



DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA CNC LÁSER PARA GRABADO EN MADERA

DESIGN AND MANUFACTURE OF A CNC LASER FOR ENGRAVING IN WOOD



DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA CNC LÁSER PARA GRABADO EN MADERA

DESIGN AND MANUFACTURE OF A CNC LASER FOR ENGRAVING IN WOOD

Flores Andino Víctor Manuel¹

Juan Carlos Chávez Cascante²

Cuadrado Flores Danny Israel³

Pilco Cali Daniela Gricela⁴

¹ Instituto Superior Tecnológico “Carlos Cisneros”, Ecuador, victorfloresandino@hotmail.com

² Instituto Superior Tecnológico “Carlos Cisneros”, Ecuador, juancarloschavezcascante@hotmail.com,

³ Instituto Superior Tecnológico “Carlos Cisneros”, Ecuador, cuadrado_danny1997@hotmail.com

⁴ Instituto Superior Tecnológico “Carlos Cisneros”, Ecuador, danielagricelapilco18@outlook.com

RESUMEN

Con la presente investigación se pretende diseñar y construir una máquina CNC en el Instituto Superior Tecnológico Carlos Cisneros que permita controlar el movimiento de un cabezal láser para realizar el grabado de texto en la superficie de madera. A través de una investigación experimental se establece el mecanismo para el desplazamiento del cabezal en tres ejes del sistema cartesiano con el uso de bandas, rodamientos y poleas, calibrado a través de hardware y software para grabar los diseños creados en la superficie de la madera; la velocidad y la corriente son los factores a controlar en el proceso. La fiabilidad del prototipo se establece al verificar la calidad del grabado, estableciendo el nivel de nitidez y claridad del texto plasmado en la madera. Al utilizar el diodo led azul la calidad es similar a trabajos realizados por equipos comerciales y prototipos fabricados.

Palabras clave: CNC, G-Code, Inkscape, laser, tarjeta CNC.

ABSTRACT

The aim of this research is to design and build a CNC machine at the Carlos Cisneros Institute to control the movement of a laser head to engrave text on the wooden surface. Through an experimental research, the mechanism for the movement of the head in three axes of the Cartesian system has established the use of bands, bearings and pulleys. It was calibrated through hardware and software to engrave the designs created on the surface of the wood; speed and current are the factors that control the process. The reliability of the prototype is established by verifying the quality of the engraving, establishing the level of sharpness and clarity of the text captured on the wood. When using the blue LED diode, the quality is similar to the commercial equipment and manufacture prototypes.

Keywords: CNC, G-Code, Inkscape, laser, CNC shield.

1. INTRODUCCIÓN

La problemática en las líneas de producción, demandan que se cumplan estándares que resultarían difíciles de implementar mediante métodos convencionales. Un referente en la evolución del desarrollo tecnológico fue el control numérico computarizado adoptado en la segunda revolución industrial. Es importante estudiar y conocer teórica y prácticamente el comportamiento de una máquina CNC y experimentar su uso en procesos de producción y control de calidad de productos. El uso de máquinas CNC tiene la ventaja de efectuar trayectos que manualmente serían difíciles de lograr. La característica principal del uso de dispositivos automatizados es realizar incisiones muy limpias y finas con mucha precisión. Las políticas tanto en la industria, así como en la academia es crear, desarrollar, implementar o adaptar mecanismos que permitan generar un grado de innovación en sus procesos, la adaptabilidad para el uso de tecnología permite acoplar las mejoras necesarias. [1] [2]

En el mercado se presentan algunos fabricantes de CNC, entre los que enumerar como los más utilizados FANUC, SIEMENS, HEIDENHAIN y FAGOR y MITSUBISHI. En la actualidad, es común el uso de la tecnología láser en entornos de oficina e incluso domésticos. Tanto los fabricantes industriales, así como pequeñas empresas, diseñadores de productos, creadores e incluso aficionados utilizan esta tecnología de grabado. A continuación, se presenta máquinas de grabado láser comerciales. [3] [4]

Tabla 1. Características de máquinas de grabado láser. [4]

