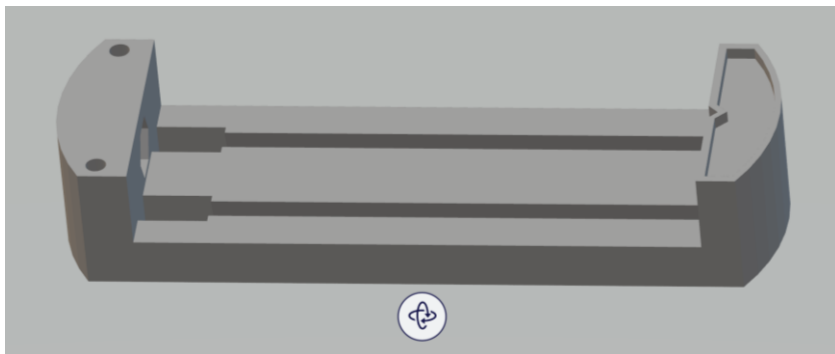


Figura 3.5 Base antena

3.3 Implementación de componentes.

Con las dimensiones reales de los componentes mecánicos, eléctricos y electrónicos de la CNC, se procedió al corte de las medidas definidas en el plano y su posterior ensamble de la estructura realizada en planchas de madera MDF las cuales se detallará más adelante, en la Figura 3.6 se muestra el ensamble de los motores con el acople flexible 5 a 8 milímetros y el tornillo sin fin como elemento generador de movimiento de los tres ejes X, Y, Z. Para una mejor apreciación de las dimensiones el Anexo 2 presenta sus planos debidamente acotados.



Figura 3.6 Acople de motores a pasos.

3.3.1 Ensamble de la base

La Figura 3.7 muestra el proceso de fabricación de la base del módulo o eje Y, el cual se detalla a continuación:

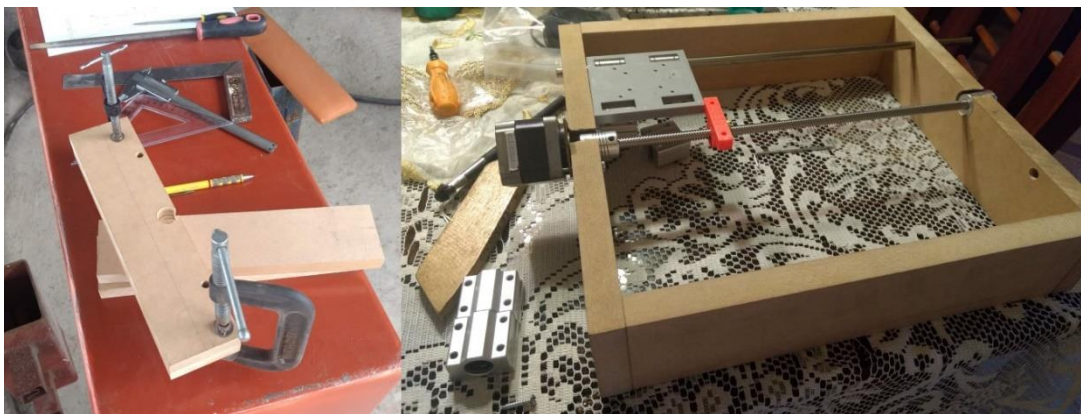


Figura 3.7 Base de la CNC

- Se cortaron 4 planchas de madera de 70 (mm) de ancho y 300 (mm) de largo y una plancha cuadrada de 200 (mm) de acuerdo con las especificaciones del plano.
- Se lijaron, perforaron y unieron los elementos a fin de formar un rectángulo de dimensiones 300 (mm) de largo y 264 (mm) para alojar los elementos necesarios.

- Una vez instalado la combinación de elementos mostrados en la Figura 3.6 como elemento móvil para el eje Y, se colocó ejes de acero inoxidable como guías para el movimiento de la cama de tallado con sus rodamientos lineales recubiertos.
- Se perforó y atornilló la cama de tallado respecto a los tres ejes.
- Se calibró y corrigió las distancias de separación de los ejes con ayuda de un calibrador y un reloj comparador para verificar la excentricidad sea tolerable.
- Se colocaron finales de carrera como medida de precaución cuando se lleguen a los extremos del recorrido del módulo.

3.3.2 Ensamble de la torre

Una vez realizada la construcción de la base y comprobada la correcta sujeción, se puede colocar la torre o eje X la cual es mostrada en la Figura 3.8 y los pasos realizados son:



Figura 3.8 Colocación de la torre

- Se cortaron lijaron y perforaron 2 planchas de madera de 70 (mm) de ancho y 250 (mm) de largo de acuerdo con las especificaciones del plano.
- Igual, se instaló la combinación de elementos mostrados en la Figura 3.6 como elemento móvil para el eje X, además se alojó dos ejes de acero inoxidable como guías para el movimiento con una separación de 40 (mm) respecto al eje móvil con sus rodamientos lineales con recubrimientos.
- Para el eje laminado superior se requirió los soportes SK8.

- Se calibró y corrigió la inclinación en ambos puntos de la torre con ayuda de un reloj comparador verificando la excentricidad este a niveles tolerables esto ayuda que el motor no produzca grandes esfuerzos por mal posicionamiento.
- Como elemento de soporte de la torre se colocaron dos planchas en ambos lados las cuales acoplan la base para evitar movimientos, vibración y que su ángulo de penetración respecto al soporte sea perpendicular.
- Se colocaron finales de carrera como medida de precaución cuando se lleguen a los extremos del recorrido del módulo.

3.3.3 Ensamble del soporte

El soporte esta motado sobre el eje X de la torre como se denota en la Figura 3.9.

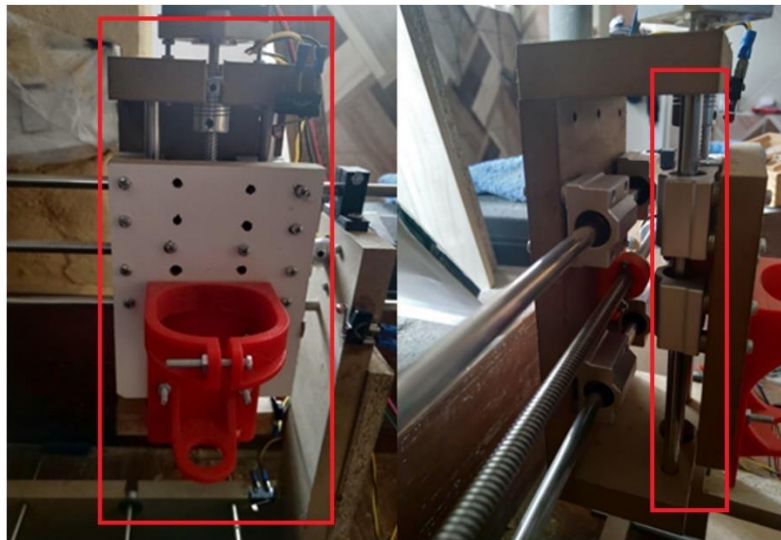


Figura 3.9 Montaje del soporte

- Se cortaron lijaron y perforaron planchas de madera de 100 (mm) de ancho 55 (mm), de largo y de 100 (mm) de largo y 70 (mm) y una base rectangular de 120 (mm) de largo y 100 (mm).
- Se unió y atornillo dos placas respecto a la torre las que se realizó un ajuste de nivelación con ayuda de arandelas.
- Se cortó los ejes guías, así como el tornillo a 4 hilos con una longitud aproximada de 200 (mm).
- Igual, se instaló la combinación de elementos mostrados en la Figura 3.6 como elemento móvil para el eje Z, además se alojó los dos ejes de acero inoxidable cortados anteriormente como guías para el con una separación de 30 (mm) respecto al eje móvil con sus rodamientos lineales.

- Se extrajo la combinación torre soporte la misma se calibró y corrigió la inclinación en ambos puntos con ayuda de un reloj comparador verificando la excentricidad para su reconexión a la base.
- En la placa móvil del soporte se alojó el elemento de la Figura 3.4 para el taladro dremel 3000 realizando dos perforaciones para su correcta sujeción.
- Se colocaron finales de carrera como medida de precaución cuando se lleguen a los extremos del recorrido del módulo.

3.3.4 Conexión eléctrica del módulo.

En la Figura 3.10 se muestra el diagrama de conexión de la placa CNC Shield en la cual se montaron los motores y finales de carrera, además la Figura 3.11 muestra la colocación de las placas A4988 las cuales se ubican sobre las entradas de cada motor como elemento generador de pulsos.

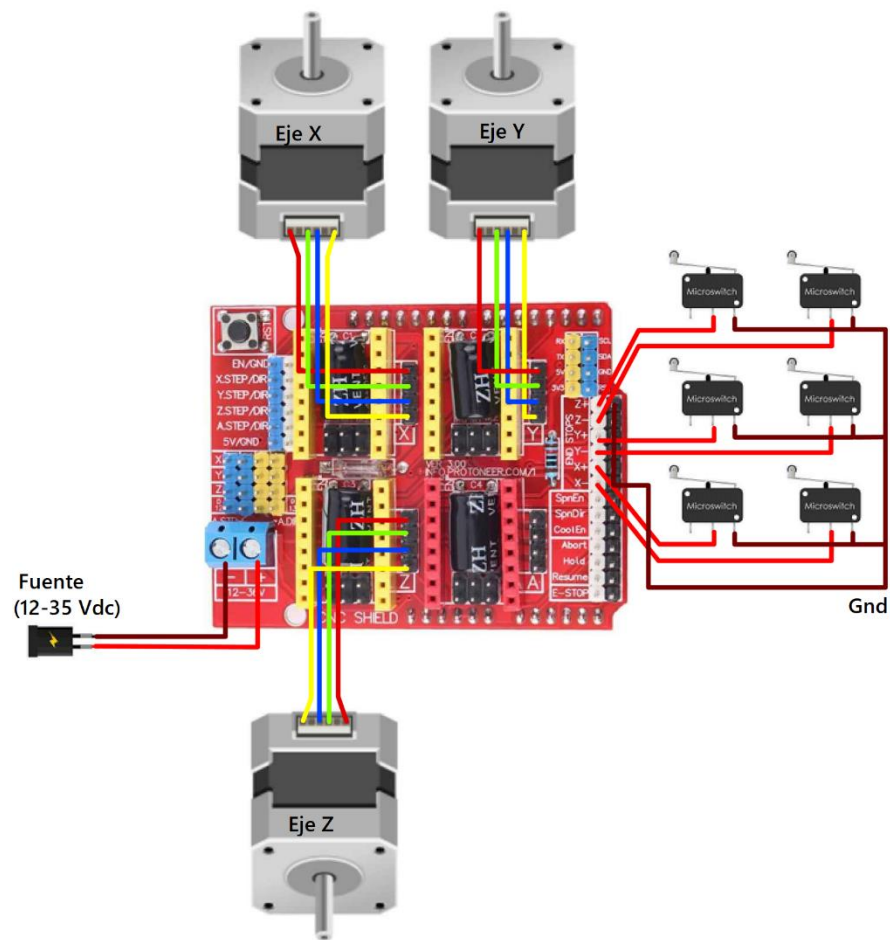


Figura 3.10 Diagrama de conexión CNC Shield

Las longitudes del cableado dependen si el elemento es estático o móvil, la ubicación de la placa se aloja en la base del eje Y el mismo es estático en conjunto con el eje X y el eje de trabajo (Z) como elemento móvil.

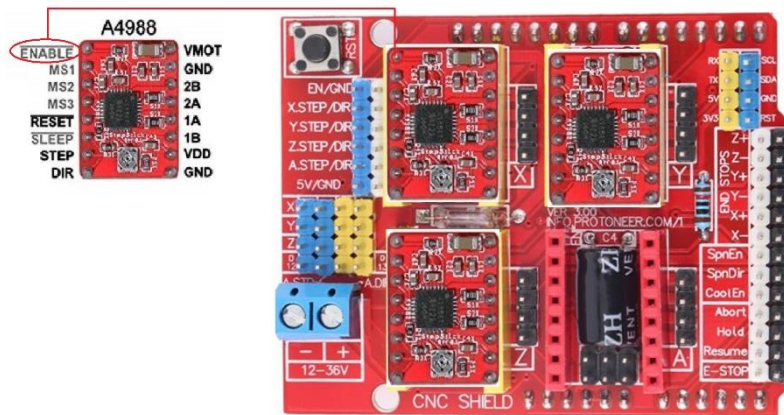


Figura 3.11 Montaje de placas A4988

El procedimiento realizado es el siguiente:

- Para el eje Z se midió la distancia de máxima separación entre los elementos y la placa de control, se cortó y peló cable de distintas longitudes, además se realizaron empalmes con terminales macho/hembra los que posteriormente se soldaron para reforzar la unión.
- Se tomaron mediciones de resistencia en los terminales del motor a fin de localizar los puntos externos de las bobinas.
- Una vez determinado los cuatro puntos extremos de las bobinas, se conectó con la entrada de la placa CNC Shield dependiendo el eje a controlar.
- Los pulsadores de fin de carrera ubicados en los tres ejes móviles se conectaron a una unión N/A (normalmente abierta).

3.4 Implementar el programa de la CNC.

Para implementar el sistema que controlara la CNC se requirió realizar dos etapas la primera en la plataforma Arduino y la segunda en el entorno de Universal G Code Sender. La primera etapa se encarga establecer una comunicación entre la placa Arduino y la CNC Shield V3 de forma correcta y la segunda permite una programación directa en el entorno Universal G Code Sender.

El diagrama de flujo de la Figura 3.12 indica la secuencia de acciones que realiza el programa para una o varias instrucciones.

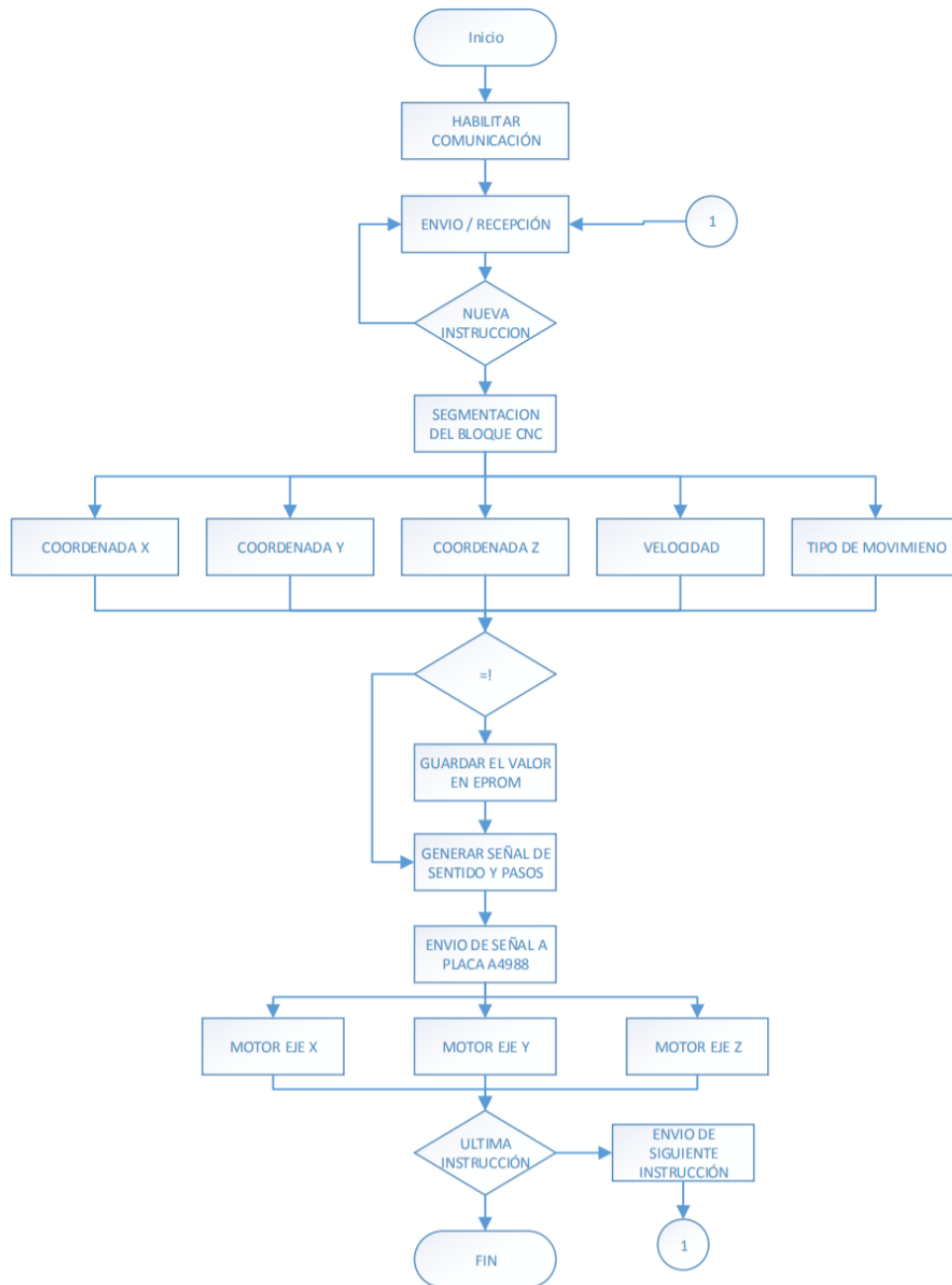


Figura 3.12 Diagrama de flujo GRBL

3.4.1 Primera etapa

En la Figura 3.13 se muestra la secuencia de pasos realizados para cargar la interfaz Arduino con el GRBL.

