



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO®

Instituto Tecnológico de Pabellón de Arteaga
Departamento de Ciencias Económico Administrativas

REPORTE FINAL PARA ACREDITAR LA RESIDENCIA PROFESIONAL DE LA CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA

PRESENTA:

PEDRO CHRISTIAN CALZADA ALVARADO

CARRERA:

ING. MECATRÓNICA

***[MEJORA DE UNA MÁQUINA AUTOMATIZADA PARA CORTE Y GRABADO EN
MADERA]***

Instituto Tecnológico de Pabellón de Arteaga



M. en C. Edinguer Vázquez Ayala
Asesor externo

M. en C. VICTOR MANUEL HERRERA AMBRIZ
Asesor Interno

Fecha (12 y 2024)

Índice

CAPÍTULO 1: PRELIMINARES.....	3
1. Agradecimientos.	3
2. Resumen.	4
Lista de Figuras	4
Lista de tablas.....	6
Lista de ecuaciones	6
CAPÍTULO 2: GENERALIDADES DEL PROYECTO	7
3.- Introducción.....	7
4. Descripción de la empresa u organización y del puesto o área del trabajo del residente.	8
5. Problemas a resolver, priorizándolos.	10
6. Justificación	11
7. Objetivos (General y Específicos).....	12
CAPÍTULO 3: MARCO TEÓRICO	13
8. Marco Teórico (fundamentos teóricos).....	13
CAPÍTULO 4: DESARROLLO.....	23
9. Procedimiento y descripción de las actividades realizadas.	23
Cronograma de actividades.....	35
Planificación de diseño	36
Preparación del equipo	36
Producción.....	36
Recolección de fallas	36
Ajustes de las fallas	36
Redacción de informes sobre la optimización para entregar a la gerencia.	36
CAPÍTULO 5: RESULTADOS	36
10. Resultados.....	37
CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES.....	45
11. Conclusiones del Proyecto	45
CAPÍTULO 7: COMPETENCIAS DESARROLLADAS	47
12. Competencias desarrolladas y/o aplicadas.	47
CAPÍTULO 8: FUENTES DE INFORMACIÓN	49

13. Fuentes de información	49
CAPÍTULO 9: ANEXOS.....	51
14. Anexos.....	51

CAPÍTULO 1: PRELIMINARES

1. Agradecimientos.

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas que, de alguna u otra manera, contribuyeron a la realización de este trabajo.

En primer lugar, agradezco profundamente a mi asesor interno, M. en C. VICTOR MANUEL HERRERA AMBRIZ, por su constante apoyo, guía y valiosos consejos durante todo el proceso de investigación. Su dedicación y conocimiento han sido fundamentales para el desarrollo de este trabajo.

Agradezco también a M. en C. Edinguer Vázquez Ayala por sus sugerencias y por el tiempo que dedicaron a la revisión de este trabajo.

Quisiera extender mi gratitud a mi amigo Julio, quien me brindo su apoyo emocional y académico en todo momento. Su compañerismo y sus palabras de aliento me motivaron a seguir adelante, especialmente en los momentos más difíciles.

Un agradecimiento especial a mi familia, quienes siempre han estado a mi lado, brindándome su amor y comprensión. A mis padres, por su infinita paciencia y por ser mi fuente constante de inspiración y fortaleza. Pero sobre todo, un agradecimiento muy especial a mi Novia Meredith Isabely Rodríguez Neri, por todo su apoyo emocional, consejos, tiempo, y hasta trabajo (la puse a chambear también), por siempre estar en todo momento, desde que empezó hasta que termino este proyecto, su amor fue incondicional y de mucho apoyo.

Finalmente, agradezco a la familia de mi novia porque siempre buscaban una solución para mí, y no paraban hasta encontrarla.

Agradezco a cada uno de todos ellos, por siempre regalarme un poco de su tiempo tan importante

.

2. Resumen.

El presente trabajo tiene como objetivo el mejorar una máquina automatizada para corte y grabado en madera enfocado en mejorar la precisión, eficiencia y versatilidad en procesos de mecanizado en materiales como madera. Este trabajo está diseñado para ser utilizado en aplicaciones industriales y de prototipado rápido, buscando optimizar tiempos de producción y reducir costos operativos.

El diseño del sistema incluye el análisis de los componentes mecánicos, electrónicos y de software necesarios para garantizar su funcionamiento adecuado. Se profundiza en la selección de motores paso a paso, guías lineales, husillos de bolas y la arquitectura de control, con el fin de obtener una máquina capaz de realizar cortes y grabados con alta precisión. Además, se desarrolló un sistema de control basado en una interfaz de usuario amigable y un software de control compatible con estándares industriales como G-code.

A lo largo del trabajo se realizaron diversas pruebas de calibración y desempeño, demostrando que el diseñado es factible para su uso comercial y escolar.

Finalmente, se presentan conclusiones sobre los aspectos técnicos más relevantes y se proponen recomendaciones para futuras mejoras en el diseño, incluyendo posibles integraciones con sistemas automatizados y de monitoreo en tiempo real.