Máquina de grabado láser	Tipo de láser	Área de trabajo (mm)	Potencia del láser
NEJE DK-8-KZ	CO2	42 x 42 x 76	1 000 mW 500 o
SuperCarver K2	CO2	38 x 38	1 000 mW
Mophorn Orion Motor Tech	CO2	305 x 203	40 W
Cubiiio	Láser diodo azul	100 x 100	800 mW
Flux Delta+	CO2	170 (diámetro)	200 mW
Snapmaker	Láser diodo azul	125 x 125	200 mW
TEN-HIGH de 40 W	CO2	380 x 280	40 W
Emblaser 2	Diodo de estado sólido	500 x 300	5 W+

Glowforge Plus	CO2	508 x 457	45 W
ZMorph VX	Láser diodo azul	250 x 235 x 165	2 800 mW
Dremel Digilab LC40	CO2	455 x 305	40 W
Triumph	Fibra	N/A	30 W
Epilog Zing 16	CO2	406 x 305	30/40 W

Una máquina de grabado fabricada, está compuesta principalmente por el láser ya sea de CO2 o de diodo azul. La estructura y el sistema de desplazamiento se constituye por perfiles de aluminio, acrílico, bandas dentadas, rodamientos y poleas para su desplazamiento en dos y tres ejes XY y XYZ respectivamente. El sistema electrónico dispone de elementos como driver, tarjetas de control, servomotores y fuente de energía. [1] [2] [5] [6] [7] [8] [9] [10] [11] [12] [13]

Con el uso de programas vectoriales es posible crear dibujos, que posteriormente generan un fichero codificado con códigos G. El archivo contiene las coordenadas que el hardware y software controlador los interpreta y mueve el cabezal láser para grabar o mecanizar el dibujo. [14] [15] [16] [17]

2. METODOLOGÍA Y MATERIALES

El proyecto toma como base una metodología de investigación experimental en donde se estudia las condiciones particulares de desplazamiento en un sistema cartesiano de tres coordenadas aplicados al movimiento de bandas, rodamientos y poleas y el control del mismo a través de un dispositivo electrónico. Para realizar las pruebas se establece una cierta cantidad de piezas de madera que son el objeto y población de estudio en la cual se plasma el grabado. Se comprueba la calidad del grabado final en la superficie al variar la distancia del cabezal láser en su eje Z.

Para el desarrollo del proyecto, se requirió seguir una serie de pasos y etapas, que, en conjunto, cumplen con el objetivo planteado. Cada etapa desempeña una función específica dentro del esquema global, y también sirve de apoyo para la siguiente etapa, haciendo que la implementación sea un sistema funcional, se referencia estos procedimientos en la **Figura 1**.

- Diseño mecánico, eléctrico-electrónico de la estructura.
- Manejo de la Interfaz Hombre-Máquina
- Proceso general de funcionamiento
- Pruebas y resultados

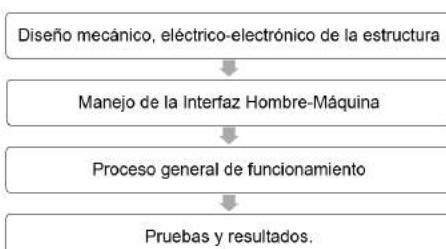


Figura 1. Diagrama de procedimientos

A. DISEÑO MECÁNICO, ELÉCTRICO-ELECTRÓNICO DE LA ESTRUCTURA

1) Cabezal láser:

El proceso grabado es factible debido a la luz generada por el láser que se focaliza en punto determinado. Sus características son: potencia de 35W, longitud de onda 445nm láser azul, voltaje de 12vcc, corriente 1.3A, forma de haz punto enfocable, ver **Figura 2**.

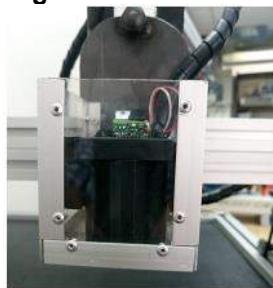


Figura 2. Cabezal láser.

