

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE



Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas

Carrera de Ingeniería en Mantenimiento Eléctrico

IMPLEMENTACIÓN DE UNA MAQUINA CNC DE 3 EJES TAMAÑO A0 PARA EL LABORATORIO DE TECNOLOGIA

Trabajo de grado presentado previo a la obtención del título de grado de Ingeniero
en Mantenimiento Eléctrico

AUTOR:

Chasi León Jonathan Andrés

DIRECTOR:

Ing. Francisco Naranjo Cobo MSc.

Ibarra – Ecuador

2023



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACION DE USO Y PUBLICACIÓN

A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	100491663-9		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Chasi León Jonathan Andrés		
DIRECCIÓN:	Otavalo		
EMAIL:	jachasil@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:	062 903 148	TELÉFONO MÓVIL:	0981938225

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	IMPLEMENTACIÓN DE UNA MAQUINA CNC DE 3 EJES TAMAÑO A0 PARA EL LABORATORIO DE TECNOLOGIA
AUTOR (ES):	Chasi León Jonathan Andrés
FECHA: DD/MM/AAAA	26/06/2021
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO <input type="checkbox"/>	
PROGRAMA:	<input type="checkbox"/> POSGRADO <input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniero en Mantenimiento Eléctrico
ASESOR /DIRECTOR:'	Ing. Francisco Naranjo Cobo MSc.



UNIVERSIDAD TECNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACION DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TECNICA DEL NORTE

2. CONSTANCIA

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 21 días del mes de marzo de 2023

EL AUTOR:

Chasi León Jonathan Andrés



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS
APLICADAS

ACEPTACIÓN DEL DIRECTOR

Ing. Francisco Naranjo Cobo MSc.

CERTIFICA

Que después de haber examinado el presente trabajo de investigación elaborado por el señor estudiante: Chasi León Jonathan Andrés, certifico que ha cumplido con las normas establecidas en la elaboración del trabajo de investigación titulado: **"IMPLEMENTACIÓN DE UNA MAQUINA CNC DE 3 EJES DE TAMAÑO A0 PARA EL LABORATORIO DE TECNOLOGIA"** para la obtención del título de Ingeniero en Mantenimiento Eléctrico.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Francisco Naranjo Cobo", written over a horizontal dashed line.

Ing. Francisco Naranjo Cobo MSc.

DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO

Dedicatoria

Todo el tiempo y esfuerzo invertido para poder desarrollar el presente trabajo está dedicado especialmente a mis queridos padres, hermanos y mi familia en general, ellos fueron y son el motivo por el cual alcance mis metas, gracias a su apoyo incondicional de cada día he logrado cumplir con mis objetivos.

Agradecimiento

Deseo expresar mi más sincero sentimiento de gratitud y respeto a mi familia y a todos quienes han hecho posible alcanzar esta anhelada meta y por fin sea una realidad. Al MSc. Francisco Naranjo Cobo por su calidad humana, comprensión y por tomar la dirección de esta tesis e ir guiándome hacia la culminación de esta de una manera correcta.

A la Universidad Técnica del Norte por abrirme sus puertas y brindarme una educación de calidad y una formación académica derecha y muy reconocida. El esfuerzo de todos mis docentes por compartir e inculcar sus amplios conocimientos tanto dentro como fuera de la institución, por su amistad y entrega.

De una manera muy especial deseo expresar mis más sinceros agradecimientos a todos mis compañeros y amigos por todos los momentos de alegrías y tristezas vividos en el tiempo que hemos compartido.

Chasi León Jonathan Andrés

Tabla de Contenidos.

ACEPTACIÓN DEL DIRECTOR.....	¡Error! Marcador no definido.
Dedicatoria	V
Agradecimiento	VI
 Tabla de Contenidos.	VII
Índice de Figuras.....	X
Índice de Cuadros	X
Resumen.....	XI
Palabras Clave.	XI
Abstract.	XII
Introducción	XIII
A1. Contextualización.....	XIII
A2. Planteamiento del problema.....	XIII
A3. Justificación del trabajo.	XIII
A4. Alcance del trabajo.....	XIV
Objetivo General.	XIV
Objetivos Específicos.....	XIV
Capítulo 1.....	15
Marco Teórico	15
1.1. Control Numérico Computarizado (CNC)	15
Ventajas de una Máquina CNC.....	16
1.2. Funcionamiento de una Máquina CNC	16
Ejes Principales de una CNC.....	16
1.3. Tipos de Máquina CNC.....	17
1.3.1. Tornos CNC.....	17
1.3.2. Fresadoras CNC.....	18
1.3.3. Enrutador CNC	19
1.3.4. Cortadora de Plasma CNC	19

1.3.5.	Impresoras 3D FDM	20
1.4.	Sistemas de Control de Movimiento	21
1.4.1.	Hardware de Control de Movimiento	21
1.4.2.	Código G	24
1.5.	Tipos de Fresa.....	24
1.6.	Software de Control de Máquina	26
1.7.	Software de Diseño de Estructura.....	27
1.8.	Software para Generar Código G	28
1.9.	Componentes de una Máquina CNC	29
1.9.1.	Estructura Mecánica.....	29
1.9.2.	Sistema de Desplazamiento	30
1.9.3.	Motor para el Corte, Fresado o Desbaste.....	32
1.9.4.	Final de Carrera.....	33
Capítulo 2.....	35	
2.1. Metodología.....	35	
2.1.1.	Diseño de Hardware	36
2.1.2.	Diseño Electrónico	36
2.1.3.	Software.....	36
2.1.4.	Pruebas e Implementación	36
2.2. Selección de Softwares	36	
2.2.1.	Elección de Software para Diseño Mecánico.	37
2.2.2.	Elección de Software para Control de la Máquina.	37
2.2.3.	Selección de Software para generar código G.	37
2.2.4.	Selección de Software para lectura del Código G.	38
2.3. Ecuaciones para el cálculo de los elementos mecánicos.....	38	
2.3.1.	Ecuaciones para el cálculo de potencia para la selección del Husillo.....	38
2.3.2.	Ecuaciones para el cálculo de Torque para la Selección de motor.....	40
2.4.1.	Dimensionamiento del área de trabajo.	43

2.4.2. Dimensiones de la Estructura de la Máquina	43
2.4.3. Diseño 3D de la Máquina CNC	43
2.5. Cálculos	45
2.5.1 Cálculos de potencia para la selección del Husillo	45
2.5.2. Cálculo de Torque para la Selección de Motor para los Ejes	46
2.6. Descripción y Selección de Materiales	47
2.6.1. Selección de Material para Construcción Estructura de la Máquina	48
2.6.2. Selección de Motores para Elementos Móviles	48
2.6.3. Selección de Sistemas de Desplazamiento.....	49
2.6.4. Selección de Tarjeta de Control Arduino	49
2.6.5. Drivers Motores.....	50
2.6.6. Selección de Husillo de Corte	50
2.6.7. Selección de los Sensores Finales de Carrera.....	51
2.6.8. Selección de los Fuente de Alimentación.....	51
2.7. Esquemático de Conexión.	52
Capítulo 3.....	56
3.1. Construcción del Prototipo.....	56
3.1.1. Construcción Mecánica del Prototipo	56
3.1.2. Montaje de Motores en Estructura	57
3.1.3. Montaje de Componentes Electrónicos en el Tablero de Control	59
3.1.4. Montaje de Finales de Carrera.....	62
3.2. Softwares y Firmware.	62
3.2.1 Firmware GRBL	62
3.2.2. Software para la Generación de Código G.....	63
3.2.3. Software de Control de Máquina CNC.	63
3.3. Pruebas de Funcionamiento.	65
3.3.1. Funcionamiento de Forma Manual.....	65
3.3.2. Funcionamiento con Código G sin Material para el Mecanizado.	66
3.3.3. Funcionamiento con Material para el Mecanizado.....	66

Conclusiones.	70
Recomendaciones.	71
Referencias	72
ANEXOS	76
ANEXOS 1. Dimensiones de piezas de ensamblaje de la máquina	76
ANEXOS 2 Construcción de la Máquina.	79
ANEXOS 3 Pruebas de Funcionamiento.....	85

Índice de Figuras

Figura 1. Ejes Principales de una CNC	17
Figura 2 Torno CNC	18
Figura 3 Fresadora CNC	18
Figura 4 Enrutador CNC.....	19
Figura 5 Cortadora de plasma CNC	20
Figura 6 Impresora 3D CNC.....	20
Figura 7 Placas Arduino.....	21
Figura 8 Shield Arduino CNC V3.....	22
Figura 9 Driver TB6600	23
Figura 10 Motor paso a paso	24
Figura 11 Interfaz del software GRBL Controller.....	26
Figura 12 Interfaz Universal G-Code Sender	27
Figura 13 Interfaz de SolidWorks	28
Figura 14 Interfaz del software Inkscape.....	29
Figura 15 Perfil de aluminio. V-Slot.....	30
Figura 16 Elementos del Sistemas de Correas Dentadas.....	31
Figura 17 Ejemplo piñón-cremallera.....	31
Figura 18 Tornillo de bolas.....	32
Figura 19 Motor Spindle de corriente continua.....	33
Figura 20 Motor Trifásico.	33
Figura 21 Final de Carrera Óptico.....	34
Figura 22 Final de Carrera Mecánico.....	34
Figura 23 Esquema de la Metodología.....	35
Figura 24 Vista isométrica del diseño 3D de la máquina.....	44
Figura 25 Masa del puente que se desplazara en el eje Y.....	46
Figura 26 Representación del perfil de aluminio con sus dimensiones en mm. ...	48
Figura 27 Esquema de conexiones del motor paso a paso.....	52
Figura 28 Esquemático de los 4 motores	53
Figura 29 Conexiones del Final de Carrera.....	54
Figura 30 Estructura Mecánica	57
Figura 31 Inicia de la construcción del eje "X" y eje "Z"	57
Figura 32 Montaje de motores y unión de acoples.....	58

Figura 33 Montaje del motor en el eje "X"	58
Figura 34 Motor montado en el eje "Z"	59
Figura 35 Tablero de control-Vista Interna.	60
Figura 36 Esquema de conexiones del tablero.	61
Figura 37 Conexión Variador de Frecuencia con Spindle.	61
Figura 38 Interfaz de Universal G Code Sender.	66
Figura 39 Prueba con Material.	67
Figura 40 Prueba de grabado con marcador.....	68
Figura 41 Prueba de funcionamiento en MDF.....	68
Figura 42 Dimensión del marco del eje "X"	76
Figura 43 Dimensiones de la cama	76
Figura 44 Corte me bases de aluminio.....	79
Figura 45 Perforación de bases de aluminio	79
Figura 46 Construcción de base del eje "Y"	80
Figura 47 Montaje de rodamientos.....	80
Figura 48 Construcción arco del eje "X"	81
Figura 49 Estructura de perfil de aluminio.....	81
Figura 50 Montaje de tornillos de potencia.....	82
Figura 51 Construcción del eje "X" y el eje "Z"	82
Figura 52 Montaje de motores	83
Figura 53 Montaje del Spindle.....	83
Figura 54 Máquina Terminada.	84
Figura 55 Prueba de Texto.....	85
Figura 56 Prueba de Circulo	85
Figura 57 Prueba de Texto y Grafico.	86
Figura 58 Prueba de Grafico.	86

Índice de Cuadros

Tabla 1 TIPOS DE FRESAS.....	24
Tabla 2 SELECCION DE SOFTWARE DE DISEÑO MECANICO.....	37
Tabla 3 SOFTWARE CONTROL DE LA MÁQUINA.....	37
Tabla 4 SOFTWARE PARA GENERAR CODIGO G.....	38
Tabla 5 SOFTWARE DE LECTURA DE CODIGO G.....	38
Tabla 6 VELOCIDAD DE CORTE	39
Tabla 7 FUERZA ESPECIFICA DE CORTE.....	40
Tabla 8 COEFICIENTE DE FRICCIÓN	42
Tabla 9 DIAMETROS PREFERIDOS PARA ROSCA.....	42
Tabla 10 CARACTERITICAS DEL MOTOR A PASOS.....	48
Tabla 11 SELECCIÓN SISTEMA DE TRANSMISIÓN	49
Tabla 12 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS ARDUINOS.....	49
Tabla 13 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE DRIVER DM 566.....	50
Tabla 14 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE DRIVER TB6600.....	50
Tabla 15 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS HUSILLO	51
Tabla 16 ESPECIFICACIONES FINALES DE CARRERA	51
Tabla 17 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE FUENTE DE ALIMENTACIÓN.....	52
Tabla 18 RESUMEN DE RESULTADOS DE CALCULO.....	54
Tabla 19 ELEMENTOS DEL HARDWARE.....	54

Resumen

El avance de la tecnología cada vez es más significativo permitiendo tener unas mejoras en el proceso de elaboración de productos. En ciertas industrias es necesario realizar corte con una muy buena precisión y realizarlo de manera manual puede ocasionar problemas como la falta de precisión en el corte, además que puede presentarse daños físicos en quienes realizar estos cortes. Por tal motivo la finalidad del presente trabajo es implementar una máquina CNC que permita el corte de materiales como aluminio y MDF. Para el desarrollo de este trabajo se realizó un diseño de la estructura del prototipo con la ayuda del software SolidWorks. Dentro de los elementos que forman parte del hardware se destacan el uso de un microcontrolador Arduino Uno y una Shield CNC Arduino y Drivers TB6600 los mismos que permiten el control de movimientos del prototipo. Se realizó la selección de softwares, teniendo como resultado de esa selección el software como Arduino que tiene la ventaja de ser compatible con el microcontrolador Arduino Uno, Inkscape software para generar el código G y finalmente Universal Gcode Sender para el control del prototipo. Se realizaron pruebas de funcionamiento y posterior a ello la implementación de la máquina dentro del laboratorio. Teniendo como resultado una máquina Control Numérico Computarizado de tres ejes totalmente funcional y capaz de realizar cortes en materiales como MDF y aluminio de un grosor de hasta 5mm. La máquina CNC está conformada de 3 ejes y cuenta con un área de trabajo tamaño A0 y se encuentra a disposición en el laboratorio la Carrera de Ingeniería Eléctrica.

Palabras Clave.

Inkscape, Microcontrolador, Arduino, Control Numérico Computarizado (CNC), Drivers, Universal Gcode Sender (UGS)

Abstract.

The advancement of technology is becoming more and more significant allowing to have an improvement in the manufacturing process of products. In certain industries it is necessary to cut with a very good precision and doing it manually can cause problems such as lack of precision in the cut, in addition to physical damage to those who make these cuts. For this reason, the purpose of this work is to implement a CNC machine that allows the cutting of materials such as aluminum and MDF. For the development of this work, a design of the prototype structure was made with the help of SolidWorks software. Among the elements that are part of the hardware we highlight the use of an Arduino Uno microcontroller and an Arduino CNC Shield and TB6600 Drivers, which help to control the movements of the prototype. The selection of software was made, having as a result of that selection of software such as Arduino that has the advantage of being compatible with the Arduino Uno microcontroller, Inkscape software to generate the G-code and finally Universal Gcode Sender for the control of the prototype. Functional tests were carried out and after that the machine was implemented in the laboratory. The result was a fully functional 3-axis CNC machine capable of cutting materials such as MDF and aluminum up to 5mm thick. The CNC machine consists of 3 axes and has a work area size A0 (841mm x 1190mm) and is available in the laboratory of the Electrical Engineering Career.

Introducción

A1. Contextualización.

En el transcurso de estos últimos años se ha visto como la tecnología ha ido avanzado en el mundo, las grandes potencias mundiales han realizado grandes avances en el desarrollo de máquinas que les permitieron optimizar el proceso de fabricación de productos. Sin embargo, el país aún no cuenta con esta tecnología, esto debido a que implementar esta tecnología tiene un costo significativo.

Implementar un modelo de máquina CNC permitirá realizar corte en aluminio y MDF lo cual sería de gran aporte dentro de la industria, ya que estos materiales son utilizados comúnmente dentro de nuestro medio, además, que permite realizar el corte de piezas con una buena precisión e inclusive previniendo riesgos de daños físicos a quienes realizan estas actividades y en menor tiempo. En distintas instituciones de educación superior se han realizado distintos proyectos de diseño y ensamblaje de máquinas capaces de realizar cortes de piezas y fabricación de placas electrónica.

A2. Planteamiento del problema.

En la actualidad, la industria tiene la necesidad de optar por nuevas tecnologías para tener una mejor producción, sin embargo, la adquisición de este tipo de tecnologías es complicado debido al costo que implica. Ciertas industrias tienen la necesidad de realizar corte de piezas en materiales, como: aluminio, vinilo y moda, pero hacerlo puede tener ciertas dificultades, debido a que en el proceso de corte puede existir ciertas fallas en la precisión del corte, además que, al realizar estas actividades de forma manual puede ocasionar daños físicos a las personas que ejecutan estas acciones.

A3. Justificación del trabajo.

La implementación de una máquina CNC de 3 ejes, permitiría automatizar el proceso de corte, que generalmente se lo realiza de forma manual, inclusive se podrá evitar daños físicos hacia las personas encargadas de realizar estas acciones, el contar con este tipo de maquinaria permitiría reducir tiempos de producción dentro de una industria. Al implementar este tipo de máquinas dentro del laboratorio aportaría de manera significativa a los beneficiarios, en este caso los estudiantes, y permitirles relacionarse con nuevas tecnologías, además de contar con una máquina que les facilitaría la construcción de los prototipos de sus proyectos.

Una maquina CNC puede producir una gran cantidad de piezas las cuales van a tener exactamente las mismas características y dimensiones, lo que en la industria permite aumentar la producción en masa.

A4. Alcance del trabajo.

Construir e implementar una máquina Control Numérico Computarizado de tres ejes para el laboratorio de Tecnología de la Carrera de Electricidad, que sea capaz de realizar corte de piezas de aluminio, vinilo y MDF de un grosor máximo de 5 mm, corte por desbaste y grabado en madera.

Para el deslizamiento de los ejes, se utilizará riel para cada eje, incluyendo tornillo de potencia, los mismos que estarán acoplados a motores PAP (paso a paso), los cuales están encargados del desplazamiento de cada uno de los ejes. El control de los ejes se hará por un módulo CNC para cada uno de los motores con sus respectivos drivers. La programación se haría mediante un software libre como lo es Arduino, y para la programación de los movimientos de los ejes se lo realizaría mediante código G. El área de trabajo de la maquina será de tamaño A0 (841×1189 mm). El diseño electrónico se lo realizaría con el uso del software KiCAD, el software antes mencionado es de uso libre. Para el diseño de la estructura se lo realizaría con la ayuda del software SolidWorks, en este caso se cuenta con una licencia educativa. El corte máximo va a ser 5 mm en aluminio o MDF.

Objetivo General.

Implementar una máquina CNC de 3 ejes con área de trabajo A0, para el laboratorio de Tecnología de la Carrera de Ingeniería Eléctrica, mediante uso de microcontroladores.

Objetivos Específicos.

1. Determinar los requerimientos para el diseño y construcción de una máquina CNC de 3 ejes.
2. Diseñar la máquina CNC de 3 ejes de tamaño A0.
3. Implementar el prototipo de CNC en el laboratorio de Tecnología de la Carrera de Electricidad

Capítulo 1

Determinación de Requerimientos para el Diseño y Construcción de una Máquina CNC de 3 Ejes

El Capítulo 1 se realizó una recolección de información para desarrollar del trabajo de grado, abordando distintos temas importantes para la redacción del marco teórico.

Al inicio del capítulo se habla de una breve introducción de Control Numérico Computarizado mediante definiciones concisas para tener un mejor entendimiento, también se da una rápida descripción del funcionamiento de un módulo CNC y los ejes con los que este tipo de máquinas trabajan y además de una breve clasificación de los tipos de máquinas CNC que existen.

El capítulo también habla de los softwares considerados para realizar el boceto del prototipo, estos softwares se han dividido según su utilidad.

Al final del capítulo se presenta los materiales y componentes que permiten el ensamblaje de una máquina CNC y se describe los distintos sistemas de desplazamiento con los que se consideran trabajar, entre otros elementos que conforman el hardware.

Marco Teórico

1.1. Control Numérico Computarizado (CNC)

Control Numérico Computarizado también conocido con siglas CNC, hace referencia a control automático de máquinas herramientas mediante un computador, con el objetivo de realizar trabajos mecánicos.