Lista de Figuras

Ilustración 1	CNC de marca X-carve tallando una guitarra. Tomado de (chris, 2018).....	13
Ilustración 2	CNC fresadora de metales. Tomado de (Peng, 2021).....	14
Ilustración 3	Fresadora CNC removiendo material. Tomado de (Viotto, 2022)	15
Ilustración 4	Torno CNC industrial. Tomado de (Viotto, 2022).....	15
Ilustración 5	Taladrado CNC. Tomado de (Peng, 2021).....	16
Ilustración 6	Cortadora de plasma CNC Marca Huafei. Tomado de (Huafei, 2020).....	16
Ilustración 7	Nomenclatura regla de la mano derecha CNC. Tomado de (Robaq, 2010).....	17
Ilustración 8	Entradas analógicas y digitales Arduino Uno. Tomado de (Perez, 2015)	17
Ilustración 9	Uso de Arduino CNC Shield V3. Tomado de (Xukyo, 2023).....	18
Ilustración 10	Motor a Pasos. Tomado de (GeekFactory, 2017).....	19
Ilustración 11	Servomotores de tipo industrial. Tomado de (Garcia A. , 2016)	19
Ilustración 12	Como controlar un motor a pasos con el driver a4988 y Arduino. Tomado de (Damian, 2023)	20
Ilustración 13	fuelle de conmutada 12v 10a 120w Ronix 110/220vca	20
Ilustración 14	Rasberry pi tomada de: (cgarcia, 2022)	22
Ilustración 15	Tornillo sin fin D8mm 4 hilos de entrada. Tomado de (LozuryTech., 2017)	26
Ilustración 16	Aluminio 6061-T6. Tomado de (Vazbros, 2015).....	28
Ilustración 17	Imagen de la posición del Eje Z para el cálculo del torque, posición 90 grados. Tomado de (OrientalMotor, 2018)	29
Ilustración 18	Fresadora CNC 2,5D. Tomado de (Txapuzas, 2017)	31
Ilustración 19	Dremel 4000. Tomado de (Dremel, 2021)	33
Ilustración 20	fuelle conmutada tomada de (Mercado Libre).....	34
Ilustración 21	Raspberry pi tomada de (Aubin, 2018).....	34
Ilustración 22	Diagrama de pareto para principales problemas	37
Ilustración 23	Diagrama de Ishikawa.....	37
Ilustración 24	Infprme de capacidad de Proceso.....	38
Ilustración 25	sixpack del proceso de corte.....	38
Ilustración 26	Probabilidad de Tiempo de corte.....	39
Ilustración 27	Grafica_x_Barra_r_para tiempo	39
Ilustración 28	Grafica_r para tiempo	40
Ilustración 29	Grafica_s para tiempo.....	40
Ilustración 30	Intervalos de tiempos	41
Ilustración 31	conexión de drivers al raspberry	41
Ilustración 32	conexión a l fuente de alimentación y pantalla	42
Ilustración 33	pruebas funcionales	42
Ilustración 34	Grafica de optimización plot.....	43
Ilustración 35	interfas de universal g-code	43
Ilustración 36	grabado en madera.....	44

Lista de tablas

Tabla 1 Tabla comparativa entre las diferentes estructuras-guías.....	24
Tabla 2 Comparativa entre los distintos métodos de transmisión.....	25
Tabla 3 Tabla de propiedades mecánicas. Tomado de (Ggdmets, 2018).....	28
Tabla 4 Tabla de propiedades físicas del Aluminio 6061-T6. Tomado de (Ggdmets, 2018) ...	28
Tabla 5 Tabla comparativa entre las tarjetas controladoras de CNC.....	32
Tabla 6 cronograma de actividades	36

Lista de ecuaciones

Ecuación 1 Cálculo torque necesario. Tomado de (OrientalMotor, 2018).....	29
Ecuación 2 Cálculo para el torque necesario del eje X,Y. Tomado de (OrientalMotor, 2018)	30

CAPÍTULO 2: GENERALIDADES DEL PROYECTO

3.- Introducción

Las máquinas Router CNC (Control Numérico Computarizado) realizan cortes y tallados en variedades de materiales mediante el uso de elementos eléctricos y electromecánicos, utilizando softwares de diseño como SolidWorks o Fusión 360 para su post procesamiento y conversión a códigos G, estas máquinas reducen el tiempo de fabricación de piezas y su precisión por pieza realizada es superior a la mano de obra del hombre. Hoy en día existen variedades de diseños CNC con múltiples herramientas de corte y grabado que, dependiendo del trabajo a realizar se selecciona los componentes y se diseña la estructura. Los softwares utilizados en máquinas CNC transforman los códigos G en pulsos para controlar los drivers de cada uno de los motores que a su vez mueven con precisión cada uno de sus ejes X, Y, Z y guiando la herramienta de corte alrededor del material a mecanizar.

4. Descripción de la empresa u organización y del puesto o área del trabajo del residente.

El INSTITUTO TECNOLÓGICO DE PABELLÓN DE ARTEAGA es una institución de educación superior ubicada en el Municipio de Pabellón de Arteaga del Estado de Aguascalientes y como parte de sus objetivos se encuentra el desarrollo de proyectos de innovación e investigación a través de residencias profesionales que den soluciones a problemas de la industria, de ciencia aplicada o de desarrollo tecnológico.

4.1 Descripción de la empresa y del puesto o área de trabajo del residente

El ramo económico de la institución es la educación, específicamente la educación superior, así como el desarrollo de proyectos de innovación e investigación con la industria (desarrollo tecnológico) o académicos (ciencia aplicada).

Sus políticas de misión, visión, objetivos (retos) y valores de la institución son: El INSTITUTO TECNOLÓGICO DE PABELLÓN DE ARTEAGA es una institución de educación superior ubicada en el Municipio de Pabellón de Arteaga del Estado de Aguascalientes y como parte de sus objetivos se encuentra el desarrollo de proyectos de innovación e investigación a través de residencias profesionales que den soluciones a problemas de la industria, de ciencia aplicada o de desarrollo tecnológico.

Sus políticas de misión, visión, objetivos (retos) y valores de la institución son:

Misión

Brindar un servicio de educación superior de calidad comprometido con la generación, difusión y conservación del conocimiento científico, tecnológico y humanista, a través de programas educativos que permitan un desarrollo sustentable, conservando los principios universales en beneficio de la humanidad.