2) Diseño Mecánico:

La máquina CNC dispone de un sistema mecánico de tipo cartesiano con movilidad tridimensional. La estructura contiene las consideraciones necesarias para el funcionamiento de sistemas CNC, ver **Figura 3.** [3] [15]

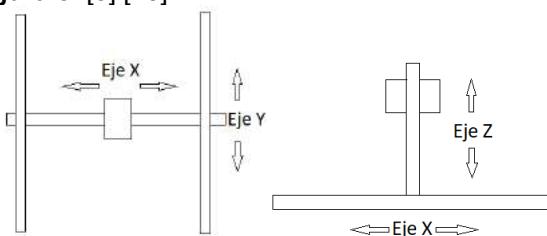


Figura 3. Sistema cartesiano

El sistema cartesiano cuenta con dos ejes de movimiento (X, Y), el eje X dispone de cuatro ruedas, como se muestra en la **Figura 4**.



Figura 4. Eje línea X

El cabezal se moviliza lateralmente en el eje Y, contiene dos ruedas como se muestra en la **Figura 5**.



Figura 5. Eje línea Y

El eje Z permite modificar la distancia vertical del cabezal láser, dispone de dos ruedas como se observa en la **Figura 6**.



Figura 6. Eje línea Z

La máquina en su totalidad se observa en la **Figura 7**.

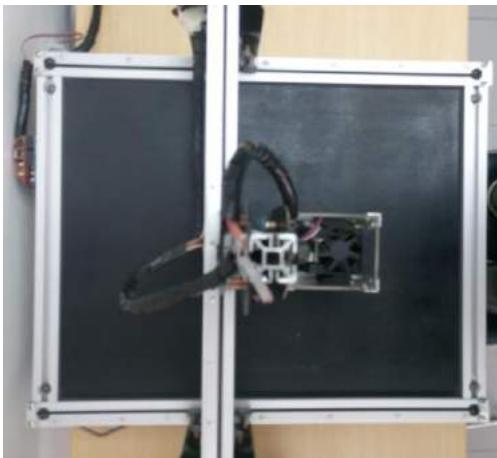


Figura 7. Máquina CNC de corte láser.

3) Eléctrico-electrónico:

Para el diseño eléctrico y electrónico se consideró elementos obtenidos del reciclaje de impresoras como motores paso a paso, bandas dentadas, fuentes de poder, cables y conectores. El circuito electrónico cuenta con una tarjeta arduino UNO en la cual se carga y modifica el programa de acuerdo a los requerimientos de la máquina CNC. Para el sistema de control se utilizó hardware y software libre, debido al costo y la fácil programación del código fuente; alcanzando de esta forma disponer de una máquina personalizada, la tarjeta Arduino UNO, se acopla el CNC Shield y un driver A4988 para el control de los servomotores por cada eje, ver **Figura 8.** [15]

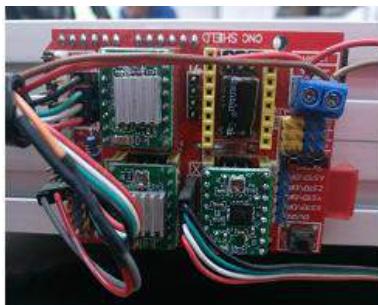


Figura 8. Shield CNC y driver A4988

Conectados los elementos electrónicos se configura los drives determinando los pasos en los motores calculando la corriente y voltaje debido. [15]

$$ITripMax = \frac{Vref}{8 * Rs} \quad (1)$$

$ITripMax$ = Corriente máxima (A)
 $Vref$ = Voltaje de referencia
 Rs = Resistencia (Ω)

Para hallar el voltaje de referencia, se despeja $Vref$ de la formula.

$$Vref = ITripMax * (8xRs) \quad (2)$$

La corriente máxima de los motores es de 400 mili amperios y la sensibilidad de la resistencia en los drives A4988 se representa en ohmios, en este caso es de $0,1\Omega$.

$$\begin{aligned} Vref &= 0.4 * (8x0.1) \\ Vref &= 32V \end{aligned}$$

El voltaje de referencia será de 0,32, pero como se va a utilizar pasos completos se debe limitarla al 70%.

$$\begin{aligned} Vref &= 0.32 * 0.7 \\ Vref &= 0.224 \end{aligned}$$

El driver A4988 se regula con un trimmer, el valor del voltaje de referencia final es de 0.224 V.