En la década de 1940 y 1950 se introdujeron las primeras máquinas de control numérico (NC) que funcionaban leyendo cintas perforadas a través de un lector que enviaba información a un controlador mediante una serie de señales eléctricas que permitían a las máquinas mover las herramientas de corte según un programa acompañamientos. (Campoverde, 2015)

Según (Marin, 2012) define como Control Numérico Computarizado (CNC) a todo dispositivo capaz de posicionarse en diferentes planos de un dispositivo mecánico, este dispositivo realiza movimientos por medio de ordenes que son predeterminadas para el cumplimiento de un trabajo determinado, todo ello mediante la interacción de un lenguaje de programación y un computador.

Ventajas de una Máquina CNC

El uso de dispositivos CNC pueden conllevar grandes ventajas que pueden ser mencionadas a continuación:

- a) Mayor precisión.
- b) Mayor uniformidad en la producción de piezas
- c) Se reduce el agotamiento del operador
- d) Mayor seguridad laboral
- e) Fácil control de calidad
- f) No se requiere experiencia en la operación de la máquina.
- g) Fácil proceso de productos de aspecto complicada.

1.2. Funcionamiento de una Máquina CNC

El funcionamiento de una máquina CNC está basado prácticamente en el movimiento de sus ejes. La máquina cuenta con controladores los cuales reciben instrucciones de una computadora, dichas instrucciones están dadas en códigos (Código G y Código M) y mediante un software estas instrucciones se convierten en señales eléctricas que permiten activar los motores que sirven para el desplazamiento de los ejes "X", "Y", "Z".

Ejes Principales de una CNC

Las Máquinas CNC (Control Numérico Computarizado) pueden contar con varios ejes, en este trabajo se realizará la construcción de un prototipo CNC de 3 ejes, los ejes que se toman en cuenta en este tipo de máquina son eje "X", eje "Y", eje "Z", los mismo que se describen a continuación.

Eje X: Es el eje asociado con el desplazamiento en el plano horizontal de la mesa de fresado.

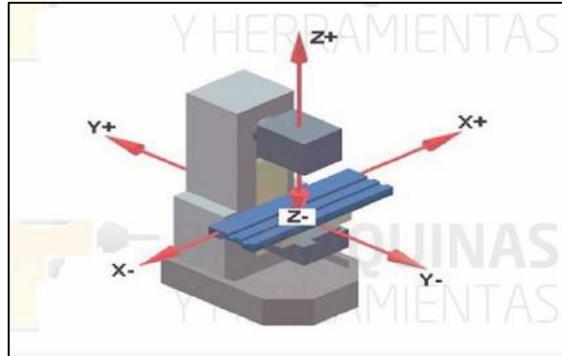
Eje Y: Hace relación al desplazamiento en el plano vertical del área de fresado.

Eje Z: En este eje va ensamblada la Fresadora, posee la potencia de corte y adopta diferentes lugares según permita el cabezal. Esto también está relacionado al movimiento vertical del cabeza del prototipo.

En la Figura 1 se esquematiza una máquina C.N.C. básica donde se puede observar de manera gráfica los ejes principales, para tener un mejor entendimiento.

Figura 1.

Ejes Principales de una CNC



Nota. El grafico presenta una fresadora CNC, en la cual se aprecia los 3 ejes en los que esta máquina CNC se podría desplazar. Ejes principales de un CNC, Tomado de Máquinas y Herramientas (demaquinasyherramientas.com)

1.3. Tipos de Máquina CNC

El control numérico computarizado tiene muchas aplicaciones en distintas máquinas herramientas. Muchas de estas máquinas son muy útiles para las industrias en especial en las que tienen la necesidad de realizar corte con mucha precisión.

A continuación, se realiza una lista de la maquinaria que comúnmente cuentan con la tecnología de control numérico.

1.3.1. Tornos CNC

La primera máquina dentro del listado es el torno, generalmente este tipo de máquina es usado para realizar perforaciones y corte en un corto tiempo. Quizás estos equipos son los que más disponen de la tecnología CNC; estas máquinas tienen la capacidad realizar cortes de metal a gran velocidad mediante movimientos giratorios. Realizan perforaciones y cortes con precisión en forma instantánea, haciendo uso de brocas y herramientas, todo esto bajo órdenes de algoritmos complicados y leen código G (Criollo, 2019). La Figura 2 es un ejemplo de un torno, es de pequeña dimensión y podría ser usado para la producción de piezas pequeñas.

Figura 2
Torno CNC

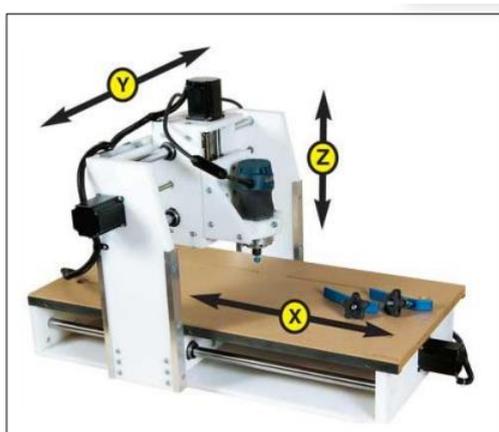


Nota. El gráfico presenta un Torno CNC, esta máquina es otra variante de máquina CNC que se han desarrollado en los últimos años. Torno CNC, Edison Criollo, 2019

1.3.2. Fresadoras CNC

Otras de las variantes de máquina que funciona por control numérico computarizado son las fresadoras. Según (Criollo, 2019) las máquinas CNC para fresado están compuestas por mecanismos de movimientos de 3 ejes “X”, “Y”, “Z”. Consiste en un cabezal equipado con un mecanismo giratorio con una herramienta de corte u otro tipo de instrumento y una mesa de trabajo o espacio de trabajo. El dispositivo de corte puede moverse hacia abajo y arriba (dentro y fuera) mientras sigue una trayectoria dentro del espacio de trabajo. En la Figura 3 se puede apreciar como se ve una máquina CNC y sus ejes en los cuales puede moverse.

Figura 3
Fresadora CNC



Nota. El gráfico indica una fresadora CNC la cual cuenta con 3 ejes de movimiento, siendo otra máquina que cuenta con control numérico computarizado. Máquina Fresadora CNC, de Rafael Chang, 2015

1.3.3. Enrutador CNC

Los enrutadores son máquinas que permiten realizar mecanizados en distintos materiales en varias medidas dependiendo del espacio de trabajo del enrutador, mediante el acarreo o enrutamiento hacia el dispositivo de corte. Esta máquina es perfecta para el corte de materiales como los plásticos, placas metálicas y también madera. También puede ser utilizado en la elaboración de láminas a grandes velocidades. (Acosta, 2018)

La Figura 4 se puede ver un ejemplo de un Enrutador CNC, observando la figura antes mencionada, haciendo referencia que este enrutador cuenta con 3 ejes.

Es necesario mencionar que el Enrutador CNC, es el tipo de máquina que se desea construir e implementar en el laboratorio.

Figura 4

Enrutador CNC



Nota. Se puede observar un enrutador CNC, que cuenta con 3 ejes, se hace mención que esta máquina es un ejemplo de lo que se desea desarrollar. Enrutador CNC, Edison Criollo, 2019.

1.3.4. Cortadora de Plasma CNC

Una cortadora de plasma cuenta con funciones similares que un enrutador, con la diferencia depende de su tamaño o disposición, ya que no impulsa el material con el cual se haya decido trabajar, sino que lo corta con arco de plasma a altas temperaturas y se mueve sobre la pieza, permitiendo conseguir acabados y superficies de altísima precisión en metal pesado, las cortadoras actúan por fundición del material en lugar de corte (Criollo, 2019). En la Figura 5 se observa una cortadora de plasma, y se aprecia que es de uso industrial esto debido al tamaño de la mesa de trabajo y cuenta con dos ejes de desplazamiento como lo son el eje "X" y el eje "Y".

Figura 5

Cortadora de plasma CNC



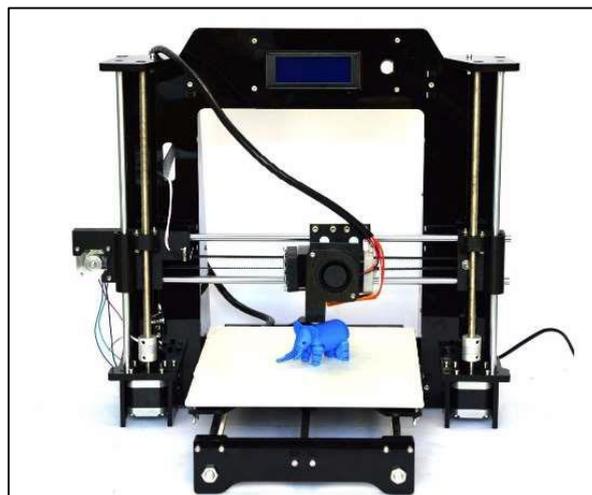
Nota. En la figura presentada se puede observar una cortadora de plasma CNC, siendo esta una variable de máquinas CNC, este tipo de máquinas se usa a nivel industrial para el corte de metales. Cortadora de plasma CNC, Edison Criollo, 2019,

1.3.5. Impresoras 3D FDM

Las impresoras 3D han tenido un gran impacto, al igual que el resto de las máquinas mencionadas funcionan bajo un control numérico computarizado. Las impresoras 3D, se manejan bajo la funcionalidad de control numérico computarizado. Estas máquinas colocan pequeñas cantidades de material por medio boquillas extrusoras que inyectan material derretido capa por capa ensamblar una pieza completa. Estas impresoras pueden hacer copias de varias partes incluidas prótesis médicas y órganos artificiales. (Acosta, 2018). La Figura 6 es una impresora 3D de un tamaño pequeño que puede ser utilizado para el desarrollo de piezas pequeñas, de igual manera al ser una impresora 3D cuenta con tres ejes de desplazamiento.

Figura 6

Impresora 3D CNC



Nota. La imagen presenta una impresora 3D, una de las ultima variables de máquinas CNC y su construcción puede llegar a ser un poco complicada. Impresora 3D CNC, Edison Criollo, 2019,

1.4. Sistemas de Control de Movimiento

Dentro del sistema de movimiento se debe considerar dos aspectos, primero se debe considerar el hardware con el cual se va a controlar la maquina CNC, y el segundo es considerar que tipo de código se utiliza para la programación de esta.

Por lo general la programación de estas máquinas CNC se efectúa por medio de código G y código M.

1.4.1. Hardware de Control de Movimiento

Para controlar el movimiento de la máquina es importante conocer los elementos que hacen parte del hardware de control de movimiento por tal razón a continuación se da a conocer los distintitos elementos que se han sido considerados.

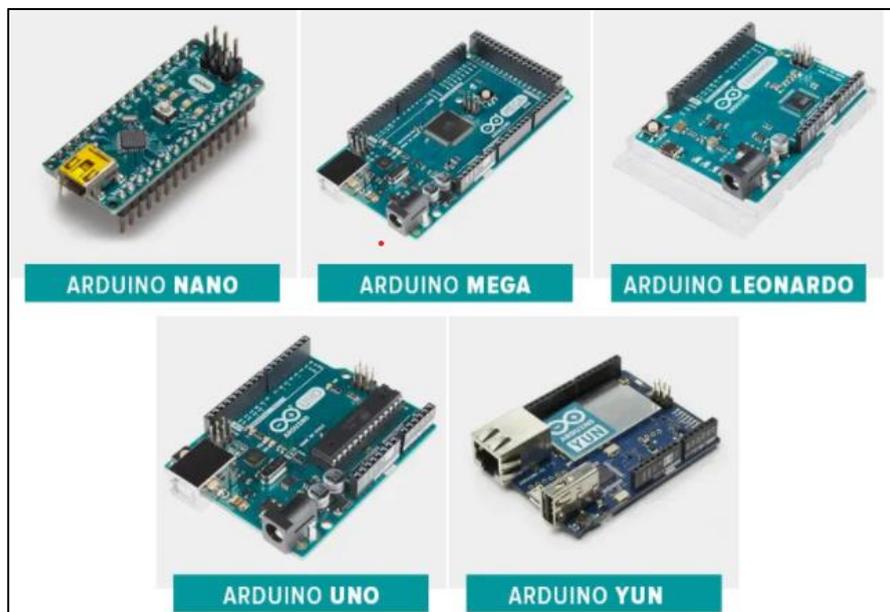
Placa Arduino

La placa Arduino es un dispositivo que trabaja con el software Arduino, esta placa cuenta con una serie de pines de conexión y todas las placas cuentan con microcontroladores reprogramables. Los pines admiten conexiones entre la placa de control y distintos dispositivos (Sensores).

Arduino tiene una amplia gama de placas, la variedad de placas de desarrollo que ofrece Arduino se observa en la Figura 7 estas placas son utilizadas dependiendo de la aplicación que sea necesaria.

Figura 7

Placas Arduino.



Nota. La figura se presenta distintas variables de placas con las que cuenta Arduino, estas placas se consideran para el control del prototipo. Placas Arduino, Arduino, <http://arduino.cl/que-es-arduino/>

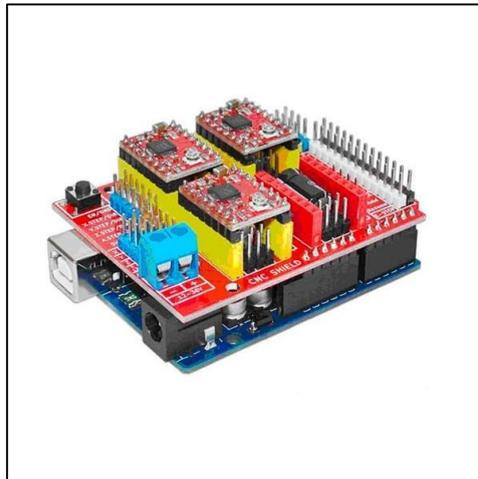
Shield CNC Arduino

El Arduino CNC Shield es una placa de dimensiones (68.8 x 53.5 x 11.7 mm) la cual que permite el manejo de hasta 4 motores mediante la ayuda del software arduino ya que cuenta con formato Shield. Se puede utilizar con cualquier modelo de Arduino, aunque es recomendable utilizarlo con Arduino UNO.

La Figura 8 presenta como se ve la placa Shield Arduino CNC V3, además que en la Figura 8 se aprecia como se ve una vez montada sobre una placa Arduino Uno.

Figura 8

Shield Arduino CNC V3



Nota. En la figura se observa una Shield Arduino CNC V3, la misma que se encuentra acoplada a un Arduino Uno. Shield Arduino, [Fotografía] AM Electronics

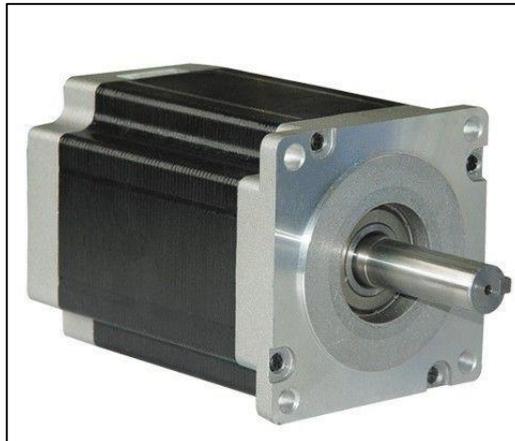
Driver o Controladores para Motores Paso a Paso

Existen elementos que forman parte de hardware de la máquina que son de mucha utilidad en el manejo de los motores PAP (Paso a Paso). Los drivers se los puede definir como controladores electrónicos compactos, que son fabricados para funcionar y controlar motores PAP. Para el funcionamiento del controlador, se cuenta con la configuración de interruptores, que relacionan corrientes de alimentación del motor y señales de pulso-revolución (Campoverde, 2015). Con esta breve definición se puede dar a conocer algunos de los drivers que se consideran para que formen parte del hardware, tomando en cuenta que controlador es más efectivo o de mayor aporte.

Driver TB6600

Es un dispositivo sencillo de utilizar que proporciona el control de motores (PAP). Tiene compatibilidad con el software arduino y otras placas de desarrollo que tengan la capacidad de generar señales de 5V. Capaz de manejar una $I_{m\acute{a}x}$ de 5 A. Este dispositivo permite

Figura 10
Motor paso a paso



Nota. En la figura antes presentada, se indica un motor PAP que generalmente se usan en máquinas CNC el torque con el que cuentan. Motor paso a paso, [Fotografía] BIGTRONICA, http://www.bigtronica.com/5119-thickbox_default/motor-paso-a-paso-hibrido-nema-34-45kg-cm.jpg

1.4.2. Código G

El código G o G-Code es un lenguaje de programación vectorial que describe operaciones simples y objetos geométricos simples (principalmente líneas y arcos) juntos con parámetros de mecanizado apropiados (avance y velocidad de herramientas). Este lenguaje es de uso común en control numérico, consiste en instrucciones o comando de indican la posición, velocidad y trayectoria que tomará la máquina. (Campoverde, 2015)

1.5. Tipos de Fresa

Antes de iniciar una clasificación de los ejemplos de fresas se debe tener claro que es una fresa y se debe tener un concepto. Una fresa es una pieza giratoria que se utiliza para mecanizar materiales y forma parte de la herramienta principal de una fresadora CNC. Suelen estar fabricadas en acero rápido, pero debido al alto coste de la materia prima, las fresas de mayor dimensión están fabricadas con cuerpo de acero y la parte de corte tiene una hoja de acero rápido. (DE MAQUINAS Y HERRAMIENTAS, 2019).

En la Tabla 1 se puede observar una clasificación de los distintos tipos de fresas y los usos que se les dan, las mismas se aplican tanto para metal como en la madera.

Tabla 1
TIPOS DE FRESAS

TIPOS DE FRESADO		
TIPO DE FRESA	CARACTERISTICAS	APLICACIONES
Dentado recto (Corte brusco)		Afinado Planeado Desbaste
Cilíndricas		

Periféricas	Helicoidal (Corte Progresivo) El espacio entre dentado depende de la rigidez de la pieza de trabajo Blando =Espacio mayor Duro = Espacio Menor Fresas Acopladas Unión de 2 fresas helicoidales en sentido contrario.			
				Ranurado Profundo Rebajado de Superficies Desbaste
De disco	Dentado recto			Ranurado plano
	Dentado alterno			Ranurado profundo
	Dentado en cruz			Chaveteros profundos
Fresas con Vástago	Cilíndricas Frontales	Punta de bola		Copiado Desbaste Ranurado Contornos Acabados
		Punta Plana		
		Punta en T		Ranurado
		Ranuras Woodruff		
		Cónicas		Avellanado Preciso de Orificios
		Angulares Cola de milano		Ranurado

Nota. La tabla muestra las distintas fresas que se utilizan en las máquinas CNC, las utilidades que se les puede dar a cada una. (DE MAQUINAS Y HERRAMIENTAS, 2019)

La tabla antes indicada también indica las aplicaciones en las que se puede utilizar las distintas fresas.

1.6. Software de Control de Máquina

El control de las máquinas CNC tiene varias opciones de software, se realiza una breve descripción de las opciones que consideradas para el desarrollo del trabajo.

Arduino

Arduino es un software considerado para controlar el prototipo CNC, este software es de código libre no necesita adquirir una licencia para usarlo y es muy popular para controlar este tipo de máquina. Según (Ayala, 2019) el software de Arduino puede ser ejecutado en Windows o Linux. Arduino tiene un entorno de desarrollo muy simple para aquellos que son nuevos en la programación. El software Arduino es de código abierto y puede ser adaptado por programadores experimentados. Con esta característica se ve conveniente el uso de este software para el desarrollar el programa de control del prototipo.

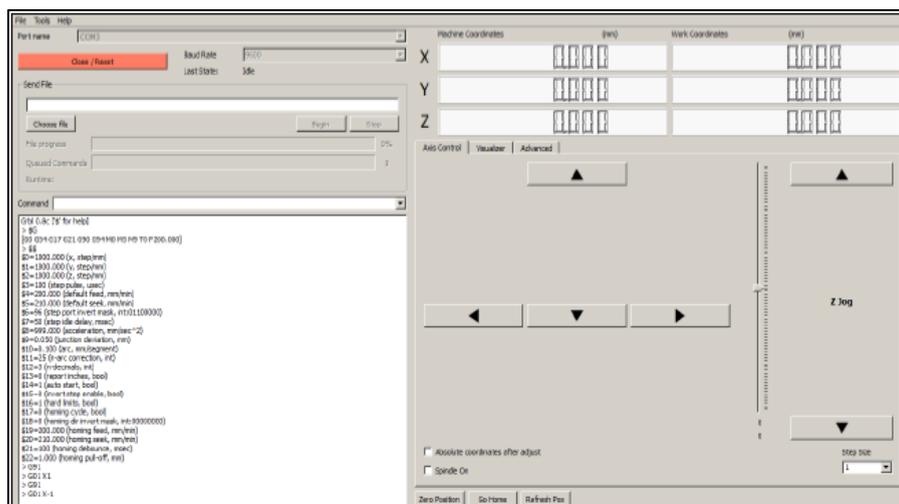
GRBL

GRBL es un programa de computador gratuito de gran utilidad para el controlar los desplazamientos de las máquinas CNC. Cuenta con la ventaja de que se puede ejecutar directamente en un Arduino. GRBL puede ser considerado de estándar industrial. (LÓPEZ, 2019).