Visión

Ser una institución de educación superior reconocida a nivel nacional e internacional, líder en la formación integral de profesionistas de calidad y excelencia, que promueve el desarrollo armónico del entorno.

Objetivos de la empresa

Asegurar la calidad de todos los procesos académicos, entre los que se encuentran:

- El diseño de especialidades
- Asesoría de residencias profesionales
- Desarrollo de proyectos de innovación
- Servicios de educación continua
- Investigación educativa
- Acreditaciones de planes de estudio

Valores

A fin de guiar y orientar las acciones cotidianas de todo su personal, la institución define los siguientes valores institucionales:

- Compromiso. - lograr propósitos comunes mediante el trabajo responsable y en equipo, mejorando permanentemente el ser, hacer y tener mediante la participación activa y el liderazgo compartido.
- Responsabilidad. - decidir y actuar conforme al análisis previo de las consecuencias inmediatas o mediatas de las acciones.
- Respeto. - actitud personal y colectiva hacia la conservación, mejoramiento y protección de las diversas formas de vida, además de la aceptación de la diversidad propia de lo humano.
- Cooperación. - facilitar condiciones que allanen el trabajo de los demás, y capacitar a toda la gente para propiciar su desarrollo personal y profesional dentro y fuera de la institución.
- Honestidad. - liderazgo que toma decisiones con base en una información completa, retroalimentando directamente con resultados e impacto mutuo, dando transparencia a cada una de las acciones personales e institucionales.

- Equidad. - crear un ambiente que permita establecer un sistema de reconocimiento al esfuerzo individual y de grupo en la institución.

5. Problemas a resolver, priorizándolos.

El corte y tallado en madera resulta un trabajo complicado para la mano humana, en la actualidad la gente exige trabajos de calidad, precios bajos y agilidad de tiempo, por lo que es necesario buscar medios alternativos para agilizar los procesos de manufactura. Realizar piezas en madera para aviones de aeromodelismo es un trabajo sumamente demoroso, ya que son piezas que necesitan ser precisas y el usuario tendría que cortar una por una. El aeromodelismo en el Ecuador está en aumento por lo que es necesario satisfacer las necesidades del consumidor, entregando piezas de aviones para aeromodelismo de calidad.

6. Justificación

Hoy en día los softwares CAD (Diseño Asistido por Computador) nos facilita el diseño de piezas por ordenador para posteriormente realizar un postprocesado de las mismas, transformarlas a códigos G (que es el lenguaje de programación que entienden las máquinas CNC) y realizar el mecanizado utilizando softwares CAM (Mecanizado Asistido por Computador).

Implementar una Máquina CNC Router para el corte y tallado en madera para piezas de carpintería o industria resulta una opción viable para sustituir el esfuerzo del ser humano y poder mecanizar las piezas en el menor tiempo posible, con mayor calidad y precisión gracias al control de la herramienta por medio de sus ejes X, Y, Z.

Las máquinas CNC demuestran mejor eficiencia que la mano humana a la hora de ejecutar procesos complejos de mecanizado donde el ser humano necesitaría mucho tiempo de trabajo y constante energía para igualar la calidad de una CNC Router.

7. Objetivos (General y Específicos)

Objetivo general

Implementar una máquina Router CNC, para el grabado y corte en madera, mediante el uso de elementos electrónicos y electromecánicos.

Objetivos específicos

- Analizar proyectos similares para el entendimiento del estado del arte y plantear marco teórico con los elementos que intervienen en la implementación de la máquina.
- Seleccionar y describir las características de los elementos del sistema mecánico y del sistema de control.
- Implementar la máquina Router CNC integrando sus sistemas.
- Resultados y conclusiones del proyecto.

CAPÍTULO 3: MARCO TEÓRICO

8. Marco Teórico (fundamentos teóricos).

Máquinas CNC y su rol en los procesos industriales

El termino CNC significa Control numérico computarizado donde la máquina es capaz de trabajar de forma autónoma con el fin de eliminar la mano de obra humana en el mecanizado de piezas, estas son controladas y monitoreadas a través de un ordenador en el cual el operador de la máquina tendrá que inspeccionar los procesos de mecanizado (Centric, 2021)

Gracias a la tecnología que brinda las máquinas CNC las industrias han podido mejorar su rendimiento creando productos de mayor calidad en el menor tiempo posible y sin necesidad de pagar a muchos operarios para los procesos (DE MAQUINAS Y HERAMIENTAS, 2015)