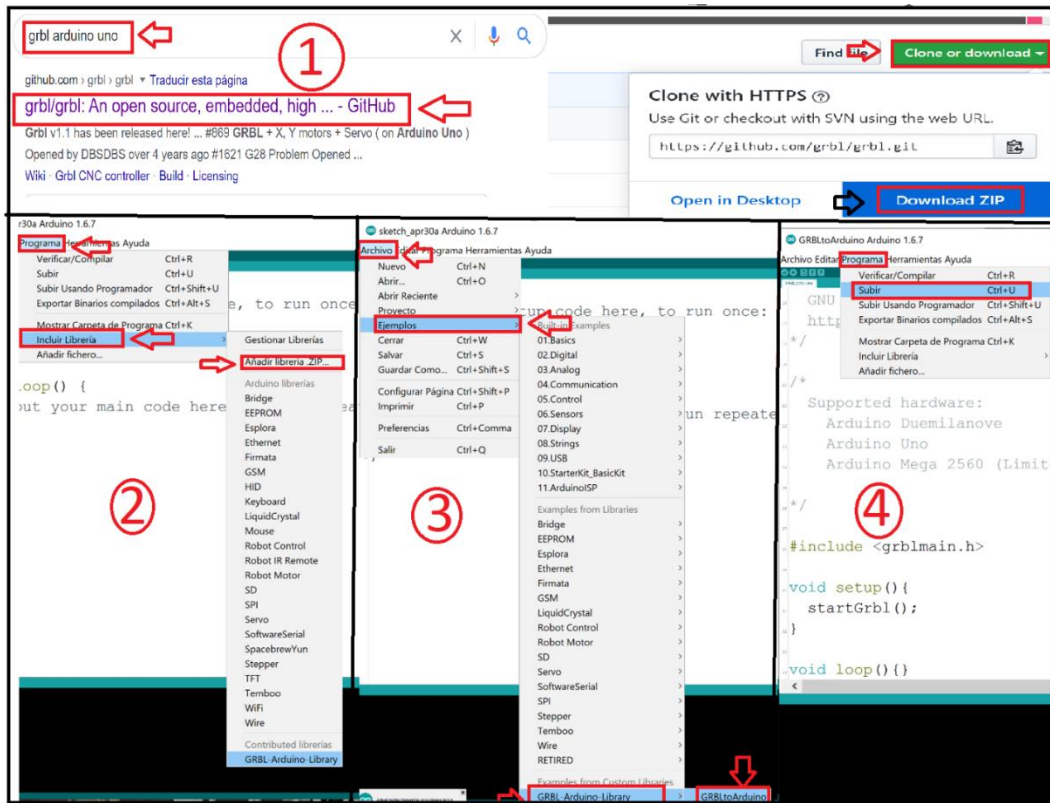


Figura 3.13 Carga de GRBL a Arduino.

1. En cualquier navegador colocar “GRBL Arduino” y seleccionar el primer enlace, en la plataforma GitHub, descargar el ZIP y descomprimimos.
2. Abrir la plataforma Arduino y ubicarse en la ventana “programa/ incluir librería/ añadir librería.zip” y seleccionar la ubicación de la carpeta GRBL.
3. Una vez añadida dirigirse a “archivo/ ejemplos/ GRBL para Arduino” y se desplegara una segunda ventana y ubicada en la misma.
4. Conectar la placa Arduino UNO R3 al conector USB para identificar el puerto de conexión y cargar el archivo a la placa.
5. Una vez cargado el programa con éxito se coloca la placa Shield CNC junto con los drivers A4988 sobre el Arduino.

3.4.2 Segunda etapa

La Figura 3.14 muestra el entorno de la aplicación Universal G Code Sender la cual permitió la modificación de los parámetros de la CNC que son los siguientes:

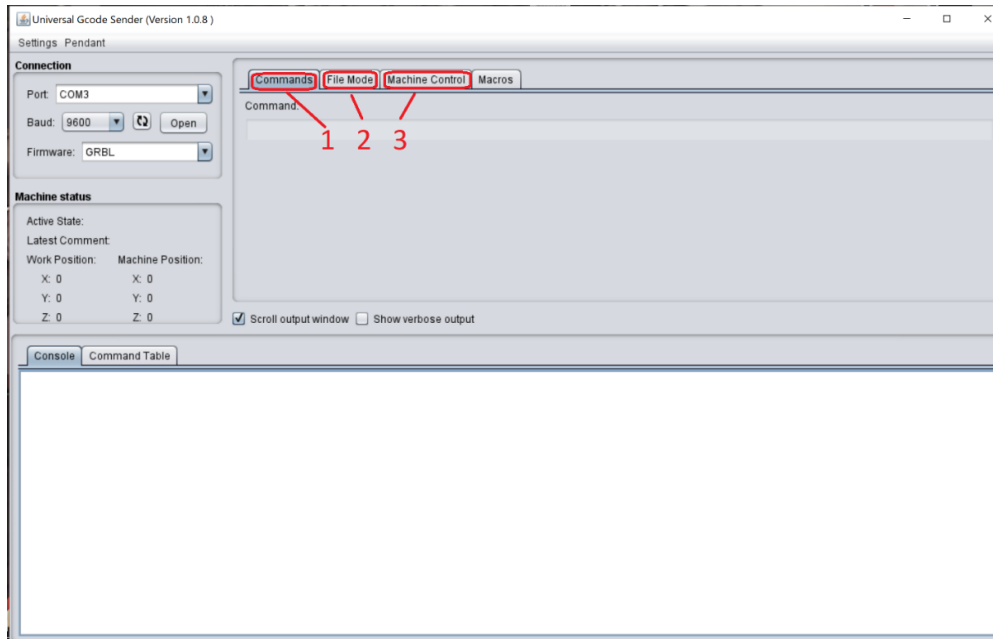


Figura 3.14 Entorno universal G Code Sender 1.0.8

1. Entrada de comandos para la configuración de la CNC.
2. Subir archivos y previsualización del trabajo.
3. Control puntual del módulo.

Instalada la aplicación establecer una comunicación serial por medio del puerto USB a continuación ejecutar el programa el cual detecta el puerto al cual se conectó la placa CNC, inmediatamente abrir el listado de comandos los cuales son los encargados de controlar las diferentes acciones que la CNC tiene que realizar y se detalla la lista obtenida más adelante.

3.5 Desarrollo de cálculos de la CNC

Para un correcto control de la CNC se realizaron varios cálculos de diferentes elementos con el propósito de acondicionar correctamente el módulo, esto permitió controlar su desplazamiento, exactitud, velocidad de paso y velocidad de corte.

3.5.1 Placa A4988

En esta placa se reguló la intensidad de corriente que circulara a través de la placa CNC Shield, se controla por medio de un potenciómetro ubicado en la parte superior, para esto dirigirse a la hoja de datos del fabricante a la sección de “control de corriente PWM interna” donde se obtiene la siguiente ecuación:

$$ITripMAX = V_{REF} / (8 \cdot RS) \quad Ec.1$$

Se despeja la variable deseada para obtener el resultado de la ecuación.

Ec.2

$$V_{REF} = 1,2 \cdot (8 \cdot 0,1) = 0,96 (V_{DC})$$

Donde:

$I_{TripMAX}$ = corriente del motor a pasos.

V_{REF} = voltaje de referencia.

RS = Resistencia de detección.

El valor referencial se lo midió con un multímetro entre el GND de la placa Shield y el destornillador realizando contacto con el potenciómetro tal como se observa en la Figura 3.15.

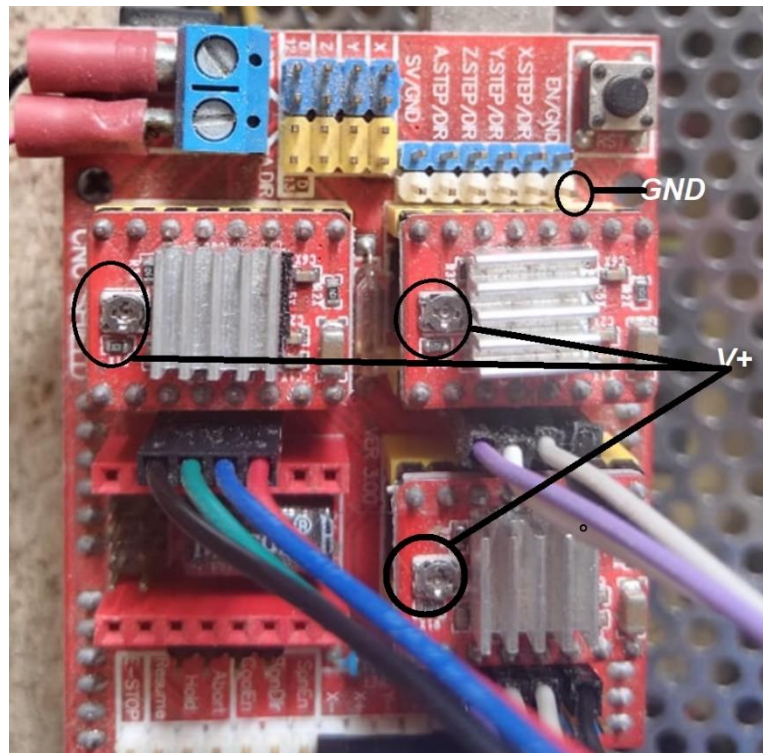


Figura 3.15 Puntos de medición

3.5.2 Motores a pasos NEMA

Para la selección del motor se tomó como punto principal posibles ampliaciones de carga, por ello se seleccionó uno de una mayor capacidad. Se adquirió 3 motores de las mismas características ya que así los cálculos de calibración serían los mismos para cada eje, además el control lo realiza la placa A4988 que soporta 2 (A) como máxima capacidad como dato para la selección que se lo resume en la siguiente tabla:

Tabla 3.5 Datos de motores a pasos.

Características	Valor
Diámetro del eje	5 (mm)
Resolución	1.8 (deg)
Corriente	1.2 (A)
Tensión	12 (V _{DC})
Torque	3.2 (Kg/cm)

3.5.3 Placa CNC Shield V3

Los motores al estar sometidos a carga en todo momento y evitar fallas de desplazamientos se utilizó pasos completos para el movimiento, esto se logra utilizando jumpers para interconectar los pines y para el presente caso en particular no requiere su uso, se observa en la Figura 3.16 la cual indica las combinaciones que se pueden realizar si se requiere una configuración diferente.

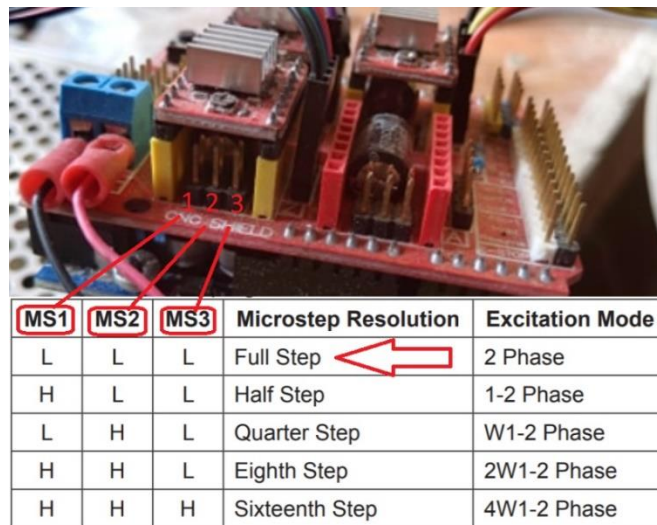


Figura 3.16 Modelo de conexión de desplazamiento de motores a pasos.

3.5.4 Motor Dremel 3000

El motor de trabajo posee una escala de velocidades de 5000–35000 RPM mediante un interruptor de 10 posiciones, permite la sujeción de brocas y otras herramientas de 0.8 a 3.2 mm de diámetro para la realización de trabajos en distintos tipos de materiales, su velocidad de trabajo varía en función del material y profundidad de corte.

El motor de trabajo detalla una tabla de velocidades recomendadas para cada tipo de material ubicada en el Anexo 3, la misma especifica la herramienta con su respectiva velocidad para cada material de corte que posee, permite trabajar tallado en madera o similares en velocidad máxima, también depende de la profundidad de tallado por paso, su velocidad de avance y diámetro de la herramienta contenidos en los siguientes literales y añadidos al manual de usuario del anexo 4 para la manipulación del módulo.

3.6 Calibración de parámetros de la fresadora CNC

Luego de la implementación del programa Universal G Code Sender se ingresa a la ventana de comandos y se introducen los símbolos \$\$ para ordenar que se despliegue el menú de información de la CNC y entre ellos existen valores que requieren su modificación.

La correcta manera de modificar un dato es aplicar el tipo de comando seguido del signo igual con el valor que se desea colocar, presionando “enter” se envía y guarda la información, para su comprobación ingresando nuevamente el comando \$\$ para observar si se han actualizado el o los valores.

El siguiente listado corresponde a las variables que posee el programa Universal Gcode Sender versión 1.0.8.

Los primeros tres valores \$0, \$1, \$2 permite la relación de pulsos para completar la vuelta o 360 grados para ello se requiere:

- Resolución: 1.8 (Deg)
- Tornillo: 4 hilos y 8 (mm/vuelta)
- Cálculo de pasos para 1 giro

Ec.3

$$360 \text{ (Deg)} = 1,8 \cdot \text{\#pasos} = 200\text{pasos}$$

- Desplazamiento lineal
 - Se conocen el valor de pasos del motor y el recorrido que realiza el tornillo por cada vuelta obteniendo:

Ec.4

$$\text{\#(pasos/mm)} = 200\text{pasos}/8\text{mm} = (25\text{pasos/mm})$$

- Por lo tanto, los valores para movilidad de los ejes son:
 - \$0=25.00 (eje x)
 - \$1=25.00 (eje y)
 - \$2=25.00 (eje z)

Los puntos \$4, \$5 se basaron en realizar testeos de diferentes valores cuando el módulo estaba con carga y el valor obtenido se lo duplicaba para obtener una relación 2 a 1.

- \$4=200.000 (default feed)
- \$5=400.000 (default seek)

El punto \$6 no se realizó modificación alguna ya que para el caso usado se cambió la conexión de los pines de los motores obteniendo el mismo resultado.

- \$6=192 (step port invert mask)

El punto \$7 se refiere al tiempo de máquina que se debe transcurrir entre terminar una orden y comenzar la siguiente para ello se debe saber la respuesta mínima que Arduino puede reconocer para evitar pérdidas de pasos.

- \$7=15 (step idle delay)

El punto \$8 se refiere a la aceleración de los motores experimentan desde el momento en que están detenidos hasta llegar a su velocidad definida, con las pruebas realizadas se determinó que a bajas aceleraciones la vibración es excesiva y en altos valores la pérdida de pasos es significativa.

- \$8=50 (acceleration)

Los puntos \$9, \$10, \$11 son el control en curvas y arcos los cuales no se modificaron ya que los preestablecidos funcionan correctamente.

- \$9=0.050 (junction deviation)
- \$10=0.100 (arc)
- \$11=25 (n-arc)

El punto \$12 se encarga de mostrar la cantidad N de decimales que se desea mostrar en pantalla así como por defecto los decimales mostrados.

- \$12=3 (n-decimals)

El punto \$13 se encarga de realizar movimientos basado a dos sistemas de medición el internacional e inglés.

- \$13=1(report inches)

El punto \$14 permite el control para el inicio del módulo por medio de la interfaz Universal G code o entrada externa.

- \$14=1 (auto start)

Punto \$15 invierte la señal Eneable en los drivers de 1 a 0 o viceversa esto depende de la placa que se use para el caso de los A4988 la señal es invertida.

- \$15=0 (invert eneable)

El punto \$16 permite habilitar o deshabilitar las entradas de final de carrera, como caso de seguridad estos están activados.

- \$16=1 (hard limits)

El punto \$17 depende si el punto anterior está habilitado es cual busca el punto de inicio.

- \$17=0 (homing cycle)

El punto \$18 se refiere a una máscara que invierte la conexión de los finales de carrera mutuamente relacionada con el punto \$6 del sentido de giro del motor y su corrección.

- \$18=0 (invert mask)

Los puntos \$19 y \$20 son velocidades que la CNC utiliza para el retorno al punto cero cuando es por medio del botón de retorno o al finalizar un trabajo.

- \$19=25 (homing feed)
- \$20=250 (homing seek)

El punto \$21 controla la velocidad de home la cual no se realizó modificación.

- \$21=100 (homing debounce)

El punto \$22 se encarga de realizar un desplazamiento inverso al regresar al origen esto es a base de finales de carrera una vez realizado contacto este se devuelve un cierto valor de regreso.

- \$22=1 (homing pull-off)

Tabla 3.6 Máscara de finales de carrera en Universal G code Sender, [14].

Setting Value	Mask	Invert	Invert	Invert
		X	Y	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

3.7 Parámetros para calibrar en Inkscape

Umbral de corte de luminosidad: este parámetro aparece cuando se selecciona “vectorizar mapa de bits” y permite mostrar la definición de la imagen, es decir que cuando una imagen cualquiera no muestre en su vista previa todo lo que contiene se varía el valor hasta llegar al deseado.

Profundidad Z: es la profundidad que la fresa va a penetrar en el material de trabajo en milímetros o pulgadas dependiendo el sistema utilizado.

Biblioteca de herramientas: se posee un listado de herramientas existentes compatibles con el programa, para el caso del módulo se utilizará la opción cilindro.

Diámetro de la herramienta: el valor a modificar se colocará en milímetros y este será el área que la cnc tendrá que trabajar ya que abarcara más o menos área

Feed: indica la velocidad de trabajo depende de la CNC

Ángulo de penetración: por construcción siempre la fresa se colocará perpendicular o noventa grados.

Profundidad de paso: se refiere la profundidad de la fresa dentro del material cabe destacar que esto influye en el tiempo total del trabajo.

Obsérvese la Figura 3.17 como entorno de programación en la aplicación Inkscape.

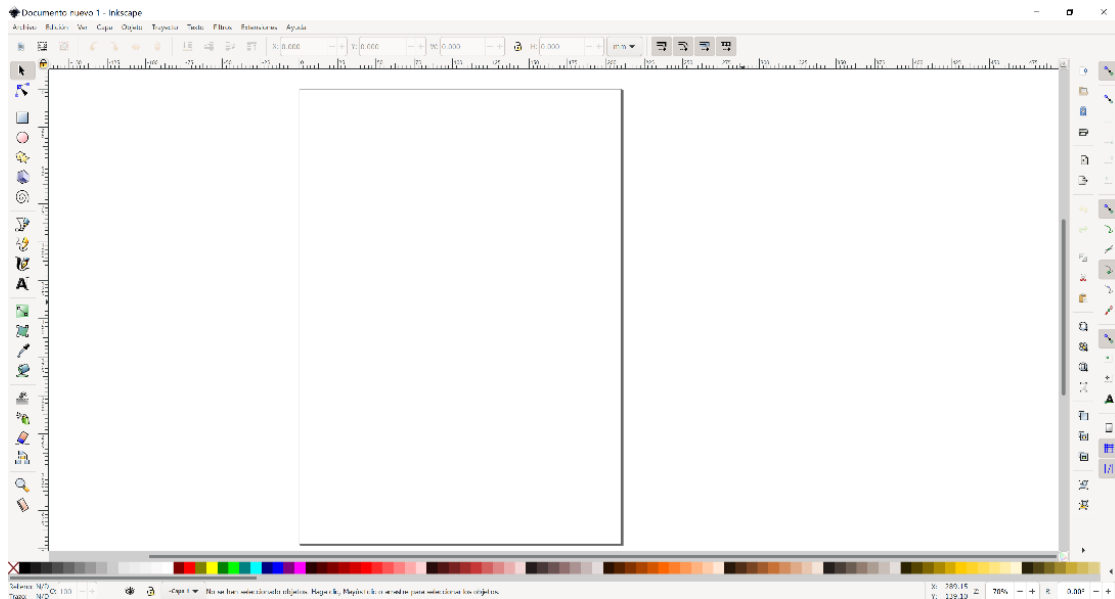


Figura 3.17 Interfaz INKSCAPE

3.8 Pruebas de funcionamiento y análisis de resultados.

Al terminar la implementación del módulo CNC se procedió a realizar pruebas necesarias para corroborar la correcta operación, se realizaron pruebas mecánicas, eléctricas y electrónicas, las mismas se analizaron, registraron y corrigieron siendo las siguientes:

- **Pruebas de voltaje y continuidad.**

Utilizando un multímetro se realizó mediciones en las conexiones eléctricas a fin de determinar los valores de voltaje que se obtienen al estar energizada la fuente de alimentación la misma que es de 12 (V_{DC}) a 5 (A), además, permitió comprobar el estado del cableado en sus uniones.