La Figura 11 indica la interfaz del software GRBL que también está considerado para el controlar el movimiento del prototipo CNC.

Figura 11

Interfaz del software GRBL Controller



Nota. Se indica el interfaz de GRBL Controller, este software es considerado para el control del prototipo. Interfaz del Software GRBL Controller, , 2014, Miguel García.

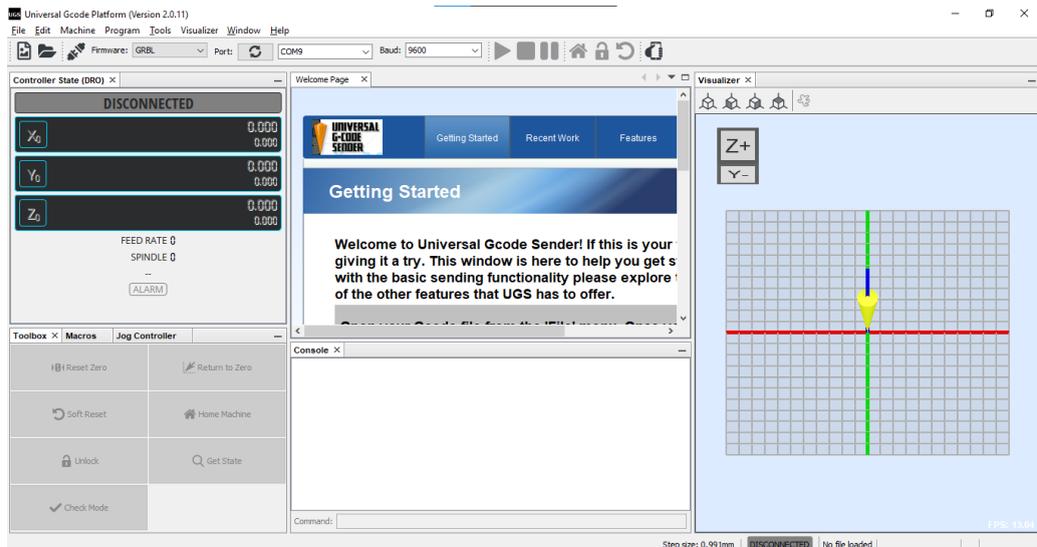
Universal G-Code Sender Platform

Universal G-Code Sender es un programa de computador considerado para el controlar de las máquinas CNC y que tiene la ventaja de ser código abierto. Según (Gil, 2019) es un software diseñado para trabajar con el firmware GRBL, el mismo que tiene una interfaz muy

sencilla. Permite el controlar máquinas de Control Numérico Computarizado enviando líneas del G-Code a la placa de Arduino. En la Figura 12 indica el interfaz de Software Universal G-Code Sender de su versión más actualizada. A la fecha su última versión es la 2.0.11.

Figura 12

Interfaz UGS (Universal G-Code Sender)



Nota. La imagen muestra el interfaz de otro de los softwares considerados para el control del prototipo, se debe mencionar que esta interfaz es de la versión del software más actualizada. Interfaz Universal G-Code Sender, Autor.

1.7. Software de Diseño de Estructura.

Dentro del diseño estructura de la máquina se ha considerado un software que permiten trabajar en 3D, y con esto tener una perspectiva de cómo se presenta el prototipo de manera física.

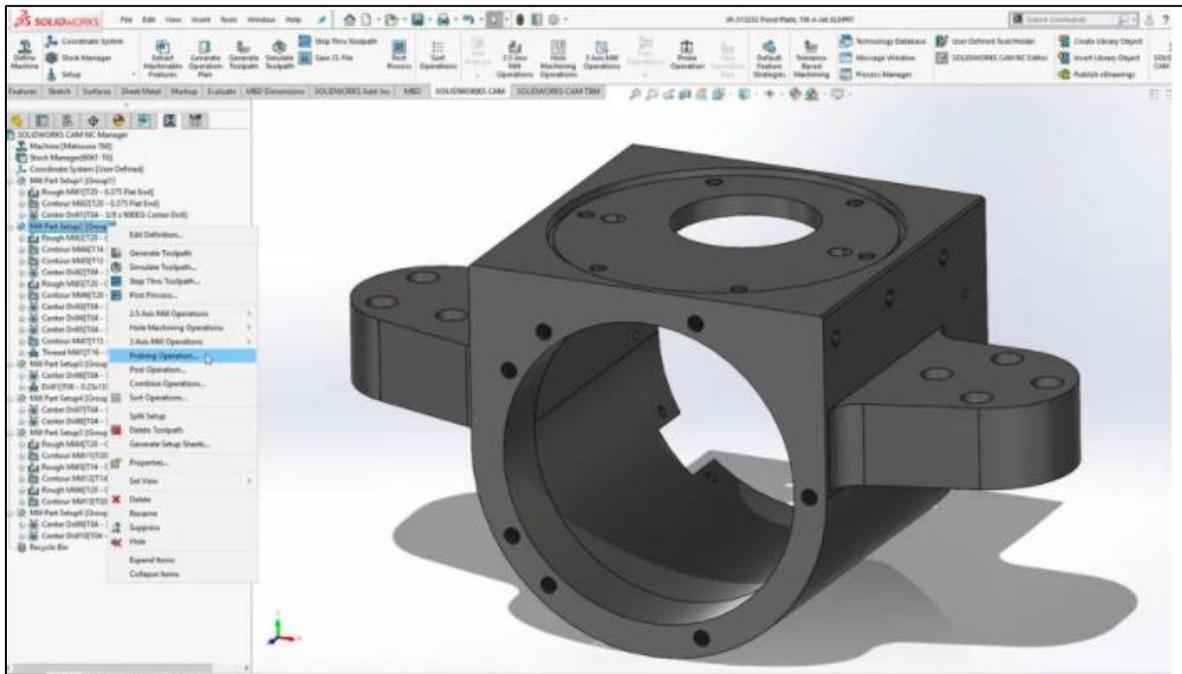
SolidWorks

SolidWorks es un programa de computador que permite el modelado mecánico en 3D de la máquina. Según (Molina, 2021) el software permite crear cualquier pieza, además que permite la extracción de planos técnicos o caras de cada modelo de información detallada para el armado físico. La licencia estudiantil de este software tiene un costo económico de 90 dólares americanos.

Este tipo de software es de mucha utilidad para la simulación de estructuras mecánicas y además posee una interfaz muy interactiva y permite un manejo fácil del software. La Figura 13 muestra la interfaz de la pantalla principal del software y además se puede observar una pieza en 3D que ha sido creada con la ayuda de las herramientas que posee el software.

Figura 13

Interfaz de SolidWorks



Nota. La imagen presenta el interfaz de SolidWorks, un software muy utilizado para el diseño mecánico. Interfaz de SolidWorks, Adaptado de (Montaje Soluciones Ingeniería, 2021) [Fotografía], Montaje Soluciones Ingeniería,

1.8. Software para Generar Código G

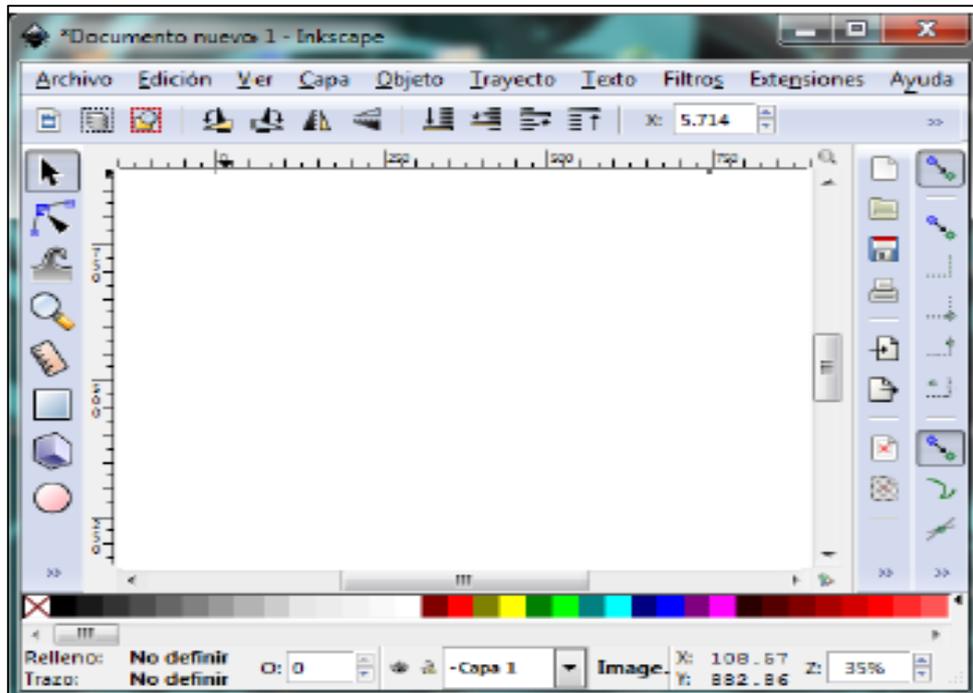
Se ha considerado un software para generar el código G para realizar el desarrollo de este trabajo.

Inkscape

Inkscape es un software que permite realizar gráficos vectoriales, esto quiere decir que ayuda a convertir una imagen en vectores para realizar los cortes. Inkscape es un editor gráfico gratuito, software libre, para la creación de gráficos vectoriales. Uno de los objetivos de este software es ser compatible con los estándares SVG. Su aplicación puede estar disponible en 40 idiomas los que significa que es multilingüe y multiplataforma, y es compatible con Windows, Unix y Mac. Este software tiene características especiales para crear imágenes vectoriales empleando el formato SVG (Gráfico Vectorial Escalable), admite trazos, formas, marcadores de copias, textos, transformación, degradado y agrupaciones. (Ayala, 2019). La Figura 14 muestra la interfaz de Inkscape que permite la generación del código G, se puede apreciar que cuenta con un área de trabajo amplio y alrededor de este espacio se nota las herramientas de este software lo cual lo hace muy interactivo.

Figura 14

Interfaz del software Inkscape



Nota. Esta figura muestra el interfaz del software que ayuda a generar el código G necesario para el funcionamiento de la máquina. Interfaz del software Inkscape, Autor.

1.9. Componentes de una Máquina CNC

Una máquina CNC está formada por varios componentes y cada uno de ellos cumplen una función. Dentro de este subtema lo que se desea es dar a conocer brevemente los dispositivos usados para el ensamblaje de una máquina de CNC.

1.9.1. Estructura Mecánica

Inicialmente se debe de contar con una estructura mecánica o estructura externa la cual sirve como base para la sujeción del resto de los componentes que conforman la máquina y permite al usuario colocar la materia prima y fijarla. Se consideró para la construcción de la mesa de trabajo perfiles de aluminio tipo “x”, para que la estructura sea ligera.

La Figura 15 presenta el perfil de aluminio tipo x considerado para la construcción de la estructura, debido a que tiene aportes importantes para la construcción de los sistemas de desplazamiento con los que cuenta la máquina CNC.

Figura 15

Perfil de aluminio. V-Slot



Nota. La figura muestra la perfilera V-Slot, muy utilizada para la construcción de máquinas CNC. Perfil de aluminio V-Slot, [Fotografía], Adaptado de (Open Builds , 2022)

1.9.2. Sistema de Desplazamiento

Los sistemas de desplazamiento producen movimiento los ejes principales de trabajo “X”, “Y”, “Z”, estos desplazamientos son generados por un motor, los desplazamientos son rectilíneos.

Existen distintos sistemas de transmisión que se utilizan por lo general en máquinas de control numérico.

Correas Dentadas

El primer sistema que se consideró para el desplazamiento de los ejes es el de correas dentadas. Según (Piquer, 2016) indica que el sistema funciona con la unión de 2 o más engranes, estos transmiten el movimiento del eje del motor a los elementos que provocan su movimiento perpendicular al motor, capaces de generar engranajes que aumenta el par del motor. La Figura 16 indica imágenes con las cuales cuenta el sistema antes mencionado.

Figura 16

Elementos del Sistema de Correas Dentadas



Nota. Se puede observar los elementos que conforman un sistema de desplazamiento por medio de polea y correa dentada. Elementos de Sistema de Correas Dentadas. [Fotografía], Adaptado de (GEZE IBERIA, 2022), <https://www.geze.es/>

En la parte izquierda se observa una polea que usualmente se usa en los prototipos CNC, y de igual manera en el lado derecho se observa la correa dentada.

Piñón-Cremallera

El segundo sistema consiste en un motor de alto torque que cuenta con un piñón en el eje, y se desplaza por una cremallera. Este sistema se utiliza con ejes de carrera larga, se considera un sistema de alta velocidad y de mucha precisión al momento de trasladarse (Campoverde, 2015). Sin embargo, algo que se debe considera es que este tipo de sistema necesita mantenimiento de calidad para que se desempeñe de manera correcta además de que tiene un costo considerable.

La Figura 17 muestra un ejemplo de cómo está conformado el sistema de desplazamiento de piñón-cremallera.

Figura 17

Ejemplo piñón-cremallera



Nota. La imagen muestra los elementos que conforman un sistema piñón-cremallera, este sistema también se considera para el desplazamiento de los ejes. Ejemplo piñón-cremallera, Adaptado de (Campoverde, 2015)

Figura 19

Motor Spindle de corriente continua



Nota. La imagen muestra la herramienta con la que se podría realizar el mecanizado. T-King (2015). Motor enfriado por aire [Fotografía].

Motores Trifásicos. Los motores trifásicos funcionan con corriente alterna y pueden ser más caros. Su control es más complejo, estos motores no tienen escobillas, tienen una mayor vida útil que el de un motor DC, además mantienen su par en diferentes revoluciones (Silva & Teofilo, 2017). Esta última característica es de suma importancia ya que con esto se podría realizar cortes en materiales como el metal, aluminio o madera ya que para cortar este tipo de materiales se lo debe realizar en bajas revoluciones. La Figura 20 es un motor trifásico que puede ser utilizado como herramienta de corte.

Figura 20

Motor Trifásico.



Nota. La imagen muestra otra herramienta considerada para realizar el mecanizado.: Jiangsu (2016). Motor de alta velocidad refrigerado por aire. [Fotografía].

1.9.4. Sensores Final de Carrera.

Son elementos importantes dentro de una máquina CNC y estos permiten controlar el movimiento máximo del eje. Según (Piquer, 2016) define a los sensores finales de carrera como elementos que cierran o abren sus contactos cuando un elemento choca con la parte funcional de sensor. Inclusive existen dos tipos de límites de carrera, los límites de carrera ópticos los cuales no tienen necesidad de contacto físico para su accionamiento y finales de carrera mecánicos, que deben tener contacto físico para su accionamiento. La Figura 21

representa un final de carrera óptico y como se ve de manera física, en la Figura 22 indica como se ve un sensor final de carrera mecánico de manera física.

Figura 22

Final de Carrera Mecánico



Figura 21

Final de Carrera Óptico



Nota. Las imágenes antes mostradas, muestra dos tipos de límites de carrera que existen..

Este capítulo apporto con mucha información, la cual tiene mucha relevancia principalmente para obtención de ideas para el diseño del prototipo. También dentro del capítulo se da a conocer información sobre los softwares y componentes con los que se trabajó en el desarrollo de este trabajo.

Capítulo 2

Diseño de la Máquina CNC de Tamaño A0

El capítulo 2 hace referencia exclusivamente al desarrollo del diseño del prototipo CNC de 3 ejes. En la primera parte se realizó una selección de los softwares con los que se deseó desarrollar el trabajo.

También dentro de este capítulo se presentan ecuaciones para el cálculo de ciertos parámetros que son de utilidad para el diseño del prototipo.

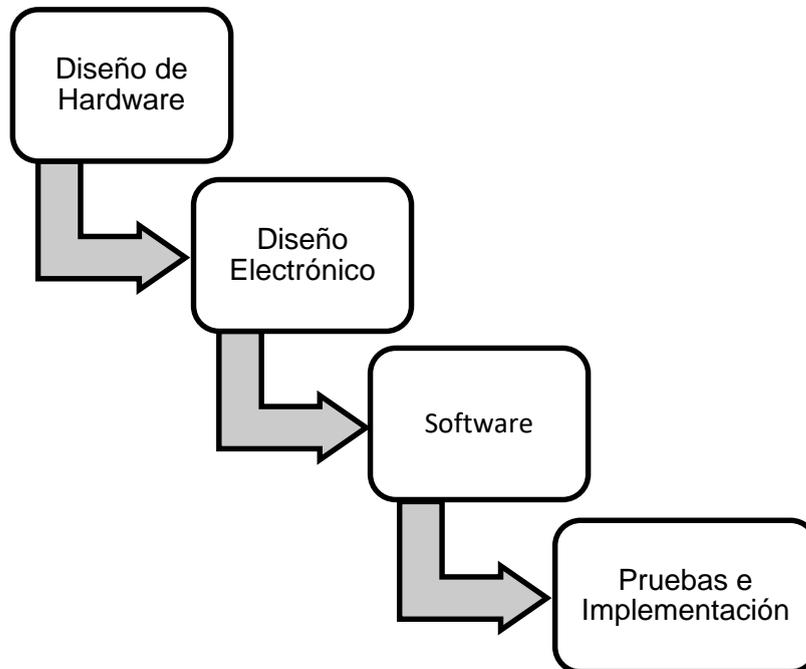
Al final se presenta una vista isométrica del diseño final de la máquina el mismo que fue realizado con la ayuda del software SolidWorks, además esta parte incluye una breve descripción de diseño.

2.1. Metodología.

En este trabajo se optó por el siguiente proceso el mismo que se indica a continuación:

Figura 23

Esquema de la Metodología.



Nota. El gráfico presenta el esquema de la metodología con la que se trabajó. Esquema de la Metodología, Autor.

La Figura 23 indica de la metodología utilizada para desarrollo del proyecto. A continuación, se da a conocer una breve descripción de cada uno de los pasos que se han seguido.

2.1.1. Diseño de Hardware

En este paso se desarrolló un análisis y descripción de parámetros para el dimensionamiento de los materiales para ensamblar de la estructura de la máquina. Se realizó una selección del software para diseñar la estructura, dicha selección se la hizo a través de tablas comparativas. En la parte de simulación es muy importante saber que materiales se necesitan para la construcción, evitando gasto innecesario en materiales que no son útiles al momento de la construcción. Dentro de esta sección también se tomó en consideración varios diseños de máquinas CNC y para la selección de uno de los diseños fue necesario analizar los elementos que componen el sistema móvil y realizar una comparación de cuál es el más factible y posteriormente ser implementado en el prototipo.

2.1.2. Diseño Electrónico

En el aspecto electrónico es el segundo paso porque es la parte donde debemos realizar un análisis de los elementos y posterior a esto una realizar selección, los elementos que podemos destacar son los sensores y actuadores que permitan tener control del prototipo. Todos los materiales que componen la parte electrónica fueron elegidos mediante tablas comparativas las mismas que permitieron seleccionar las opciones más adecuadas.

2.1.3. Software

Lo que refiere a la parte de software, en este parte se realizó la programación con la ayuda de Arduino, que como es de conocimiento es un software libre. También se presenta una breve explicación de la programación

2.1.4. Pruebas e Implementación

Como último paso dentro de la metodología se toma en cuenta las pruebas y la implementación del prototipo, las pruebas mencionadas consisten en comprobar que exista un funcionamiento correcto del equipo, evaluado acorde con ciertos parámetros de diseño que debe cumplir.

2.2. Selección de Softwares

Para la selección de softwares fueron evaluados mediante una tabla, en base a ciertos parámetros necesarios para solventar las necesidades al momento de controlar o diseñar la máquina, las tablas mencionadas se verán presentadas a continuación.