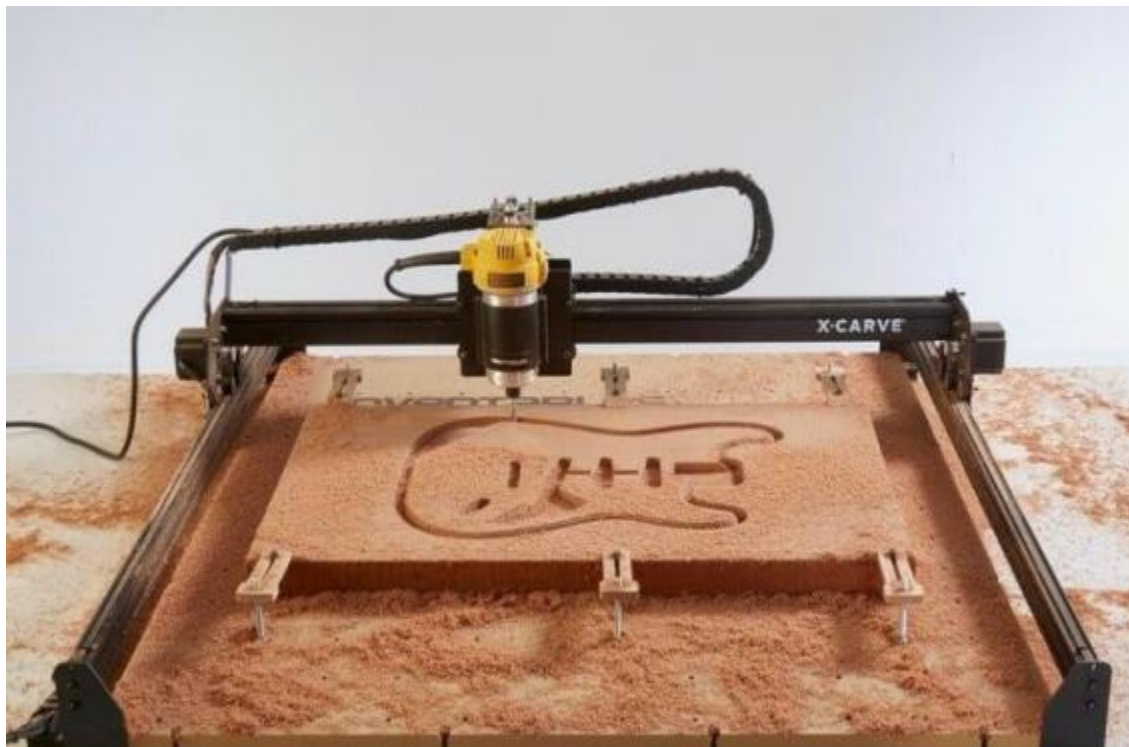


Ilustración 1 CNC de marca X-carve tallando una guitarra. Tomado de (chris, 2018)

Tipos de Máquinas CNC

Las máquinas CNC son dispositivos capaces de dirigir una herramienta de corte tallado y perforado a través del material a mecanizar con el objetivo de crear piezas de gran complejidad y precisión (Autycom, 2019).

Estas máquinas han mejorado tecnológicamente con el pasar del tiempo y hoy en día se adaptan fácilmente a las necesidades de las industrias, trabajan en la mayoría de materiales y son accesibles para todas las empresas (Autycom, 2019).



Ilustración 2 CNC fresadora de metales. Tomado de (Peng, 2021)

CNC Fresadora

Las máquinas CNC Fresadoras son utilizadas para el ranurado, creación de orificios y caras en el material para el mecanizado de piezas, sus herramientas son giratorias y desprenden viruta, generalmente se usan para el mecanizado de metales como el acero, aluminio, hierro o madera (YAMAZEN MEXICANA, 2020).

Estas máquinas han mejorado tecnológicamente con el pasar del tiempo y hoy en día se adaptan fácilmente a las necesidades de las industrias, trabajan en la mayoría de materiales y son accesibles para todas las empresas (YAMAZEN MEXICANA, 2020).



Ilustración 3 Fresadora CNC removiendo material. Tomado de (Viotto, 2022)

Torno CNC

Los Tornos CNC son máquinas que pueden mecanizar objetos en forma de cilindro y producir piezas ya terminadas o por terminar, el material a maquinar es el que gira a determinadas revoluciones para ser cortado por la herramienta que es movida a través de los ejes comúnmente X y Z (YAMAZEN MEXICANA, 2020).

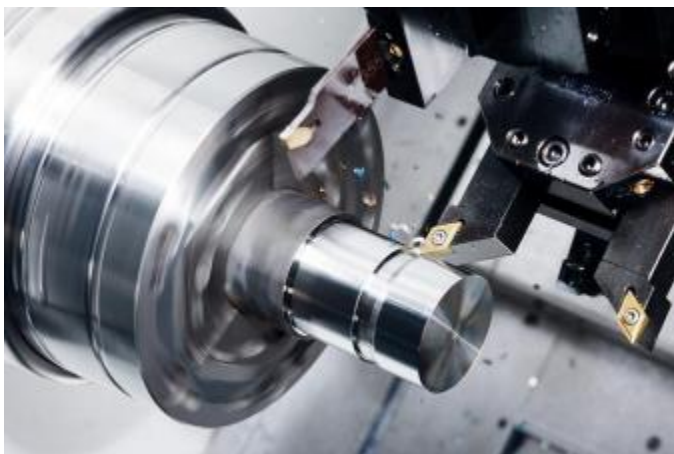


Ilustración 4 Torno CNC industrial. Tomado de (Viotto, 2022)

Máquina CNC de Taladrado

Generalmente utilizadas para la perforación en el material de trabajo. Ubica con rapidez la herramienta en el punto exacto a perforar y realiza actividades de escariado, avellanado y roscado (YAMAZEN MEXICANA, 2020).



Ilustración 5 Taladrado CNC. Tomado de (Peng, 2021)

Cortadores de Plasma

Utilizado para el corte de metales por medio de un arco eléctrico, la antorcha es guiada por los ejes de la CNC para perforar el material (YAMAZEN MEXICANA, 2020).



Ilustración 6 Cortadora de plasma CNC Marca Huafei. Tomado de (Huafei, 2020)

Funcionamiento de las Máquinas CNC

El funcionamiento de una máquina CNC consiste en recibir órdenes mediante códigos G y M por medio de un Software CAM (Mecanizado Asistido por Computador), posteriormente las convierte en pulsos eléctricos para el accionamiento de los motores que moverán la herramienta a través de sus ejes (Inter2020, 2020).

Funciones Específicas CNC

El control de movimiento se realiza a través de los ejes que usualmente son X, Y, Z, pero

existen máquinas CNC que tienen más ejes incorporados A, B y C, estos movimientos pueden ser lineales o rotativos (Inter2020, 2020).