La Tabla 3.7 presenta los datos obtenidos de las mediciones realizadas en los elementos destacables del módulo con sus valores obtenidos, como medida preventiva hacia la cantidad de corriente que circule sobre la placa se corrigió el valor. La Tabla 3.8 presenta las mediciones de continuidad del cableado de los finales de carrera ubicados en los extremos de los ejes puesto que los mismos fueron ponchados y soldados manualmente requerían una inspección.

Tabla 3.7 Resultados de pruebas de voltajes.

Tipo de prueba	Voltaje (V _{DC})	Observación
Bornera CNC Shield	11,98	N/A
A4988 eje X	0,96	N/A
A4988 eje Y	0,95	Reajustar el valor de voltaje
A4988 eje Z	0,96	N/A

Tabla 3.8 Resultados de prueba de continuidad

Finales de carrera	Responde		Observación
	Si	No	
X+	✓		N/A
X-	✓		N/A
Y+	✓		N/A
Y-	✓		N/A
Z+	✓		N/A
Z-	✓		N/A

- **Pruebas de movimiento manual y automático.**

Se realizaron pruebas de movimiento manual de los ejes del módulo para visualizar que el desplazamiento sea lineal y el modo automático permitió visualizar trayectorias combinadas.

La Tabla 3.9 muestra los resultados obtenidos, en la prueba realizada en modo manual, se obtuvo que existían mala nivelación del eje X y falla de movimiento del motor Y, para la corrección del eje X con ayuda de un nivel se equilibró ambos puntos de la torre, mientras que el error del eje Y existían dos posibles causas, la primera resultado de un error en la conexión de los contactos del motor a pasos y la segunda como falla en la colocación de aceleración por programa.

Los casos se analizaron de los cuales se tomó acción por cada caso pues existía la posibilidad de una falla mecánica o electrónica por la placa mal programada, por ende, se realizó la Tabla 3.10 para notar el comportamiento a distintos valores de aceleración.

Tabla 3.9 Pruebas de movilidad.

Tipo de prueba	Eje	Sistema		Observaciones
		Funciona	No funciona	
Manual	X	✓		Falla de nivelación
	Y		✓	Falla de desplazamiento
	Z	✓		N/A
Automático	X	✓		Cabeceo del eje
	Y	✓		Excesiva vibración
	Z	✓		N/A

Tabla 3.10 Aceleración de motores.

Rango	Trabaja		Observaciones
	SI	NO	
0-30	✓		Tiempos de desplazamiento largos y excesiva vibración.
30-50	✓		Trabaja correctamente.
50-200		✓	Los ejes X, Z trabajan mientras que Y experimenta pérdida de pasos.
Mayor a 200		✓	Perdida de pasos cuando se coloca carga.

Al variar la velocidad de los motores por programa el eje Y mostró pérdida de pasos cuando los demás ejes poseían los mismos datos, se procedió a cambiar la posición de los motores sin obtener variación en los resultados por lo que se infirió que el fallo es por la placa base CNC Shield la solución fue la modificación de la velocidad por programa de todos los ejes por medio de prueba y error.

El desplazamiento de los ejes por defecto al iniciar el programa trabaja en el sistema inglés y únicamente afecta cuando se realiza movimientos manuales desde la aplicación y puede ser cambiado a formato internacional para una mejor movilidad para la definición del punto de inicio especificado en el manual de usuario.

- **Pruebas de tallado**

Las pruebas realizadas en este literal corresponden a una prueba conjunta respecto a las pruebas de movimiento en modo automático la cual resalto la falla del eje Y, se subieron archivos de distinta complejidad en las trayectorias a diferente profundidad de corte y velocidad de trabajo, las que se resume en la Tabla 3.11.

La profundidad de corte y diámetro de la herramienta indica la cantidad de material que la fresa extrae por pasada por ello a mayor profundidad o diámetro mayor es el esfuerzo mecánico, como resultado se obtiene que a poca profundidad y diámetro reducido los tiempos de trabajo aumentan considerablemente pero el material tallado obtiene una mejor calidad y definición, a diferencia de valores altos estos son tiempos reducidos y la calidad de su material puede sufrir daños o falta de exactitud.

Tabla 3.11 Pruebas de profundidad de corte

Profundidad de corte (mm)	Trabaja		Observaciones
	SI	NO	
0-40	✓		Tiempos de trabajo elevados y alta precisión.
40-80	✓		Tiempos medios, buena resolución.
80-120	✓		Bajo tiempo de trabajo, alto esfuerzo de la herramienta.
Mayor a 120		✓	Produce daños al material de fresado.

Obsérvese la Figura 3.18, se realizó pruebas de distintos archivos para el tallado en MDF y madera los cuales aumentan su complejidad y profundidad de corte en distintos diámetros de la herramienta utilizada, también indica falta de resolución en ciertas trayectorias las cuales al realizar pruebas de movilidad en los ejes se visualizó vibraciones y pérdida de pasos por parte de los motores, realizando que el eje móvil (tornillo sin fin) no se desplazará de forma lineal respecto a los ejes guías basado en el fallo de calibración del literal anterior y como refuerzo se adiciono rodamientos lineales en cada eje guía para un correcto desplazamiento.



Figura 3.18 Pruebas de resolución.

- **Pruebas de seguridad.**

Se tomaron medidas de prevención para los extremos de recorrido de los ejes con ayuda de finales de carrera enviando señal a la placa CNC Shield activadas por código la misma se analizó en la Tabla 3.12.

Los finales de carrera ubicados en cada uno de los ejes del módulo responden de manera inmediata para evitar daños al equipo y permiten la detención total del módulo en caso de activar la señal este bloquea cualquier movimiento siempre que este activada la señal por código.

Las alarmas de los ejes X, Y, Z, funcionan de forma parcial ya que detiene el movimiento de los ejes cuando estos han sobrepasado el área de trabajo por la acción de un pulsador NC (Normalmente cerrado) y para su desbloqueo se lo debe realizar manualmente, esto se tomó como medida preventiva para evitar daños mecánicos en los elementos y/o estructura.

Tabla 3.12 Prueba de seguridad

Eje	Límites activados		Límites desactivados		Observación
	Trabaja		Trabaja		
	Si	No	Si	No	
X+	✓			✓	N/A
X-	✓			✓	N/A
Y+	✓			✓	Final de carrera suelto
Y-	✓			✓	N/A
Z+	✓			✓	N/A
Z-	✓			✓	Reajuste de ubicación

3.9 Manual de usuario.

El módulo CNC de fresado contiene un manual de ejecución detallado en el Anexo 4, este contiene la información puntual que debe ser seguida para manipular la CNC además detalla el mantenimiento en caso de desgaste o daño de uno o varios elementos en ellos se detalla:

- Tablas de distribución de elementos eléctricos, mecánicos y electrónicos.
- Características del módulo.
- Forma de conexión de los elementos electrónicos y acondicionamiento de placas A4988.
- Problemas comunes al utilizar al realizar transformaciones de imágenes a código G y calibración de unidades.
- Secuencia para subir archivos a Universal G Code Sender y definir el punto cero de trabajo.

3.10 Manual de mantenimiento

A fin de prolongar la vida útil de los elementos se ha realizado un documento detallado para el mantenimiento preventivo del módulo que se muestra en el Anexo 5 en ellos contiene el listado de elementos utilizados, medidas necesarias para cambio y reparación, listado de soluciones a problemas comunes.

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- El presente proyecto es el resultado de la culminación de los objetivos propuestos, logrados por la investigación y análisis de cada uno de los posibles factores que intervinieron en el resultado final, en conjunto se estimaron costos unitarios y totales basados en catálogos en línea de distintos proveedores a nivel provincial como medida de referencia hacia la estimación de un presupuesto.
- El proceso de fabricación de la estructura del módulo se lo realizó en MDF el cual a diferencia de metales su manipulación es sencilla de realizar en ambientes no industriales, lo que representan tiempo y dinero usar dichas instalaciones las cuales para mayor facilidad se omitió como son el uso de tornos y carpinterías, cabe resaltar que el material seleccionado posee grandes ventajas por su estructura interna, la resistencia, manipulación y costos.
- La estructura de la CNC se basó en maquinarias existentes como material base y de apoyo, con ello se obtuvo un punto de partida en el diseño de los planos en AutoCAD los cuales se dividieron su construcción en función de los ejes presentes, además ayudo a determinar la cantidad de elementos que se requerían y las longitudes reales.
- El sistema de control de la CNC se utilizó aplicaciones de software libre las cuales son gratuitas que permiten el control y modificación de sus parámetros por medio de ordenador, los cuales registran y almacenan en la placa de control del módulo para evitar programación innecesaria cuando se ingrese desde otra plataforma o computador.
- La placa de control de la CNC utilizó un Arduino UNO y el control de motores a pasos por el controlador A4988, por su compatibilidad con la placa y cumplir con los requerimientos para el tipo de motor, su tiempo de respuesta y evitar costos elevados por el sobredimensionamiento de elementos.
- Se realizaron pruebas de funcionamiento donde se comprobó la movilidad manual y automática a fin de determinar fallas que afecten al mismo para su corrección puntual ya sean mecánicas o valores erróneos por programación por medio de la interfaz Universal G Code Sender.
- El módulo posee un área de trabajo de 150 * 140 mm para tallados en maderas y derivados mediante la sujeción con una prensa de banco en la cama de trabajo, se debe considerar que la cantidad de material que se extraerá por pasada de la

herramienta, para realizar la correcta operación se regulan las variables de velocidad de paso, diámetro de la herramienta y profundidad de corte, la misma no se debe exceder los 0.5 mm en materiales compactos y el milímetro en materiales blandos siempre a altas velocidades.

4.2 Recomendaciones

- Los finales de carrera de la fresadora son una medida de seguridad que evita daños por exceder los límites establecidos del área útil de trabajo, en caso de activar su señal durante un trabajo la mejor elección es reiniciar la operación una vez los valores erróneos sean corregidos en un material nuevo.
- La limpieza del módulo se puede realizar de diversas maneras para evitar aglomeración de residuos que desgastan el elemento de corte y reduciendo su vida útil, la manera óptima es por medio de una brocha tras cada pasada de elemento de fresado, otra opción la utilizando aire comprimido tomando en cuenta que este produce polvo en gran cantidad y no realizar en ambientes cerrados en contacto con el ordenador.
- La manipulación de módulo se la debe realizar siguiendo correctamente las instrucciones del manual y bajo ningún evento realizar modificaciones en los parámetros configurados o conexión eléctrica por personal no capacitado.
- Los motores a pasos son dispositivos de gran precisión que son coordinados en velocidad y tiempo para ejecutar movimientos lo cual si presentan pérdida de pasos se refiere a la aceleración que este experimenta y para su corrección se debe modificar el valor \$8 del programa Universal G Code Sender.
- La programación del módulo se lo debe realizar siguiendo el manual de usuario de forma secuencial, esto permite una correcta manipulación en el control de cada variable señalada, evita desperdicio de materia prima, así como daños al elemento de trabajo y operador.
- Al realizar un trabajo de forma incorrecta el archivo enviado debe ser reestablecido con las correcciones realizadas y se debe sustituir el elemento a tallar, el módulo enfatiza al momento de tallar la imagen o texto se debe invertir con la función espejo en los ejes X, Y del programa Inkscape.

5. REFERENCIAS

- [1] KUZU S.L, «Las 6 principales ventajas de utilizar maquinaria CNC,» 10 03 2017. [En línea]. Available: <http://kuzudecoletaje.es/las-6-principales-ventajas-de-utilizar-maquinaria-cnc/>. [Último acceso: 8 01 2020].
- [2] C. P. A. E. Lamiña Chicaiza Byron Alfredo, «Diseño y construcción de una máquina CNC de 3 ejes para el ruteo de pistas y taladro de circuitos impresos por EMC2 cable en tarjetas de recuperación de PLCs,» 2016. [En línea]. Available: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/5827/1/85T00409.pdf>. [Último acceso: 10 01 2020].
- [3] J. Loureiro, «staticboards,» 2016. [En línea]. Available: <https://www.staticboards.es/blog/dominar-motor-paso-a-paso-con-grbl/>. [Último acceso: 12 01 2020].
- [4] D. M. U. R. Luengas Zepeda Sebastian, «Router CNC aplicado al desarrollo de PCB's,» 09 2016. [En línea]. Available: <https://pdfs.semanticscholar.org/eb26/cdff39bde354c581cadcaccf30a3d2f3e4bd.pdf>. [Último acceso: 10 01 2020].
- [5] F. B. Marín, «Módulo control numérico computarizado,» 2012. [En línea]. Available: <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/4883/Modulo%20Control%20N%20umerico%20Computarizado.pdf;jsessionid=FD0094369DF317F0DC045A1BE2FF3BD.A.jvm1?sequence=1>. [Último acceso: 10 01 2020].
- [6] H. Eliosa, «uso de inkscape,» SlideShare, 19 01 2012. [En línea]. Available: <https://es.slideshare.net/hector13en/uso-de-inkscape>. [Último acceso: 11 01 2020].
- [7] Arduino, «Arduino Uno Rev3,» ARDUINO, [En línea]. Available: <https://store.arduino.cc/usa/arduino-uno-rev3>. [Último acceso: 12 01 2020].
- [8] MECHATRONICS, «Shield CNC v3.0 - GRBL,» [En línea]. Available: <https://naylorlampmechatronics.com/electronica/68-shield-cnc-a4988-grbl.html>. [Último acceso: 13 02 2020].

- [9] pololu robotics & electronics, «A4988 Stepper Motor Driver Carrier,» [En línea]. Available: <https://www.pololu.com/product/1182>. [Último acceso: 13 02 2020].
- [10] Ingeniería Mecafenix, «Motor paso a paso ¿que es y como funciona?,» 20 04 2017. [En línea]. Available: <https://www.ingmecafenix.com/electricidad-industrial/motor-paso-a-paso/>. [Último acceso: 1 03 2020].
- [11] INKSCAPE, «ACERCA DE INKSCAPE,» [En línea]. Available: <https://inkscape.org/es/acerca-de/>. [Último acceso: 01 03 2020].
- [12] V. Ventura, «¿Qué es G-Code?,» Polaridad.es, 03 12 2014. [En línea]. Available: <https://polaridad.es/que-es-g-code/>. [Último acceso: 03 03 2020].
- [13] C. G. A. CLAVIJO, «DESARROLLO DE UN PROTOTIPO AUTOMATIZADO CONTROLADO POR SOFTWARE CAPAZ DE REALIZAR FORMAS EN DOS DIMENSIONES SOBRE UNA SUPERFICIE DE VIDRIO.,» 09 2018. [En línea]. Available: http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/18537/1/70783_1.pdf. [Último acceso: 03 03 2020].
- [14] M. Angel, «GRBL – Configuración,» 6 3 2019. [En línea]. Available: <http://mrobotics.es/blog/grbl-configuracion/>. [Último acceso: 20 03 2020].
- [15] jmptechnological.com, «Manual CNC / simulador jmp,» 2015. [En línea]. Available: https://jmptechnological.com/manual_cnc/coordenadas.php. [Último acceso: 01 04 2020].
- [16] S. ferrete, «Finales de carrera para tu CNC,» 23 03 2018. [En línea]. Available: <http://srferrete.es/finales-de-carrera-para-tu-cnc-basado-en-grbl>. [Último acceso: 20 04 2020].
- [17] Nippon Pulse American, Inc., «Using a Dedicated Pulse Control LSI vs. a CPU for Motion Control,» [En línea]. Available: <https://www.nipponpulse.com/learning/white-papers/using-a-dedicated-pulse-control>. [Último acceso: 2020 04 21].

6. ANEXOS

ANEXO 1: CERTIFICADO DE FUNCIONAMIENTO



ESCUELA POLITECNICA NACIONAL

Campus Politécnico "J. Rubén Orellana R"

Quito, 25 de agosto de 2020

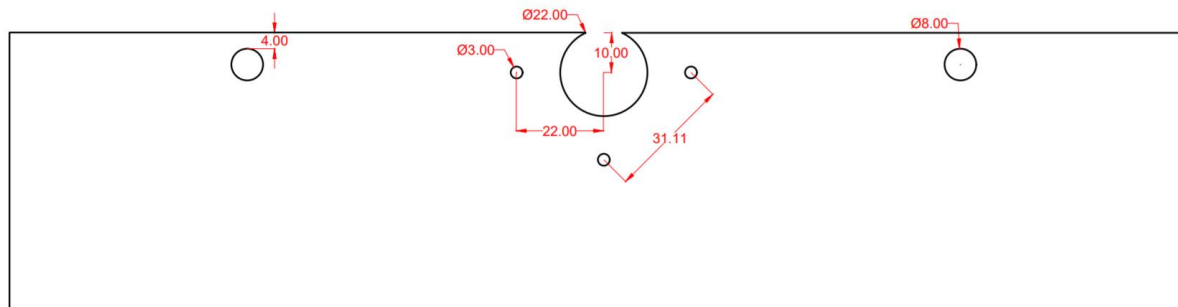
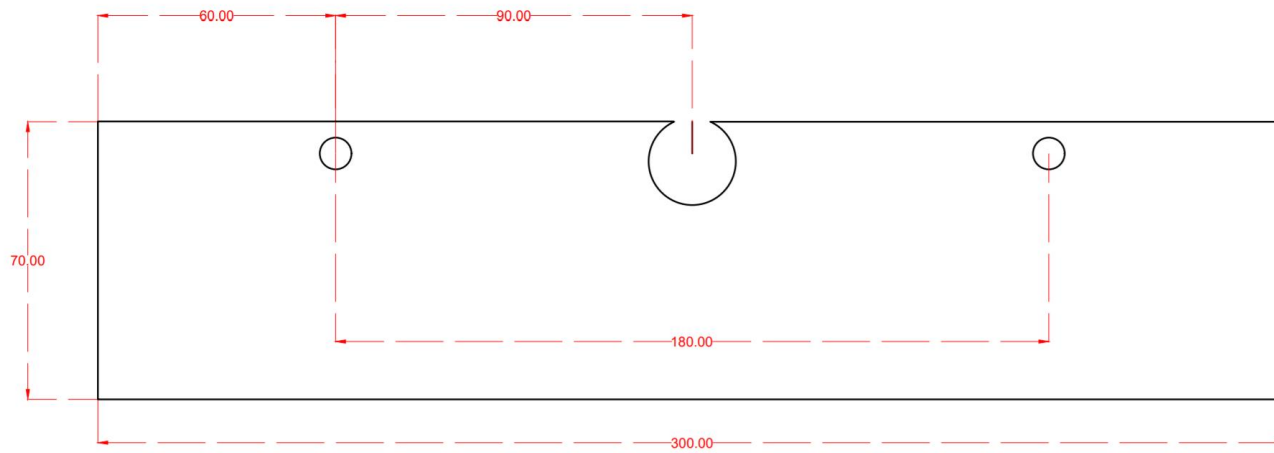
CERTIFICADO DE FUNCIONAMIENTO DE PROYECTO DE TITULACIÓN

Yo, Pablo Andrés Proaño Chamorro, docente a tiempo completo de la Escuela Politécnica Nacional y como encargado del Laboratorio de Tecnología Industrial, certifico que he constatado el correcto funcionamiento del módulo CNC de fresado presentado por el estudiante Joseph Rivadeneira, el cual cumple con los requerimientos de diseño y las normas de seguridad necesarias para que los usuarios de la ESFOT usen el módulo con seguridad y estabilidad.

