

Estudios y Perspectivas Revista Científica y Académica, Pilar, Paraguay.
ISSN en línea 23005-2599, abril-junio 2024,
Volumen 4, Número 2.

DOI: <https://doi.org/10.61384/r.c.a.v4i2>

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA CNC ROUTER ARTESANAL PARA ELABORAR EL RUTEADO DE LAS PISTAS DE LAS PLACAS PCB

*Design and Construction of a Handmade CNC Router
Machine to Route the Tracks of the PCB Boards*

Javier Edison Malte M

Instituto Superior Tecnológico Simón Bolívar, Ecuador

Wilson Nelson Potes Duque

Instituto Superior Tecnológico Simón Bolívar, Ecuador

Klever Hernaldo Tigua Chancay

Instituto Superior Tecnológico Simón Bolívar, Ecuador

Israel Antonio Orozco Manobanda

Instituto Superior Tecnológico Simón Bolívar, Ecuador

Victor Hugo Coloma C.

Instituto Superior Tecnológico Simón Bolívar, Ecuador



E. COUTURE
INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO



Estudios y Perspectivas

Revista Científica Multidisciplinar



DOI: <https://doi.org/10.61384/r.c.a..v4i2.311>

Diseño y Construcción de una Máquina CNC Router Artesanal para Elaborar el Ruteado de las Pistas de las Placas PCB

Javier Edison Malte M

j_malte@istsb.edu.ec

Instituto Superior Tecnológico Simón Bolívar
Guayaquil – Ecuador

Wilson Nelson Potes Duque

w_potes@istsb.edu.ec

Instituto Superior Tecnológico Simón Bolívar
Guayaquil – Ecuador

Klever Hernaldo Tigua Chancay

k_tigua@istsb.edu.ec

Instituto Superior Tecnológico Simón Bolívar
Guayaquil – Ecuador

Israel Antonio Orozco Manobanda

i_orozco@istsb.edu.ec

Instituto Superior Tecnológico Simón Bolívar
Guayaquil – Ecuador

Victor Hugo Coloma C.

v_coloma@istsb.edu.ec

Instituto Superior Tecnológico Simón Bolívar
Guayaquil – Ecuador

RESUMEN

El presente proyecto se enfoca en el diseño y la construcción de una máquina CNC artesanal (Control Numérico Computarizado) para la elaboración del ruteado de las pistas de las placas PBC (Placa de circuito Impreso), el modelo fue realizado tomando en cuenta diseños anteriores que ya están disponibles en el mercado, el alcance que tiene el proyecto es poder brindar a los diferentes laboratorios del ISTSB (Instituto Tecnológico Simón Bolívar) una herramienta con la cual puedan llevar sus prácticas de mejor manera al contar con placas PCB para distintos tipos de proyectos y trabajos de forma educativa. Esta máquina permite la elaboración de placas PCB en un tiempo más corto que el que toma hacerlo de manera manual, de forma que no se desperdicia material y se obtiene un acabado más óptimo, ya sea para un circuito simple como para circuitos más complejos, además de reducir la contaminación por cloruro férrico. Se realizó con materiales reciclables como madera, aluminio y otros materiales que se encontraron en el instituto, se había reforzado los soportes para permitir el movimiento tridimensional de la máquina ya que es una de 3 ejes, finalmente para programar los controladores se utilizó una programación vectorial y software libre.

Palabras clave: Máquina CNC, placas PCB, herramientas, tridimensional, controladores, Diseño de máquinas, Solidworks

Recibido: 22-mayo-2024 / Aprobado: 25-junio-2024

Design and Construction of a Handmade CNC Router Machine to Route the Tracks of the PCB Boards

ABSTRACT

This project focuses on the design and construction of a CNC (Computerized Numerical Control) machine for the elaboration of the routing of the tracks of the PBC (Printed Circuit Board) boards, the model was made taking into account previous designs that already are available on the market, the scope of the project is to be able to provide the different laboratories of the ISTSB (Instituto Tecnológico Simón Bolívar) with a tool with which they can carry out their practices in a better way by having PCB boards for different types of projects and educational work. This machine allows the production of PCB boards in a shorter time than it takes to do it manually, so that no material is wasted and a more optimal finish is obtained, whether for a simple circuit or for more complex circuits, in addition. to reduce contamination by ferric chloride. It was made with recyclable materials such as wood, aluminum and other materials found at the institute. The supports had been reinforced to allow three-dimensional movement of the machine since it is a 3-axis machine. Finally, vector programming was used to program the controllers. and free software.

Keywords: *CNC Machine, PCB, tools, tridimensional, controllers, Desing of machine, SolidWorks*

INTRODUCCIÓN

En el ámbito de la educación tecnológica, el diseño y construcción de un Router CNC artesanal representa una oportunidad única para los estudiantes de explorar conceptos de ingeniería, que tiene como objetivo explorar métodos teóricos y técnicos para el diseño, construcción, ensamblaje y pruebas de sistemas electromecánicos de máquinas fresadoras CNC.(Siloriya, 2023).

Esta investigación no solo fomenta la creatividad y el pensamiento crítico, sino que también brinda a los estudiantes la oportunidad de adquirir habilidades prácticas en el campo de la construcción y desarrollo de estas herramientas de control numérico, para esto es necesario incorporar conceptos de diseño de máquinas, programas de diseño asistido por computadora (CAD) que trabajen con este tipo de tecnología ya que la industria evoluciona continuamente alcanzando niveles de la Industria 4.0 en donde la mayor parte de las operaciones se realizan de manera automatizada y en tiempos cada vez más cortos brindando de esa manera eficiencia y operatividad a cada uno de los procesos según(Mora-Sánchez & Guerrero-Marín, 2020, p. 18)

Partiendo del concepto básico de lo que representa una CNC “Se define como un sistema controlado numéricamente como una máquina o proceso controlado por ser un programa”(UPS - TTS1108.pdf, s/f).