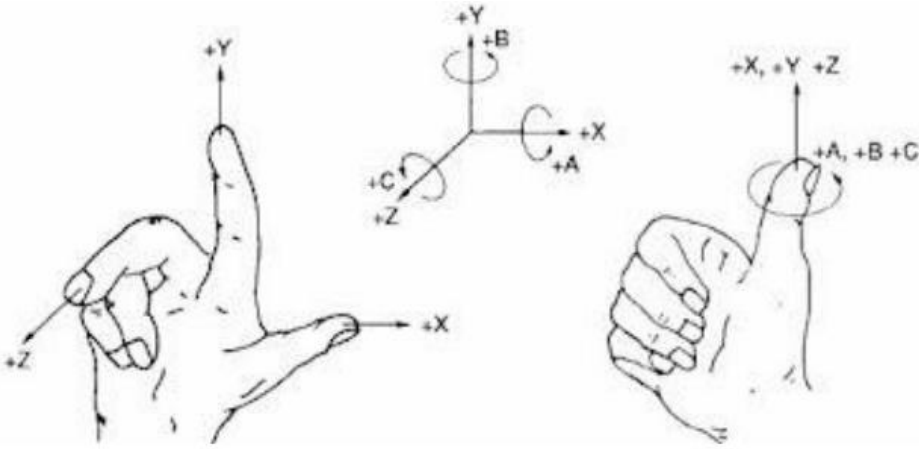


Ilustración 7 Nomenclatura regla de la mano derecha CNC. Tomado de (Robaq, 2010)

Controladores de una máquina CNC

Controlador Arduino + CNC Shield

Arduino es una tarjeta destinada a la programación de funciones, su tipo de hardware y software es abierto, significa que es libre de editarse a voluntad del usuario (Y, 2022).



Ilustración 8 Entradas analógicas y digitales Arduino Uno. Tomado de (Perez, 2015)

La CNC Shield es un complemento de Arduino para el control de una CNC, por lo general de dimensiones menores, en la cual no se requiere el uso de motores muy grandes

(Xukyo, 2023).



Ilustración 9 Uso de Arduino CNC Shield V3. Tomado de (Xukyo, 2023)

Tipos de Motores para CNC

Los motores para CNC sirven para desplazar los ejes y mover la herramienta de corte y tallado a través del material. Existen algunos tipos de motores para el control de la máquina, su funcionamiento consta de la conversión de pulsos eléctricos dados por su controlador o driver a energía mecánica, estos poseen diferentes características dependiendo del uso y aplicación (Seabrook, 2022).



Ilustración 10 Motor a Pasos. Tomado de (GeekFactory, 2017)

Servomotores

Los servomotores son dispositivos que actúan de manera rotativa o lineal, estos son muy precisos en aceleración y velocidad de ángulo, su sistema es de lazo cerrado por lo que posee un encoder, sus motores pueden ser de AC O DC (Torres, 2023).



Ilustración 11 Servomotores de tipo industrial. Tomado de (García A. , 2016)

Controladores o drivers de los motores

Los drivers son controladores para los actuadores o motores de los ejes, estos poseen dos tipos de señal, proporciona el sentido de giro del motor y la otra señal del avance en pasos, por lo general los circuitos de un driver están divididos en dos: las señales trabajan en voltajes pequeños mientras que la alimentación de los motores puede trabajar a

voltajes elevados. Existen de varios tipos dependiendo de los motores a utilizarse (Llamas, 2026).

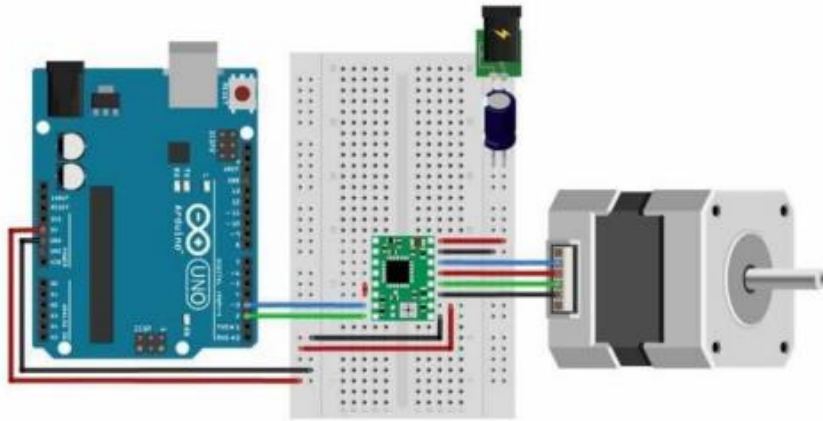


Ilustración 12 Como controlar un motor a pasos con el driver a4988 y Arduino. Tomado de (Damian, 2023)

Fuente de alimentación

Una fuente de alimentación es un dispositivo que se encarga de proporcionar energía eléctrica a un sistema o una máquina, transforma la energía convencional AC en energía DC para que los dispositivos electrónicos de la máquina trabajen, poseen varios voltajes de operación dependiendo del uso y aplicación (Board, 2021).