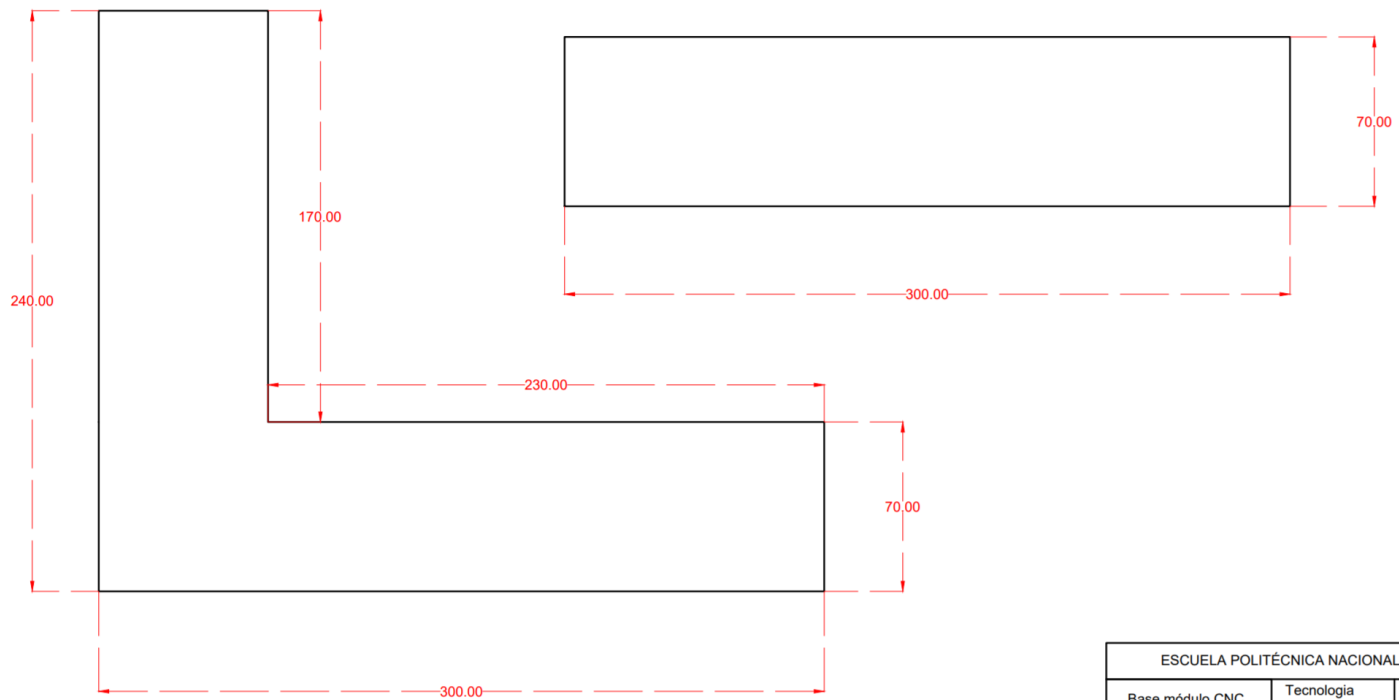
Ing. Pablo Proaño Chamorro

Encargado del Laboratorio de Tecnología Industrial

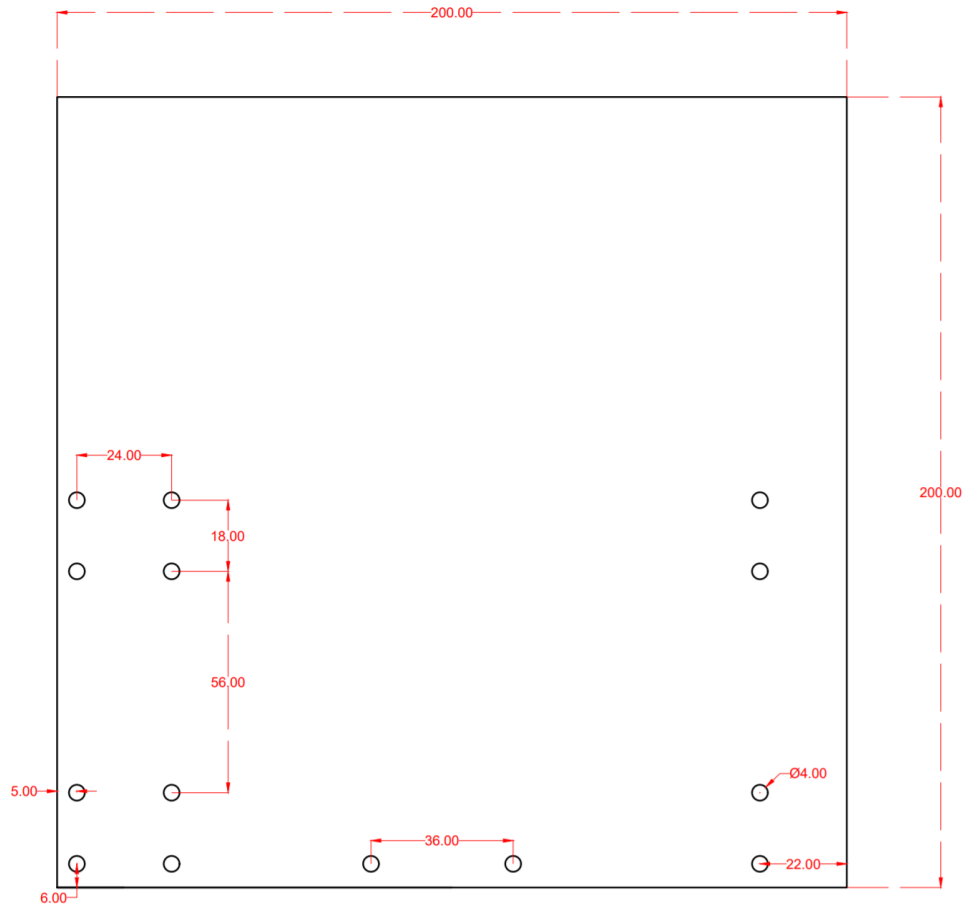
ANEXO 2: PLANOS CNC



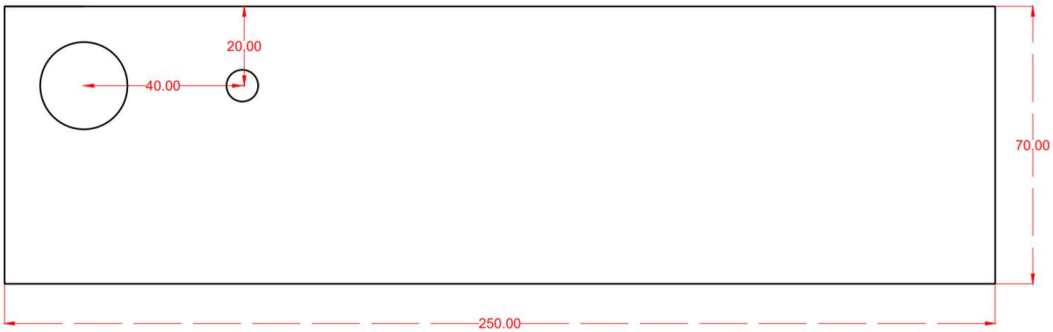
ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL - ESFOT		
Base Módulo CNC	Tecnología Electromecánica	Material: MDF 15 mm
Unidades: 1	Escala: 1/1	Formato: A3
Diseñado por: Joseph Rivadeneira	Fecha: 5/3/2020	Página: 1 de 7



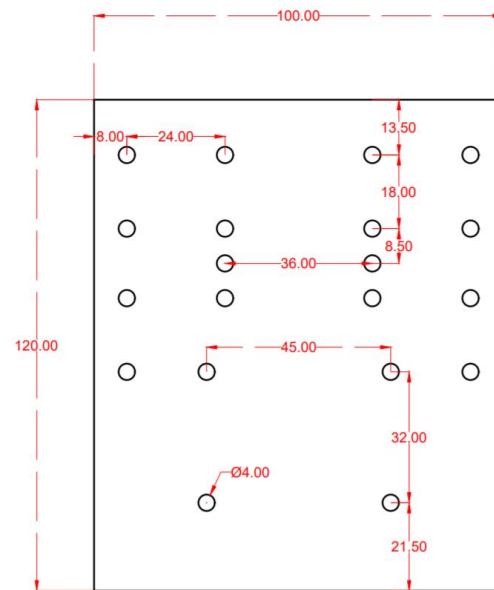
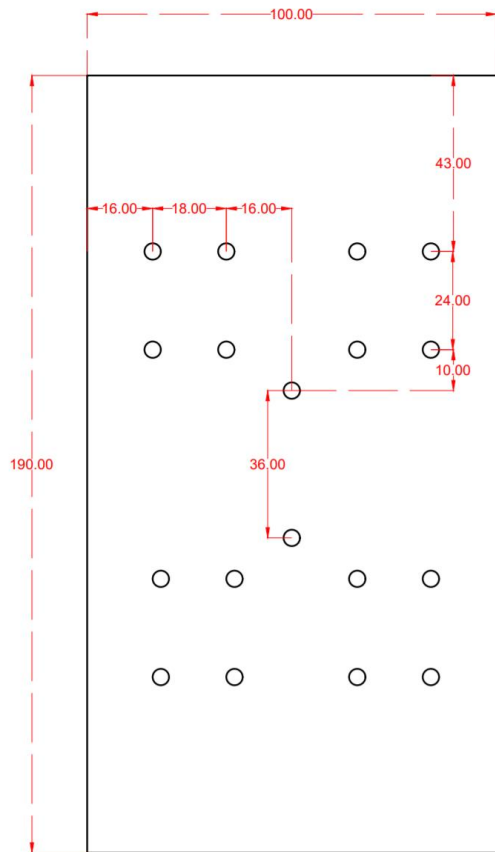
ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL - ESFOT		
Base módulo CNC	Tecnología Electromecánica	Material: MDF 15 mm
Unidades: 2	Escala: 3/5	Formato: A3
Diseñado por: Joseph Rivadeneira	Fecha: 5/3/2020	Página: 2 de 7



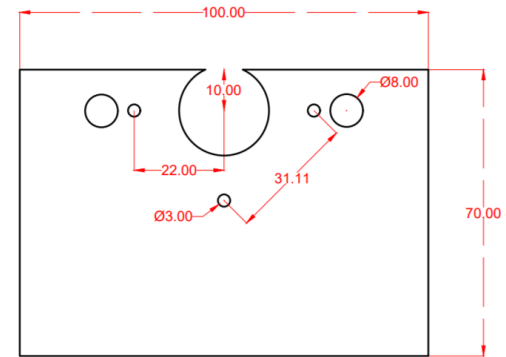
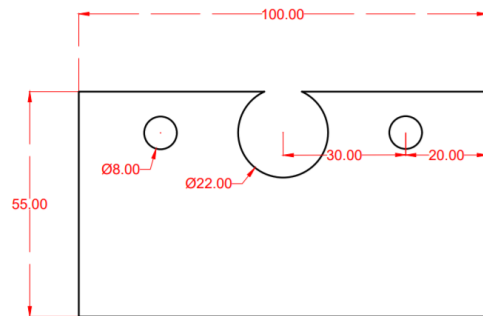
ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL - ESFOT		
Cama de trabajo	Tecnología Electromecánica	Material: MDF 15 mm
Unidades: 1	Escala: 1/1	Formato: A3
Diseñado por: Joseph Rivadeneira	Fecha: 5/3/2020	Página: 3 de 7



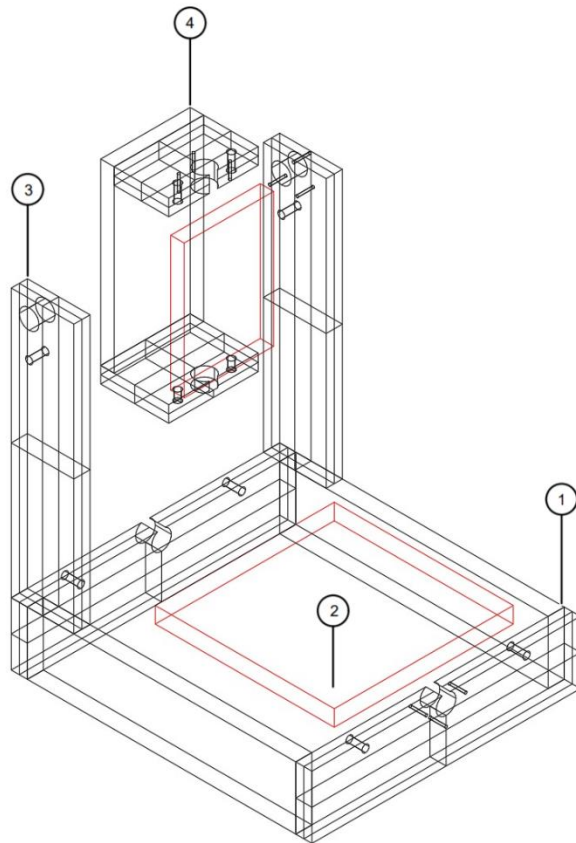
ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL - ESFOT		
Torre módulo CNC	Tecnología Electromecánica	Material: MDF 15 mm
Unidades: 1	Escala: 1/1	Formato: A3
Diseñado por: Joseph Rivadeneira	Fecha: 5/3/2020	Página: 4 de 7



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL - ESFOT		
Soporte módulo CNC	Tecnología Electromecánica	Material: MDF 15 mm
Unidades: 1	Escala: 1/1	Formato: A3
Diseñado por: Joseph Rivadeneira	Fecha: 5/3/2020	Página: 5 de 7



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL - ESFOT		
Soporte módulo CNC	Tecnología Electromecánica	Material: MDF 15 mm
Unidades: 1	Escala: 1/1	Formato: A3
Diseñado por: Joseph Rivadeneira	Fecha: 5/3/2020	Página: 6 de 7



No	Nombre de la pieza	Cantidad
1	Base (Eje Y)	1
2	Cama de trabajo	1
3	Torre (Eje X)	1
4	Soporte (Eje Z)	1

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL - ESFOT

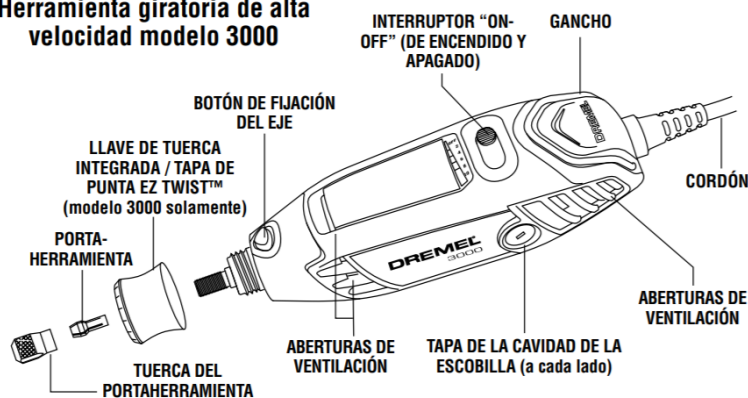
Módulo CNC	Tecnología Electromecánica	Material: MDF 15 mm
Unidades: 1	Escala: 1/2	Formato: A3
Diseñado por: Joseph Rivadeneira	Fecha: 5/3/2020	Página: 7 de 7

ANEXO 3: HOJAS DE DATOS:

- **Mototool dremel 3000**
- **Driver A4988**
- **Nema 17 Stepper**
- **CNC Shield V3**

Mototool dremel 3000

Herramienta giratoria de alta velocidad modelo 3000



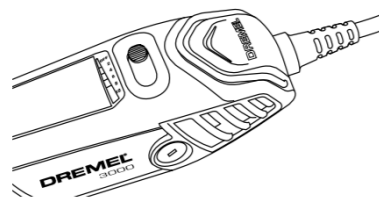
Número de modelo	100	200	3000
Tensión nominal	120V ~ 60Hz	120V ~ 60Hz	120V ~ 60Hz
Amperaje nominal	0,9 A	0,9 A	1,2 A
Velocidad nominal	n 35,000/min	n 15,000 / 35,000/min	n 5,000-35,000/min
Capacidad del portaherramienta	0,8 mm, 1,6 mm 2,4 mm, 3,2 mm	0,8 mm, 1,6 mm 2,4 mm, 3,2 mm	0,8 mm, 1,6 mm 2,4 mm, 3,2 mm

(MODELO 3000)

En el modelo de velocidad variable hay un indicador del interruptor que tiene una línea blanca sobre él. Deslicelo hasta el número de la caja protectora para seleccionar la velocidad de funcionamiento que se necesita desde 5 000/min hasta 35 000/min.

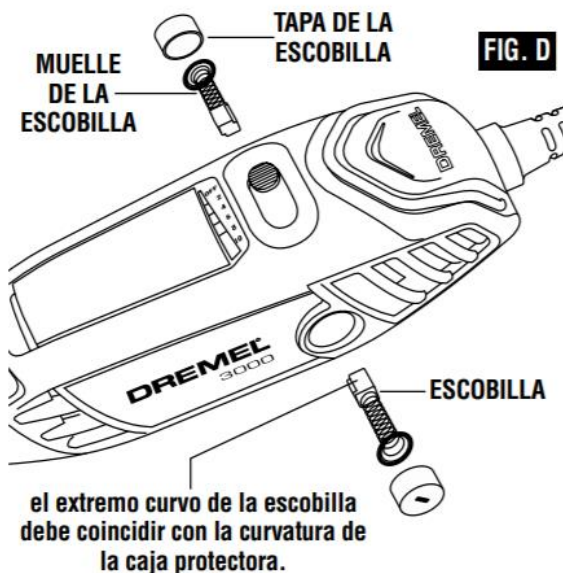
Puede consultar los cuadros de las páginas 77, 78, 79 y 80 para determinar la velocidad adecuada basándose en el material en el que se está trabajando y el tipo de cortador u otro accesorio que se está utilizando. Estos cuadros le permiten seleccionar de un vistazo tanto el accesorio correcto como la velocidad óptima.