La maquinas CNC (control numérico por computadora) son herramientas que operan la forma deseada del producto y son controladas por un programa controlado por computadora que utiliza códigos alfanuméricos específicos con números de código de datos, letras y símbolos(Ali y Mohsin - 2021 - Design and Fabrication of 3-Axes Mini CNC Milling .pdf, s/f)

En general este tipo de sistemas, independientemente el tipo con el que se trabaje se los han desarrollado de manera paralela con un software de CNC propio de este tipo de maquinaria, el cual identifica las diferentes órdenes de movimiento para cada uno de los ejes (X,Y,Z)(Herrera et al., s/f-a, p. 1)

La electrónica de la maquina Router CNC artesanal incluye controladores de motores paso a paso, fuentes de alimentación, placas de control y cableado. Se pueden utilizar controladores de código abierto como Arduino este sistema más amigable con el operario, eliminando y/o sustituyendo la programación CNC, que en general resulta bastante tediosa y complicada, por un algoritmo que automatice los movimientos requeridos, y calcule las trayectorias basándose únicamente en una imagen según(Herrera et al., s/f-b)

El mecanizado CNC es más eficiente y eficaz que el mecanizado convencional, ya que permite mecanizar mayor cantidad de piezas en el menor tiempo posible, lo cual contribuye al aumento de la producción en el diseño industrial según(Full Text PDF, s/f)

Las máquinas CNC están siendo usadas de manera amplia debido a la incorporación de la automatización en la industria, de esta manera es necesario que los técnicos de distintas áreas tengan conocimiento sobre este tipo de máquina, la implementación de una máquina CNC artesanal ayudará a los estudiantes a desarrollar circuitos más complejos con el fin de poder entender mejor el funcionamiento de un equipo a nivel industrial (Mora-Sánchez & Guerrero-Marín, 2020, p. 18)

Esta investigación requiere la integración de varias disciplinas como son la parte mecánica que se encarga del diseño construcción y montaje de los elementos mecánicos y la estructura base, la disciplina eléctrica y electrónica que se encarga de la parte de control y programación y de software para lograr un funcionamiento preciso y eficiente. Según García et al. (2021), el diseño de la maquina CNC artesanal puede adaptarse a diferentes niveles de complejidad, desde proyectos básicos para principiantes hasta sistemas más avanzados para estudiantes con experiencia en ingeniería y fabricación.

La máquina CNC artesanal ofrece numerosas aplicaciones educativas en el aula, permitiendo a los estudiantes explorar conceptos de diseño asistido por computadora (CAD), fabricación digital y control numérico Según López y Martínez (2020), esta investigación brinda a los estudiantes la oportunidad de desarrollar habilidades en programación, electrónica y mecánica, así como de

comprender los principios fundamentales de la automatización y la robótica. Además, la maquina CNC artesanal puede utilizarse para la creación de prototipos, maquetas y proyectos interdisciplinarios que integran diferentes áreas del conocimiento. Finalmente se hablará de las ventajas y desventajas que presenta una maquina CNC (González Curay & Rodríguez Velasteguí, 2022, pág. 45). Automatización flexible, Mayor velocidad de producción, Mejora en la precisión. Las desventajas más importantes son las siguientes: Elevado costo de la máquina., Alto costo de mantenimiento, Necesidad de programar de forma correcta.

En resumen, el diseño de una maquina CNC artesanal en el ámbito educativo representa una oportunidad única para fomentar la creatividad, el aprendizaje práctico y el desarrollo de habilidades tecnológicas en los estudiantes. A medida que la tecnología avanza y la fabricación digital se vuelve más accesible, proyectos como este ofrecen una plataforma para la innovación y la exploración en el aula. Con el apoyo adecuado y la integración en el currículo educativo, la maquina CNC artesanal puede convertirse en una herramienta poderosa para inspirar a la próxima generación de innovadores y creadores.

Por otra parte, está la elaboración de placas PCB que por sus siglas en inglés (Printed Circuit Board) significa placa de circuito impreso, en donde se alojarán componentes mecánicos y eléctricos el cual darán las instrucciones para accionar un mecanismo mucho más grande en cuanto a fuerza y potencia.

En épocas anteriores se elaboraban las placas PCB de forma artesanal teniendo como uno de sus principales componentes es el cloruro de aluminio (FeCl_3), este componente genera un riesgo para la salud sin embargo genera una fuente de contaminación esto hizo que el procedimiento cambie incorporando de la máquina CNC como herramienta para el ruteado que se realiza de manera digital de esa forma se omite el cloruro de aluminio y además se lo realiza en menor tiempo(La historia de los PCBs| Fineline Global, 2021, p. 1)

La elaboración de las placas PCB de forma automática permite reducir costos y tiempo además permite hacer un ruteado más preciso llegando alcanzar hasta una precisión de 0.2 mm como menciona (Carrión Paladines y otros, 2021, págs. 2495-2497).

MATERIALES Y MÉTODOS

El tipo de metodología utilizada en esta investigación fue experimental la cual se divide en dos partes: mecánica y eléctrica, la investigación que se centra en la manipulación controlada de variables independientes para observar los efectos que tienen sobre las variables dependientes, con el propósito de establecer relaciones causales entre ellas, si bien se partió de algunos modelos ya existentes para el diseño y posterior fabricación de la máquina router CNC artesanal. La máquina CNC utiliza un motor paso a paso para mover una herramienta de grabado en tres ejes, lo que permite obtener resultados precisos y homogéneos tal como menciona (Bangse et al., 2020)

El diseño y construcción de una máquina router CNC artesanal involucra varios componentes clave, incluyendo la estructura de soporte, el sistema de movimiento, el sistema de control y la herramienta de corte. La estructura de soporte debe ser robusta y estable para soportar los esfuerzos de corte. El sistema de movimiento se compone de motores paso a paso, husillos de bolas y sistemas de transmisión como correas o cadenas que permiten el desplazamiento preciso de los ejes. El sistema de control utiliza una tarjeta electrónica, como Arduino o Raspberry Pi, que interpreta las instrucciones de diseño CAD/CAM y controla los motores. La herramienta de corte típicamente es un router manual o una fresadora de alta velocidad que realiza el mecanizado de los materiales.