Para configurar los pasos de los motores, los cuales están configurados con 200 pasos X 0,8 mm, seria calcularlos para que avance 10 mm, es necesario realizar una regla de 3.

$$\begin{aligned} 200 \text{ pasos} &\rightarrow 0.8mm \\ X &\rightarrow 10mm \\ X &= 200 * 100,8 \\ X &= 2500 \text{ pasos} \end{aligned}$$

A. MANEJO DE LA INTERFAZ HOMBRE-MÁQUINA

Se utilizó los diferentes programas como son:

- XLoader v1.00: Este programa sirve para flashear sobre el microcontrolador de Arduino UNO el firmware para comunicarse con la Shield CNC.
- Inkscape: El software permite generar un archivo con códigos G a partir del diseño previamente realizado.
- Universal Gcode Sender v 2.0 (UGS): Este programa se usa para configurar la máquina, además de enviar los gcode que se haya generado con Inkscape.
- LaserGRBL: Este es un software que permite importar imágenes, ajustar tonos, “vectorizar” y directamente imprimir con el

láser, además ajusta los valores de la máquina.

1) Generación de códigos G

El programa utilizado para generar los códigos G es Inkscape. Es posible vectorizar imágenes, texto u otro elemento que se cree con el software.

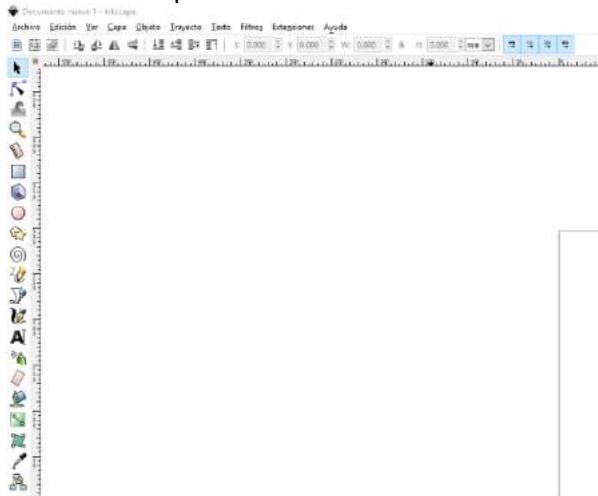


Figura 9. Software Inkscape

Se procede a escribir un texto, en este caso será “TECNOLÓGICO CARLOS CISNEROS”. Ver Figura 10.

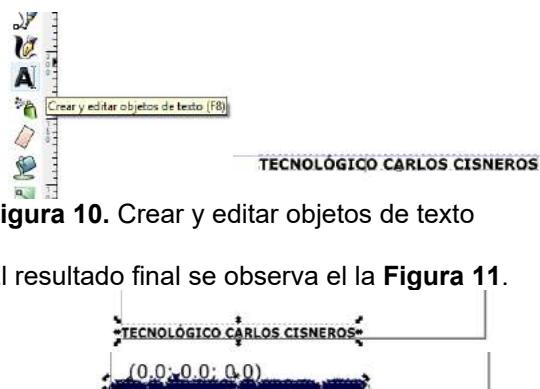


Figura 10. Crear y editar objetos de texto

El resultado final se observa en la Figura 11.

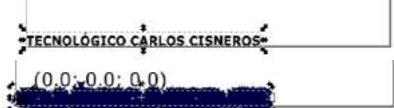


Figura 11. Texto Vectorizado, generado los códigos G.

B. PROCESO GENERAL DE FUNCIONAMIENTO

Comunicación Maquina – Ordenador: Se utilizó el programa Universal Gcode Sender v2.0 para las pruebas en la maquina CNC. Está basado en Java, Carga los archivos Gcode y controla que a su vez se comunica entre la máquina CNC a través de las tarjetas Arduino y CNC Shield enviando pulsos a los motores, por cada pulso un paso.