La velocidad de las Herramienta Giratoria se controla ajustando este indicador en la caja protectora.



Las posiciones correspondientes a revoluciones por minuto aproximadas para el modelo 3000 de Herramienta Giratoria de velocidad variable son:

Posición del interruptor	Intervalo de velocidad
2	5,000 – 8,000/min
*4	9,000 – 15,000/min
6	16,000 – 21,000/min
8	22,000 – 27,000/min
10	28,000 – 35 000/min



Limpieza

⚠ ADVERTENCIA Para evitar accidentes desconecte siempre la herramienta de la fuente de energía antes de la limpieza o de la realización de cualquier mantenimiento. La herramienta se puede limpiar más eficazmente con aire comprimido seco. Use gafas de seguridad siempre que limpie herramientas con aire comprimido.

Las aberturas de ventilación y las palancas de interruptor deben mantenerse limpias y libres de materias extrañas. No intente limpiar introduciendo objetos puntiagudos a través de las aberturas.

⚠ PRECAUCION Ciertos agentes de limpieza y disolventes dañan las piezas de plástico. Algunos de estos son: gasolina, tetracloruro de carbono, disolventes de limpieza clorados, amoníaco y detergentes domésticos que contienen amoníaco.

Ensamblaje

⚠ ADVERTENCIA Desenchufe siempre la herramienta giratoria antes de cambiar accesorios, cambiar portaherramientas o realizar servicio de ajustes y reparaciones en la herramienta giratoria.

TUERCA DEL PORTAHERRAMIENTA — Para aflojar la tuerca, oprima primero el botón de fijación del eje y gire el eje a mano hasta que el cierre acople el eje, impidiendo así toda rotación posterior.

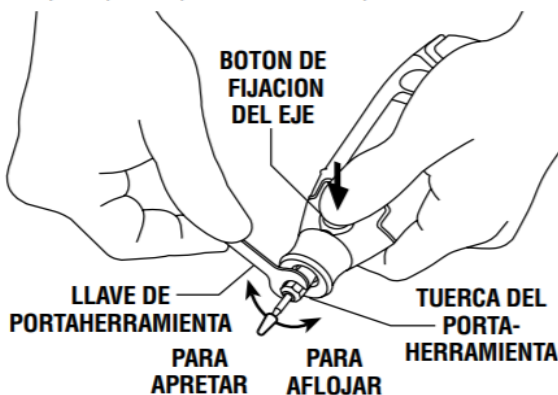
⚠ PRECAUCION No acople el cierre mientras la herramienta giratoria está en marcha.

Con el cierre del eje acoplado, utilice la llave de portaherramienta para aflojar la tuerca del portaherramienta en caso de que sea necesario. La tuerca del portaherramienta debe estar enroscada flojamente cuando se introduzca un accesorio. Cambie accesorios introduciendo el nuevo accesorio en el portaherramienta hasta donde se pueda para minimizar el descentramiento y el desequilibrio. Con el cierre del eje acoplado, apriete la tuerca del portaherramienta con

los dedos hasta que el portaherramienta agarre el cuerpo del accesorio. **Evite apretar excesivamente la tuerca del portaherramienta cuando no haya una broca introducida.**

LLAVE DE TUERCA INTEGRADA / TAPA DE PUNTA EZ TWIST™ (modelo 3000 solamente)

La tapa de punta de su herramienta tiene una llave de tuerca integrada que le permite aflojar y apretar la tuerca del portaherramienta sin utilizar la llave de tuerca para portaherramienta estándar. Desenrosque la tapa de punta de la herramienta y alinee el inserto de acero ubicado en el interior de la tapa con la tuerca del portaherramienta. Con el cierre del eje acoplado, gire la tapa de punta en el sentido de las agujas del reloj para apretar la tuerca del portaherramienta y en sentido contrario al de las agujas del reloj para aflojarla.

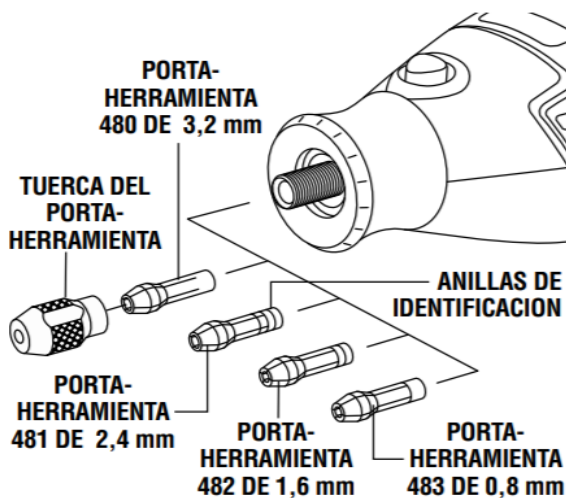


PORTAHERRAMIENTAS — Hay portaherramientas de cuatro tamaños distintos (vea la ilustración) disponibles para la herramienta giratoria con objeto de acomodar diferentes tamaños de cuerpo. Para instalar un portaherramienta distinto, saque la tuerca del

portaherramienta y quite el portaherramienta viejo. Introduzca el extremo no ranurado del portaherramienta en el agujero que se encuentra al final del eje de la herramienta. Vuelva a colocar la tuerca del portaherramienta en el eje.

⚠ PRECAUCION Utilice siempre el portaherramienta que corresponda al tamaño del cuerpo del accesorio que usted piensa utilizar. Nunca intente introducir a la fuerza en un portaherramienta un cuerpo de diámetro más grande que el que pueda aceptar dicho portaherramienta.

Nota: La mayoría de los juegos de herramienta giratoria no incluyen los cuatro tamaños de portaherramienta.



CUADRO DE IDENTIFICACIÓN DE PORTAHERRAMIENTAS
Los tamaños de portaherramienta se pueden identificar por medio de las anillas que se encuentran en el extremo posterior del portaherramienta.

- El portaherramienta de 0,8 mm tiene (1) anilla.
- El portaherramienta de 1,6 mm tiene (2) anillas.
- El portaherramienta de 2,4 mm tiene (3) anillas.
- El portaherramienta de 3,2 mm no tiene anillas.

(incluido en la herramienta en la mayoría de los juegos de herramienta)

Posiciones de velocidad: 2 (5.000 – 8.000 RPM) 4 (9.000 – 15.000 RPM) 6 (16.000 – 21.000 RPM)
8 (22.000 – 27.000 RPM) 10 (28.000 – 35.000 RPM)

* Velocidad para cortes ligeros; **precaución** de no quemar en ranuras profundas.

• Según la dirección de corte respecto a la veta.

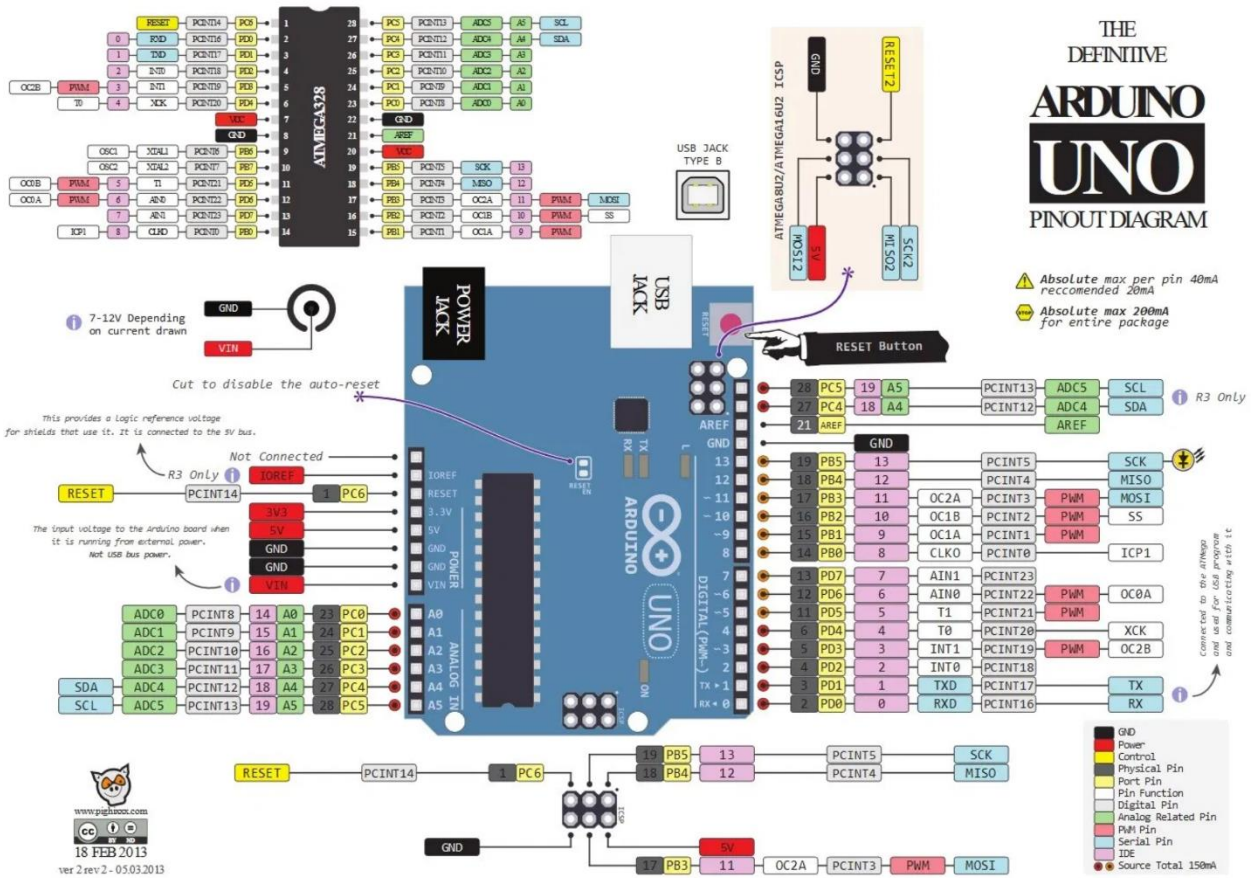
Cortadores de alta velocidad								
Número de catálogo	Madera blanda	Madera dura	Laminados/plásticos	Acero	Aluminio, latón, etc.	Caparazón/piedra	Cerámica	Vidrio
100, 121, 131	10	10	6	6	8	-	-	-
114, 124, 134, 144	10	6	4	6	6	-	-	-
118, 190, 191, 192, 193, 194	10	10	4	6	10	-	-	-
116, 117, 125, 196	10	6	4	6	6	-	-	-
115	10	10	4	6	6	-	-	-
198, 199	10	8	4	6	6	-	-	-

Cortadores para grabar								
Número de catálogo	Madera blanda	Madera dura	Laminados/plásticos	Acero	Aluminio, latón, etc.	Caparazón/piedra	Cerámica	Vidrio
105, 18	10	10	8	4	6	-	-	-
106, 107, 109, 110	10	10	6	4	6	-	-	-
111	10*	10*	8*	4	6	-	-	-
112, 113	10*	10*	6*	4	6	-	-	-

Fresas con punta de diamante								
Número de catálogo	Madera blanda	Madera dura	Laminados/plásticos	Acero	Aluminio, latón, etc.	Caparazón/piedra	Cerámica	Vidrio
7103, 7105, 7117, 7120, 7122, 7123, 7134, 7144	10	8	-	-	-	10	10	10

Cortadores de carburo de tungsteno con dientes estructurados								
Número de catálogo	Madera blanda	Madera dura	Laminados/plásticos	Acero	Aluminio, latón, etc.	Caparazón/piedra	Cerámica	Vidrio
9931, 9932, 9933, 9934, 9935, 9936	10	8	4	-	6	-	-	-

Arduino UNO



Summary

Microcontroller	ATmega328
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V
Input Voltage (limits)	6-20V
Digital I/O Pins	14 (of which 6 provide PWM output)
Analog Input Pins	6
DC Current per I/O Pin	40 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	32 KB (ATmega328) of which 0.5 KB used by bootloader
SRAM	2 KB (ATmega328)
EEPROM	1 KB (ATmega328)
Clock Speed	16 MHz

Driver A4988



Absolute Maximum Ratings

Characteristic	Symbol	Notes	Rating	Units
Load Supply Voltage	V_{BB}		35	V
Output Current	I_{OUT}		± 2	A
Logic Input Voltage	V_{IN}		-0.3 to 5.5	V
Logic Supply Voltage	V_{DD}		-0.3 to 5.5	V
Motor Outputs Voltage			-2.0 to 37	V
Sense Voltage	V_{SENSE}		-0.5 to 0.5	V
Reference Voltage	V_{REF}		5.5	V
Operating Ambient Temperature	T_A	Range S	-20 to 85	°C
Maximum Junction	$T_J(max)$		150	°C
Storage Temperature	T_{stg}		-55 to 150	°C

ELECTRICAL CHARACTERISTICS¹ at $T_A = 25^\circ\text{C}$, $V_{BB} = 35\text{ V}$ (unless otherwise noted)

Characteristics	Symbol	Test Conditions	Min.	Typ. ²	Max.	Units
Output Drivers						
Load Supply Voltage Range	V_{BB}	Operating	8	–	35	V
Logic Supply Voltage Range	V_{DD}	Operating	3.0	–	5.5	V
Output On Resistance	R_{DSON}	Source Driver, $I_{OUT} = -1.5\text{ A}$	–	320	430	m Ω
		Sink Driver, $I_{OUT} = 1.5\text{ A}$	–	320	430	m Ω
Body Diode Forward Voltage	V_F	Source Diode, $I_F = -1.5\text{ A}$	–	–	1.2	V
		Sink Diode, $I_F = 1.5\text{ A}$	–	–	1.2	V
Motor Supply Current	I_{BB}	$f_{PWM} < 50\text{ kHz}$	–	–	4	mA
		Operating, outputs disabled	–	–	2	mA
Logic Supply Current	I_{DD}	$f_{PWM} < 50\text{ kHz}$	–	–	8	mA
		Outputs off	–	–	5	mA
Control Logic						
Logic Input Voltage	$V_{IN(1)}$		$V_{DD} \times 0.7$	–	–	V
	$V_{IN(0)}$		–	–	$V_{DD} \times 0.3$	V
Logic Input Current	$I_{IN(1)}$	$V_{IN} = V_{DD} \times 0.7$	-20	<1.0	20	μA
	$I_{IN(0)}$	$V_{IN} = V_{DD} \times 0.3$	-20	<1.0	20	μA
Microstep Select	R_{MS1}	MS1 pin	–	100	–	k Ω
	R_{MS2}	MS2 pin	–	50	–	k Ω
	R_{MS3}	MS3 pin	–	100	–	k Ω
Logic Input Hysteresis	$V_{HYS(IN)}$	As a % of V_{DD}	5	11	19	%
Blank Time	t_{BLANK}		0.7	1	1.3	μs
Fixed Off-Time	t_{OFF}	OSC = VDD or GND	20	30	40	μs
		$R_{OSC} = 25\text{ k}\Omega$	23	30	37	μs
Reference Input Voltage Range	V_{REF}		0	–	4	V
Reference Input Current	I_{REF}		-3	0	3	μA
Current Trip-Level Error ³	err_1	$V_{REF} = 2\text{ V}$, % $I_{TRIPMAX} = 38.27\%$	–	–	± 15	%
		$V_{REF} = 2\text{ V}$, % $I_{TRIPMAX} = 70.71\%$	–	–	± 5	%
		$V_{REF} = 2\text{ V}$, % $I_{TRIPMAX} = 100.00\%$	–	–	± 5	%
Crossover Dead Time	t_{DT}		100	475	800	ns
Protection						
Overcurrent Protection Threshold ⁴	I_{OCPST}		2.1	–	–	A
Thermal Shutdown Temperature	T_{TSD}		–	165	–	°C
Thermal Shutdown Hysteresis	T_{TSDHYS}		–	15	–	°C
VDD Undervoltage Lockout	V_{DDUVLO}	V_{DD} rising	2.7	2.8	2.9	V
VDD Undervoltage Hysteresis	$V_{DDUVLOHYS}$		–	90	–	mV

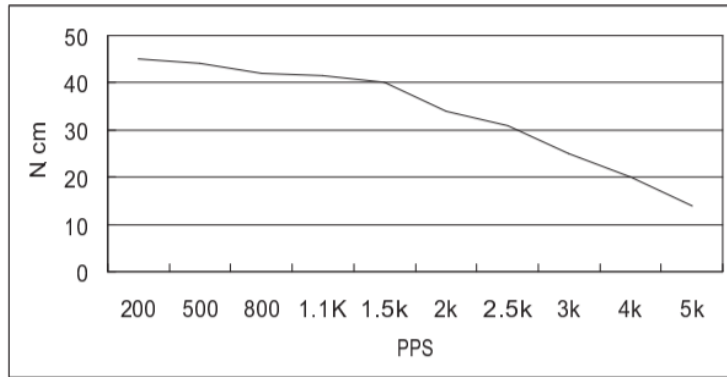
Nema 17 Stepper

HIGH TORQUE HYBRID STEPPING MOTOR SPECIFICATIONS

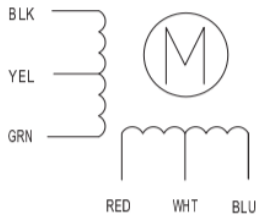
General specifications		Electrical specifications	
Step Angle (°)	1.8	Rated Voltage (V)	4
Temperature Rise (°C)	80 Max (rated current, 2 phase on)	Rated Current (A)	1.2
Ambient temperature (°C)	-20~+50	Resistance Per Phase ($\pm 10\%$)	3.3 (25°C)
Number of Phase	2	Inductance Per Phase ($\pm 20\%$ mH)	2.8
Insulation Resistance	100M Ω , Min (500VDC)	Holding Torque (Kg.cm)	3.17
Insulation Class	Class B	Detent Torque (g.cm)	200
Max.radial force (N)	28 (20mm from the flange)	Rotor Inertia (g.cm ²)	68
Max.axial force (N)	10	Weight (Kg)	0.365

● Pull out torque curve:

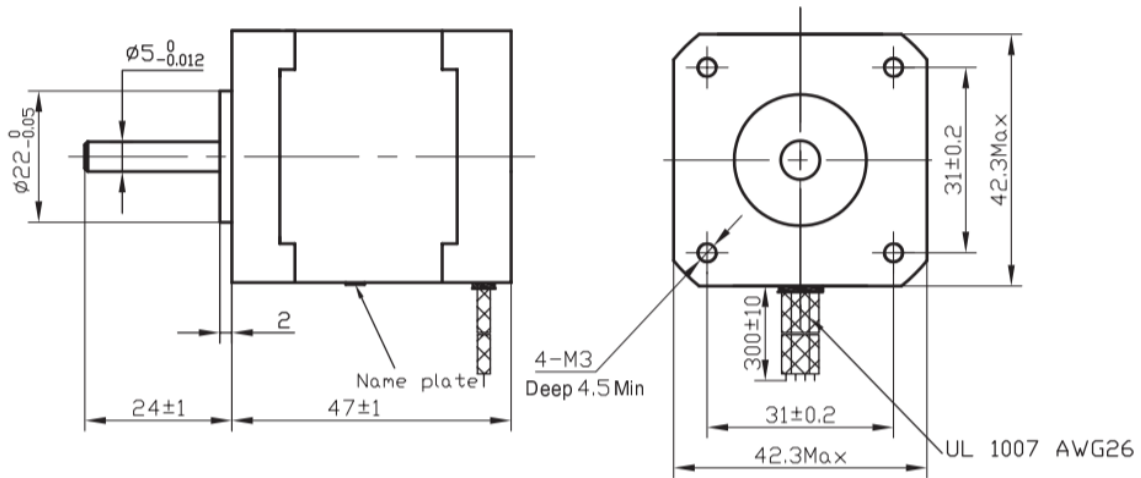
VOLTAGE: 24VDC, CONSTANT CURRENT: 1.2A, HALF STEP



● Wiring Diagram:

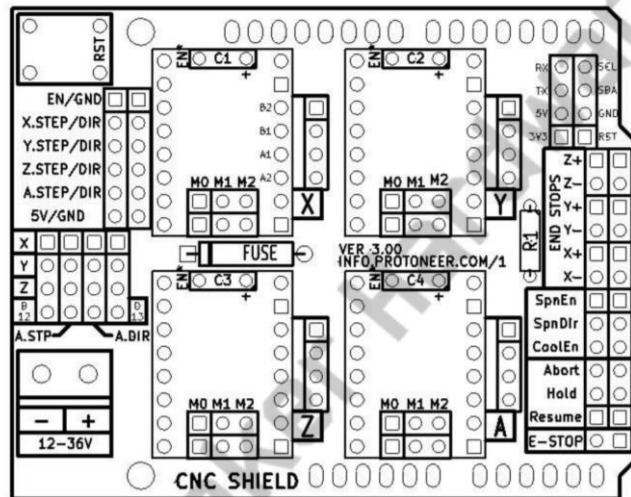


● Dimensions: (unit=mm)



△						SY42STH47-1206A	TECHNICAL CONDITIONS
△							
REV	REVISIONS	DESCRIPTION	BY	DATE			
DRAW	任飞飞	2010.06.29					
CHECK					CHANGZHOU SONGYANG MACHINERY & ELECTRONICS NEW TECHNIC INSTITUTE		060047000
APPROVE							

CNC Shield V3



• CNC Shield

- **Version 3.00**
- 4-Axis support (X, Y, Z, A-Can duplicate X,Y,Z or do a full 4th axis with custom firmware using pins D12 and D13)
- 2 x End stops for each axis (6 in total - each axis pair shared by same IO pin)
- Spindle enable and direction connection
- Coolant enable connection
- Uses GRBL as control software
- Power supply: DC 12-36V (only the DRV8825 drivers can handle up to 36V so if using A4988 do not exceed 24V)
- Uses removable stepper drivers (DRV8825 or A4988)
- Stepper Motors can be connected with 4 pin dupont/molex connectors
- Jumpers to set Micro-Stepping

ANEXO 4: MANUAL DE USUARIO

Manual de usuario

Introducción

El equipo mostrado corresponde a una fresadora CNC para tallado en madera y elaboración de circuitos impresos o PCBs el que debe ser operado por personal que previamente recibió capacitación sobre la manipulación y funcionamiento ya mencionado módulo.

Características

- Posee tres ejes móviles controlados por ordenador y un taladro dremel como elemento de corte con velocidad variable de control manual.
- La fresadora como medida máxima permitida para trabajar es de 140 (mm) x 150 (mm).
- Los tiempos de trabajo varían en función de la complejidad del diseño, velocidad y profundidad de corte.

Nota: Para futuras ampliaciones el módulo puede ser transformado a sistemas de impresión 3D o Corte y grabado láser según se cambie su programa y adicione elementos.

Funciones

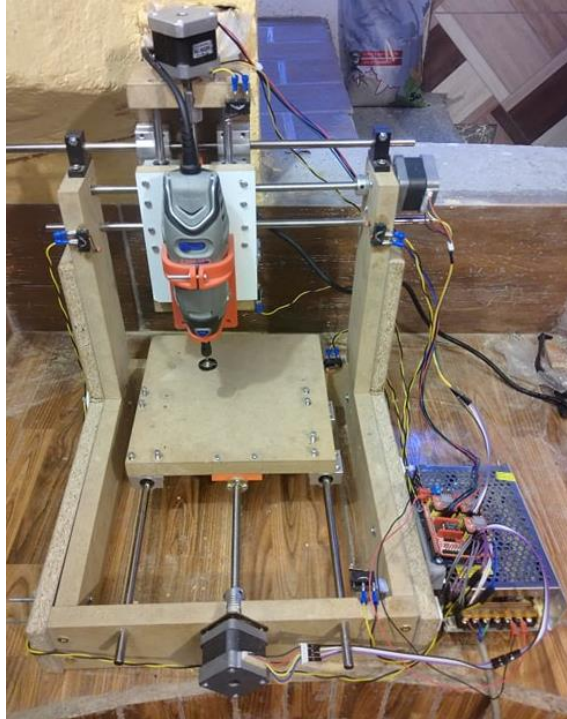
- El módulo permite realizar perforaciones con un ángulo de penetración de 90 grados de distintos diámetros según la broca a usar.

Nota: las brocas que no sean de corte transversal únicamente deben ser utilizadas para perforaciones perpendiculares.

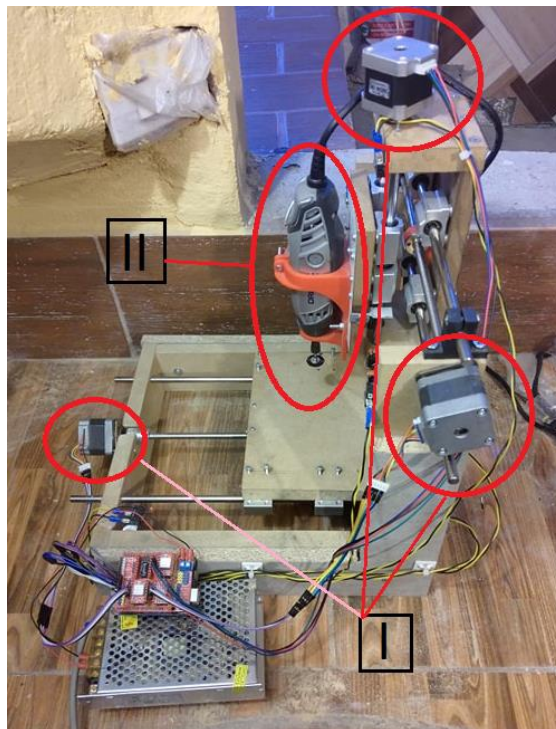
Especificación técnica

- Fuente de alimentación: 110 V_{AC}
- Poseer laptop u ordenador con las aplicaciones mencionadas en el manual.

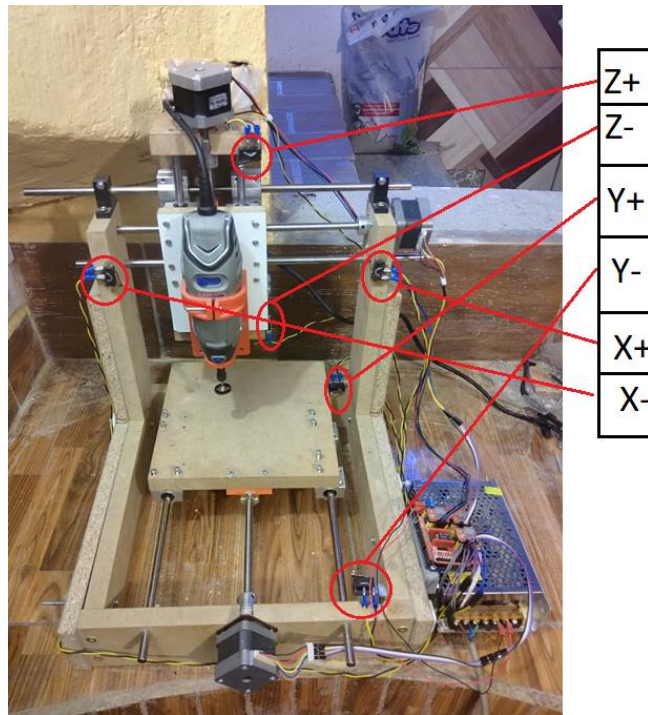
Distribución de componentes



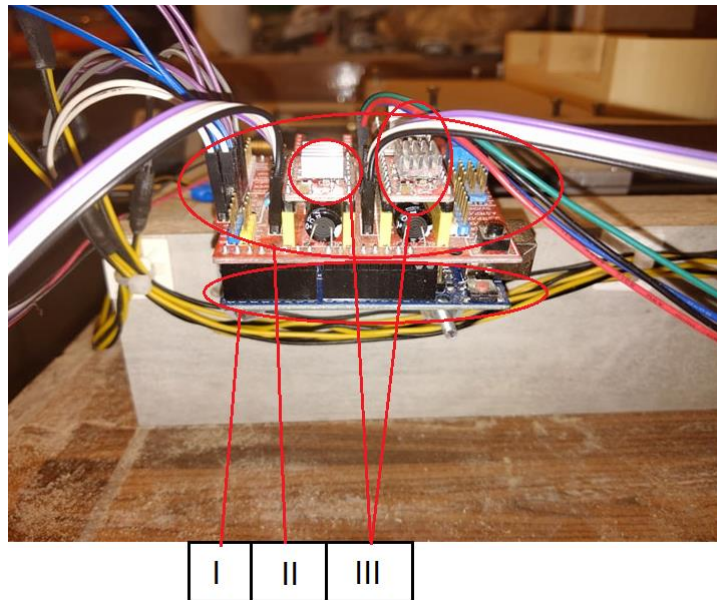
- Ubicación de motores
 - I. Motor a pasos NEMA 17 (X, Y, Z).
 - II. Motor Dremel 3000



- Ubicaciones finales de carrera



- Ubicación placa de control
 - I. Arduino UNO
 - II. CNC SHIEL V3
 - III. Driver A4988



- Ubicación de fuente de poder



Cambio y selección de fresas

Para el correcto cambio del material de corte se muestra tres tipos de elementos de corte:

- I. Brocas para perforación.
- II. Brocas de corte lateral.
- III. Fresa tipo "V" 0,1 (mm) 10 (Deg)

El proceso se lo debe realizar con el enchufe desconectado de la alimentación y ambas manos libres, una vez seleccionado el material de corte con ayuda de un destornillador estrella liberar el motor dremel de su base de sujeción, extraer el motor para realizar giros en sentido contra de las manecillas del reloj pulsando el botón de bloqueo del eje, el espacio generado debe ser lo suficiente para alojar a la fresa, realizar el ajuste del elemento en el sentido contrario para su colocación sobre su base.

Procedimiento colocación de material

Este trabajo se debe realizar con la máquina detenida por el Universal G Code Sender con el botón "CLOSE" y el motor dremel desconectado.

Para alojar el material a tallar se debe realizarla sujeción con ayuda de la entenalla por medio del giro del tornillo realizando el avance y retroceso hasta que el material este fijo, tomar en cuenta que el material a tallar debe ser mayor a las dimensiones que se diseñaran para evitar que el elemento de fresado realice contacto con la base de sujeción u otro elemento.

Nota: se puede realizar la sujeción con otros elementos, pero estos no deben interferir en movimiento de la base.

Procedimiento de conexión inicial

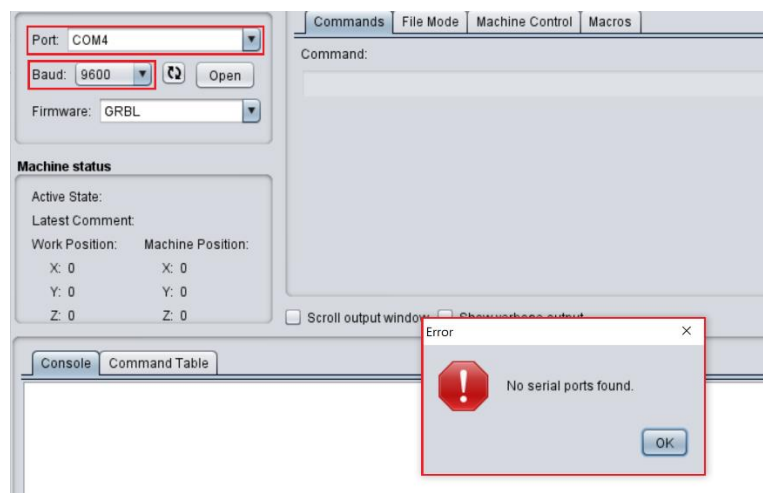
- I. Conectar la fuente de alimentación del módulo y el motor dremel a la red 110 V_{AC}.
- II. Utilizando el cable de comunicación serial conectar entre la placa Arduino y el computador.



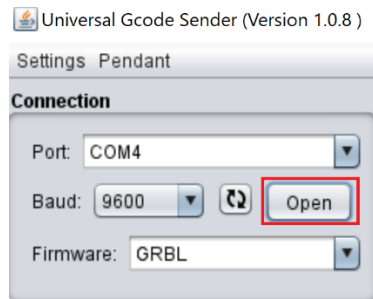
- III. Iniciar la computadora y abrir el programa Universal G Code Sender 1.0.8 (caso de no tener el programa es de descarga gratuita).



- IV. Configurar el puerto de conexión COM según sea el número del puerto y establecer comunicación serial a 9600 Baud los que se muestran en la esquina superior izquierda, si muestra la ventana de error quiere decir que el puerto no está conectado, la solución es conectar el cable serial nuevamente antes de abrir el programa o dar clic en el botón “OK” y seleccionar el puerto que surge.

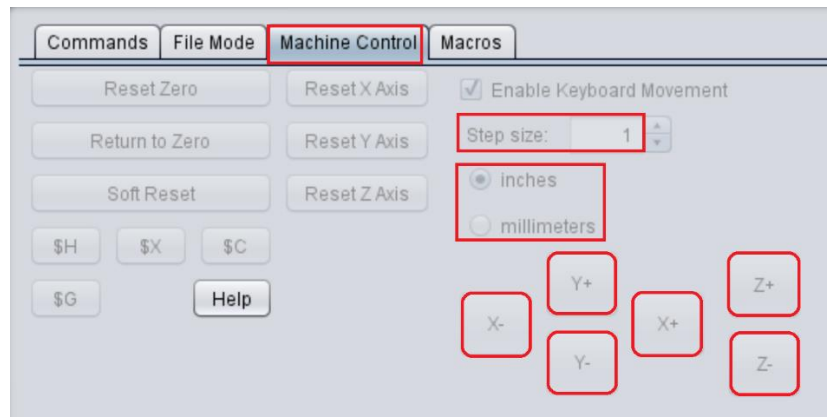


- V. Establecida la correcta conexión realizar un Clic en “Open” para desbloquear el módulo inmediatamente el led indicador del Arduino brillara intermitentemente.



Procedimiento para establecer cero máquina.

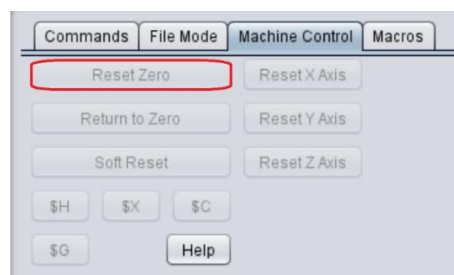
- I. Desbloqueado el módulo dirigirse a la pestaña “machine control” existen 6 botones para realizar el avance y retroceso de los tres ejes, el número de repeticiones depende del valor colocado en comando “step size” y se presionan para ubicar la máquina en el punto requerido.



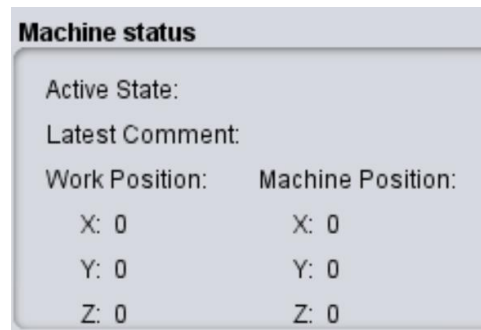
Nota 1: Por defecto al abrir el programa el avance estará dado en pulgadas por lo cual se debe cambiar a milímetros para un mejor control.

Nota 2: Para calibrar el punto de ubicación del eje Z con la fresa seleccionada y el motor encendido se realiza pulsaciones en Z- con valores de paso de 1 o menores.

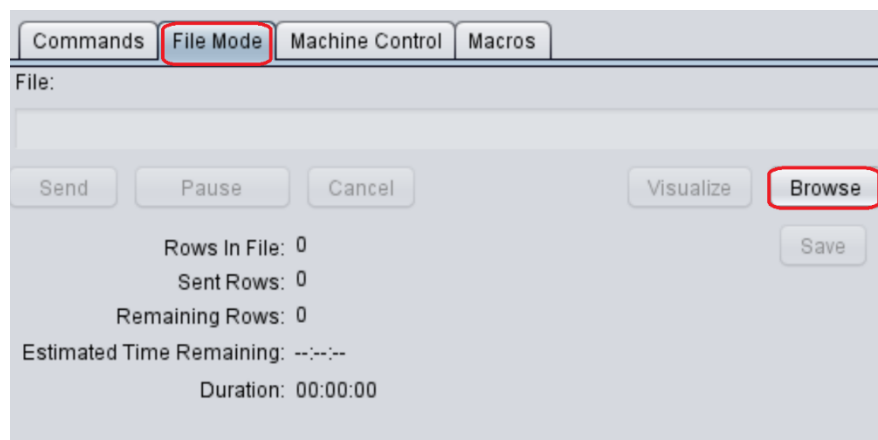
- II. Una vez establecida la posición inicial se presiona el comando “Reste Zero”.



- III. El comando pondrá en cero todos los valores de posición de la máquina indicando que es el nuevo punto de inicio.



- IV. Al realizar esta acción se puede operar el botón "Return to Zero" el cual coloca la posición punto cero desde cualquier otra ubicación, esto lo realiza de forma automática, en caso de no estar fijado el punto cero esta será definida por el programa según los valores de "machine position".
- V. El programa permite la recepción de archivos en formato (.NGC) en caso de tenerlo se realiza el procedimiento mostrado más adelante.
- VI. Colocarse en la pestaña "file mode" a continuación la opción "Browse" abrirá una venta emergente la cual se deberá buscar y seleccionar la ubicación del archivo.



- VII. Una vez encontrado el archivo y el punto cero actualizado se presiona el botón "Send" inmediatamente la máquina realizara el trabajo enviado.