El proceso de fabricación de la maquina se lleva a cabo de manera eficiente y metódica, con un enfoque en la precisión y la calidad en cada etapa de fabricación. Se realizan ajustes y modificaciones según la necesidad para optimizar el rendimiento y la funcionalidad de la máquina CNC, garantizando que cumpla con los estándares requeridos para su aplicación. (Sánchez et al., 2013)

El proceso de montaje la máquina router cnc, se realiza algunas operaciones a fin de dar forma a diferentes piezas y soportes que darán estabilidad al prototipo y determinarían su funcionalidad, durante este proceso de fabricación, se emplearon técnicas precisas de corte y modelado para garantizar la calidad y precisión de las piezas producidas. La utilización de programas enfocados en la creación de diseños y la unión de los elementos mecánicos, eléctricos y de control, crean sistemas útiles e inteligentes para una mejor relación hombre – máquina segun(Francisco - RÍO SANTIAGO 4-17 Y RIO CURARAI.pdf, s/f)

Parámetros de Diseño de la Maquina Router CNC Artesanal

Para el diseño se debe analizar varios aspectos por ejemplo qué trabajos se va realizar en la máquina CNCs artesanal, uno de ellos es el espacio de trabajo para este caso se considera los siguientes datos:

Desplazamiento eje X: 30 cm

Desplazamiento eje Y: 30 cm

Desplazamiento eje Z: 5 cm

Los datos que se consideran los datos técnicos del Dremell, las propiedades de los materiales a maquinar (madera, mdf y acrílicos), las propiedades mecánicas de los materiales que componen los sistemas XYZ

La estructura lateral es elaborada con madera debido al alto costo que tiene las placas de aluminio, es crucial destacar que, al trabajar con madera en la construcción de la maquina router CNC artesanal, se considera su resistencia mecánica como un factor determinante, se establece un valor referencial para esta resistencia, tomando como límite inferior el valor de 18 N/mm^2 . , el parámetro fundamental al que se hace referencia en el diseño y selección de materiales para la construcción de la máquina CNC es la resistencia mecánica. La potencia requerida es un factor es crucial para garantizar la durabilidad y la integridad estructural de la máquina durante su funcionamiento(de - MANUAL DE PROGRAMACIÓN Y USO DE UN TORNO CNC.pdf, s/f)

Es fundamental considerar varios parámetros importantes, entre los cuales se destacan la velocidad de corte y el avance de la herramienta, especialmente al trabajar con diferentes tipos de materiales, estos parámetros tienen un impacto significativo en la calidad del corte, la eficiencia del proceso y la vida útil de las herramientas de corte, a continuación, con ayuda de la tabla 1 se detallan estos aspectos para el corte del material se considera la velocidad de corte, el avance de la herramienta para distintos materiales.

Es muy importante considerar los puntos de referencia ya que estos deben estar bien definidos por el constructor como menciona a continuación:

Cero máquina o punto de origen de la máquina. Es fijado por el constructor como el origen del sistema de coordenadas de la máquina. Cero pieza o punto de origen de la pieza. Es el punto de origen que se fija para la programación de las medidas de la pieza, puede ser elegido libremente por el programador y su referencia con el cero máquina se fija mediante el decalaje de origen(Fagor-CNC-8037-Programming-Manual-Spanish1.pdf, s/f)

Para realizar un trabajo con herramienta en una máquina CNC, se necesita considerar varios datos y parámetros clave para garantizar resultados óptimos. A continuación, en la tabla se detallan.

Tabla 1 Datos para el fresado con herramienta

Ítem	Descripción	Parámetros	Unidad	Valor
1	Diámetro fresa	d	mm	3
2	Velocidad del husillo	n	rpm	10.000
3	Número de dientes fresa	z_c	Piezas	1
4	Avance por diente	f_z	mm	0.18
5	Profundidad de corte radial	a_r	mm	3
6	Profundidad de corte axial	a_x	mm	1
7	Fuerza específica de corte para un espesor medio de viruta 1mm	$kc1$	N/mm^2	1.600
8	Factor de corrección o compensación del grosor de la viruta	mc		0.18

Nota: <https://www.tecnocorte.com/blog/fresadora-cnc-calculas-velocidad-de-corte-y-de-avance/>

Para el proceso de Diseño mecánico se considera los siguientes datos:

Tabla 2 Parámetros iniciales de diseño

Ítem	Descripción	Parámetros	Unidad	Valor
1	Velocidad de corte	Vc	mm/min	94.25
2	Velocidad de avance	Vf	Mm/min	900
3	Espesor de viruta	Hm	mm	0.057
4	Fuerza de corte específica	Kc	N/mm	2837.56
5	Par de torsión	T	N*m	0.0881 N*m
6	Potencia requerida	Pot	W	0.127 W

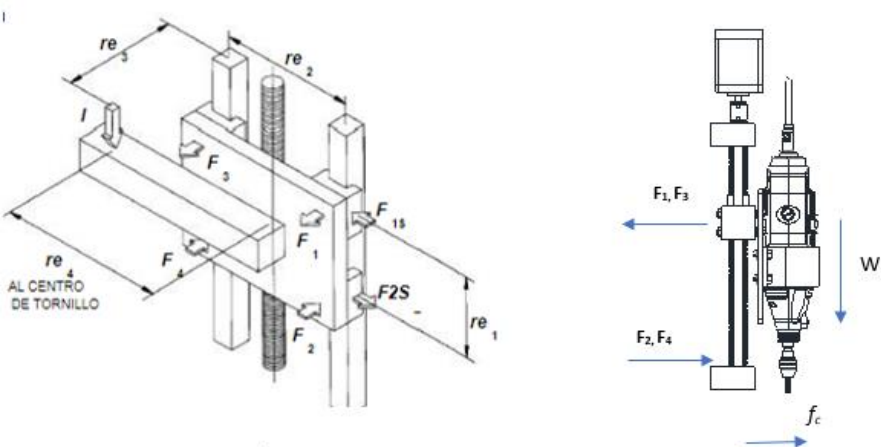
Nota: <https://www.tecnocorte.com/blog/fresadora-cnc-calculer-velocidad-de-corte-y-de-avance/>

Diseño del Eje Vertical

La carga se aplica en la misma dirección del movimiento, es decir, en sentido vertical, es necesario aplicar ecuaciones específicas para calcular las cargas en los rodamientos. Estas ecuaciones son fundamentales para determinar la capacidad de carga que deben soportar y garantizar su funcionamiento adecuado en condiciones de trabajo.