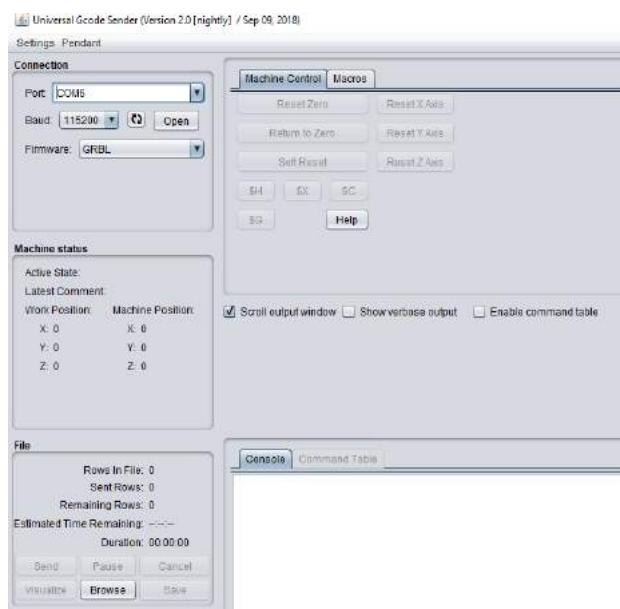


Figura 12. Software Gcode Sender v2.0

Los parámetros para configurar los códigos G se realiza a través de una serie de comandos esto lo realiza el programa Universal Gcode Sender, regula las distancias del diseño con los pasos de los motores para establecer el tamaño exacto del diseño o texto. Ver Figura 13.

```

Console Command Table
$20 = 0 (Soft limits enable, boolean)
$21 = 0 (Hard limits enable, boolean)
$22 = 0 (Homing cycle enable, boolean)
$23 = 0 (Homing direction invert, mask)
$24 = 500.000 (Homing locate feed rate, mm/min)
$25 = 500.000 (Homing search seek rate, mm/min)
$26 = 250 (Homing switch debounce delay, milliseconds)
$27 = 500.000 (Homing switch pull-off distance, millimeters)
$30 = 300 (Maximum spindle speed, RPM)
$31 = 0 (Minimum spindle speed, RPM)
$32 = 1 (Laser-mode enable, boolean)
$100 = 13.000 (X-axis travel resolution, step/mm)
$101 = 12.000 (Y-axis travel resolution, step/mm)
$102 = 15.000 (Z-axis travel resolution, step/mm)
$110 = 5000.000 (X-axis maximum rate, mm/min)
$111 = 100.000 (Y-axis maximum rate, mm/min)
$112 = 500.000 (Z-axis maximum rate, mm/min)
$120 = 500.000 (X-axis acceleration, mm/sec^2)
$121 = 1000.000 (Y-axis acceleration, mm/sec^2)
$122 = 10000.000 (Z-axis acceleration, mm/sec^2)
$130 = 80.000 (X-axis maximum travel, millimeters)
$131 = 1000.000 (Y-axis maximum travel, millimeters)
$132 = 1000.000 (Z-axis maximum travel, millimeters)
ok
>>> $G
[GCODE G0 G54 G17 G21 G90 G94 M5 M9 T0 F0 S0]
ok
  
```

Figura 13. Parámetros a configurar en el software

Para el proceso se busca el archivo generado a través del software Inkscape. Se puede visualizar la imagen vectorizada antes de proceder a grabar en la madera, ver Figura 14 y Figura 15.



Figura 14. Imagen vectorizada.

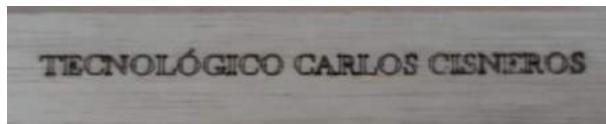


Figura 15. Texto grabado en la madera.