Ilustración 13 fuente de conmutada 12v 10a 120w Ronix 110/220vca

Raspberry Pi

Una Raspberry Pi es un pequeño ordenador que tiene un tamaño similar a una placa de Arduino y que también se utiliza a menudo en el mundo maker para construir proyectos de electrónica. Sin embargo, son dos herramientas que nos pueden parecer similares visualmente pero que no son lo mismo: la Raspberry Pi es una herramienta mucho más potente que Arduino que sirve para hacer proyectos más complejos y de diferentes tipos, ya que es un microordenador y, como todos los ordenadores, requiere de un sistema operativo para funcionar. Y, gracias a este sistema operativo, podemos utilizar la placa como si fuera un ordenador de sobremesa, mientras que en el caso de Arduino la placa solo ejecuta directamente aquello que le hayamos programado dentro antes a través de un ordenador, ya que es una placa programable pero no es un ordenador. (Eben upton, 2013)

Creada en el año 2012 por la Fundación Raspberry Pi como ordenador low cost con el objetivo de acercar la informática a todo el mundo, la Raspberry Pi cuenta con su propio sistema operativo de código abierto, Raspbian, que está basado en una distribución de GNU/Linux llamada Debian. Aun así, se pueden instalar otros sistemas operativos compatibles en función de los usos que queramos darle, del mismo modo que elegiremos un modelo de placa u otro teniendo en cuenta las limitaciones de cada uno de estos modelos y las necesidades que tengamos como creadores. (Eben upton, 2013)

En este sentido, una Raspberry Pi se puede utilizar directamente como ordenador doméstico, si elegimos uno de los modelos de 4GB o 8GB de memoria RAM, de manera que podemos estudiar o trabajar con herramientas básicas como lo haríamos con un ordenador de sobremesa; como base para construir proyectos de domótica que nos ayuden a automatizar nuestro hogar, ya sea para controlar la iluminación, la calefacción o las persianas; para crear sistemas de seguridad y video-vigilancia, o para hacer otros proyectos simplemente con el objetivo de entretenernos, como puede ser una

videoconsola retro para jugar a algunos clásicos. (Eben upton, 2013)

Para conseguir que este ordenador sea lo más económico posible y al mismo tiempo tenga cierta flexibilidad para poder ser modificado, la placa no incluye ni carcasa, facilitando su integración en cualquier proyecto, ni disco duro (ofrece la posibilidad de incluir una tarjeta microSD para que pueda actuar como tal y se pueda instalar el SO), ni ningún tipo de periférico, de manera que tendremos que comprar a parte la fuente de alimentación para poder cargarlo y, si es necesario, las pantallas, los ratones y los teclados que queramos utilizar, entre otros accesorios compatibles. (Eben upton, 2013)



Ilustración 14 Raspberry pi tomada de: (cgarcia, 2022)

CAPÍTULO 4: DESARROLLO

9. Procedimiento y descripción de las actividades realizadas.

Validación mecánica, análisis y selección de materiales Selección de la estructura y guía para los ejes X, Y, Z de la máquina

Para la selección de la estructura se debe contar con una que asegure estabilidad y precisión ya que la máquina debe trabajar sin sobre esfuerzos y sin ejercer presión alguna, también debe soportar el peso de los elementos que vayan montados en estas, en el mercado existe muchas estructuras que cumplen con estas condiciones, sin embargo, se debe escoger la opción que sea más conveniente en calidad precio (Garcia v. , 2020)

Tabla 1 Tabla comparativa entre las diferentes estructuras-guías

Especificaciones	Perfil de aluminio Tipo v 20x60	Eje Acerado Cromado de alta frecuencia De 8mm	Riel EGR SERIE EG
Disponibilidad en el mercado	x	x	
Bajo Precio	x	x	
Precisión	x	x	x
Guía Funcional	x	x	x
Estructura funcional	x		
Tendencia a deformarse (Pandeo)		x	
Bajo peso	x	x	x
Resistente a condiciones climáticas	x	x	x
Lubricación	x	x	x
Maquinabilidad	x		
			

Selección del método de Transmisión de potencia

Para la selección del método de transmisión de potencia se debe considerar el tipo de máquina a realizarse, y las dimensiones del mismo, en el mercado nacional existe mucha disponibilidad de elementos de transmisión de potencia por lo que es necesario realizar una tabla comparativa con los elementos disponibles.

Tabla 2 Comparativa entre los distintos métodos de transmisión

Características	Transmisión por banda dentada GT2	Tornillo Sin Fin 8mm/rev 4H	Husillo de Bolas Tuerca
Disponibilidad en el mercado	Alta	Alta	Baja
Precio	Baja	Media	Alta
Dureza	Media	Alta	Alta
Resistencia	Media	Alta	Alta
Tiempo de Vida	Baja	Alta	Alta
Precisión	Media	Media	Alta
Lubricación	No	Si	Si
Espacio	Reducido	Mediano	Alta
Capacidad de carga	Media	Alta	Alta
Rijidez	Baja	Alta	Alta
			

El husillo de bolas tuerca es el mejor método de transmisión para las máquinas CNC sin embargo el precio es demasiado elevado y no justifica para una máquina de 80x60cm de área efectiva, por lo que según el análisis se escogió el medio de los dos, el tornillo sin fin es un elemento de transmisión más accesible y posee buenas características.

Tornillo sin fin D8mm 4H

El tornillo sin fin es un método de transmisión de movimiento lineal, es utilizado generalmente en máquinas CNC e Impresoras 3D, está constituido por acero inoxidable, su tuerca es de bronce y posee buena adaptabilidad (Orgone, 2016)



Ilustración 15 Tornillo sin fin D8mm 4 hilos de entrada. Tomado de (LozuryTech., 2017)

Ventajas que posee el Tornillo sin Fin 8mm 4H

Entre las principales ventajas del uso del tornillo sin fin destacan.

- Buena Capacidad de carga
- Movimiento Lineal Preciso
- No requiere de lubricación
- Precisión milimétrica

- Elevado tiempo de vida
- Alta resistencia

Características del tornillo sin fin 8mm 4H

Dentro de sus características destaca según (Orgone, 2016).

- Material: Acero Inoxidable
- Rosca: Métrica
- Longitud: 1000mm
- Diámetro 8mm
- Entradas: 4
- Paso: 8mm/Rev.
- Tuerca de bronce

Selección de Material para la construcción del porta herramientas, Base del motor eje Z y Base para tuerca tornillo sin fin

Para la selección de material para la construcción de la base del motor para el eje Z se tomó en consideración aspectos como dureza, maquinabilidad, resistencia, y peso, por lo que se escogió el Aluminio 6061-T6 que cumple con estas características.