2.2.1. Elección de Software para Diseño Mecánico.

Para el diseño mecánico se consideró un software, en la Tabla 2 podemos observar cuales son las características del software para el diseño mecánico.

Tabla 2

SELECCION DE SOFTWARE DE DISEÑO MECANICO

	Sistema Operativo	Interfaz	Costo
Solid Works	Windows, Linux	Práctico y su interfaz es amigable con el usuario	Tiene una licencia pagada

Nota. Esta tabla muestra el software que se ha considerado para diseñar el prototipo. Autor.

Se consideró el software SolidWorks por lo práctico y fácil de usar, en este caso en especial no se consideró el costo de la licencia debido que este software cuenta con una licencia educativa.

2.2.2. Elección de Software para Control de la Máquina.

Para controlar el prototipo se consideró un solo software, el mismo que se describe en la siguiente Tabla 3.

Tabla 3

SOFTWARE CONTROL DE LA MÁQUINA

	Sistema Operativo	Interfaz	Costo
Arduino	Windows, Linux	Práctico y su interfaz es amigable y fácil de controlar.	Tiene una licencia libre

Nota. Esta tabla indica ciertas características del software Arduino, y al ser el único software que se ha considerado no se realiza una comparativa con otro software. Autor.

Como se pudo considerar en la tabla el software es de licencia libre, se optó por el software Arduino, ya que este software es amigable, y también es muy fácil de conectar con el Hardware de Control que se va a usar.

2.2.3. Selección de Software para generar código G.

Se consideró solamente un software para el código G. En la Tabla 4 se considera ciertas características del software en cuestión.

Tabla 4

SOFTWARE PARA GENERAR CODIGO G

Software	Sistema Operativo	Imágenes Vectorizadas	Formatos
Inkscape	Windows, Linux, Mac	Genera fácilmente coordenadas vectoriales	Formatos PNG, JPG, y exporta SVG.

Nota. En esta tabla se muestra ciertas características del software Inkscape, y no se realiza ninguna comparativa con respecto a otro software.

En la tabla de características se puede apreciar que es un software libre por lo cual es una ventaja muy importante, además de que convierte un gráfico (jpg o png) a un gráfico SVG (Grafico Vectorial Escalable)

2.2.4. Selección de Software para lectura del Código G.

El software que se consideró para la lectura del código G fue Universal G Conde Sender Platform en su versión 2.0.11. En la Tabla 5 se puede apreciar las características con las que cuenta.

Tabla 5

SOFTWARE DE LECTURA DE CODIGO G

Software	Sistema Operativo	Interfaz	Costo
Universal G Code Sender Platform	Windows, Linux, Mac	Práctico y su interfaz es amigable con el usuario y fácil de manejar	Tiene una licencia libre, por tal motivo no tiene ningún costo

Nota. En esta tabla se muestra ciertas características del software Universal G Code Sender Platform, y no se realiza ninguna comparativa con respecto a otro software.

El software tiene una interfaz fácil de manejar, además que cuenta con otras características que también son importante como el control del mecanizado directamente de la computadora y permite una vista en tiempo real del trayecto.

2.3. Ecuaciones para el cálculo de los elementos mecánicos.

Para elegir uno de los elementos que componen el dispositivo es necesario realizar varios cálculos, para esto se necesita conocer las ecuaciones.

2.3.1. Ecuaciones para el cálculo de potencia para la selección del Husillo.

El primer cálculo dentro de este trabajo es la obtener de potencia neta para seleccionar el Spindle, teniendo en cuenta varios parámetros.

Ecuación Velocidad de Corte. (Vc)

Esta es la velocidad que se origina en el punto de contacto entre la pieza y el dispositivo de corte. Este parámetro es significativo para el proceso de fresado y a menudo, lo especifican los fabricantes de equipos de corte. (Sandvik, s.f.)

$$V_c = \frac{\pi \times D \times n}{1000} \quad (1)$$

Donde:

Velocidad de corte = Vc

Diámetro de la fresa = D

de RPM = n

Avance por diente.

El avance por diente es otro parámetro que se tienen en cuenta para extender el tiempo vida de la herramienta. Es importante elegir un avance por diente correcto, no demasiado pequeño debido a que conduce a un rápido deterioro de los dientes del dispositivo de corte, y al ser demasiado alto no se contara con un desahogo de viruta La Tabla 6 permite obtener el valor del avance por diente de los materiales con los que la máquina va a trabajar.

Tabla 6

VELOCIDAD DE CORTE

Materiales	Velocidad (m/min)	Avance por diente Ad (mm/diente)
Madera	60/100	0.03/0.12
Latón	140/300	0.03/0.10
Aluminio	200/400	0.02/0.10
Bronce	100/150	0.02/0.10
Plástico (Baquelita)	50/100	0.04/0.20
Termoplástico	100/500	0.04/0.20
Acero Inoxidable	90	0.002/0.02
Aluminio	200/400	0.03/0.10

Nota. Esta tabla presenta los valores de velocidad y de avance por diente según el material con el cual se vaya a trabajar, esto con la intención de facilitar los cálculos. (Criollo, 2019)

Velocidad de Avance (Vf)

La velocidad de avance está relacionada con el dispositivo de corte, la profundidad y los acabados deseados, y impedir el calentamiento excesivo de la máquina o el desgaste prematuro de la herramienta. La ecuación 2 se utiliza para calcular la velocidad de movimiento. (VinilShop, 2017)

$$V_f = A_d \times N_d \times N \quad (2)$$

Donde:

A_d = avance por diente

N_d = número de dientes

N = Número de vueltas minuto.

El valor del avance por diente (A_d) puede ser obtenido de la Tabla /

Ecuación para el Cálculo de la Potencia de Corte

Para calcular de la potencia neta de corte requerida por el husillo, se obtiene mediante la ecuación 3. (Sandvik, s.f.)

$$P_c = \frac{a_e * a_p * V_f * K_c}{60 * 10^6} \quad (3)$$

Donde:

ancho de corte = a_e

profundidad de corte = a_p

velocidad de avance = V_f

fuerza específica de corte = K_c

El valor de K_c se obtiene de la Tabla 7

Tabla 7

FUERZA ESPECÍFICA DE CORTE

Material.	Fuerza Específica de Corte K_c	
	Lb/pulg ²	N/mm ²
Aluminio puro cocido	25000	175
Aluminio aleado recosido	35000	240
Aluminio aleado endurecido por tratamiento térmico	60000	400
Cobre puro recocido	45000	300
Cobre aleado: Bronce	100000	700
Acero bajo carbono recosido	75000	500
Acero Aleado Recosido	100000	700
Acero alto carbono recocido	125000	850
Acero Inoxidable	175000	1200

Nota. Esta tabla presenta los valores de K_c , teniendo en cuenta dos unidades de medida de este parámetro, estos valores dependen del material. (Sanchez, 2014)

2.3.2. Ecuaciones para el cálculo de Torque para la Selección de motor

El cálculo del torque es necesario para la elección de motor para el movimiento de los 3 ejes con los que cuenta la máquina.

Para conseguir el valor del torque es necesario analizar las fuerzas que actúan en el sistema, las fuerzas a analizar son: fuerza de rozamiento y fuerza inercial.

Fuerza de Rozamiento:

Para iniciar con el cálculo primero se deben obtener las fuerzas gravitacionales aplicadas en las guías. Con la ecuación (4) se obtiene una sumatoria de las masas que deben soportar las guías. (Campoverde, 2015)

$$m_t = m_m + m_{A1} + m_{accesorios} \quad (4)$$

m_t = Masa total

m_m = Masa de mesa

m_{A1} = Masa de la plancha

$m_{accesorios}$ = Masa de los accesorios.

Obtenida la masa total, se puede aplicar la ecuación (5) para así poder calcular el valor de la fuerza gravitatoria. (Garcia, López, Castro, & Orellana, 2014)

$$W = m_t * g \quad (5)$$

W = Fuerza gravitatoria aplicada.

m_t = Masa total

g = gravedad

Obtenido el resultado de la fuerza gravitatoria aplicada, se puede calcular la fuerza de rozamiento en cada punto. aplicando la ecuación (6) se puede obtiene el valor de Fr (Fuerza de Rozamiento) (GOMEZ, 2019)

$$Fr = \frac{W}{2} \quad (6)$$

Fuerzas Inerciales.

A continuación, se debe calcular las fuerzas inercia para el movimiento del motor, la fuerza inercial se obtiene mediante la ecuación (7) (GOMEZ, 2019)

$$Fi = m * a \quad (7)$$
$$a = \frac{\Delta V}{\Delta t}$$

V = Velocidad de avance

t = tiempo

Para el calcular el torque del motor, se efectúa el cálculo del torque para mover una carga con el tornillo de potencia. Para obtención de este valor se aplica la ecuación (8). (Budynas & Nisbett)

$$Tr = Wa * \frac{dm}{2} \left(\frac{1 + \pi * \mu * dm * \sec(\alpha)}{\pi * dm - \mu * l * \sec(\alpha)} \right) \quad (8)$$

T_r = Torque para movimiento de una carga en el tornillo.

W_a = Carga Aplicada

d_m = Diámetro de la Rosca

p = l = Paso de la Rosca

μ = Coeficiente de fricción del tornillo

α = Ángulo de la Hélice de Rosca

Para la obtención W_a se debe aplicar la ecuación (9). (Garcia, López, Castro, & Orellana, 2014)

$$W_a = F_c + F_r + F_i \quad (9)$$

W_a = Carga Aplicada.

F_c = Fuerza de Corte.

F_r = Fuerza de rozamiento.

F_i = Fuerzas Inerciales.

Donde el valor F_c se puede obtiene despejando de la ecuación (10). (López, 2015)

$$P_c = F_c * \frac{V_c}{60} \quad (10)$$

Potencia de corte = P_c

Fuerza de corte = F_c

Velocidad de corte = V_c

El valor del coeficiente de fricción del tornillo μ se determina mediante la Tabla 8

Tabla 8

COEFICIENTE DE FRICCIÓN

	Material de la Tuerca			
Material	Acero	Bronce	Latón	Hierro fundido
Acero Seco	0.16-0.25	0.16-0.24	0.16-0.19	0.16-0.26
Acero	0.11-0.17	0.10-0.16	0.10-0.15	0.10-0.15
Bronce	0.09-0.13	0.04-0.06		0.06-0.09

Nota. La tabla presenta el coeficiente de fricción (μ) según el material del tornillo. (Budynas & Nisbett)

Los valores de d y de p de igual manera son obtenidos de la Tabla 9

Tabla 9

DIAMETROS PREFERIDOS PARA ROSCA

d , in	$\frac{1}{4}$	$\frac{5}{16}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{5}{8}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{7}{8}$	1	$1\frac{1}{4}$	$1\frac{1}{2}$	$1\frac{3}{4}$	2	$2\frac{1}{2}$	3
p , in	$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{14}$	$\frac{1}{12}$	$\frac{1}{10}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{2}$

Nota. Esta tabla presenta el diámetro preferido para rosca, la unidad de medida es en pulgadas. (Budynas & Nisbett)

De los valores obtenidos de la Tabla 9 se calcula los parámetros del tornillo, aplicando las ecuaciones (11) (12).

$$d_m = d - p/2 \quad (11)$$

d_m (diámetro medio de la rosca).

d (Diámetro mayor)

p (Paso de la rosca.)

$$d_r = d - p \quad (12)$$

d_r = Diámetro menor

d = Diámetro mayor

p = Paso de la rosca.

2.4. Diseño del Sistema Mecánico

El diseño mecánico, se lo ha realizado con la ayuda del software CAD SolidWorks.

2.4.1. Dimensionamiento del Área de Trabajo.

La máquina CNC de tres ejes debe cumplir con ciertas dimensiones específicas las mismas que son de suma importancia para definir el área de trabajo, ya sea para el corte del MDF o aluminio de hasta 5mm. Como se conocía con anterioridad el tamaño de la máquina es A0 en centímetros esto representa (84.1 cm x 118.9 cm). Las dimensiones antes mencionadas solo hacen parte del área de corte.

Área de corte

84.10 cm de ancho

118.9 cm de largo

2.4.2. Dimensiones Estructura del Prototipo

El diseño de la estructura del prototipo consistió en 2 partes esenciales para base o mesa de trabajo misma que tiene las siguientes dimensiones 1400 mm x 1100 mm. La otra parte de la estructura es una especie de arco que tiene dos parantes de 700 mm de longitud y los mismos que se juntan con un larguero de 1100 mm de longitud dando así la forma de un arco. En la sección de anexos 1 se puede apreciar estas dos partes de la estructura de la máquina.

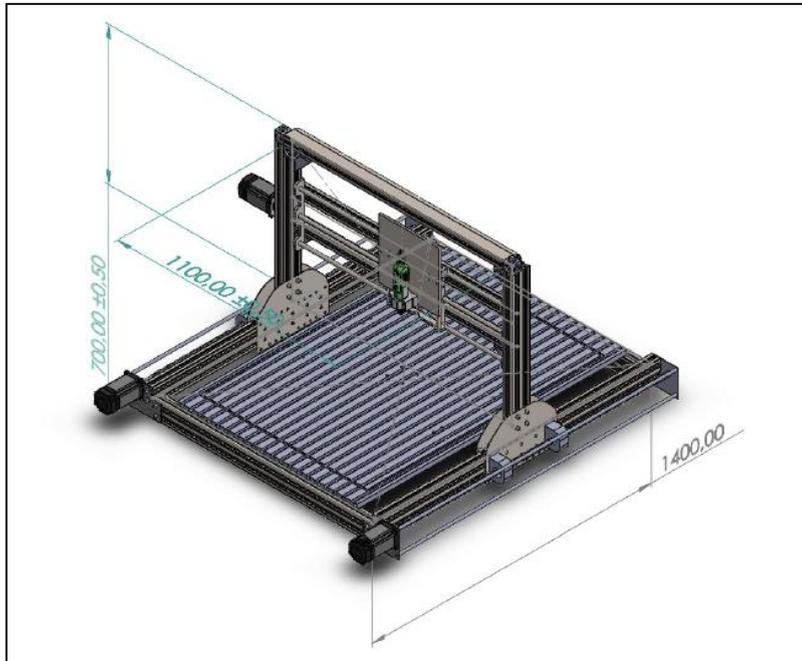
2.4.3. Diseño 3D de la Máquina CNC

Con la ayuda del software SolidWorks, que fue la herramienta seleccionada para realizar el diseño 3D del prototipo.

Para realizar este diseño se ha tomado como referencia diseños de la página web de OpenBiulds (OpenBiulds Desing, 2022). En la Figura 24 indica la vista isométrica de la máquina una vista general del diseño.

Figura 24

Vista isométrica del diseño 3D de la máquina



Nota. La figura muestra una vista isométrica del diseño de la máquina, y las dimensiones que se han considerado convenientes. Vista isométrica del diseño 3D de la máquina, Autor.

El material principal para la estructura de la maquina es con perfil de aluminio o también conocido como perfil en x, esta perfilería puede ser encontrada dentro del catálogo de Cedal con la referencia 1916.

El diseño cuenta con un sistema de desplazamiento mediante tornillos de potencia o tornillos sin fin.

La Figura 24 se observa que el eje Y cuenta con dos motores paso a paso acoplados a la estructura mediante unos soportes fabricados en acero inoxidable. En el eje Y se desplaza todo el puente donde esta ubicados los ejes "x" y el eje "z". Además, el eje Y cuenta con rodamientos que permiten un mejor desplazamiento de la estructura del puente por el perfil.

El eje X cuenta con un motor PAP el mismo que estará acoplado al tornillo de potencia que permite el desplazamiento de los elementos que conformaran el eje Z.

A su vez el eje Z al ser el eje que permite el desplazamiento del husillo, este eje también cuenta con un motor paso a paso acoplado a un tornillo sin fin para el movimiento del husillo en el eje "Z".

En el Anexo 1 se adjunta los distintos dibujos de las piezas que conforman el diseño estructural de la máquina, con sus distintas dimensiones.

2.5. Cálculos

Con las ecuaciones que se presentaron con anterioridad se procedió a realizar los cálculos.

2.5.1 Cálculos de Potencia para la Selección del Husillo

Para realizar el trabajo de corte en placas de aluminio y madera como el MDF se seleccionó una fresa de marca alemana Megafor, esta herramienta es utilizada específicamente para el grabado. Fue necesario conseguir los datos del fabricante ya que esto permite realizar los cálculos, aplicando las ecuaciones que se indicaron con anterioridad.

Datos Iniciales del Fabricante.

$\alpha = 90^\circ$ (ángulo de corte)

$D = 3\text{mm}$ (diámetro de corte)

$V_f = 0.10$ (avance por diente)

Número de dientes = 2

Velocidad de corte (V_c)

Para el cálculo de V_c se aplicó la ecuación (1), además que se tomó en cuenta los siguientes datos, una velocidad $N = 12000$ rpm y el diámetro de $D = 3\text{mm}$ este último dato es basado en datos del fabricante.

$$V_c = \frac{3\text{mm} \times \pi \times 12000}{1000} = 113.09 \text{ [m/min]}$$

Velocidad de avance

Aplicando la ecuación (2) se obtiene el resultado de la V_f (velocidad de avance), tomando en cuenta los siguientes datos, Avance por diente $A_d = 0.10$ este valor obtenido basado en la tabla 6, el avance por diente $V_d = 2$ y como último dato $N = 12000$ rpm que es una velocidad.

$$V_f = 0.10 \times 2 \times 12000 = 2400 \text{ [mm/min]}$$

Potencia neta

Por último, se realiza el cálculo la potencia neta, aplicando la ecuación (3) donde el valor $K_c = 240 \text{ N/mm}^2$ este valor es obtenido de la tabla 7, el valor $V_f = 2400 \text{ [mm/min]}$ obtenido con anterioridad, el valor de $a_p = 5\text{mm}$ y $a_e = 2\text{mm}$.

$$P_c = \frac{5\text{mm} \times 2\text{mm} \times \frac{2400\text{mm}}{\text{min}} \times \frac{240\text{N}}{\text{mm}^2}}{60 \times 10^3} = 0.96 \text{ KW}$$

2.5.2. Cálculo del Torque para la Selección de Motor para los Ejes

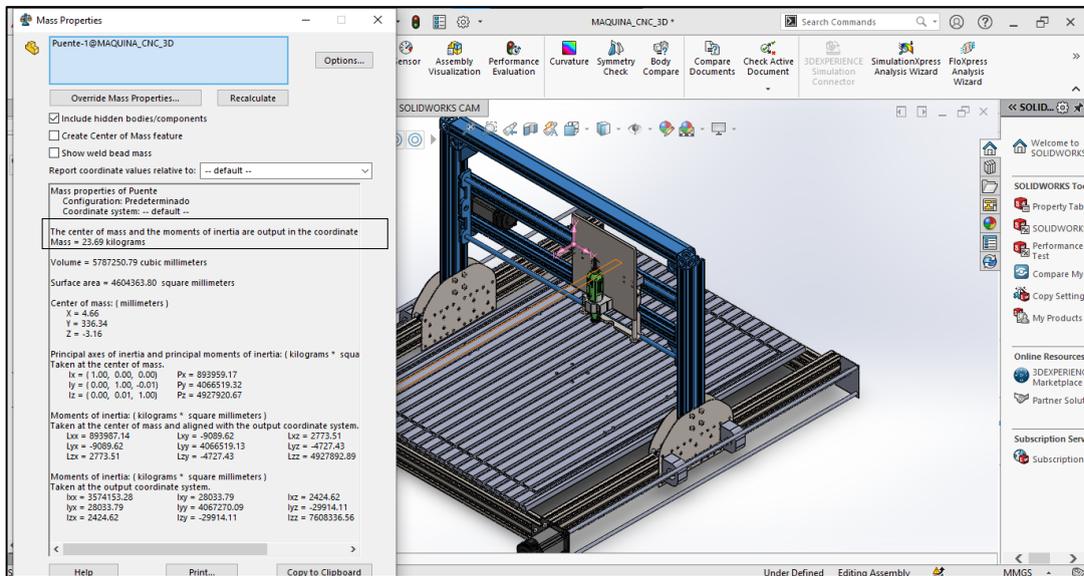
Eje Y

El diseño por el cual se optó para este trabajo cuenta con un puente móvil el cual se desliza por el eje Y, por tal motivo se decidió iniciar los cálculos en este eje.