3. RESULTADOS

Para determinar el correcto funcionamiento se comprobó el grabado a diferentes distancias calibradas en el eje Z, desde la mira del láser hacia la parte superior de la superficie de la madera, como se observa en la Tabla 2.

Tabla 2. Distancias definidas en el eje Z.

Distancia	Grabado
50mm	Grabado 1
40mm	Grabado 2
30mm	Grabado 3
20mm	Grabado 4

La potencia del láser se configuró a una potencia baja de 35W, asegurando que el haz de luz no corte la madera. En la **Figura 16**, se aprecia el grabado del texto calibrado a las distancias expuestas en la Tabla 2.

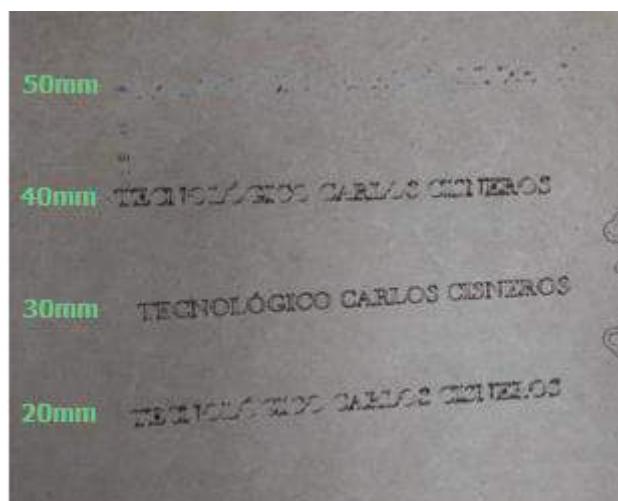


Figura 16. Texto grabado en la madera calibrado a diferentes distancias del eje Z.

4. CONCLUSIÓN

El prototipo desarrollado cuenta con 2 ejes ortogonales X, Y además de un eje Z. La movilidad del cabezal láser lo controla el módulo arduino UNO, la shield CNC y el driver A4988, los cuales

activan el movimiento de los cuatro motores paso a paso. Las calibraciones de los pasos tanto a nivel hardware, así como software permiten plasmar el diseño creado en la práctica a través del nivel de calidad del grabado.

Se utilizó el software Inkscape y Universal Gcode Sender para realizar los diseños, generación de los códigos G y calibrar los parámetros de movimiento y trayectoria del prototipo través del sistema operativo Windows 10.

Se escogió perfiles de aluminio para la construcción de la estructura, debido a constitución, permitiendo la adecuación de las bandas y rodamiento para desplazar el cabezal láser.

En comparativa con otras máquinas existentes en el mercado y prototipos realizados en distintas investigaciones se escogió el diodo láser azul en vez de un CO₂, debido a su mejor operatividad y menor impacto en el medio ambiente.

La potencia del láser es de 35W, útil para la realización de grabados, dispositivos con más potencia permiten realizar el corte de materiales como maderas, acrílico o cuero. El material que se coloca puede ocasionar efectos de reflexión por lo cual se debe tener las debidas precauciones ya que puede ocasionar accidentes.

La velocidad es un factor importante en la construcción de una maquina CNC de grabado a laser, se debe tomar en cuenta la dimensión lo que explica que a menor velocidad mayor calidad y nitidez en la resolución; esto en el caso de grabado en madera fina con un grosor de 2 mm y a una velocidad de 250rpm lo que va proporcionando buenos acabados. Otro factor a tomar en cuenta es el aumento brusco de la intensidad durante el proceso de grabado porque genera una evaporación agresiva lo cual deja manchas en la superficie del grabado terminado con un grabado de baja calidad.