Definición y composición del Aluminio 6061-T6

El aluminio 6061-T6 Es una aleación endurecida y contiene elementos como Aluminio, magnesio y silicio. Posee buenas características mecánicas, se utiliza en aplicaciones estructurales por lo que es una buena opción para la creación de las bases y piezas restantes. (IIRSACERO, 2015)

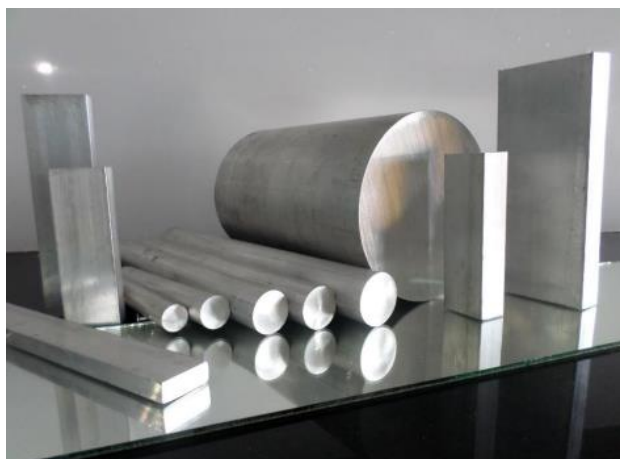


Ilustración 16 Aluminio 6061-T6. Tomado de (Vazbros, 2015)

Propiedades mecánicas del Aluminio 6061-T6

Tabla 3 Tabla de propiedades mecánicas. Tomado de (Ggdmets, 2018)

Tabla de propiedades mecánicas del Aluminio 6061-T6		
Limite elástico	Resistencia a la tracción	Estiramiento
275MPa	290MPa	8%

Propiedades Físicas del Aluminio 6061-T6

Tabla 4 Tabla de propiedades físicas del Aluminio 6061-T6. Tomado de (Ggdmets, 2018)

Propiedades Físicas del Aluminio 6061-T6					
Modulo de elasticidad	de	Modulo de rigidez	Temperatura de fusión	de	Conductividad eléctrica
70 000 MPa		26500 MPa	650 ° C		IACS = %46

Cálculo torque necesario para el eje Z

Se debe realizar el cálculo previo a determinar el torque necesario entre la fuerza de corte con un total de 86.88 N y el peso total de la estructura del eje Z de 14.7 N. Este cálculo se realiza tomando en cuenta la inclinación a la que se encuentra el eje Z. ya que está ubicada de manera vertical posee un Angulo de 90 Grados (OrientalMotor, 2018)

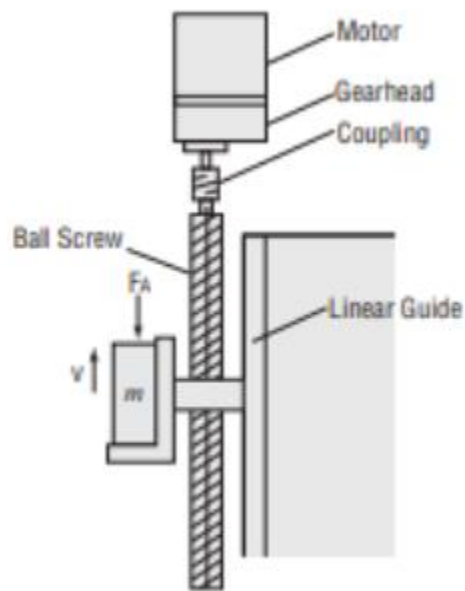


Ilustración 17 Imagen de la posición del Eje Z para el cálculo del torque, posición 90 grados. Tomado de (OrientalMotor, 2018)

Ecuación 1 Cálculo torque necesario. Tomado de (OrientalMotor, 2018)

Para el cálculo del torque necesario se hará uso de la siguiente formula:

$$F = FA + m * g(\sin(\theta) + \mu * \cos(\theta))$$

$$F = 86.88N + 14.7N(\sin(90) + 0.5 * \cos(90))$$

$$F = 101.58$$

Donde:

- $TZ (N. mm)$: Par motor resultante
- $F(N)$: Fuerza de avance y peso del soporte del motor
- $FA (N)$: Fuerza externa
- $PB (mm)$: Longitud de avance del husillo
- η : Eficiencia del husillo
- μ_0 : Coeficiente de fricción acero – bronce
- $F_0(N)$: Precarga (solo husillo de bolas)
- i : Relación de transmisión
- $m (Kg)$: Masa total de mesa y carga.
- $g (m/s^2)$: Aceleración de la gravedad (9.81m/s²)
- $\theta (^\circ)$: Angulo de inclinacion del husillo.

Ecuación 2 Cálculo para el torque necesario del eje X,Y. Tomado de (OrientalMotor, 2018)

Calculo para determinar el torque necesario para el eje X,Y.

$$F = FA + m * g(\sin(\theta) + \mu * \cos(\theta))$$

$$F = 86.88N + 79N(\sin(0) + 0.5 * \cos(0))$$

$$F = 126.38N$$

Obteniendo la fuerza se procede a calcular el torque necesario.

$$TZ = \left(\frac{F * PB}{2 * \pi * \eta} + \frac{\mu_0 * F_0 * PB}{2 * \pi} \right) \frac{1}{i}$$

$$TZ = \left(\frac{126.38 * 8mm}{2 * \pi * 0.6} + \frac{0.15 * 0 * 8mm}{2 * \pi} \right) \frac{1}{1}$$

$$TZ = 268.18N.MM \text{ o } 0.26818Nm$$

Donde:

- $TZ (N. mm)$: Par motor resultante
- $F(N)$: Fuerza de avance y peso del soporte del motor
- $FA (N)$: Fuerza externa
- $PB (mm)$: Longitud de avance del husillo
- η : Eficiencia del husillo
- μ_0 : Coeficiente de fricción acero – bronce

- $F_0(N)$: Precarga (solo husillo de bolas)
- i : Relación de transmisión
- $m (Kg)$: Masa total de mesa y carga.
- $g (m/s^2)$: Aceleración de la gravedad ($9.81m/s^2$)
- $\theta (^{\circ})$: *Angulo de inclinacion del husillo.*

Validación eléctrica y Selección de componentes eléctrico y electrónicos para el control de la máquina.