El valor m_m es de 23,69 Kg este valor fue obtenido de SolidWorks, este valor se puede observar en la Figura 25 esto utilizando una de las herramientas del software que permite calcular la masa del puente.

Figura 25

Masa del puente que se desplazara en el eje Y



Nota. En el recuadro se muestra el valor de la masa del puente de la máquina y con este valore se puede continuar con los cálculos. Autor.

El valor de $m_{A1} = 0$ ya que el diseño como tal no cuenta con una plancha y por esta razón el valor de la masa es cero, mientras que el valor de la masa de los accesorios es $m_{\text{accesorios}} = 20$ kg, este último dato contiene el valor de la masa del motor del husillo. A continuación, se aplica la ecuación (4)

$$m_t = 23.69 \text{ Kg} + 20 \text{ Kg}$$

$$m_t = 43,69 \text{ kg}$$

Aplicando la ecuación (5) para el cálculo de la fuerza gravitatoria.

$$W_y = 44 \text{ Kg} * 9.8 \text{ m/s}^2$$

$$W_y = 431.2 \text{ N}$$

Debido al desplazamiento lineal en el eje "Y", se calculan la fuerzas de rozamiento, aplicando la ecuación (6).

$$F_{ry} = \frac{431.2}{2} = 215.6 \text{ N}$$

Fuerzas Inerciales

Aplicando la ecuación (7), se calculan las fuerzas inerciales, donde el valor de la velocidad de avance $V = 2400$ (mm/min) y el tiempo de 10 s.

$$W_y = 44 \text{ Kg} * \frac{0.04m}{10s}$$
$$W_y = 17.6 \text{ N}$$

Luego se calcula el valor del torque, para ello se utiliza la ecuación (8), pero antes se debe obtener el valor W_a , para ello primero se calcula la fuerza de corte F_c con la ecuación (10)

$$F_c = \frac{0.96 \text{ Kw} * 60}{113.9m/min} = 505.97 \text{ N}$$

Obtenido F_c se procede a calcular la carga aplicada W_a , aplicando la ecuación (9).

$$W_a = 505.97N + 215N + 17.6N$$
$$W_a = 737 \text{ N}$$

En base a la Tabla 9 , se tiene un $\mu = 0.25$ debido a que se determinó que tuerca y tornillo son del mismo material.

De la Tabla 10 se obtiene los valores tanto de d y p , los valores obtenidos $d = 25,4$ mm y $p = 5.08$ mm estos valores están transformados previamente a mm.

Se aplica las ecuaciones (11) y (12) para la obtención de los valores d_m .

$$d_m = 25.4 \text{ mm} - \frac{5.08mm}{2} = 22.80$$

Una vez que se obtienen todos los datos que requiere la ecuación (8), se procede a realizar el cálculo, obteniendo el resultado.

$$TR = 2.81 \text{ N}$$

Aplicando un factor de seguridad de 2 el par necesario para desplazar la carga aplicada es:

$$TR = 2.81N * 2$$
$$TR = 5.62 \text{ N}$$

Con el valor del torque del motor $TR = 5.62$ obtenido luego de una serie de cálculos, se procede a seleccionar un motor paso a paso que cuente con un torque igual o mayor al obtenido en los cálculos.

2.6. Descripción y Selección de Materiales

En esta sección se realiza una selección rápida de los elementos necesarios para la construcción la máquina CNC. Todos los componentes cumplen una función en específico para que la máquina tenga el funcionamiento esperado.

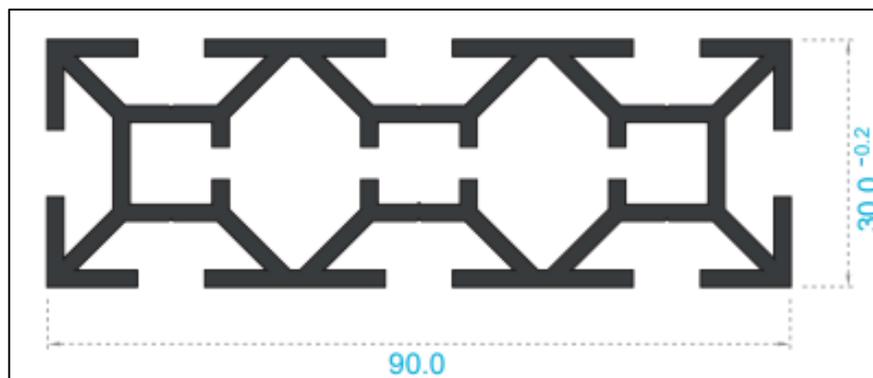
2.6.1. Selección de Material para Construcción Estructura de la Máquina

La base estructural de la máquina está construida con perfilera de aluminio, este material fue seleccionado por la disponibilidad dentro del país, de igual manera el aluminio es un material liviano lo cual permite reducir el peso total de la máquina. A continuación, se presenta las especificaciones técnicas basados en el catálogo de Cedal. La Figura 26 muestra las dimensiones del perfil de aluminio con el que se trabajó.

Referencia	Peso
1916	0.345 kg/m

Figura 26

Representación del perfil de aluminio con sus dimensiones en mm.



Nota. La imagen presenta las dimensiones en mm que tiene el perfil con el cual se trabaja para la construcción del prototipo. Autor.

2.6.2. Selección de Motores para Elementos Móviles

Para elementos móviles se hace uso de motores PAP, la selección está basada en los resultados de los cálculos del realizados, tomando en cuenta como principal característica el torque. Las características de estos motores a paso que se presenta en la Tabla 10,. Es necesario mencionar que se seleccionó este motor en base al cálculo del torque obtenido con anterioridad que dio como resultado 5.62 N, se sobre dimensiono 15 % para prevenir inconvenientes que puedan presentarse.

Tabla 10

CARACTERISTICAS DEL MOTOR A PASOS

Modelo de Motor.	Angulo de paso (°)	Tamaño (mm)	Torque (N.m)	Corriente (A)	Peso (Kg)
86BYGH118	1.8 °	65mm	7.5	4.2	3.8

Nota. La tabla muestra las características técnicas de los motores y también el modelo del mismo, la selección del motor está basada en cálculos realizados con anterioridad. (IMSERVO, 2022)

2.6.3. Selección de Sistemas de Desplazamiento

Se considera 3 sistemas de desplazamiento los cuales se seleccionará uno solo, el sistema que se escoja permitirá el movimiento de los tres ejes con los que contará la CNC. A continuación, en la Tabla 11 se detallará las ventajas, desventajas y las características que nos permitan escoger la mejor opción para el desplazamiento.

Tabla 11

SELECCIÓN SISTEMA DE TRANSMISIÓN

Características	Transmisión Tornillo de Potencia	Transmisión Piñón-Cremallera	Transmisión Correa Dentada.
Costo	Bajo costo de adquisición	Alto costo de adquisición	Bajo costo de adquisición
Disponibilidad en el país	Disponibilidad en el país	Se diseñan de cero al no existir disponibilidad	Disponibilidad en el país
Desplazamiento en los ejes	Recorridos cortos de los ejes	Recorridos amplios de los ejes	Recorridos amplios de los ejes
Mantenimiento	Requiere una buena lubricación Limpieza constante de elementos abrasivos	Limpieza constante de elementos abrasivos	Requiere un cambio de bandas cada cierto tiempo.

Nota. La tabla tiene la finalidad de realizar una comparativa entre sistemas de transmisión para el desplazamiento de los ejes, esta comparativa se hace exponiendo ciertos parámetros. Autor.

De la tabla presentada anteriormente se seleccionó la transmisión por tornillo de potencia para este trabajo, debido a que tiene la ventaja de la disponibilidad en el país.

2.6.4. Selección de Tarjeta de Control Arduino

Para controlar el prototipo se ha considerado tres tarjetas de control, y se debió seleccionar la más adecuada para controlar el prototipo, la Tabla 12 presenta las características técnicas de las tres tarjetas de control que se han considerado.

Tabla 12

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS ARDUINOS.

Características	Arduino Mega 2560	Arduino Due	Arduino Uno
Microcontrolador	ATmega2560	AT91SAM3X8E	ATmega328
Voltaje de Operación	5 v	3.3 v	5 v
Entrada de Voltaje	7-12V	7-12 v	7-12 v
Pines digitales	54 (15 salidas PWM)	54 (12 salidas PWM)	14 (6 salidas PWM)
Entradas Analógicas	16	12	6
Corriente DC	20 mA	130 mA	20 mA
Corriente CC	50 mA	800 mA	50 mA
Memory	256 KB	512 KB	32 KB
RAM	8 KB	96 KB	2 KB
Velocidad	16 MHz	84 MHz	16 MHz
Largo	101.52 mm	101,52 mm	68,6 mm
Peso	37 g	37 g	25 g

Precio	\$ 40.30	\$ 40.30	\$ 24
Compatible con CNC Shield	No	No	Si

Nota. La tabla tiene la finalidad de exponer características técnicas de las distintas placas. (Arduino, 2022)

La tabla anterior indica las características técnicas y el costo de las tarjetas de control y si es compatible con el módulo CNC Shield. Se seleccionó el Arduino Uno por su costo y es la única tarjeta de control que es compatible con el módulo CNC.

2.6.5. Drivers Motores

Los controladores seleccionados están basados en los motores (pap) que se escogió con anterioridad y en las especificaciones eléctricas del mismo, los controladores seleccionados son DM 566 y el TB660 los mismo que tiene como ventaja la compatibilidad con el microcontrolador Arduino. La Tabla 13 se exhibe las características del controlador DM 556

Tabla 13

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE DRIVER DM 566

Modelo	DM 566
Corriente de salida	0.2-6 A
Voltaje de Alimentación	12-48 VDC
Resolución de pasos	200 pasos
Peso	230 gramos
Temperatura Máxima de Trabajo	70 °C

Nota. La tabla presenta características técnicas de controlador DM566, el cual fue seleccionado para el manejo del motor paso a paso. (Wotiom, 2022)

Mientras que en la Tabla 14 muestra las especificaciones técnicas del controlador TB6600

Tabla 14

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE DRIVER TB6600

Modelo	TB6600
Corriente de salida	0.2-5 A
Voltaje de Alimentación	12-48 VDC
Resolución de pasos	200 pasos
Peso	230 gramos
Temperatura Máxima de Trabajo	70 °C

Nota. La tabla presenta características técnicas de controlador TB6600, el cual fue seleccionado para el manejo del motor PAP. (Wotiom, 2022)

Se hizo utilizo estos dos tipos de controladores debido a que durante la adquisición el almacén contaba solo con 3 controladores TB6600 y el más parecido era el DM556 por lo cual se adquirió un controlador DM556 el mismo que se utiliza para el control del eje "Z".

2.6.6. Selección de Husillo de Corte

La selección del husillo de corte está basada en los cálculos antes realizados, que dio como resultado la obtención de una herramienta de corte de 960 W, sin embargo, dentro del

mercado no existe un valor exacto, por tal motivo se ha optado por un valor comercial, se optó por un motor spindle con las siguientes especificaciones técnicas mostradas en la Tabla 15, otro de los aspectos por los cual se seleccionó es por el bajo nivel de ruido que produce.

Tabla 15
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS HUSILLO

Especificaciones Técnicas	
Marca	Zhong Hua Jiag
Voltaje	110 V
Potencia	1.5 KW
Peso	3.5 Kg
r.p.m.	24000
Corriente	8 A

Nota. La tabla presenta las características técnicas del motor spindle, mismo que permite realizar el mecanizado de los materiales con los que se va a trabajar. (AMAZON, 2022)

2.6.7. Selección de los Sensores Finales de Carrera

El final de carrera que se ha seleccionado tiene un uso muy común en las impresoras 3D y máquinas CNC, además que cuentan con pines para la conexión con Arduino. A continuación, en la Tabla 16 se indican ciertas especificaciones.

Tabla 16
ESPECIFICACIONES FINALES DE CARRERA

Especificaciones.	
Voltaje	300 V
Corriente	2 Amp
Cable	22 AWG
Temperatura	80 °C
Dimensiones	40x16x7.9
Peso	10 g

Nota. La tabla presenta las especificaciones técnicas del final de carrera seleccionado. (Geek Factory, 2021)

2.6.8. Selección de los Fuente de Alimentación.

Con la selección de los elementos de trabajo se procede a realizar la selección de una fuente de alimentación, utilizando el consumo máximo de corriente de cada uno de los elementos.

Teniendo en cuenta que la corriente máxima que consume un motor paso a paso nema 32 que se seleccionó con anterioridad es de 4.2 A. Las corrientes de los 4 motores sumadas indican un consumo de 16.4 A. Previo a selección de las fuentes de corriente también se consideró el voltaje de alimentación de los controladores y motores que es de 24 VDC. Con estos valores se procedió realizar la adquisición de la fuente de alimentación. Dentro del mercado se adquirió una fuente de voltaje con las siguientes especificaciones técnicas que se enseñan en la Tabla 17.

Tabla 17
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE FUENTE DE ALIMENTACIÓN

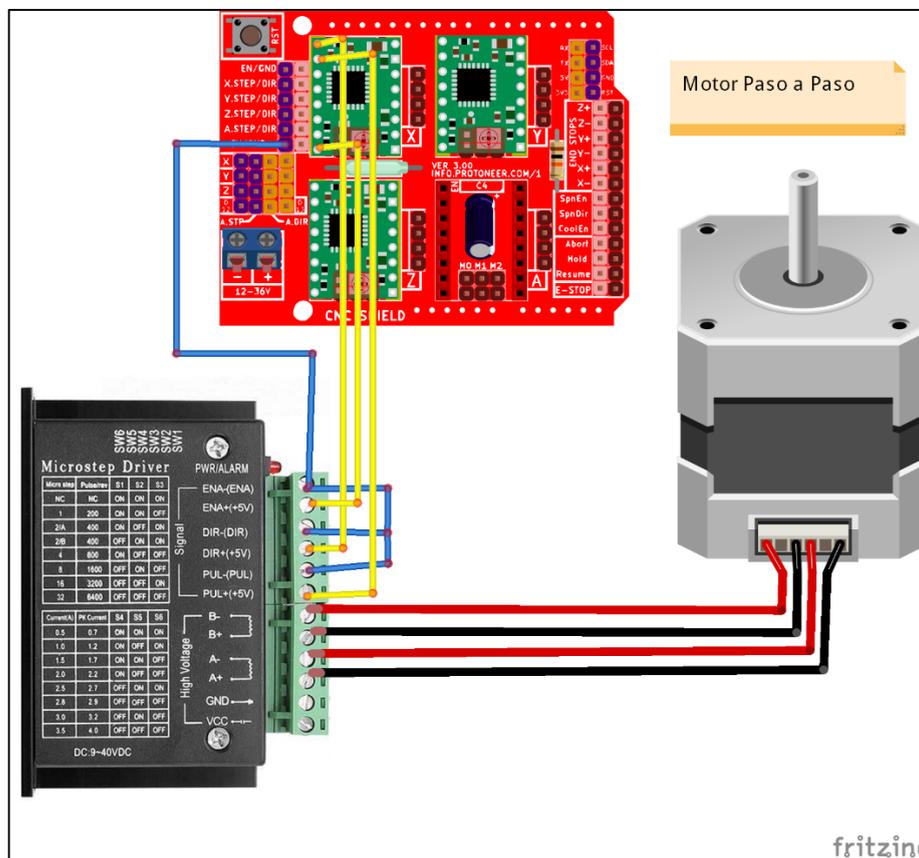
Especificaciones.	
Voltaje de entrada	110/220 V
Voltaje de salida	24 VDC
Corriente	25 Amp
Potencia	600 W
Temperatura	80 °C
Dimensiones	40x16x7.9

2.7. Esquemático de Conexión.

Dentro de esta sección se presenta un esquemático de conexión de un motor PAP que se han seleccionado con anterioridad. Con la ayuda del Software Fritzing se realizó un esquema de conexiones del microcontrolador Arduino con el controlador DM 566 y posterior a esto la conexión del controlador con el motor paso a paso. La Figura 27 permite visualizar las conexiones que se deben realizar desde el microcontrolador hasta el motor PAP.

Figura 27

Esquema de conexiones del motor PAP



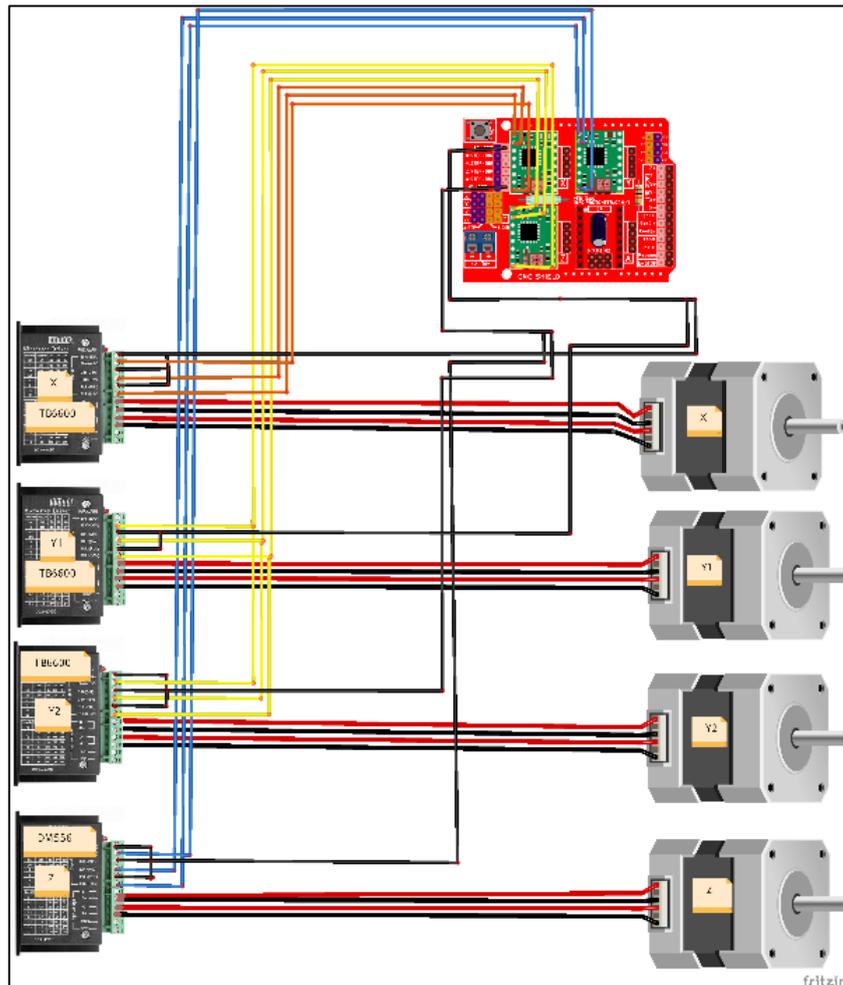
Nota. La figura muestra un esquema de conexiones del motor PAP con el driver. Esquema de conexión del motor PAP. [Fotografía], Autor.

La Figura 28 se observa el esquema de conexiones de los 4 motores PAP que se utilizaron para el desplazamiento de los tres ejes. El primer motor ayuda al desplazamiento

del eje X, los motores numerados Y1 y Y2 son los que permiten el desplazamiento en el eje Y cabe mencionar que los dos controladores están conectados en paralelo en la Shield CNC, mientras que el último motor permite desplazamiento en el eje Z.