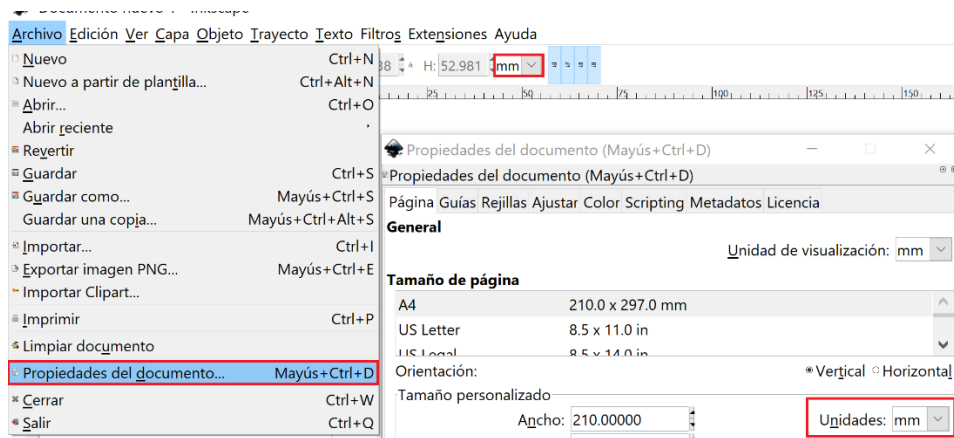
Procedimiento para generar archivos NGC

- I. Abrir la aplicación Inkscape

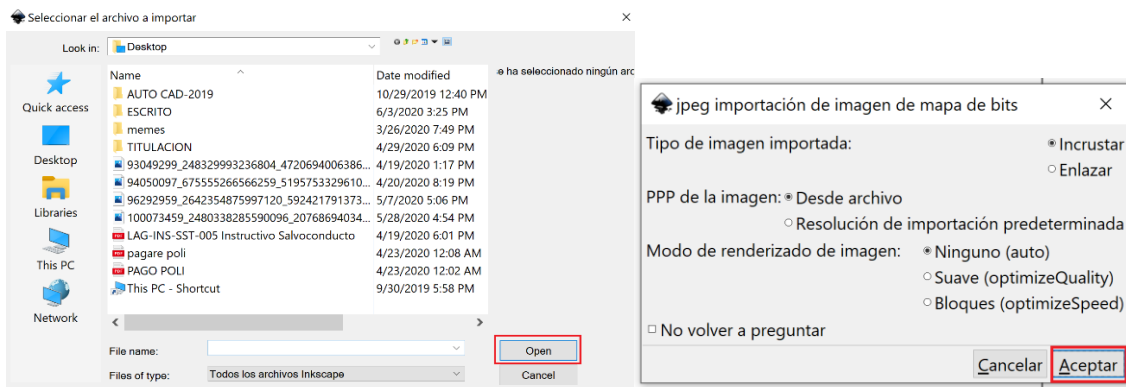


Inkscape

- II. Como configuración inicial se requiere el cambio unidades para ello dirigirse a “archivo”, “Propiedades del documento” en ambas ubicaciones se selecciona “mm” como formato de medida principal.



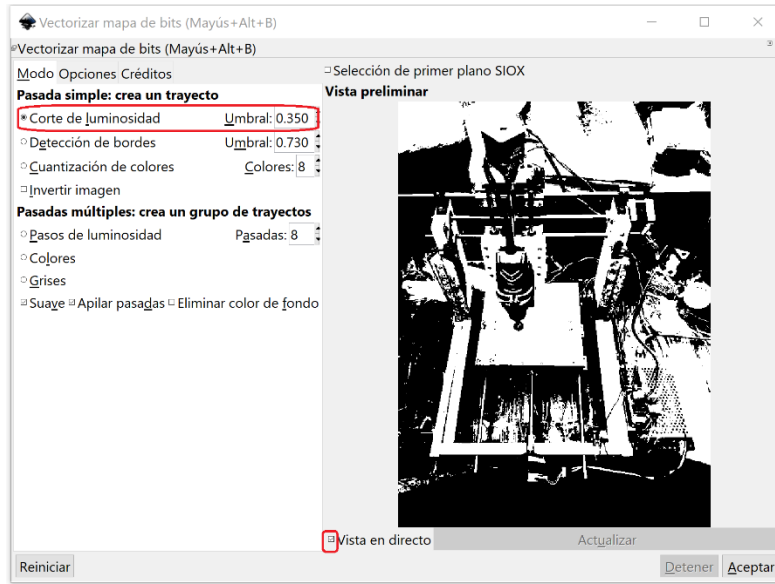
- III. Para editar un archivo JPG se selecciona “archivo” e “importar” o su comando “Ctrl+I” seleccionar la ubicación del archivo y aparecerá la ventana en donde no se modificará ningún parámetro y se da clic en “Aceptar”.



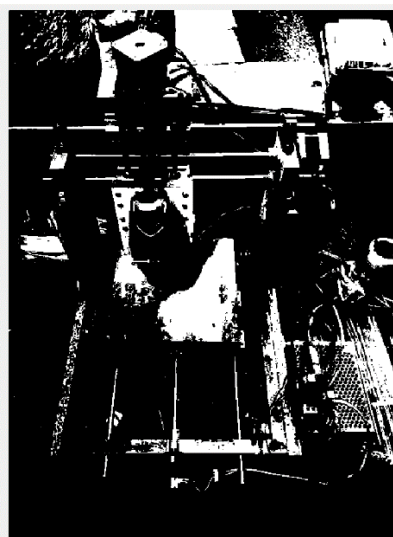
- IV. Una vez importada la imagen se debe considerar las dimensiones que posee y en caso de ser mayores a las admisibles en el módulo 150 x 140 (mm) se deben reducir “W” para el ancho y “H” para el largo.

X: 316.755 Y: -107.14 W: 139.700 H: 190.500 mm

- V. Establecida las dimensiones seleccionar la imagen en la pestaña “trayecto” y “vectorizar mapa de bits” inmediatamente se abre una nueva ventana la cual se deberá modificar el valor “Corte de luminosidad” en caso de fallas en la imagen si todo es correcto se acepta.



Bajo umbral

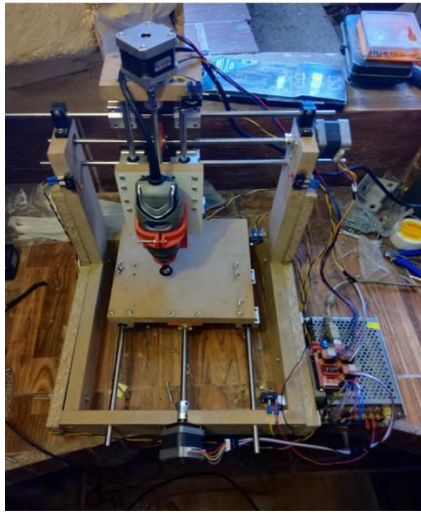


Alto umbral

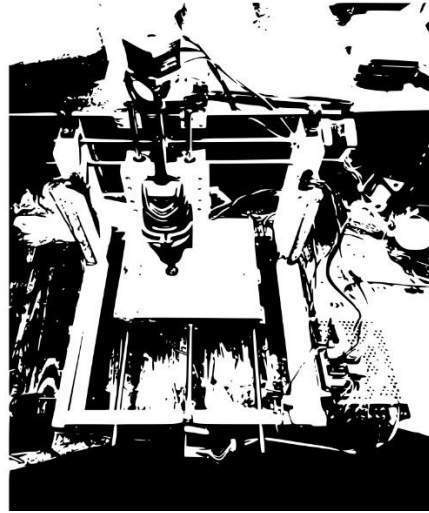
Nota: en caso de no poder visualizar la imagen se debe activar “vista en directo”.

- VI. Se creará por defecto una imagen montada sobre otra y se debe borrar la original para ello por defecto de la aplicación queda seleccionado la imagen creada así que se pulsa

las teclas “Ctrl+X” para recortar y la imagen sobrante se elimina para posteriormente pegar “Ctrl +V” la imagen vectorizada.

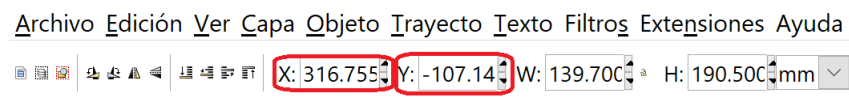


Original



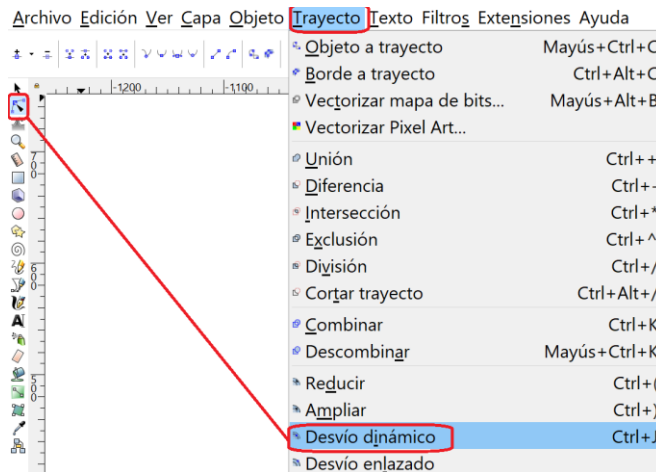
Vectorizada

- VII. Posicionar el punto de origen en las coordenadas cartesianas “X, Y” ambos con el valor de cero.

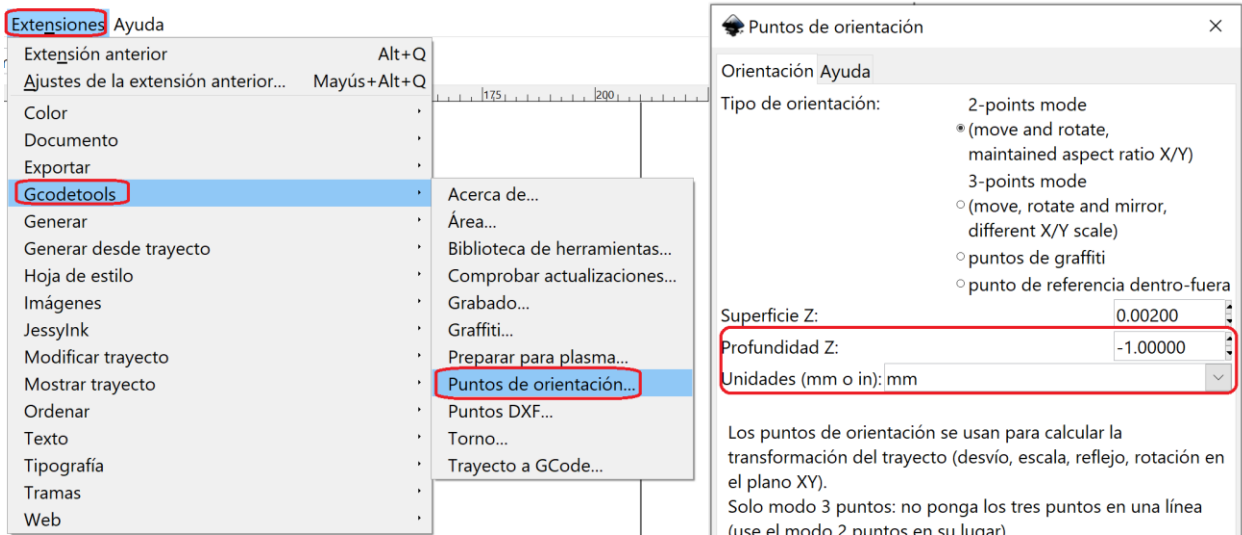


Nota: Se coloca el valor de cero puesto que el punto de origen debe coincidir con el punto cero de la CNC de la aplicación Universal G Code Sender para evitar desplazamientos innecesarios.

- VIII. Se selecciona la toda la imagen vectorizada, se oprime en la pestaña “trayecto” y “desvío dinámico” donde saldrá la siguiente marcación en la barra lateral izquierda

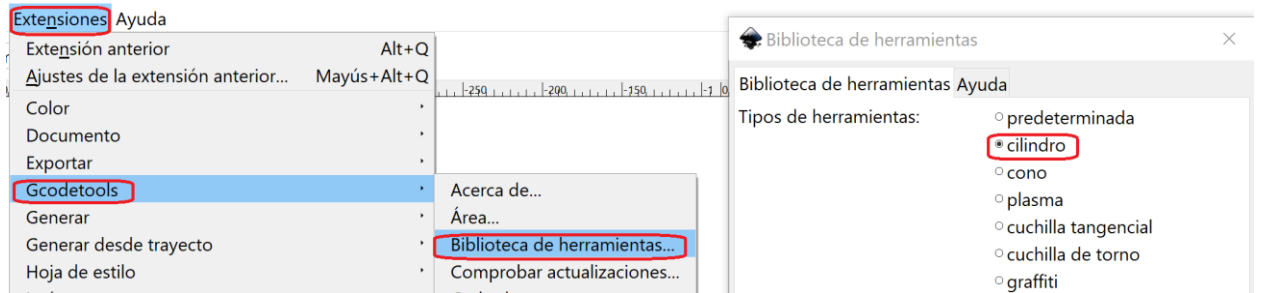


- IX. Para crear coordenadas en la CNC ubicarse en la pestaña “extensiones / Gcode Tools / puntos de orientación” se despliega una ventana la cual solo se deberá modificar la profundidad Z dependiendo la profundidad que se requiere para el grabado además de establecer las unidades “mm”.

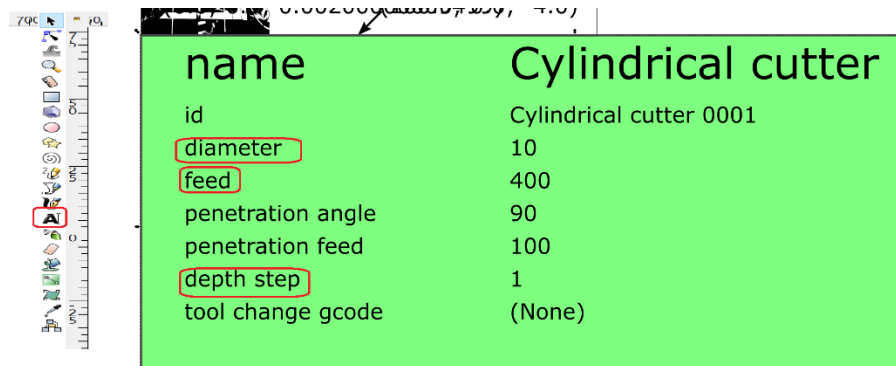


Nota: El valor de profundidad Z se debe colocar como negativo basándose en la conexión electrónica del módulo mostrado.

- X. En la parte baja de la imagen surgirán valores en paréntesis las cuales son coordenadas, dirigirse a “extensiones / Gcodetools / Biblioteca de herramientas” la ventana nos muestra un listado de herramientas y seleccionar siempre “Cilindro”, al presionar “aceptar” aparecerá un recuadro verde que requiere ciertas modificaciones.

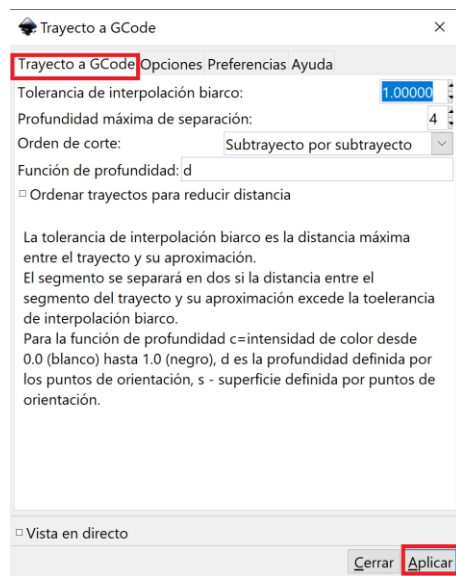
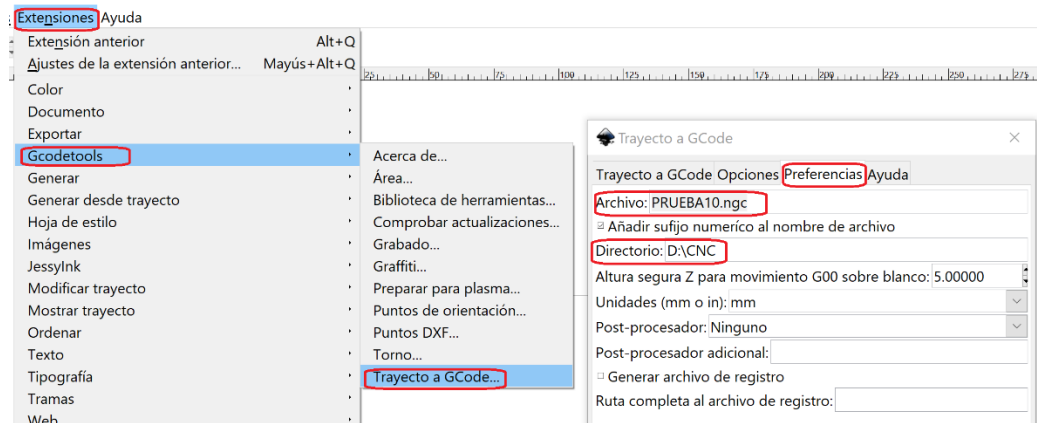


- XI. La ventana de color verde requiere de cierta modificación en los valores para ello se debe pulsar el editor de texto ubicado en la sección izquierda, dar clic en el valor para su modificación los que se deben alterar son:
- Diameter: este valor corresponde al diámetro de la broca colocada y está en milímetros.
 - Feed: indica la velocidad de trabajo el cual se define el valor "100".
 - Depth step: especifica la profundidad de trabajo para evitar daños a los materiales y la fresa los valores deben ser igual o menor a "1".



Nota: A menor valor de penetración el tiempo aumenta y no realiza mayor esfuerzo la máquina.

- XII. Finalmente, exportar el archivo "extensiones / Gcodetools / Trayecto a GCode" se desplegará la siguiente ventana en la sección "preferencias" se tiene dos parámetros a modificar:
- Archivo: se crea el nombre con el que se guardara (Siempre se debe terminar el nombre con la extensión .NGC).
 - Directorio: indica la ubicación donde se almacenará y esta puede cambiar según se desea.



Nota: para guardar el archivo es necesario colocarse en la pestaña trayecto a GCode y se da "Aplicar" esto es indispensable ya que de otra forma el programa marcara error.