Al considerar estas ecuaciones y el gráfico de relación carga-rodamiento, se puede diseñar y dimensionar el sistema de manera óptima, garantizando que los rodamientos sean capaces de soportar las cargas esperadas sin comprometer la precisión ni la fiabilidad del movimiento en el eje Z de la máquina CNC.

Figura 1 Configuración de carga aplicada eje vertical carga – rodamiento



Fuente: Catálogo de movimiento lineal Techno pág. 22

(Techno Linear Motion Products - Load Bearing Mechanisms H834-22, s/f)

$$F_1 = F_3 = \frac{l}{2} * \left(\frac{re3}{re1} \right), F_2 = F_4 = - \frac{l}{2} * \left(\frac{re3}{re1} \right), F_{1s} = F_{3s} = \frac{l}{2} * \left(\frac{re4}{re2} \right)$$

$$F_{2s} = F_{4s} = - \frac{l}{2} * \left(\frac{re4}{re2} \right)$$

El valor del peso de la herramienta es de 0,55kg, este dato es de gran utilidad para la aplicación de la siguiente ecuación:

$$L = W + fc$$

$$L = 2.55kg * 9.8m/s^2 + 161.7 N, L = 186.69 N, Re1 = 110 mm, Re2 = 60 mm, Re3 = 35 mm, Re4 = 0 mm$$

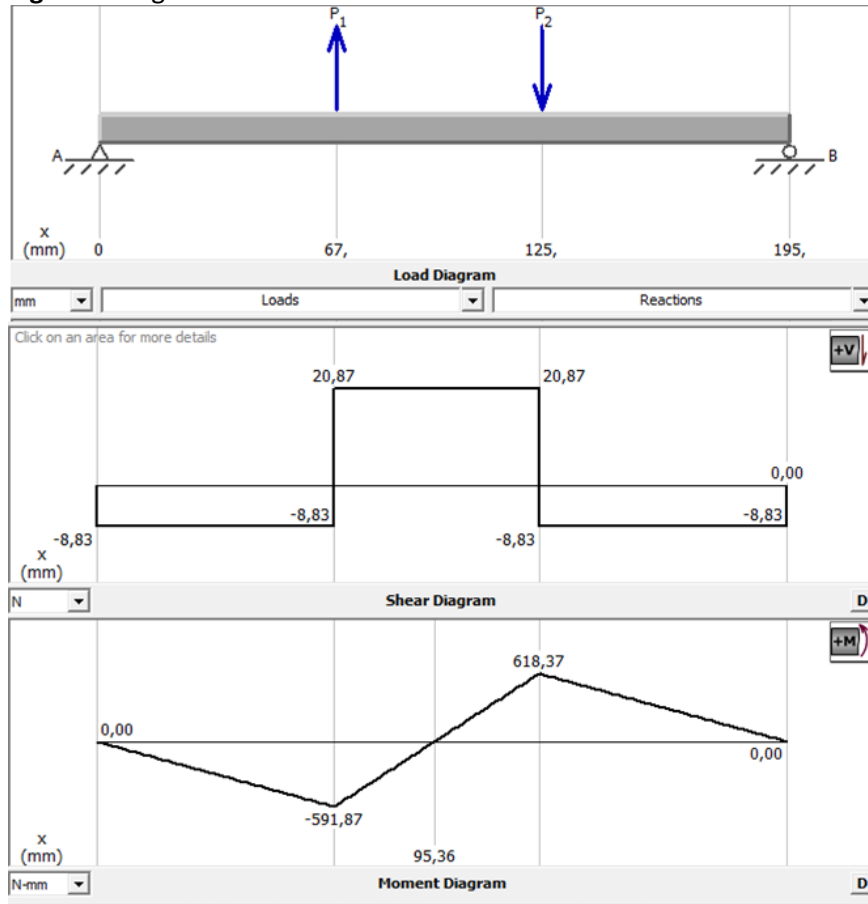
$$F_1 = F_3 = \frac{186.69N}{2} * \left(\frac{35mm}{110mm} \right) = 29.70N, F_2 = F_4 = - \frac{186.69N}{2} * \left(\frac{35mm}{110mm} \right) = -29.70N$$

$$F_{1s} = F_{3s} = \frac{186.69N}{2} * \left(\frac{0mm}{60mm} \right) = 0, F_{2s} = F_{4s} = - \frac{186.69N}{2} * \left(\frac{0mm}{60mm} \right) = 0$$

Cálculo y selección del eje guía eje Z

El eje guía en el eje Z del carro portaherramientas asegura la estabilidad y el rendimiento de la máquina CNC, para asegurar que pueda soportar las cargas especificadas de 29.70N, por lo tanto, es necesario realizar un análisis detallado utilizando herramientas como el diagrama de fuerza cortante y momento flector, con el uso de simuladores como MdSolid se facilita este análisis al permitir visualizar y calcular las fuerzas y momentos resultantes en el eje.

Figura 2 Diagrama de fuerza a velocidad constante



Nota: Elaboración propia

Como se puede apreciar el momento máximo obtenido 618, 37N.mm, se realiza el análisis con un acero A36 cuyo límite de fluencia mínimo de $S_y = 250 \text{ Mpa}$

$$n = \frac{S_y}{\sigma_{max}}, \sigma_{max} = \frac{S_y}{n}, \sigma_{max} = \frac{250 \cdot 10^6 \text{ Pa}}{2}, \sigma_{max} = 125 \cdot 10^6 \text{ Pa}$$

Tomando en cuenta el análisis del diagrama Fuerza cortante y momento flector donde se obtuvo un valor 618, 37N.mm para el momento flector.

$$\sigma_{max} = \frac{M}{S}, S = \frac{M}{\sigma_{max}}, S = \frac{618.37 \cdot 10^{-3} \text{ N}\cdot\text{m}}{125 \cdot 10^6 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}}, S = 4.95 \cdot 10^{-9} \text{ m}^3$$

Para calcular el diámetro requerido se utiliza la siguiente ecuación:

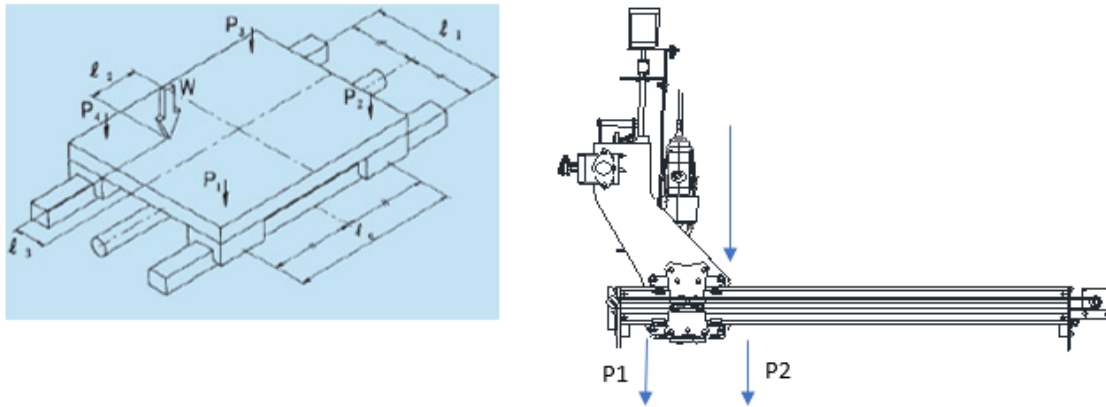
$$S = \frac{\pi \cdot d^3}{32}, \frac{S \cdot 32}{\pi} = d^3, d = \sqrt[3]{\frac{S \cdot 32}{\pi}}, d = \sqrt[3]{\frac{4.95 \cdot 10^{-9} \text{ m}^3 \cdot 32}{\pi}}$$

$$d = 3,69 \text{ mm}$$

Cálculo del Sistema Horizontal

El diseño y cálculo del sistema del eje horizontal

Figura 3 Diagrama de fuerzas a velocidad constante



Fuente: Novoa Gerardo

Se utiliza las mismas fórmulas que se utilizaron en el eje vertical de cálculo de cargas tomadas del manual (techno-isel.com), para manejar la simbología se cambia la letra P por F para evitar confusiones.

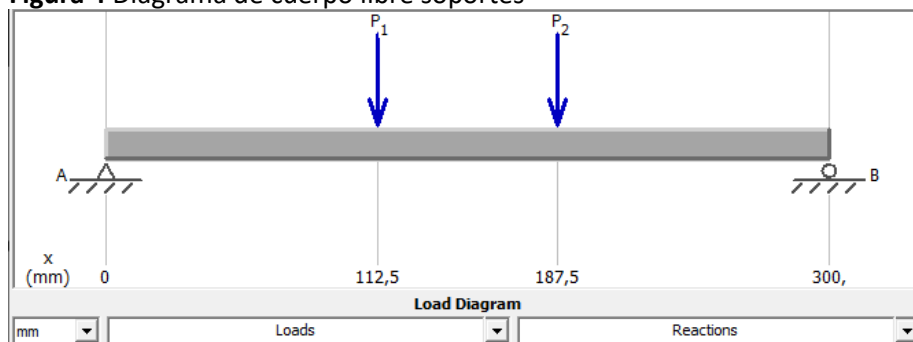
$$F_1 = \frac{W}{4} + \frac{W}{2} \left(\frac{l_2}{l_0} - \frac{l_3}{l_1} \right), \quad F_2 = \frac{W}{4} - \frac{W}{2} \left(\frac{l_2}{l_0} + \frac{l_3}{l_1} \right), \quad F_3 = \frac{W}{4} - \frac{W}{2} \left(\frac{l_2}{l_0} - \frac{l_3}{l_1} \right), \quad F_4 = \frac{W}{4} + \frac{W}{2} \left(\frac{l_2}{l_0} + \frac{l_3}{l_1} \right)$$

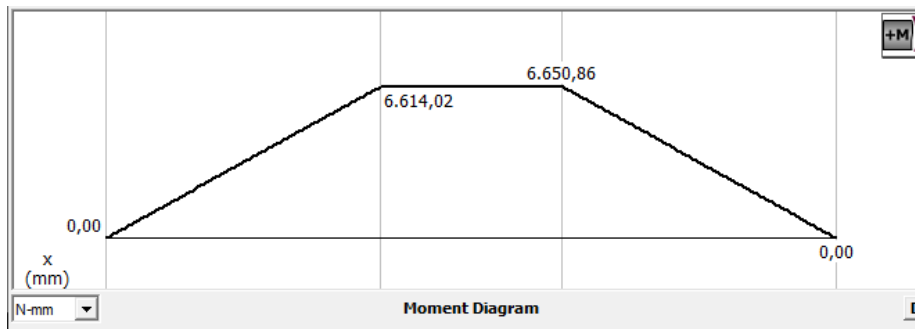
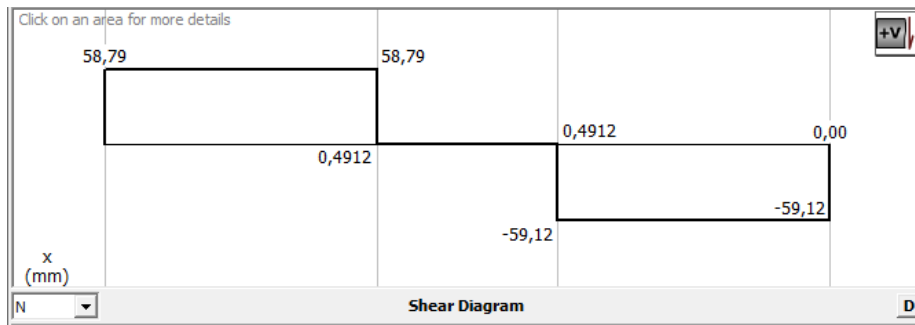
Reemplazando los datos en las anteriores fórmulas para obtener las F3, F4

$$F_1 = \frac{196.52}{4} + \frac{196.52}{2} \left(\frac{0.5}{75} - \frac{30}{300} \right) = 39.96N, \quad F_2 = \frac{196.52}{4} - \frac{196.52}{2} \left(\frac{0.5}{75} + \frac{30}{300} \right) = 38.65N$$

$$F_3 = \frac{196.52}{4} - \frac{196.52}{2} \left(\frac{0.5}{75} - \frac{30}{300} \right) = 58.30N, \quad F_4 = \frac{196.52}{4} + \frac{196.52}{2} \left(\frac{0.5}{75} + \frac{30}{300} \right) = 59.61N$$