Figura 28

Esquemático de los 4 motores

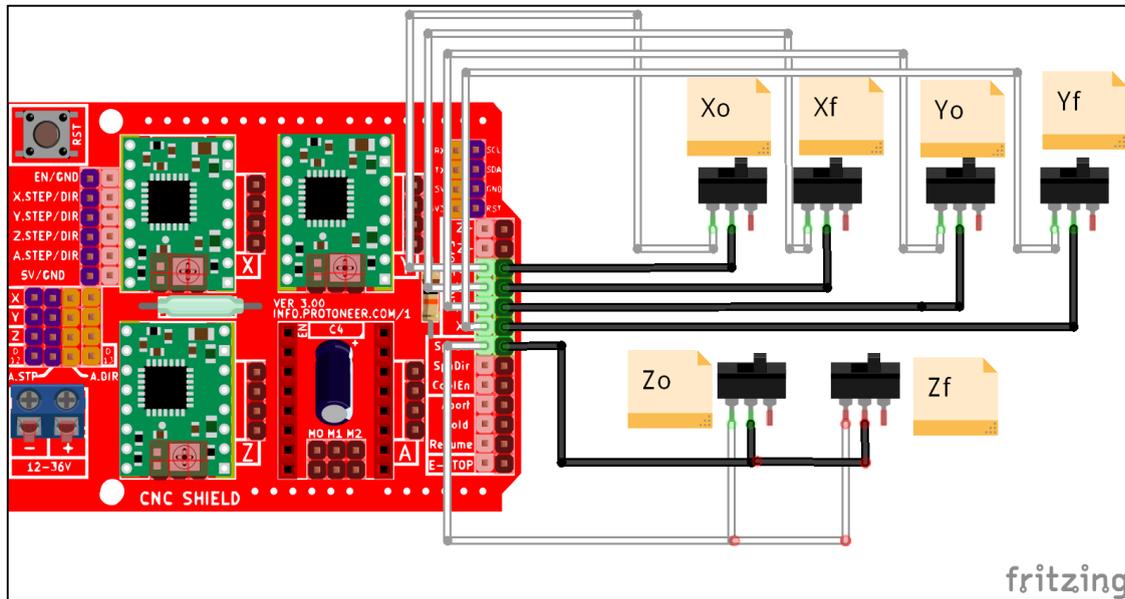


Nota. La imagen indica el esquema de conexión de los 4 motores que ayudan con el desplazamiento de los 3 ejes, cada uno conectado a un controlador. Esquemático de los 4 motores. [Fotografía] Autor.

En la Figura 29 se muestra el esquema de conexión de los límites de carrera mecánicos con los que cuenta la máquina, en la imagen se puede observar los nombres de los finales de carrera para identificar en el eje que van a estar posicionados, Xo está ubicado en el inicio del eje "X", mientras que Xf está posicionado en el final del eje "X". El eje "Z" y el eje "Y" también cuenta con dos finales de carrera ubicados al inicio y final de cada eje.

Figura 29

Conexiones del Final de Carrera



Nota. La imagen muestra las conexiones de los límites de carrera mecánico con la placa Arduino, tomando en cuenta 6 finales de carrera.

En la Tabla 18 podemos destacar los resultados más importantes obtenidos de los cálculos.

Tabla 18

RESUMEN DE RESULTADOS DE CALCULO

Resumen de Resultados de Calculo		
Potencia Neta	0.96 KW	Este resultado permitió realizar la selección de la potencia del Husillo.
Torque	5.62 N	El valor del Torque ayudo para seleccionar los motores paso a paso.

De igual manera este capítulo permitió seleccionar los elementos necesario para la construcción del prototipo. En la Tabla 19 se resumen los elementos que se han seleccionado y la cantidad que se adquirieron.

Tabla 19

ELEMENTOS DEL HARDWARE

Resumen de Elementos del Hardware	
Cantidad	Elemento
1	Shield CNC Arduino
1	Arduino Uno
4	Driver TB6600
4	Motores Nema 34 (7N)
6	Limites de Carrera Mecánico
1	Fuente de Voltaje (24v-25A)

Este capítulo ha permitido realizar un diseño mecánico de la estructura de la máquina al igual que se realizó la selección de los softwares con los que se diseñó la estructura de la máquina CNC, inclusive se realizaron los cálculos necesarios para seleccionar los elementos adecuados para ensamblar la máquina. Además se describieron las características técnicas de los elementos con los que se realizó la construcción de la prototipo.

Capítulo 3.

Implementación del Prototipo CNC en el Laboratorio de Tecnología.

El capítulo 3 tiene como finalidad la implementación del prototipo CNC, para ello es necesario llevar a cabo el ensamblaje de esta. La primera parte de este capítulo habla de la construcción del prototipo, se inicia realizando la construcción de la estructura mecánica, y posterior a ello se realiza el montaje de motores sobre la estructura mecánica.

Otro de los aspectos que se trata en este capítulo es la implementación del software Arduino para controlar de la máquina, y además Inkscape para la obtención del código G.

Al final del capítulo se presentan los resultados obtenidos luego de la realización de la pruebas, y finalmente se dan a conocer las conclusiones del trabajo y recomendaciones.

3.1. Construcción del Prototipo.

Para iniciar este último capítulo se procedió a realizar el ensamblaje del prototipo y el montaje de los elementos eléctricos sobre la estructura.

3.1.1. Construcción Mecánica del Prototipo

Para iniciar con el ensamblaje del prototipo primero se realizó la fabricación de la estructura mecánica. Para ello se hizo uso de los perfiles de aluminio de la empresa Cedal como material principal, también se hace uso de tornillos y tuercas para las respectivas uniones. Las dimensiones de la estructura fueron basadas en el diseño del prototipo.

La Figura 30 se presenta una fotografía de la estructura de la máquina, la misma que está compuesta de perfilera Cedal, pernos y tuercas de acero galvanizado. La estructura cuenta con una parte móvil la cual está conformada por rodamientos 625z que permiten el desplazamiento por las aberturas con las que cuentan el perfil.

La Figura 31 se observa la parte inicial del ensamblaje del eje "X" y el eje "Z" esta parte de la estructura esta hecha con plazas de metal y varillas de acero de transmisión. Los dos ejes antes mencionados tiene el mismo sistema, cuentan con dos guías lineales con bocines y un tornillo de potencia que se encarga de desplazar los ejes.

En la sección de Anexos 2 se puede apreciar otras figuras que muestran el proceso de la construcción del prototipo.

Figura 30
Estructura Mecánica



Nota. La imagen muestra la estructura de la máquina, la misma que es su mayoría está conformada por perfiles de aluminio. Estructura Mecánica, [Fotografía], Autor.

Figura 31

Inicia de la construcción del eje "X" y eje "Z"



Nota. La imagen muestra la estructura de la máquina, y la parte inicial de la construcción del eje "X" y del eje "Z", utilizando materiales como placas de acero, chumaceras y varillas de acero de transmisión. [Fotografía], Autor.

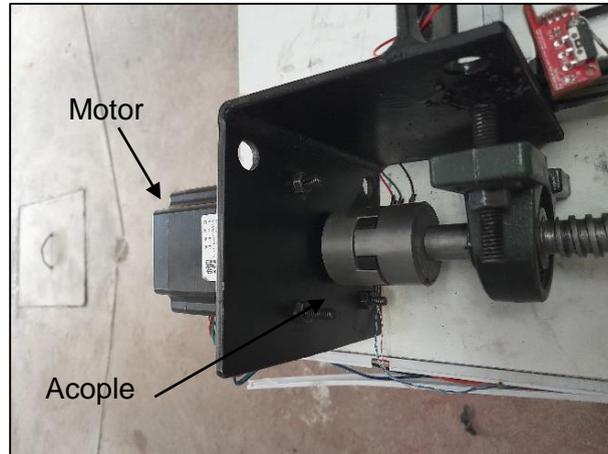
3.1.2. Montaje de Motores en Estructura

El acoplamiento de los motores PAP en la estructura, es parte esencial ya que deben estar fijos, para ello se utilizó placas de acero de un grosor de 5 mm que están sujetos fijamente a la estructura con la ayuda de pernos. Los motores se acoplarán a los tornillos de potencia con acoples flexibles, los acoples antes mencionados necesitaron un trabajo extra el cual fue realizado con la ayuda de un mecánico industrial y un Torno, esta persona realizó la expansión de los orificios de los acoples para que encajen perfectamente con el tornillo sin fin y el eje del motor.

La Figura 32 indica el resultado final del montaje de los motores, el eje “y” es el único que cuenta con acoples flexibles.

Figura 32

Montaje de motores y unión de acoples.

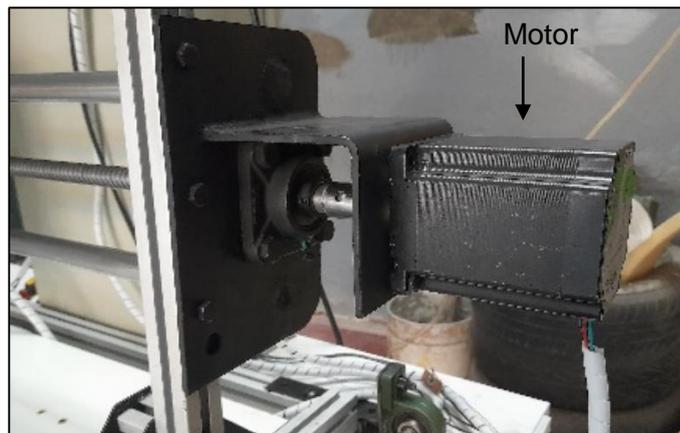


Nota. Esta figura presenta el resultado del motor montado en la estructura de la mecánica y de igual manera se observa el acople flexible que permite la unión del eje del motor con el tornillo.

La Figura 33 se visualiza el montaje del motor en el eje “X”, este eje cuenta con un acople rígido que unen el eje del rotor con el tornillo sin fin.

Figura 33

Montaje del motor en el eje "X"



Nota. La figura se puede observar el montaje del motor que permite el desplazamiento del eje “X”, el mismo que une el tornillo con el motor con la ayuda de un acople rígido. Montaje del motor en el eje “X”, [Fotografía], Autor

En la Figura 34 se puede visualizar el montaje del motor en el eje “Z”, al igual que en el eje “X” este eje cuenta con un acople rígido que unen el eje del motor con el tornillo sin fin o también conocido como tornillo sin fin, el motor se encuentra montado sobre la base de la estructura del eje “Z”, la cual está fabricada con placas metálicas de acero.

Figura 34

Motor montado en el eje "Z"



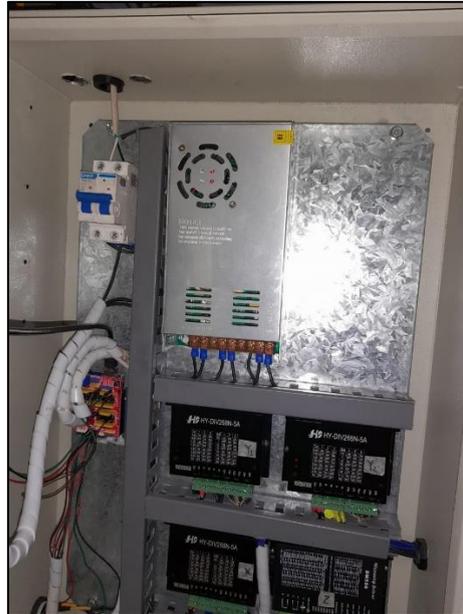
Nota. En la fotografía se puede apreciar el motor que se encarga del movimiento del eje Z este se encuentra montado sobre una placa metálica y ajustada con tornillo, el eje del motor se une con el tornillo por medio de un acople rígido.

3.1.3. Montaje de Componentes Electrónicos en el Tablero de Control

Los dispositivos electrónicos fueron montados dentro del tablero de control con las siguientes dimensiones 40 cm x 60 cm (ancho x largo), para el cableado de los componentes electrónicos se utilizó cable #18 AWG. Para que tenga una mejor estética se utilizó canaleta ranurada. La Figura 35 muestra el resultado final de la instalación de los componentes electrónicos dentro del cablero de control.

Figura 35

Tablero de control-Vista Interna.



Nota. En la imagen presentada se puede apreciar los componentes eléctricos, como los drivers, fuentes de voltaje, la placa Arduino y el variador de frecuencia. Tablero de control-Vista Interna, [Fotografía], Autor.

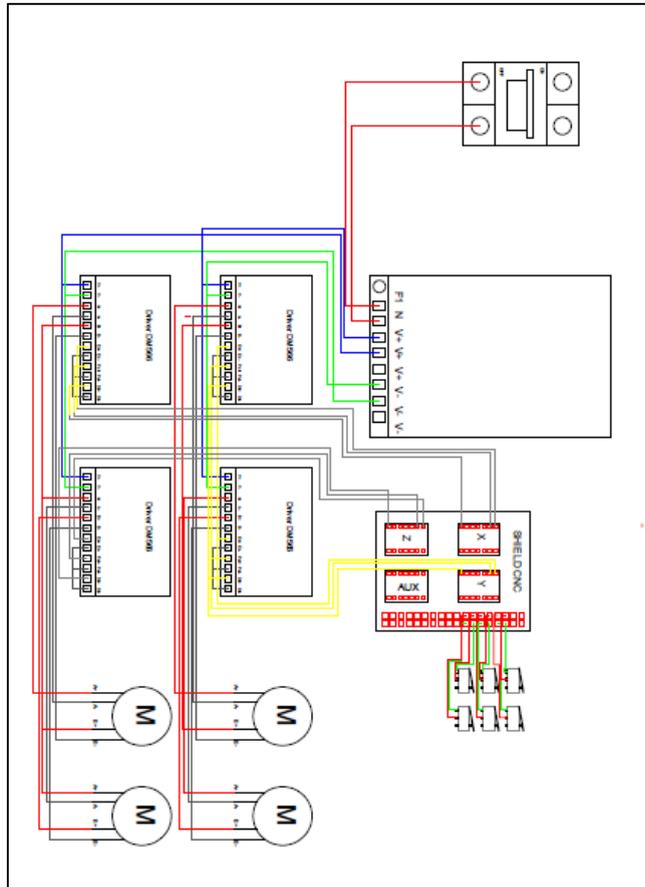
Esquema de Conexión de Elementos Electrónicos.

El esquema de conexión de los dispositivos electrónicos se lo realizó con la ayuda del software de dibujo técnico AutoCAD 2022, con la finalidad de presentar como están conformadas las conexiones de cada uno de los elementos. La Figura 36 se observa el esquema de conexiones realizado en panel de control de la máquina CNC. En la sección de anexos se puede observar con mayor claridad las conexiones.

La Figura 37 se observa el esquema de conexión del tablero que contiene el variador de frecuencia para controlar la velocidad del Spindle.

Figura 36

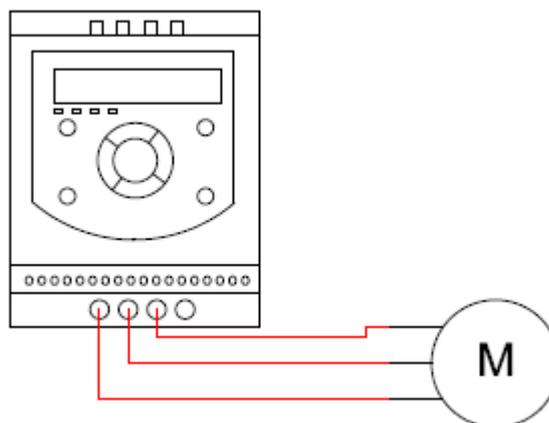
Esquema de conexiones del tablero.



Nota. La imagen se observa el esquema de conexiones del tablero de control, los cables de color rojo significan fase o conexión positiva conectados a los motores, el color verde son GND que provienen de la fuente alimentacion, el color azul el V+ de la fuente alimentacion, el color negro significa conexiones negativas del controlador hacia los motores paso a paso. [Fotografía], Autor.

Figura 37

Conexión Variador de Frecuencia con Spindle.



Nota. La imagen presenta el esquema de conexiones del variador de frecuencia y el Spindle, [Fotografía], Autor

3.1.4. Montaje de Límites de Carrera.

Para el montaje de los límites de carrera se utilizó pernos con tuercas, con la finalidad de fijar los elementos antes mencionados en la estructura de la máquina. Los finales de carrera fueron ubicados en el eje “X”, eje “Y” y eje “Z”, en total se hizo utilizaron de 6 límites de carrera mecanicos.

Los límites de carrera del eje “X” fueron colocados en el extremo inferior izquierdo y el extremo inferior derecho de la base metálica donde se encuentra acoplado el spindle, en esta misma base se encuentran instalados lo finales de carrera del eje “Z” con la diferencia que el final de carrera que lo vamos a denominar como Z1 se encuentra en la parte superior de la base y el final de carrera denominado Z2 se encuentra en la parte inferior de la base metálica donde se encuentra el spindle.

Los finales de carrera del eje “Y” fueron instalados en la estructura de la máquina específicamente sobre los perfiles por donde se desplaza el eje “Y”

3.2. Softwares y Firmware.

En esta sección se presenta los softwares con los que se maneja la máquina CNC, los mismo que son de código libre por lo cual no tuvieron ningún costo. Los softwares satisfacen las necesidades para el funcionamiento adecuado del prototipo.

3.2.1 Firmware GRBL

El firmware GBRL se obtuvo de la página web GitHub, la cual permite descargar el mismo sin ningún costo. Para subir este firmware a la placa de Arduino, se debe agregar el mismo a las librerías de software Arduino. A continuación, se presentan los pasos a seguir:

1. Descargar el Firmware de la página GitHub y guardar en la carpeta de su preferencia.
2. Abrir el Software Arduino.
3. Se dirige a “Programa” y selecciona “Incluir Librería” luego clic en “Añadir biblioteca ZIP”
4. Se abrirá una ventana y se debe dirigir a la carpeta donde se descargó el Firmware, seleccionarlo y dar clic en “Abrir.”

Una vez que se ha añadido la Librería al software de Arduino se debe iniciar el proceso para subir a la placa Arduino. Para ello se sigue los siguientes pasos:

1. Clic en “Archivo” y se dirige a la opción de “Ejemplos”
2. Se desplegará una barra de opciones y selecciona “GRBL”

3. Clic en “GRBL” y se abrirá otra venta de Arduino, el programa que contiene esa nueva venta es el que se debe subir al microcontrolador Arduino Uno.

3.2.2. Software para la Generación de Código G

Para la obtención del código G, se hace uso del software Inkscape la versión 1.2. Este software ayuda a generar el código G de los diseños que se desea maquinar. Para la generación de los códigos G se deben seguir los siguientes pasos

1. Importar la imagen o texto de la cual se desea obtener el código G.
2. Selecciona la imagen y se dirige a la pestaña “Trayecto” del panel de herramientas y se procede a dar clic en la opción “Desvío dinámico”.
3. Luego se dirige a la pestaña “Extensiones” y clic en la opción “Gcodetool” y luego “puntos de orientación”. Se abre una pestaña donde se dará clic a la opción aplicar.
4. Nuevamente se dirige a la pestaña “Extensiones” y se da un clic en la opción “Gcodetool” y luego “Biblioteca de Herramientas”. Se abre un cuadro de dialogo donde se selecciona la herramienta (broca) con la que se esté trabajando y posterior a esto clic en “Aplicar”.
5. Culminado el quinto paso, dentro de área de trabajo, aparece un texto dentro de un recuadro verde, el mismo que deberá ser modificado en sus parámetros a conveniencia propia.
6. Nuevamente se dirige a la pestaña “Extensiones” y se da un clic en la opción “Gcodetool” y luego “Trayecto a Gcode”.

3.2.3. Software de Control de Máquina CNC.

Con la ayuda del Software Universal G-Code Sender Platform en su última versión, con este software se realiza el control del prototipo. Para que este software funcione de manera correcta es necesario tener cargado previamente el firmware GRBL en la placa Arduino.

Previo al inicio de control de la máquina y realizar el maquinado es necesario seguir los siguientes pasos.

1. Primero se debe realizar la conexión entre la placa de Arduino Uno y el Software. Es necesario seleccionar el puerto COM correcto. Una vez que se haya conectado se despliegan una serie de parámetros.
2. Se configuran los parámetros que aparecerán en la ventana de trabajo. El valor de los parámetros con los cuales se trabajó se presentarán más adelante.

3. Se procede a abrir el código G, que se obtuvo del software Inkscape.
4. Por último, se presiona el botón “Play” y con ello se iniciará el mecanizado.

Dentro del programa se debe realizar la configuración de parámetros para obtener el mejor funcionamiento adecuado de la máquina. Para ello una vez conectado el software se desplegará unos parámetros en la interfaz de software con el que se está trabajando. Cabe recalcar que los parámetros presentados a continuación son los que se mencionaron en el paso 2.

\$0 = 10 (Step pulse time, microseconds). Este parámetro permite modificar el tiempo de cada pulso.

\$1 = 25 (Step idle delay, milliseconds) Cada vez que se complete un desplazamiento y se detenga, GRBL retardará la desactivación de los steppers (paso a paso) por este valor.

\$2 = 0 (Step pulse invert, mask). Permite invertir las señales de pulso de los ejes. La mayoría de los usuarios no necesitan usar esta configuración.

\$3 = 4 (Step direction invert, mask). Este ajuste invierte la señal de dirección para cada eje.

\$12 = 0.002 (Arc tolerance, millimeters). Modifica la precisión del trazado del arco.

\$13 = 0 (Report in inches, boolean). Modifica la unidad de medida en milímetros cuando el valor sea 0 o en pulgadas cuando el valor sea 1.