ANEXO 5: MANUAL DE MANTENIMIENTO



ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS



Fecha de efectividad: Junio 2020

No Revisión:

No de páginas:

MANUAL DE MANTENIMIENTO

ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS

MANUAL DE MANTENIMIENTO DEL MODULO CNC DE FRESADO

ELECTROMECAÁNICA

2020

Índice de contenido

1. Introducción.....	3
2. Objetivos.....	3
2.1 General	3
2.2 Específicos.....	3
3. Cuadro de mantenimiento preventivo.....	3
4. Listado de verificación del sistema	7
5. Listado de soluciones.....	8
6. Problemas comunes	11

Índice de tablas

Tabla 1 Programa de mantenimiento.	6
Tabla 2 Listado de verificación del módulo de fresado.....	7
Tabla 3 listado de soluciones para problemas técnicos del módulo de fresado	10
Tabla 4 Problemas comunes que se generan en el módulo de fresado	11

1. Introducción

El módulo CNC de fresado implementado para el uso de los estudiantes y profesores de la ESFOT (Escuela de Formación de Tecnólogos) posee características de tallado, grabado y perforado de madera y PCB's dichas características se las controla mediante una conexión directa entre un ordenador y el módulo descrito.

La maniobra se lo realiza por ordenador mediante la comunicación serial hacia una placa Arduino UNO conectado a un controlador CNC Shield para enviar una secuencia de pulsos hacia los elementos mecánicos además provee un control puntual de tres ejes de coordenadas.

Por tal motivo es de vital importancia que se considere un programa de mantenimiento acorde a la importancia y tiempo de vida de cada elemento que sufra desgaste ya sea mecánico, eléctrico y electrónico para realizar cambio o corrección según convenga.

2. Objetivos

2.1 General

- Generar un documento para el mantenimiento preventivo del módulo CNC de fresado

2.2 Específicos

- Establecer áreas importantes del sistema para el respectivo mantenimiento.
- Verificar el funcionamiento del módulo.
- Diseñar un documento de registro para la evaluación diario, mensual o semestral.

3. Cuadro de mantenimiento preventivo

En la tabla 1 **Tabla 1** se puede observar los tiempos de evaluación y procedimientos que se deben ejecutar como planes de mantenimiento para corregir inconvenientes que puedan afectar la fresadora CNC.

CUADRO DE MANTENIMIENTO DE LA FRESADORA CNC

PERIODO	ÁREA	ELEMENTO	ACTIVIDAD	PROCEDIMIENTO
6 meses	Eléctrico	Fuente de alimentación.	- Limpieza	<ul style="list-style-type: none"> - Cortar la alimentación eléctrica. - desmontar la carcasa metálica superior. - Utilizando una brocha seca o aire comprimido se limpia el polvo e impurezas que caen en la fuente. - Volver a encajar la carcasa metálica.
			- Mediciones	<ul style="list-style-type: none"> - Tomar un equipo de medición "multímetro". - Configurar el equipo con la escala y parámetro de voltaje requerido (VDC). - Colocar los cables del multímetro en las borneras de la fuente. - Medir las distintas conexiones que se obtienen en la fuente. - Observar que el valor medido sea 12 (V) para su conexión.
6 meses		Cableado	- Medición	<ul style="list-style-type: none"> - Cortar la alimentación eléctrica. - Tomar un equipo de medición "multímetro". - Ubicar el multímetro en la opción "continuidad". - Colocar las puntas de prueba al inicio y final de cada cable.
6 meses	Electromecánico	Dremel 3000	- limpieza	<ul style="list-style-type: none"> - Desconectar el cable de alimentación del motor dremel 3000. - Con una brocha pequeña limpiar hasta retirar el polvo exterior que se acumula en el taladro.
			- Prueba de velocidades	<ul style="list-style-type: none"> - Energizar el motor dremel 3000 - Manualmente aumentar la posición de velocidad del motor hasta llegar a la máxima e igualmente reducirla hasta la mínima.
6 meses		Motores Nema	- Limpieza	<ul style="list-style-type: none"> - Con la ayuda de una llave hexagonal se retira el acople flexible ubicado en el eje rotatorio del motor igualmente se liberan los tornillos de sujeción del motor. - Sin la ayuda de ninguna herramienta se desconecta la entrada de 6 cables del motor

				<ul style="list-style-type: none"> - Utilizando un trapo con alcohol limpiamos la suciedad que exista en el eje rotatorio y entradas de conexión. - Se vuelve a conectar los tornillos, acople flexible y la entrada de cables en orden inverso a su desconexión. - Realizar una inspección del movimiento y en caso de existir desviación tomar acciones de calibración.
			<ul style="list-style-type: none"> - Identificación del bobinado 	<ul style="list-style-type: none"> - Manualmente desconectar la entrada de 6 cables. - Tomar un equipo de medición "multímetro". - Colocar la opción resistencia en una escala de las decenas. - Medir varias combinaciones e identificar los dos valores mayores uno por cada bobina. - Dichos valores deben ser similares entre las bobinas.
6 meses	Electrónico	Arduino UNO R3	<ul style="list-style-type: none"> - Limpieza 	<ul style="list-style-type: none"> - Cortar la alimentación eléctrica de la fuente del Arduino UNO - Limpiar el Arduino con la ayuda de una brocha seca. - Energizar el Arduino
6 meses			<ul style="list-style-type: none"> - Verificación de conexiones 	<ul style="list-style-type: none"> - Apagar la fuente de alimentación del Arduino UNO - Observar que la placa montada sobre el Arduino todos los conectores estén correctamente encajados - Energizar el Arduino
6 meses		CNC Shield V3	<ul style="list-style-type: none"> - Limpieza 	<ul style="list-style-type: none"> - Cortar la alimentación eléctrica de la fuente. - Limpiar la placa con la ayuda de una brocha seca o aire comprimido. - Energizar la fuente
6 meses			<ul style="list-style-type: none"> - Verificar conexiones 	<ul style="list-style-type: none"> - Apagar la alimentación al Arduino - La conexión de motores consta de 4 cables por motor ubicados según el eje mostrado en la placa (X, Y, Z) estos representan los pares de las dos bobinas de motor a pasos. - La conexión de los finales de carrera es un par ubicado en una esquina de la placa con las palabras "END STOPS". - La conexión de energía se encuentra en una bornera azul que admite entrada de 12 a 32 (V). - Si la entrada de alimentación esta desconectada medir la polaridad con un multímetro (Vdc). - Verificar que la conexión macho-hembra estén completamente encajadas. - Energizar la placa

6 meses		Driver A4988	- Limpieza	<ul style="list-style-type: none"> - Apagar la alimentación de la fuente. - Con una brocha seca quitar la acumulación de polvo, tener precaución al limpiar el disipador de calor sin que este se desprenda de la placa. - Realizar el proceso en las 3 placas existentes. - Si en algún caso se requiere la extracción de la placa esta puede desmontarse, pero en su reconexión identificar correctamente la ubicación de los pines en la hoja de datos de los anexos.
6 meses			- Medición de voltaje referencial	<ul style="list-style-type: none"> - Energizar la fuente. - Con la ayuda de un multímetro en (Vdc). - Colocamos las puntas de medición entre el potenciómetro de la placa y tierra (GND). - Comparamos el valor del multímetro con el valor obtenido por formula (0.96V).
6 meses	Mecánico	Rodamiento lineal	- Limpieza	<ul style="list-style-type: none"> - Energizar la fuente. - Conectar el cable serial e iniciar la comunicación con el módulo. - En modo manual mover la posición de los ejes para obtener mayor visibilidad de estos. - Con la ayuda de un compresor enviamos aire seco a presión para quitar impurezas presentes en el contorno del rodamiento. - Realizamos el proceso en ambos lados del rodamiento de todos los ejes.
			- Prueba de movilidad	- Mecánicamente con el módulo sin energía realizamos giros en el tornillo sin fin los cuales moverán cada uno de los ejes, si el esfuerzo requerido para moverlos es grande se debe realizar el cambio del rodamiento.
6 meses		Acople flexible	- Limpieza	<ul style="list-style-type: none"> - Con la ayuda de una llave hexagonal retirar el prisionero colocado entre el tornillo y el eje móvil del motor para algunos casos se debe retirar los tornillos del motor sujetos a la base. - Utilizando un compresor enviamos aire seco a presión hacia el interior del acople para expulsar la suciedad. - Se vuelve a conectar los tornillos, acople flexible y la entrada de cables en orden inverso a su desconexión. - Realizar una inspección del movimiento y en caso de existir desviación tomar acciones de calibración.
			Entenalla	- Limpieza

Tabla 1 Programa de mantenimiento.

4. Listado de verificación del sistema

En la Tabla 2 se puede visualizar un formato para realizar la verificación del mantenimiento del módulo de fresado, el cual debe ser ejecutado por personas técnicas cada 6 meses o inicio de un nuevo semestre, si hay algún problema con las acciones mostradas en el listado deben ser corregidas con el código de solución en la Tabla 3.





		LISTADO DE VERIFICACIÓN DEL MÓDULO CNC DE FRESADO				
Nombre del técnico:						
Fecha de revisión:						
Área	Elemento	Acciones	SI	NO	Código del listado de Soluciones	
Programa	Universal GCode Sender	Verificación de versión.			A1.	
		Prueba de comunicación			A2.	
		Verificación de parámetros.			A3.	
		Prueba de movilidad en modos manual y automático.			A4.	
Eléctrico	Fuente de alimentación	Limpieza de la fuente de alimentación y reajuste de conexión			B1.	
		Medición a la salida de la fuente de alimentación con 12 (V) aproximados			B2.	
	Cableado	Prueba de continuidad del cableado eléctrico			B3.	
Electromecánico	Dremel 3000	Limpieza			C1.	
		Prueba de velocidades			C2.	
	Motor NEMA	Limpieza externa			C3.	
		Medición de resistencia interna e identificación de los pares del bobinado			C4.	
Electrónico	Arduino UNO R3	Limpieza de la placa Arduino UNO			D1.	
		Conexiones correctas de los pines			D2.	
	CNC Shield V3	Limpieza de la placa CNC			D3.	
		Verificación de conexiones			D4.	
	A4988	Limpieza de la placa			D5.	
		Medición y corrección de voltaje referencial			D6.	
Mecánico	Rodamiento lineal	Limpieza externa			E1.	
		Pruebas de movilidad			E2.	
	Acople flexible	Limpieza y reajuste			E3.	
		Calibración y centrado			E4.	
	Entenalla	Limpieza			E5.	

Tabla 2 Listado de verificación del módulo de fresado.

5. Listado de soluciones

En la Tabla 3 se puede visualizar el listado de soluciones que se deben ejecutar cuando se encuentre un inconveniente en el listado de verificación del del módulo de fresado de la Tabla 2.

		LISTADO DE SOLUCIONES	
Área	Código	Solución	
Programa	A1.	<ul style="list-style-type: none"> - Descargar la versión 1.0.8 si no es la correcta. 	
	A2.	<ul style="list-style-type: none"> - Energizar el sistema - Conectar el cable USB y abrir la aplicación dando clic en el botón "Open". - Verificar que el led indicador del Arduino cambie de estar prendido a realizar un titileo constante. 	
	A3.	<ul style="list-style-type: none"> - En la barra de comandos pulsar "\$\$" y se despliega la lista de comandos con su valor. - Comparar los datos con el listado obtenido en el literal 3.6 del plan de titulación o realizar los cálculos mostrados por cada punto. 	
	A4.	<ul style="list-style-type: none"> - Siguiendo los pasos del manual de usuario realizar movimientos manuales o cargar un archivo al programa para verificar su movilidad. 	
Eléctrico	B1.	<ul style="list-style-type: none"> - Desconectar la alimentación de la red para evitar accidentes. - Desmontar la malla superior con un destornillador. - Limpiar la fuente utilizando una brocha o aire comprimido con el fin de eliminar polvo e impurezas existentes. 	
	B2.	<ul style="list-style-type: none"> - Tomar un equipo de medición, multímetro. - Configurar el equipo con el rango y parámetro de voltaje - Colocar las puntas de medición en la entrada para verificar una entrada 110 (VAC) o similar. - Colocar los cables del multímetro en la salida de la fuente, estos poseen varias borneras y observar que el valor medido sea 12 (VDC) o similar. 	
	B3.	<ul style="list-style-type: none"> - Quitar la alimentación para evitar accidentes - Tomar los equipos de medición, multímetro. - Configurar el equipo en la posición continuidad - Colocar los cables del multímetro al inicio y final de un cable. - Según el modelo del equipo de medición al unir las puntas de prueba en continuidad este generara un ruido indicando que el cable está en correctas condiciones caso contrario visualizar en pantalla. 	
Electromecánico	C1.	<ul style="list-style-type: none"> - Con una brocha pequeña limpiar hasta retirar todo el polvo existente en el exterior del motor dremel. 	
	C2.	<ul style="list-style-type: none"> - Se deberá conectar a la red el enchufe del Dremel e ir moviendo manualmente el interruptor de la regla numerada de 0-10 visualizando que la velocidad cambie. - Igualmente lo realizamos de forma descendente. 	
	C3.	<ul style="list-style-type: none"> - Para poder realizar la correcta limpieza del eje se debe retirar el acople flexible utilizando una llave hexagonal y un destornillador para los tornillos de sujeción a la base. 	

		<ul style="list-style-type: none"> - Usar un paño seco el cual haya sido sumergido en un poco de alcohol, considerar que tampoco será necesario que se humedezca mucho, pasarlo por el eje y su base. - Una vez terminado colocamos cada motor en su posición en orden inverso a su extracción. - En caso de fallar en el centrado con ayuda de los tornillos ajustar la posición manualmente con ayuda de un elemento de calibración o de forma empírica.
	C4.	<ul style="list-style-type: none"> - El motor a pasos consta de dos bobinados con 3 salidas por lo que se debe determinar el par completo. - Con ayuda de un multímetro realizamos la medición de la resistencia en los 6 terminales y determinamos el valor mayor por bobina los cuales deben ser similares. - Dichos puntos de medición deber ser los conectados hacia la placa CNC shield en la sección de ejes (X, Y, Z).
Electrónico	D1.	<ul style="list-style-type: none"> - Apagar la fuente de alimentación. - Obtener un equipo con aire comprimido - Limpiar el Arduino sin desconectar la CNC Shield con aire comprimido.
	D2.	<ul style="list-style-type: none"> - Observar que la placa CNC shield ocupe todos los pines del Arduino UNO. - La bornera de alimentación debe estar ubicada en el mismo sentido que el cable de comunicación serial de la placa Arduino UNO.
	D3.	<ul style="list-style-type: none"> - Apagar la fuente de alimentación. - Limpiar la placa con la ayuda de una brocha pequeña o un equipo de aire comprimido teniendo cuidado de no desprender los disipadores de calor de la placa A4988.
	D4.	<ul style="list-style-type: none"> - Las conexiones están divididas en grupos por motor, final de carrera y alimentación. - Los 4 cables de los motores representan los pares de bobinas por eje y están escritos en la placa CNC el eje que controla (X, Y, Z). - Los 6 pares de cables no requieren polaridad y se encuentran en la sección "END STOPS". - Finalmente, la bornera de conexión permite la recepción de 12 – 36 (VDC) y por medio de un multímetro verificamos su polaridad.
	D5.	<ul style="list-style-type: none"> - Con ayuda de una brocha pequeña retiramos el polvo que se acumula en la parte superior de la placa teniendo cuidado de no desprender los disipadores de calor ni mover la posición del multímetro.
	D6.	<ul style="list-style-type: none"> - Alimentamos la placa Arduino únicamente con el cable de comunicación serial con el pc y desconectado la fuente. - Tomamos un multímetro y realizamos la medición entre el potenciómetro de la placa y un pin de GND y se debe obtener 0.96 (VDC). - Si el valor es mayor o menor con la ayuda de un destornillador llevar al valor marcado (la sensibilidad del potenciómetro es alta).
Mecánico	E1.	<ul style="list-style-type: none"> - Utilizando una fuente de aire comprimido mandamos aire a presión en los contornos del rodamiento para expulsar material residual de la CNC que se adhiere en cada uno de los 12 rodamientos por ambos lados.

	E2.	<ul style="list-style-type: none"> - Desconectar la alimentación. - Con una mano realizar giros en el tornillo sin fin el cual debe desplazarse sin mayor esfuerzo. - Realizar giros en ambas direcciones. - En caso de desgaste del rodamiento extraer y reemplazar.
	E3.	<ul style="list-style-type: none"> - Desconectar la alimentación de la fuente. - Utilizando una llave hexagonal se afloja los tornillos a ambos lados del acople y se lo extrae. Para el eje X se debe retirar los tornillos que sujetan al motor para extraer el acople - Con un compresor enviar aire a presión hacia el alojamiento interno para eliminar el polvo residual. - Acabado el proceso volvemos a colocar los acoples limpios.
	E4.	<ul style="list-style-type: none"> - Únicamente el eje X debe ser calibrado. - Para un correcto centrado los tornillos de sujeción del motor poseen cierto juego para mover al eje manualmente. - Una vez centrado los tornillos se ajustan para sujetar el motor a la carcasa.
	E5.	<ul style="list-style-type: none"> - Con una fuente de aire comprimido limpiamos los conductos donde la placa móvil de la entenalla se desplaza. - Utilizando un trapo con alcohol se limpia el tornillo y el exterior.

Tabla 3 listado de soluciones para problemas técnicos del módulo de fresado

6. Problemas comunes

En la Tabla 4 se puede verificar algunos problemas comunes que se generan fuera del tiempo de mantenimiento de manera inoportuna, los cuales se menciona su causa y solución.



	PROBLEMAS COMUNES		
Problema	Causas posibles	Solución	
Los motores no giran	<ul style="list-style-type: none"> - Falla de la fuente 	<ul style="list-style-type: none"> - Es posible que exista comunicación entre la placa y el ordenador, pero la fuente no este conectada a la red o este dañada por lo que el suministro del ordenador es insuficiente (ESTO PUEDE DAÑAR EL PUERTO USB DEL ORDENADOR). 	
	<ul style="list-style-type: none"> - Cables sueltos o mal conectados 	<ul style="list-style-type: none"> - Los motores a pasos están conectados a la placa CNC Shield por medio de 4 cables y es posible que su secuencia de activación esta cambiada de posición para ello se invierte la conexión de los terminales 2 y 3. 	
	<ul style="list-style-type: none"> - Final de carrera activado 	<ul style="list-style-type: none"> - Es posible que se haya accionado un final de carrera al realizar pruebas o al iniciar el módulo este presionado. - Verificar que ningún limite este activado y reiniciar la comunicación. 	
Motor dremel no trabaja	<ul style="list-style-type: none"> - Desgaste de escobillas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Sin energizar la herramienta utilizar la llave para quitar las tapas de las escobillas como muestra la imagen Anexo B - Quitar las escobillas y medir su longitud si es menor a 3.2 mm y su superficie es aspera o dañada cambiar ambas. - Ya colocadas durante unos minutos dejar que el motor gire sin carga hasta que se acienten las escobillas 	
Mal desplazamiento del eje	<ul style="list-style-type: none"> - Falla de centrado 	<ul style="list-style-type: none"> - Cuando el eje está mal posicionado se debe aflojar los tornillos de sujeción al motor e ir regulando poco a poco que el centrado ya que el acople flexible ayuda en la desviación cuando es mínima. 	

Tabla 4 Problemas comunes que se generan en el módulo de fresado