Al modificar la distancia del eje focal del cabezal láser, se producen diferentes efectos en la superficie de la madera, como quemaduras o leves hendiduras a distancias más cortas o lejanas respectivamente. Utilizando técnicas de observación e instrumentos de registro documental y fotográfico se determina que la mejor calidad posible, sin existir imperfecciones, quemaduras o cortes en la madera es definir la distancia del eje X del cabezal láser a la superficie a grabar en 30mm.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Ortega, C. A. Sistema CNC de Corte por Láser [Ingeniería Thesis]. México, DF: Instituto Politécnico Nacional, 2008.
- [2] Gavilema, C. P. Construcción de un prototipo CNC de grabado laser para optimizar el tiempo de producción gráfica en madera y cuero en el laboratorio de robótica de la Universidad Técnica Cotopaxi periodo 2016. [Ingeniería Thesis]. Latacunga, Ecuador: Universidad Técnica de Cotopaxi, 2016.
- [3] Octavio Maciel Dinorin. Historia, Evolución y Tendencias del CNC - Manufactura Asistida por Computadora. Disponible en: <https://xdocs.net/documents/historia-del-cnc-5cc60657a09ad> [consultado el 20 de octubre de 2019]
- [4] Max von Über. Las 14 mejores máquinas de grabado láser de 2020. Disponible en: <https://all3dp.com/es/1/maquina-grabado-laser-grabador-laser/> [consultado el 20 de febrero de 2020]
- [5] Padilla, R. Diseño y construcción de una cortador láser para papel con interfaz gráfica. [Ingeniería Thesis]. Ibarra: Universidad Técnica del Norte, 2017.
- [6] Castro, A. P. Diseño y construcción de una máquina CNC para el corte y grabado en madera utilizando láser de CO₂, implementado con hardware y software de uso libre como sistema de control. [Ingeniería Thesis]. Latacunga, Ecuador: Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE, 2015.
- [7] Maldonado, F. Vargas, N. Diseño y construcción de una cortadora CNC para fomix y sus derivados. [Ingeniería Thesis]. Latacunga: Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE, 2015.
- [8] Guamán, D. Castro, A. Terán, H. Trávez, W. Diseño y construcción de una máquina CNC para el corte y grabado en madera utilizando láser de CO₂, implementado con hardware y software de uso libre como Sistema de control, Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE, 2015.
- [9] Balladares, C. Vásquez, W. Diseño y construcción de un prototipo de cortadora por láser de dióxido de carbono con control numérico computarizado para el laboratorio CNC de la ESPE Extensión Latacunga. [Ingeniería Thesis]. Latacunga: Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE, 2015.
- [10] Hurtado, F. J. Diseño y construcción de una máquina de control numérico por corte CO₂ láser de 40 watts para acrílico de hasta 4 mm. [Ingeniería Thesis]. Quito: Universidad Internacional del Ecuador, 2014.
- [11] Fuentes, J. D. Méndez, M. A. Muñoz, J. A. Romero, F. A. Moreno, S. P. Diseño y construcción de un prototipo de máquina tipo cartesiano para corte y grabado láser en papel. [Ingeniería Thesis]. Bogotá: Universidad de San Buenaventura, 2015.
- [12] Riquelme, M. Diseño y fabricación de una fresadora CNC de 3 ejes para el mecanizado de PCB con plataformas de desarrollo abiertas. [Ingeniería Thesis]. Cartagena: Universidad Politécnica de Cartagena, 2014.
- [13] León, P. Aguilar, D. Maldonado, F. Vargas, N. Fernández, C. Foamy CNC Laser Cutting Machine, IEEE, 2016.
- [14] Campoverde, J. F. y Obando, C. Máquina CNC (Control Numérico Computarizado) de 3 ejes para el grabado de placas conmemorativas, Universidad técnica del Norte, 2017.
- [15] De la hoz, J. A. Díaz, J. A. Pacheco, G. Ortega, F. Ochoa C. Implementación de máquina CNC para la fabricación de placas PCB'S usando hardware libre (open-hardware), Universidad Simón Bolívar, 2018.
- [16] Rodríguez, C. Trabajo técnico diseño y fabricación de máquina de grabado y corte láser CNC. [Ingeniería Thesis]. Almería, España: Universidad de Almería, 2017.
- [17] Roberto Sanz Benito. Diseño y fabricación de una máquina CNC con Arduino y Software. Disponible en: <https://www.slideshare.net/RobeSanz/diseo-y-fabricacion-de-una-mquina-cnc-con-arduino-y-software-libre> [consultado el 20 de octubre de 2019]