\$20 = 0 (Soft limits enable, boolean). Permite activar los límites flexibles para evitar que la máquina viaje demasiado lejos

\$21 = 1 (Hard limits enable, boolean). Permite activar o desactivar los finales de carrera.

\$22 = 1 (Homing cycle enable, boolean). Permite activar o desactivar el ciclo de homming. Para ello es necesario activar los finales de carrera.

\$23 = 3 (Homing direction invert, mask). Modifica donde se posiciona el ciclo homming.

\$24 = 25.000 (Homing rate, mm/min). Velocidad de avance después de encontrar el final de carrera.

\$25 = 500.000 (Homing search, mm/min). Velocidad de avance para la búsqueda de referencia de los límites de carrera.

\$26 = 250 (Homing switch debounce delay, milliseconds). Establece el valor de retraso, solo vuelve a la posición inicial cuando localiza el ceo de la máquina.

\$27 = 10.000 (Homing switch, millimeters). Distancia de recorrido que toma la máquina después de culminar el ciclo homming.

\$100 = 32.000 (X-axis travel resolution, step/mm). Revolución de motor paso a paso del eje X

\$101 = 32.000 (Y-axis travel resolution, step/mm). Revolución de motor paso a paso del eje Y

\$102 = 120.000 (Z-axis travel resolution, step/mm). Revolución de motor paso a paso del eje Z

\$110 = 550.000 (X-axis max rate, mm/min). Velocidad máxima de movimiento eje X

\$111 = 500.000 (Y-axis max rate, mm/min). Velocidad máxima de movimiento eje Y

\$112 = 500.000 (Z-axis max rate, mm/min). Velocidad máxima de movimiento eje Z

\$120 = 10.000 (mm/s²). Aceleración de eje X

\$121 = 10.000 (mm/s²). Aceleración de eje Y

\$122 = 10.000 (mm/s²). Aceleración de eje Z

\$130 = 1200.000 (X-axis max travel, millimeters). Establece el recorrido máximo de punta a punta en mm.

\$131 = 900.000 (Y-axis max travel, millimeters). Establece el recorrido máximo de punta a punta para e mm.

\$132 = 200.000 (Z-axis max travel, millimeters). Establece el recorrido máximo de punta a punta en mm.

3.3. Pruebas de Funcionamiento.

Se realizaron varias pruebas de funcionamiento con la finalidad de detectar problemas o fallas en la máquina y realizar la respectiva corrección.

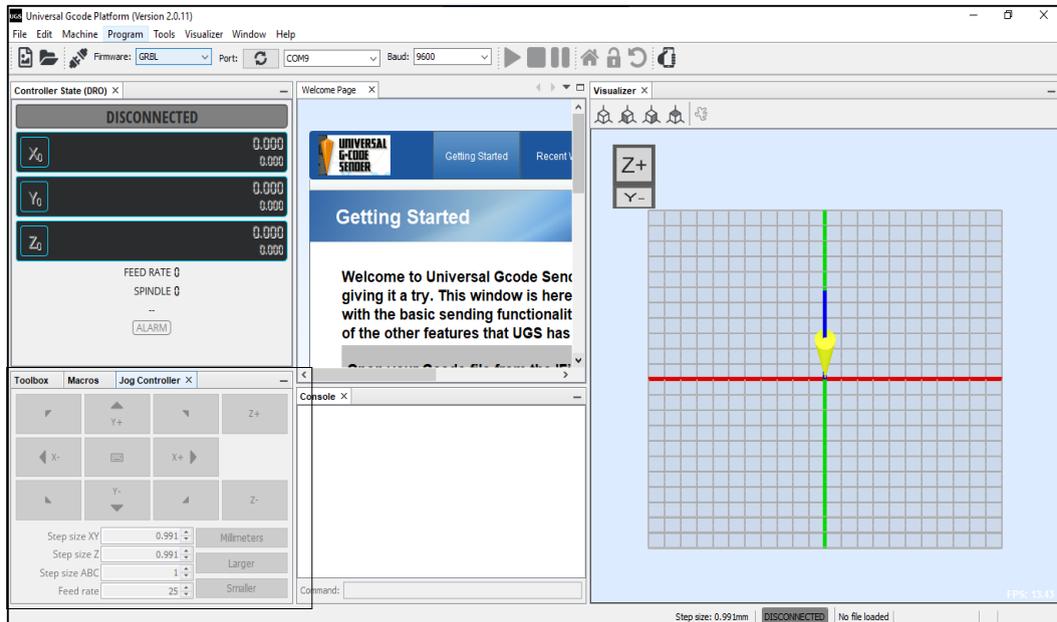
3.3.1. Funcionamiento de Forma Manual.

La primera prueba realizada consistió en poner en funcionamiento la máquina de forma manual. Con la ayuda del software Universal G Code Sender que permite ejecutar movimientos de los ejes de forma manual, esto quiere decir que no es necesario subir un código G. En la Figura 38 se puede observar los botones que se encuentran en la interfaz del software antes mencionado los mismos que permiten efectuar los movimientos de los ejes de forma manual.

Esta prueba tuvo como resultado la detección de problemas mecánicos, como el cabeceo de los motores en el eje "Y", los mismos que fueron corregidos con el cambio de acoples y con ello tener un mejor funcionamiento de CNC. La Figura 38 muestra enmarcado con un recuadro negro los botones que se deben presionar para llevar a cabo esta prueba.

Figura 38

Interfaz de Universal G Code Sender.



Nota. La imagen muestra el interfaz del Universal G-Code Sender, es esta imagen se enmarca botones con los cuales es posible realizar movimiento de los ejes. Interfaz de Universal G-Code Sender. [Fotografía], Autor.

El resultado de esta prueba es la corrección de los problemas mecánicos, y también se puede verificar la conexión de software con el Hardware de la máquina.

3.3.2. Funcionamiento con Código G sin Material para el Mecanizado.

La segunda prueba de funcionamiento que se le realizó a la máquina CNC, es realizar pruebas sin material para ello se cargó el código G de un ejemplo cualquiera en el software Universal G Code Sender y ponerlo en marcha, es necesario resaltar que esta prueba no se realizó con ninguno de los materiales que la máquina es capaz de mecanizar.

Esta prueba tuvo la finalidad de revisar que los 3 ejes funcionen adecuadamente, y sobre todo tenga una coordinación correcta y de igual manera comprobar que no existan imperfectos mecánicos que puedan complicar el funcionamiento adecuado de la máquina.

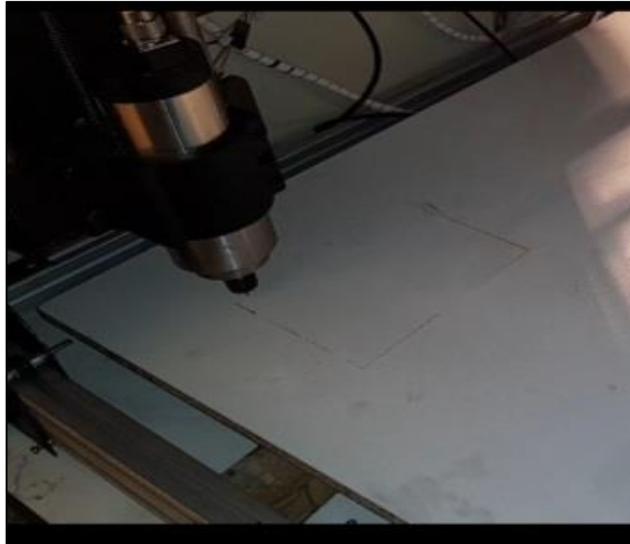
El resultado de esta prueba fue que no hubo fallas mecánicas y permitieron verificar que el código G que fue generado de Inkscape no presento fallas.

3.3.3. Funcionamiento con Material para el Mecanizado.

La última prueba de funcionamiento realizada a la máquina CNC se ejecutó con el material más accesible económicamente en este caso madera (MDF) y también por precautelar la integridad de la máquina. Se eligió el material antes mencionado para la primera prueba con material, ya que este no requiere el 100 % de esfuerzo de la máquina CNC y porque su valor económico es la accesible. La Figura 39 muestra una de las pruebas realizadas con material.

Figura 39

Prueba con Material.



Nota. Se realizó una prueba con material donde se dibujó un cuadrado, con la finalidad de ver la precisión de la máquina la misma que fue verificada con un calibrador vernier.

Los resultados de la primera prueba fueron negativos ya que dentro de esta prueba se verificó que la máquina no realizaba el grabado con precisión ya que las dimensiones debido a que las dimensiones del diseño en el software no coincidían con los realizados por el prototipo. Para la corrección de este error se modificaron los parámetros \$100, \$101 y \$102 del software Universal Gcode Sender Platform.

También se hizo pruebas colocando un marcador para dibujar figuras geométricas como el círculo, cuadrado, rectángulo y triángulo, y con la ayuda de un calibrador vernier verificar si la dimensión es igual al valor que tiene en el diseño. La Figura 40 permite observar que en el lado izquierdo el marcador colocado en el cabezal de la máquina realiza el dibujo de un círculo y en el lado derecho se puede observar la verificación del diámetro del círculo con la ayuda del calibrador.

Figura 40

Prueba de grabado con marcador.



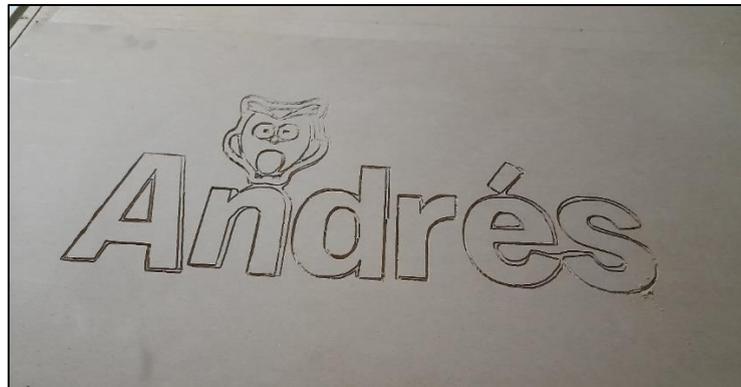
Nota. Se realizó el grabado de un círculo como se observa en la parte izquierda de la fotografía, con la finalidad de ver la precisión se verificó el diámetro del círculo con un calibrador vernier. [Fotografía], Autor

El resultado de la segunda prueba una vez hechas las modificaciones de los parámetros \$100, \$101 y \$102, se notó una mejora contundente en la precisión de la máquina y pudo ser verificada con el calibrador.

Otra de las pruebas de funcionamiento es el grabado de un diseño en MDF, para ello se colocó una fresa de vástago en el husillo y con ellos realizar el grabado o fresado de un diseño con una complejidad mayor. La Figura 41 se puede apreciar el resultado de la prueba realizada.

Figura 41

Prueba de funcionamiento en MDF.



Nota. Se realizó el grabado de un diseño de mayor complejidad, haciendo uso del material MDF, para este diseño también se hizo uso de una fresa de vástago. [Fotografía], Autor

Esta prueba fue la que permitió ver el verdadero funcionamiento de la máquina, teniendo como resultado una precisión en las dimensiones, pero también se pudo verificar que la fresa utilizada no era la ideal para realizar grabados, pero sobre todo culminado el grabado se presenció que los acabados del grabado no eran de buena calidad en especial en los movimientos circulares.

En la sección de Anexos 3 se pueden ver otros resultados de las pruebas de grabado en MDF y utilizando una fresa de vástago.

El capítulo tuvo una gran relevancia, esto debido a que se dio a conocer la forma en que se realizó la construcción de la máquina C.N.C, al igual que se logró conocer una idea más clara de cómo se realizaron las conexiones dentro del tablero de control. Y lo más importante que se puede resaltar de este capítulo es que se logró poner en marcha la máquina y las pruebas de funcionamiento lo cual permitió la corrección de fallas y con ello tener como resultado una máquina que sea 100% funcional y que deja buenos resultados al momento de realizar el mecanizado en el material. Cabe mencionar que todas las pruebas antes mencionadas se realizaron en MDF.

Conclusiones.

1. La definición de los requerimientos permitió tener una idea más clara para el desarrollo de una máquina CNC de tres ejes, destacando dentro de estos requerimientos las dimensiones, el área de trabajo, los componentes y sistemas de desplazamiento que son necesarios para el diseño y construcción del prototipo.
2. El diseño de la máquina fue desarrollado en base a las dimensiones del área de trabajo que se ha planteado, dentro del diseño se consideró materiales que puedan satisfacer las necesidades de la máquina y que prolonguen la vida útil de la máquina. Se logró realizar los cálculos correspondientes y con ello tener una referencia teórica de las características técnicas de los elementos que se debían adquirir para el ensamblaje de la máquina.
3. Las pruebas de funcionamiento del prototipo realizadas en los materiales como: MDF y Aluminio, permitieron demostrar que la velocidad de los motores PAP es fundamental para obtener buenos resultados en el grabado o corte; una velocidad baja permite tener mejores acabados en las piezas. Finalmente, la máquina CNC de tres ejes fue implementada dentro del laboratorio de la Carrera de Electricidad.

Recomendaciones.

1. Se debe revisar de manera muy minuciosa los softwares control de la máquina CNC con los que se desea trabajar, tomando en cuenta aspectos básicos como; son o no compatibles con el microcontrolador seleccionado para el desarrollo del proyecto.
2. Es necesario seleccionar de manera correcta los materiales con los que se desarrollará la construcción de la estructura de la máquina y sus sistemas de desplazamiento, un factor importante a considerar es el fácil aprovisionamiento de los materiales y el costo que implica la adquisición de estos.
3. Se debe revisar como manejar de manera correcta los softwares de control del prototipo, para tener mejores resultados en las pruebas, y con ellos evitar el gasto innecesario de material de prueba y también impedir fallos mecánicos o eléctricos que puedan presentarse por una mala manipulación de los softwares.

Referencias

- Acosta, N. (14 de Diciembre de 2018). *CUIDA TU DINERO*. Obtenido de CUIDA TU DINERO: <https://www.cuidatudinero.com/13176145/tipos-de-maquinas-cnc>
- AMAZON. (2022). Obtenido de AMAZON: https://www.amazon.com/-/es/refrigerador-ranurador-cuadrado-inversor-aviaci%C3%B3n/dp/B093FKF7YD/ref=sr_1_8?__mk_es_US=%C3%85M%C3%85%C5%BD%C3%95%C3%91&crd=2LEPYA2TJ35NB&keywords=spindle&qid=1652932151&sprefix=spindle%2Caps%2C177&sr=8-8&th=1
- Ayala, W. (2019). *MÁQUINA PARA LA FABRICACIÓN DE PLACAS DE CIRCUITO IMPRESO PARA EL DESBASTE Y PERFORACIÓN*. Ibarra.
- Budynas, R. G., & Nisbett, J. (s.f.). *Diseño en Ingeniería Mecánica de Shingley*. Mexico: McGrawHill. Recuperado el 12 de Abril de 2022, de <http://www1.frm.utn.edu.ar/electromecanica/materias%20pagina%20nuevas/elementoMaquina/material/libroCabecera.pdf>
- Campoverde, J. (2015). *Máquina (CNC) de Control Numérico Computarizado de 3 ejes para el Grabado de Placas Conmemorativas implementado en el Taller de Joyería Campoverde*. Ibarra. Recuperado el 7 de Julio de 2021
- Carreón, V. (27 de Noviembre de 2015). *SlideShare*. Obtenido de <https://es.slideshare.net/INTRONora/investigacion-formato-aparato-critico-uso-de-proteus-professional-8>
- CEDAL. (2021). *CEDAL*. Obtenido de CEDAL: <http://www.cedal.com.ec/index.php/es/categorias-de-productos/perfileria-de-aluminio/industrial.html>
- Chang, R. (2015). *DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA MÁQUINA FRESADORA CNC*. Obtenido de DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA MÁQUINA FRESADORA CNC: <http://www.repositorio.usac.edu.gt/1117/1/Rodrigo%20Rafael%20Chang%20Papa.pdf>
- Cifuentes, F., & Jaramillo, S. (2015). *DISEÑO DE UN SISTEMA DE MANUFACTURA AUTOMÁTICO PARA*. Pereira. Obtenido de <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/5716/6213815C563.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Criollo, E. (2019). *Maquina CNC para las placas electronicas, proceso de fresado y taladrado*. Ibarra. Recuperado el 22 de Julio de 2021
- Dávila, R. M. (2012). *Diseño Grafico Profesional*. Guayana.

De Ingeniería. (13 de Febrero de 2020). Recuperado el 10 de Julio de 2020, de De Ingeniería: <https://deingenierias.com/software/que-es-freecad-y-para-que-sirve/>

DE MAQUINAS Y HERRAMIENTAS. (5 de Julio de 2012). Obtenido de DE MAQUINAS Y HERRAMIENTAS: <https://www.demaquinasyherramientas.com/mecanizado/fresas-tipos-y-usos>

DFROBOT. (2021). Obtenido de DFROBOT: https://wiki.dfrobot.com/TB6600_Stepper_Motor_Driver_SKU__DRI0043

García, O. A., López, E. R., Castro, R. A., & Orellana, N. O. (Mayo de 2014). Recuperado el 07 de Abril de 2022, de <https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/5801/1/Dise%C3%B1o%20y%20construcci%C3%B3n%20de%20una%20fresadora%20con%20control%20num%C3%A9rico%20por%20computadora%20para%20uso%20did%C3%A1ctico.pdf>

Geek Factory. (2021). *Geek Factory*. Obtenido de Geek Factory: <https://www.geekfactory.mx/tienda/robotica/piezas-para-cnc-e-impresoras-3d/interruptor-final-de-carrera-reprap-para-impresora-3d/>

Gil, G. I. (2019). *Diseño e Implementación de un Sistema de Control Numérico en Lazo Abierto para una Fresadora Industrial de 3 ejes*. Cartagena.

GOMEZ, C. H. (17 de Mayo de 2019). *Repositorio UTN*. Obtenido de Repositorio UTN: <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/9367/2/04%20MEC%20263%20TRABAJO%20GRADO.pdf>

IMSERVO. (2022). *IMSERVO*. Obtenido de IMSERVO: <https://imservo.com/>

Inbacuan, A. (2019). *MÁQUINA DE CONTROL NUMÉRICO COMPUTACIONAL PARA CORTE DE PLANCHAS DE ALUMINIO POR DESBASTE DE MATERIAL*. Ibarra.

La Educación en la Era Digital. (2019 de Febrero de 2019). Obtenido de La Educación en la Era Digital: <https://ayto-torrijos.com/herramientas/que-es-autocad-y-para-que-sirve/>

LÓPEZ, C. A. (Agosto de 2019). *Repositorio Institucional del Tecnológico Nacional de México (RI - TecNM)*. Recuperado el 1 de Agosto de 2021, de Repositorio Institucional del Tecnológico Nacional de México (RI - TecNM): <https://rinacional.tecnm.mx/jspui/bitstream/TecNM/1713/1/Tesis%20CARLOS%20ALBERTO%20RUIZ%20LO%cc%81PEZ.pdf>

López, D. G. (Septiembre de 2015). Recuperado el 12 de Abril de 2022, de https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/16740/TFG_Diego%20Gonzalez%20Lopez.pdf;sequence=1

Marín, F. B. (2012). *Módulo Control Numérico Computarizado*. Recuperado el 6 de Julio de 2021, de <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/4883/Modulo%20Control%20>

- Numerico%20Computarizado.pdf;jsessionid=8AB58B68F331FCCE9490C3B2A3C12A6D.jvm1?sequence=1
- Marlin. (2020). Recuperado el 20 de Julio de 2021, de Marlin: <https://marlinfw.org/docs/basics/introduction.html>
- Mecafenix. (20 de Abril de 2017). Obtenido de Ingenieria Mecafenix: <https://www.ingmecafenix.com/electricidad-industrial/motor-paso-a-paso/>
- Molina, F. (2021). *Repositorio Universidad Tecnica del Norte*. Obtenido de Repositorio Universidad Tecnica del Norte: <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/11214/2/04%20MEL%20108%20RABAJO%20GRADO.pdf>
- OpenBiulds Desing. (2022). *OpenBiulds*. Obtenido de OpenBiulds: <https://openbuilds.com/builds/lead-cnc-1010-40-x-40.7832/>
- Pastuña, W., & Jaramillo, G. (Mayo de 2015). *Repositorio Digital de la Universidad Salesiana*. Recuperado el 24 de Julio de 2021, de Repositorio Digital de la Universidad Salesiana: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/10183/1/UPS%20-%20ST001833.pdf>
- Piquer, I. (Julio de 2016). Recuperado el 12 de Diciembre de 2021, de <file:///C:/Users/Dell/Documents/Universidad/tesis/Piquer%20-%20DISE%20C3%91O%20E%20IMPLEMENTACI%20C3%93N%20DE%20UNA%20M%20C3%81QUINA%20CNC%20CON%20FUNCIONALIDAD%20DE%20TALADRADOR%20A.pdf>
- Sanchez, J. G. (28 de Mayo de 2014). *Slideshare*. Obtenido de Slideshare: <https://es.slideshare.net/genarova/10-capitulo-iiidoc>
- Sandvik. (s.f.). *Sandvik Coromant*. Recuperado el 04 de Mayo de 2022, de Sandvik Coromant: <https://www.sandvik.coromant.com/es-es/knowledge/machining-formulas-definitions/pages/milling.aspx>
- Silva, M., & Teofilo, C. (2017). *Repositorio Institucional Universidad Nacional del Antiplano*. Recuperado el 25 de Julio de 2021, de Repositorio Institucional Universidad Nacional del Antiplano: [file:///C:/Users/Dell/Downloads/Silva_Fur_Miguel_Angel_Choque_Condori_Teofilo%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Dell/Downloads/Silva_Fur_Miguel_Angel_Choque_Condori_Teofilo%20(1).pdf)
- VinilShop. (2017). *Herramientas de corte y grabado*. Recuperado el 12 de Diciembre de 2021
- Wotiom. (2022). *Wotiom*. Recuperado el 11 de Mayo de 2022, de Wotiom: <https://d26lpennugtm8s.cloudfront.net/stores/198/075/rte/Datasheet-Driver-WD-TB6600.pdf>

ANEXOS.