Figura 4 Diagrama de cuerpo libre soportes





Nota: Elaboración propia

Como se puede apreciar el momento máximo obtenido 6650,86N.mm, se realiza el análisis con Aluminio y se toma el límite de fluencia mínimo de $S_y = 180 \text{ Mpa}$

$$n = \frac{S_y}{\sigma_{max}}, \sigma_{max} = \frac{S_y}{n}, \sigma_{max} = \frac{180 \cdot 10^6 \text{ Pa}}{2}, \sigma_{max} = 90 \cdot 10^6 \text{ Pa}$$

Tomando en cuenta el análisis del diagrama Fuerza cortante y momento flector donde se obtuvo un valor 618,37N.mm para el momento flector.

$$\sigma_{max} = \frac{M}{S}, S = \frac{M}{\sigma_{max}}, S = \frac{6650,86 \cdot 10^{-3} \text{ N}\cdot\text{m}}{90 \cdot 10^6 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}}, S = 7,39 \cdot 10^{-8} \text{ m}^3$$

Para calcular el diámetro requerido se utiliza la siguiente ecuación:

$$S = \frac{\pi \cdot d^3}{32}, \frac{S \cdot 32}{\pi} = d^3, d = \sqrt[3]{\frac{S \cdot 32}{\pi}}, d = \sqrt[3]{\frac{7,39 \cdot 10^{-8} \text{ m}^3 \cdot 32}{\pi}} \quad d = 9,09 \text{ mm}$$

Control Matemático Controlado por Computadora (CNC)

El sistema CNC, que ha transformado de manera profunda la industria, se caracteriza por su control automático, preciso y constante del movimiento. Esta maquinaria CNC, ya sea en sus formas más simples o complejas, incluye dos o más direcciones de movimiento, conocidas como ejes(CNC o control numérico por computadora, 2023, p. 1)

Para que este movimiento sincronizado sea posible se realiza una interpolación de los ejes de una máquina herramienta, las primeras CNC tuvieron su origen a principios de los años 50's en el IMT (Instituto Tecnológico de Massachusetts), se le atribuye la invención de la primera CNC al ingeniero John Parsons quién usó las máquinas existentes e introdujo algunas modificaciones pudiendo pasar una serie de códigos mediante el uso de tarjetas perforadas, de esta manera los operadores solo tenían que introducir las instrucciones que luego serían leídas por la CNC, siendo así la primera máquina herramienta CNC una fresadora que funcionaba con válvulas de vacío las cuales podían ser controlada mediante una tarjeta de datos, este tipo de máquina herramienta representó una total revolución a este tipo de fresadoras.

La mayoría de las máquinas herramientas CNC utilizan un lenguaje de programación establecido por la Asociación de la Industria Electrónica (EIA) en la década de 1960. El nombre oficial de este idioma es RS-274D, pero todos se refieren a él como "código G", el código G como lenguaje de programación está dedicado especialmente para las máquinas herramienta CNC, ya que esta lee los códigos, los interpreta y de este modo genera los movimientos u otra tarea como menciona (Ramos/Hernandez.pdf, s/f, p. 21) El sistema electrónico utilizado en la máquina CNC basada en microcontrolador fue la fuente de alimentación que se utilizó como fuente de voltaje en computadoras personales y máquinas CNC. Se utiliza una computadora personal para ejecutar el software de control (Ginting et al. - 2017 - Implementation 3-Axis CNC Router for Small Scale I.pdf, s/f)

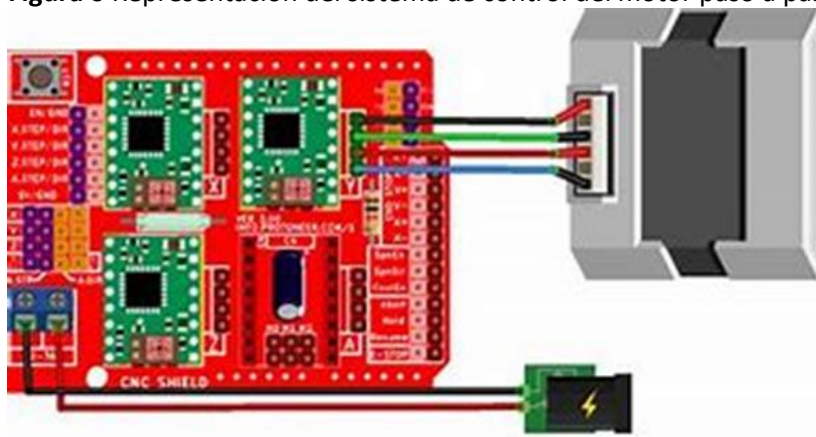
Figura 5 Componentes del sistema electrónico de la máquina CNC router artesanal



Fuente: Componentes del sistema (mercado libre Ecuador)

Para el movimiento de la maquina CNC router artesanal se utilizaron un microcontrolador Arduino uno, cnc shield, controlador A4988 y 4 motores paso a paso Nema 17, el microcontrolador es el cerebro de la maquina se encarga de recibir los datos generados el programa Universal Gcode sender que proporciona la lógica necesaria para controlar los motores paso a paso.