ANEXOS 1. Dimensiones de piezas de ensamblaje de la máquina

Figura 42

Dimensión del marco del eje "X"

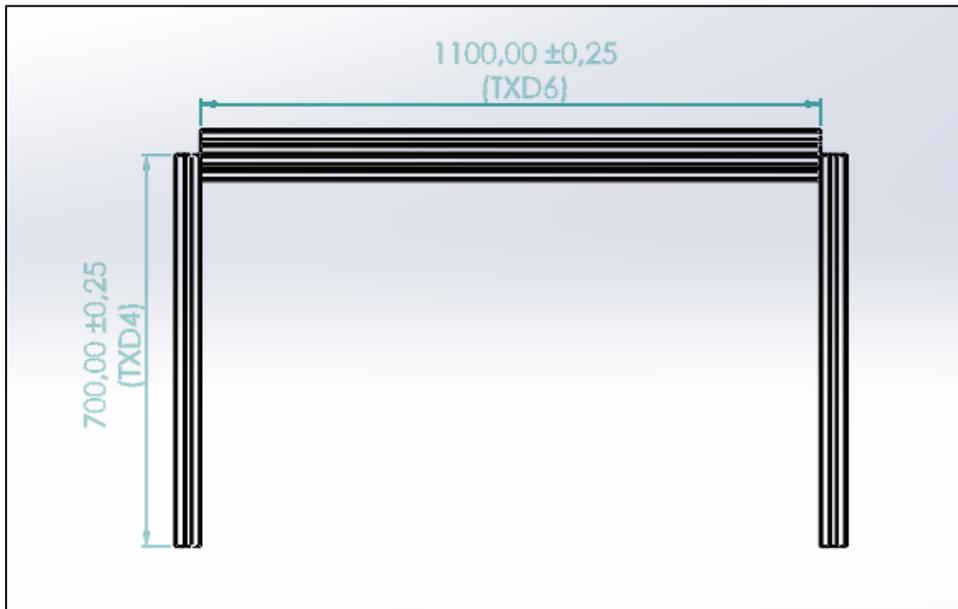
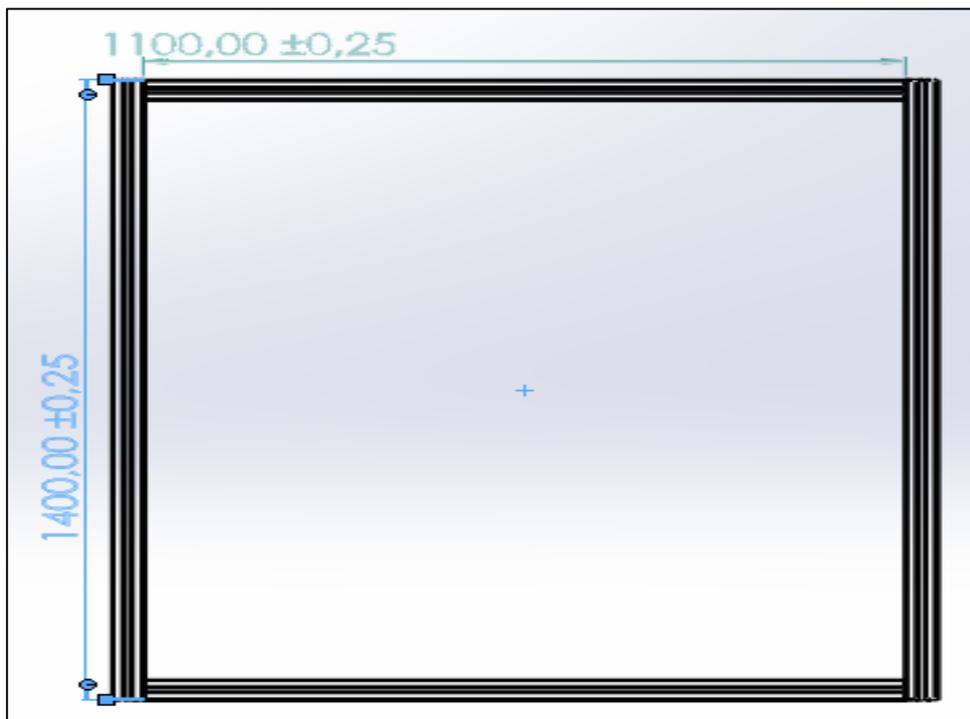
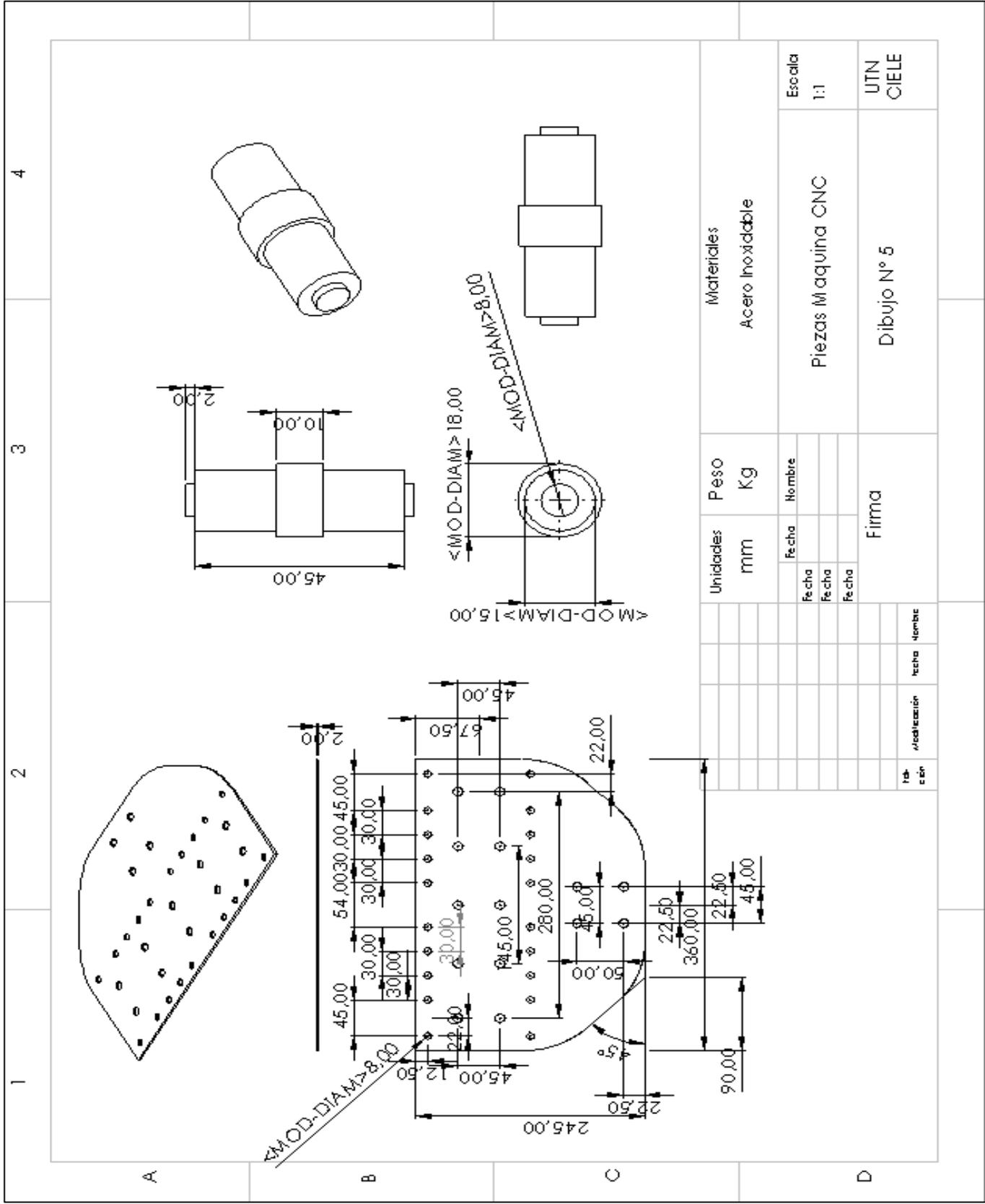


Figura 43

Dimensiones de la cama





4

3

2

1

A

B

C

D

Materiales

Acero Inoxidable

Escala
1:1

Piezas Maquina CNC

UTN
CIELE

Peso

Kg

Nombre

Unidades
mm

Fecha
Fecha
Fecha

Firma

Fecha	Nombre

Revisión	Modificación	Fecha	Nombre

ANEXOS 2 Construcción de la Máquina.

Figura 44

Corte me bases de aluminio.



Figura 45

Perforación de bases de aluminio

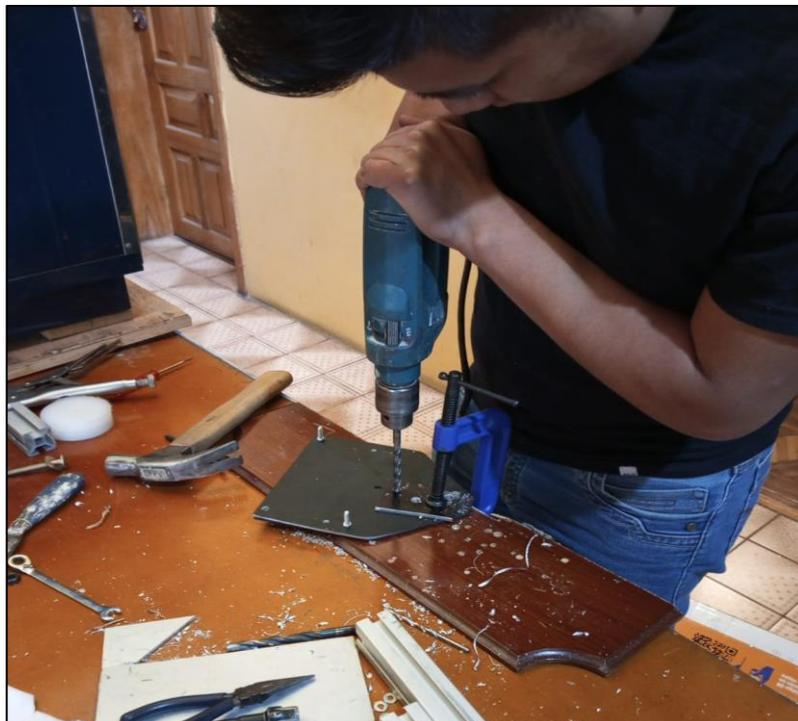


Figura 46

Construcción de base del eje "Y"



Figura 47

Montaje de rodamientos



Figura 48

Construcción arco del eje "X"



Figura 49

Estructura de perfil de aluminio.



Figura 50

Montaje de tornillos de potencia.



Figura 51

Construcción del eje "X" y el eje "Z"



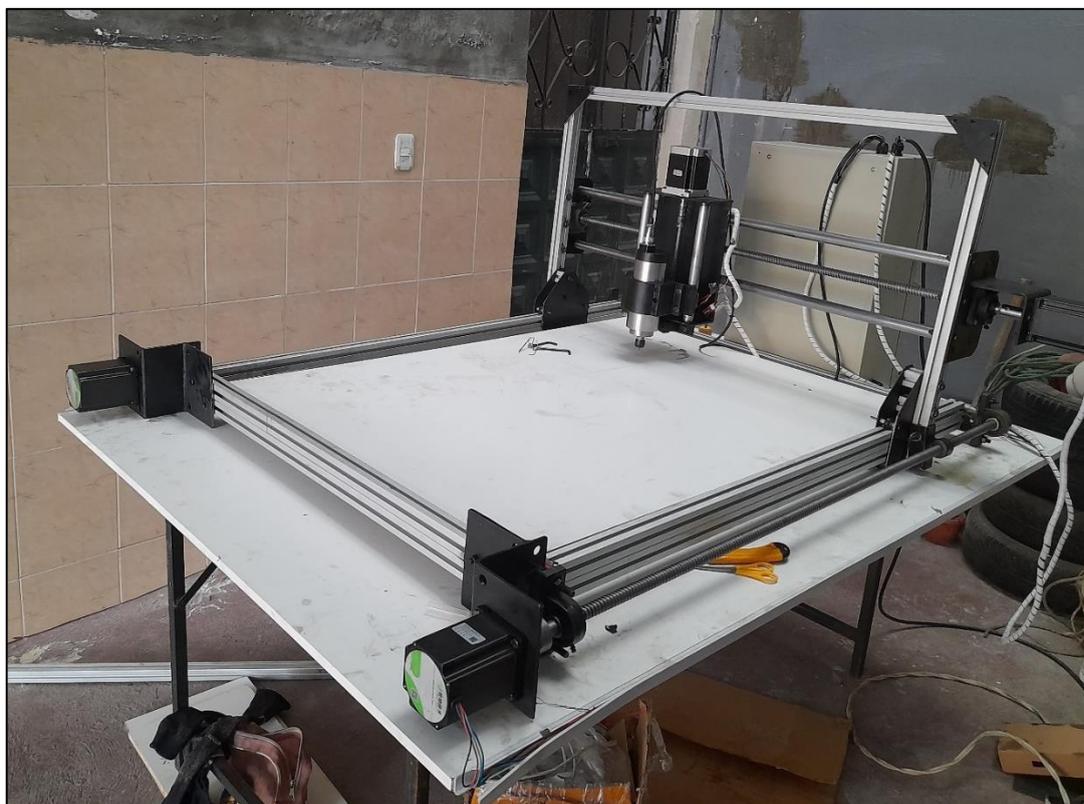
Figura 52
Montaje de motores



Figura 53
Montaje del Spindle.



Figura 54
Máquina Terminada.



ANEXOS 3 Pruebas de Funcionamiento.

Figura 55

Prueba de Texto



Figura 56

Prueba de Circulo

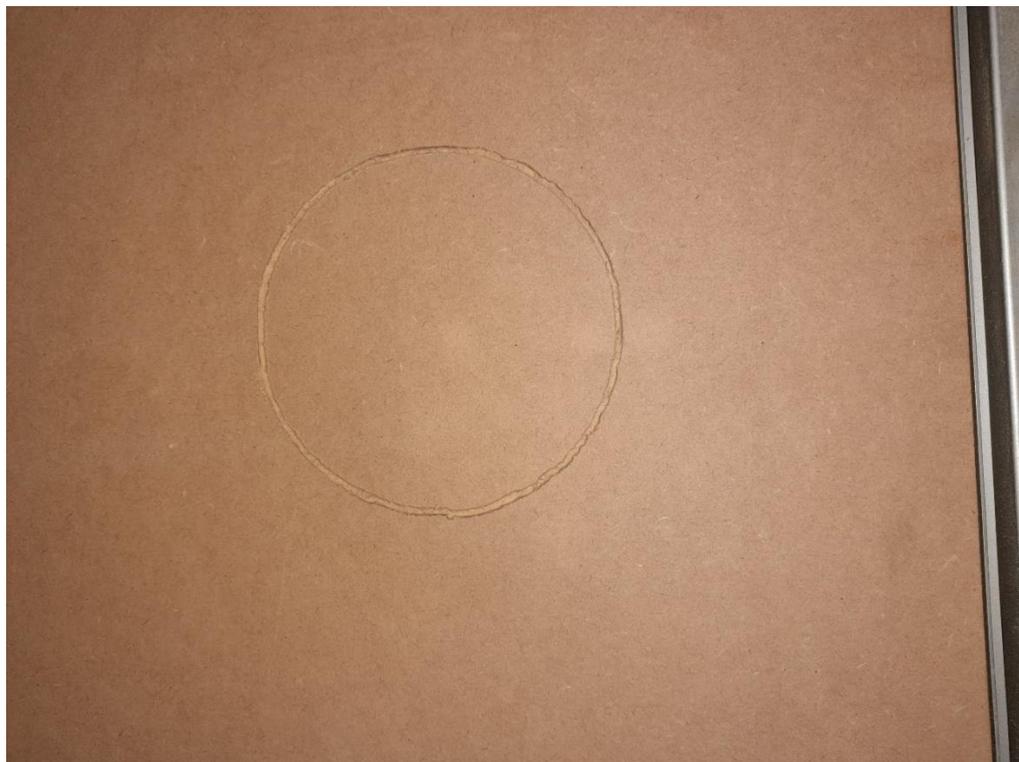
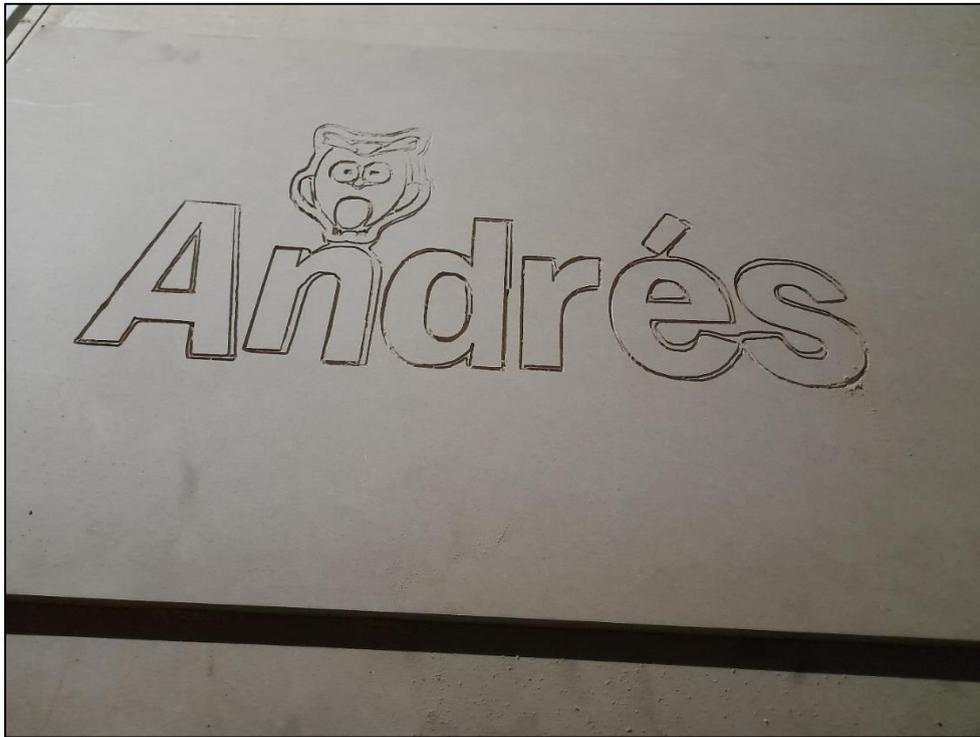


Figura 57

Prueba de Texto y Grafico.



Figura

Prueba de Grafico.

58