Figura 6 Representación del sistema de control del motor paso a paso

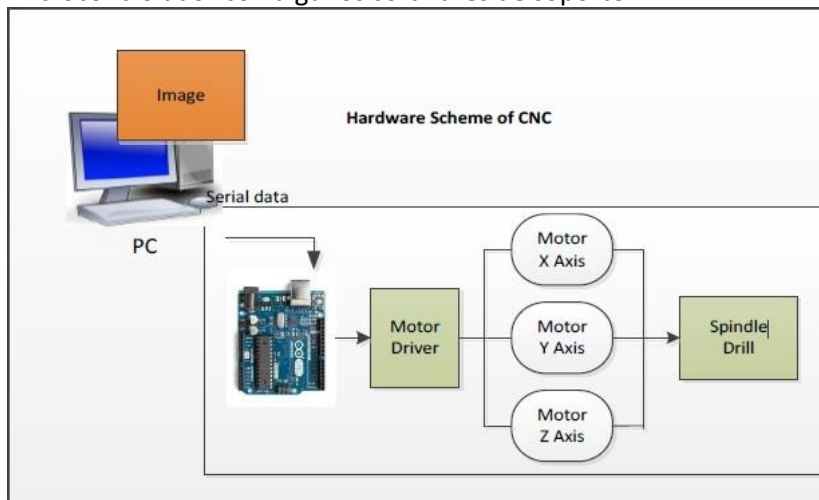


Fuente: representación esquemática (Uso de un Arduino CNC Shield V3 • AranaCorp, s/f)

El controlador A4988 tiene la función de controlar los motores estos reciben los datos del microcontrolador y utiliza para accionar los motores paso a paso, la maquina cnc router utiliza 3 motores ubicados en los ejes X,Y,Z encargados de dar movimiento en cada uno de los ejes.

La fuente de alimentación utilizada es de 12V y 10A para la alimentación de los controladores de esta manera accionar los motores, mientras que para accionar el husillo se utiliza alimentación normal de la línea eléctrica del 110V ya que para este proyecto se utiliza un dremel normal, el mismo que realiza las operaciones de grabado y marcado en los materiales.

Figura 7 Diagrama de bloques del diseño electrónico de una máquina CNC basada en microcontrolador con algunos softwares de soporte.



Fuente: Esquema del sistema electrónico(Ginting et al. - 2017 - Implementation 3-Axis CNC Router for Small Scale I.pdf, s/f)

Como paso inicial para ingresar la imagen a ser ruteada por la maquina se debe vectorizar la imagen deseada mediante el uso de un programa de código abierto como es el Inkscape es un programa de software de gráficos vectoriales de código abierto y gratuito, permite a los usuarios crear y editar gráficos vectoriales de manera flexible

Figura 8 Interfaz del programa Inkscape

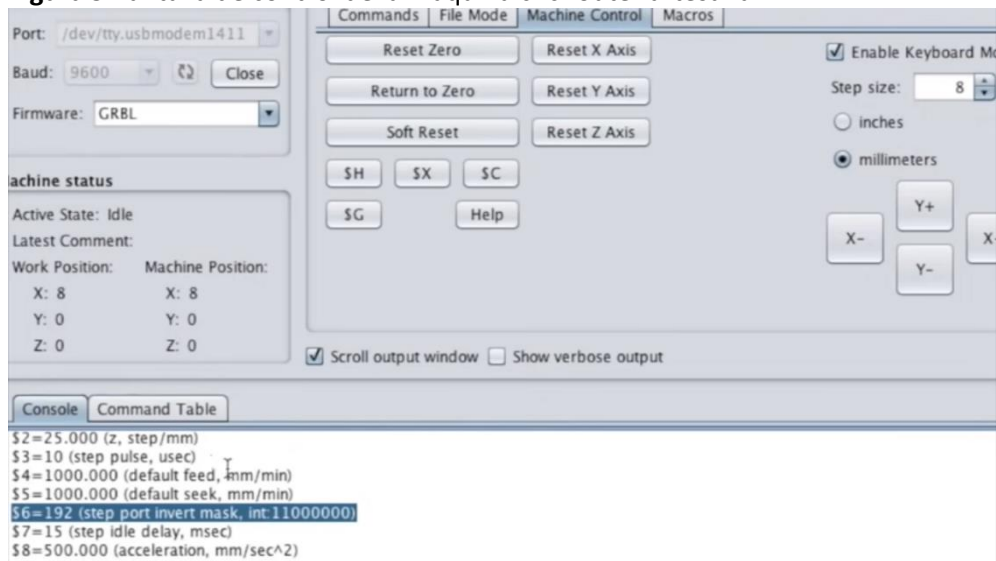


Fuente: Propia elaboración

Mediante el uso del software Universal Gcode Sender (UGS) que es una aplicación de software de código abierto utilizada para enviar comandos G-code a esto se suma la aplicación java-jar que permite ejecutar las aplicaciones empaquetadas en archivos de este mismo tipo

permitiendo que la máquina ejecute la imagen vectorizada para finalizar el proceso se elije un punto de inicio y se envía la imagen para ser ruteada.

Figura 9 Pantalla de control de la maquina cnc router artesanal



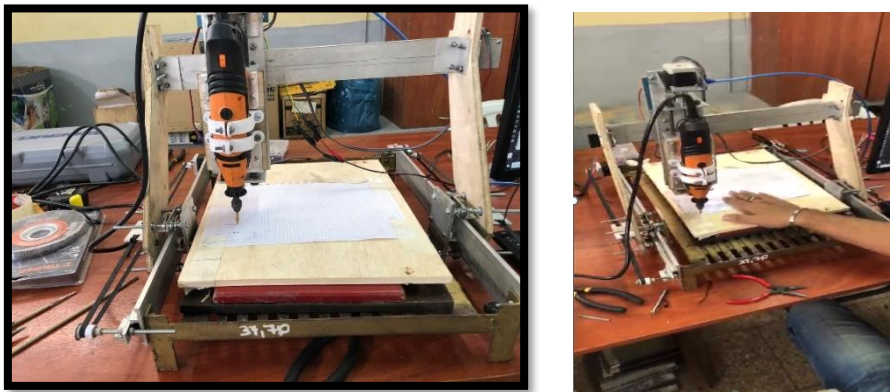
Nota: Elaboración propia pantalla interfaz del programa Universal G code sender

RESULTADOS

El diseño y construcción de una máquina router CNC artesanal es un proyecto que requiere habilidades técnicas y conocimientos en el uso de software de diseño y control numérico. El resultado es una máquina que puede mecanizar materiales blandos con una precisión del 90% pudiendo llegar al 100% pero por temas de tiempo solo se realizaron pruebas del funcionamiento y emparejamiento con el programa de control de código abierto Universal Gcode sender cuyo resultado es exitoso.

Tal como se puede verificar en la siguiente figura

Figura 10 Prueba de funcionamiento maquina router CNC artesanal



Nota: Elaboración propia prueba de funcionamiento

CONCLUSIONES

En conclusión, el diseño y construcción de una máquina router CNC artesanal es un proyecto que combina tecnología, creatividad, habilidades técnicas y conocimientos en el uso de software de diseño y control numérico, al ofrecer una experiencia práctica y única, este proyecto ayuda a los participantes a explorar su creatividad al experimentar con la fabricación digital de manera fácil y accesible.

La máquina router CNC emerge como una herramienta didáctica invaluable y un recurso de apoyo para futuros proyectos en el ámbito educativo y profesional motivando el pensamiento innovador.

Para el ámbito profesional, la máquina router CNC artesanal puede ser utilizada para el mecanizado y la producción de pequeñas series y desarrollo de productos personalizados con materiales blandos como inicio y a largo plazo diseñar una máquina que sea capaz de trabajar con todo tipo de materiales.

En el futuro, se espera que el uso y la popularidad de las máquinas routers CNC artesanales continúen creciendo e impulsando los avances en la tecnología y la creciente comunidad de innovadores y entusiastas de la fabricación digital, el diseño mecánico asistido por computadora, la programación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ali y Mohsin—2021—Design and Fabrication of 3-Axes Mini CNC Milling .pdf. (s/f). Recuperado el 8 de junio de 2024, de

<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/1094/1/012005/pdf>

Bangse, K., Wibolo, A., & Wiryanta, I. K. E. H. (2020). Design and fabrication of a CNC router machine for wood engraving. Journal of Physics: Conference Series, 1450, 012094.

<https://doi.org/10.1088/1742-6596/1450/1/012094>

CNC o control numérico por computadora: Qué es y cómo funciona. (2023, abril 1).

<https://www.mms-mexico.com/articulos/cnc-o-control-numerico-por-computadora-que-es-y-como-funciona>

Content.pdf. (s/f). Recuperado el 8 de junio de 2024, de

<https://repositorio.uan.edu.co/server/api/core/bitstreams/dc60725e-ea03-4aa4-b3ac-b361ec01f59a/content>

de—MANUAL DE PROGRAMACIÓN Y USO DE UN TORNO CNC.pdf. (s/f). Recuperado el 8 de junio

de 2024, de <https://tecnoedu.com/Download/Manual CNC Chileno.pdf>

Fagor-CNC-8037-Programming-Manual-Spanish1.pdf. (s/f). Recuperado el 8 de junio de 2024,

de

<https://dmscncrouters.com/wp-content/uploads/2016/05/Fagor-CNC-8037-Programming-Manual-Spanish1.pdf>

Francisco—RÍO SANTIAGO 4-17 Y RIO CURARAI.pdf. (s/f). Recuperado el 17 de mayo de 2024,

de <https://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/7479/1/04%20MEC%20097%20TRABAJO%20GRADO.pdf>

Full Text PDF. (s/f). Recuperado el 17 de mayo de 2024, de

<https://www.journalingeniar.org/index.php/ingeniar/article/download/108/156>

Franco Gallegos , L. I., Aguirre Chávez , J. F., Robles Hernández, G. S. I., Montes Mata, K. J., &

Ponce de León, A. C. (2024). Efectos diferenciales del ejercicio aeróbico y el

entrenamiento de fuerza en marcadores biológicos de salud en adultos

mayores. Revista Científica De Salud Y Desarrollo Humano, 5(2), 249–273.

<https://doi.org/10.61368/r.s.d.h.v5i2.135>

Fernández, A. (2023). The Social Impact of Independent Audiovisual Production in the Age of

social media: A Case Study in Zamora, Ecuador. Revista Veritas De Difusão

Científica, 4(1), 161–180. <https://doi.org/10.61616/rvdc.v4i1.42>

- Ginting et al. - 2017—Implementation 3-Axis CNC Router for Small Scale I.pdf. (s/f). Recuperado el 8 de junio de 2024, de https://www.ripublication.com/ijaer17/ijaerv12n17_34.pdf
- Herrera, D., Liang, Y., & Sotomayor, N. (s/f-a). Diseño y construcción de una máquina para la elaboración de circuitos impresos basado en control numérico computarizado.
- Herrera, D., Liang, Y., & Sotomayor, N. (s/f-b). Diseño y construcción de una máquina para la elaboración de circuitos impresos basado en control numérico computarizado.
- La historia de los PCBs| Fineline Global. (2021, julio 19).
<https://www.fineline-global.com/es/knowledge-centre/the-history-of-printed-circuit-boards-in-a-nutshell/>
- Mora-Sánchez, D., & Guerrero-Marín, L. (2020). Industria 4.0: El reto en la ruta hacia las organizaciones digitales. Estudios de la Gestión: Revista Internacional de Administración, 8, Article 8. <https://doi.org/10.32719/25506641.2020.8.7>
- Sánchez, C. A. C., Ruíz, J. F. L., & Sánchez, Y. A. Q. (2013). DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA CNC QUE REALIZA EL RUTEO DE PISTAS Y EL TALADRADO DE CIRCUITOS IMPRESOS (PCB) DE MANERA AUTOMÁTICA, UTILIZANDO PROGRAMAS COMO EL (MACH) Y EL (EAGLE). 2013.
- Siloriya, M. (2023). Design and fabrication of 3-axis mini–CNC Milling Machine using Mach3 for Educational purpose. 4(5).
- Techno Linear Motion Products—Load Bearing Mechanisms H834-22. (s/f). ARUM ADVERTISING ASSOCIATES. Recuperado el 16 de mayo de 2024, de
https://www.techno-isel.com/tic/H834/HTML/H834P019_4.html
- UPS - TTS1108.pdf. (s/f). Recuperado el 8 de junio de 2024, de
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/23768/1/UPS%20-%20TTS1108.pdf>
- Uso de un Arduino CNC Shield V3 • AranaCorp. (s/f). Recuperado el 8 de junio de 2024, de
<https://www.aranacorp.com/es/uso-de-un-arduino-cnc-shield-v3/>