Para la selección eléctrica y electrónica se debe tomar en cuenta varios factores, entre ellos el tipo de motor a utilizarse ya que de ello depende la selección de otros componentes como los controladores de los mismos, la fuente de voltaje a utilizarse, y el calibre de los conductores.

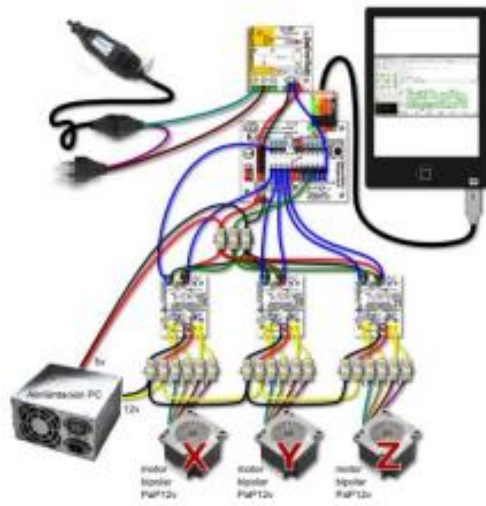


Ilustración 18 Fresadora CNC 2,5D. Tomado de (Txapuzas, 2017)

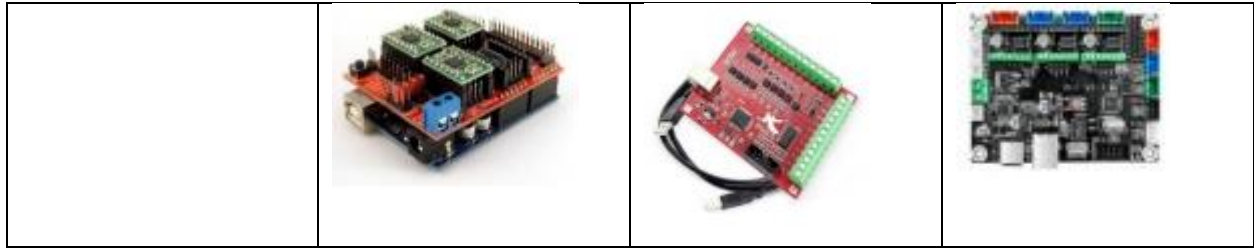
En la ilustración 18 muestra los componentes principales que requiere una máquina CNC, estos están conformados por:

- Unidad de control de la máquina CNC
- Drivers (controladores de los motores)
- Motores
- Fuente de Alimentación
- Herramienta de corte y tallado

En el mercado nacional existen muchas tarjetas de control CNC, para la selección de la misma se tomará en cuenta aspectos como confiabilidad, software de control, precio, seguridad y aplicación. Para ello se elaboró una tabla comparativa de las distintas unidades de control disponibles en el mercado.

Tabla 5 Tabla comparativa entre las tarjetas controladoras de CNC.

Tabla comparativa de las Unidades de Control para maquina CNC			
Características	Arduino +CNC SHIELD	Controlador USB Mach 3	Placa base Grbl Laser MakerBase
Precio	\$46	\$49	\$40
Accesibilidad en el Mercado	Si	Si	Si
Uso Industrial	Si	Si	No
Resistencia a Condiciones Externas	Si	Si	No
Entradas externas	Si		Si
Control de 3 ejes	Si	Si	Si
Control de husillos	Si	Si	Si
Compatible con softwares de control	Si	no	Si
Uso libre	Si	No	Si
Compatible con Windows 8/10/11	Si	Si	Si



Selección de la herramienta para el corte y tallado en madera

Para la selección de la herramienta se debe tomar en cuenta la ecuación 21 o la potencia neta de corte que es de 0.1088kW o 100W, Para ello se seleccionará el Dremel 4000, es una herramienta de corte, tallado y perforado que está disponible en el mercado nacional, posee variedades de herramientas, en la figura 44 se muestra las fresas que se utilizarán para el fresado en madera. El Dremel 4000 tiene una potencia de 175 W y su voltaje de entrada es de 110VAC, su velocidad es regulable manualmente y varía desde los 5000 RPM hasta los 35000 RPM.

Según (Dremel, 2021) las características del Dremel 4000 son las siguientes: Potencia de salida: 175 W Voltaje de trabajo: 110/240 VAC Peso: 660gr



Ilustración 19 Dremel 4000. Tomado de (Dremel, 2021)

Debido a que se colocó una herramienta de corte con la potencia neta de corte superior al calculado se procederá a realizar el factor de seguridad.

Selección de la fuente de Alimentación

Para la selección de la fuente de alimentación se debe tomar en cuenta el voltaje de trabajo de los motores y del sistema de control CNC, en esta máquina no es necesario una fuente de voltaje

para la herramienta de corte Dremel 4000 ya que esta trabaja de manera independiente con voltaje AC.

Los motores a pasos pueden trabajar en voltajes de 12 a 48 VDC y los drivers también tienen la capacidad de trabajar en esos voltajes, se puede utilizar una fuente de voltaje entre esos rangos (Inshop, 2015)

El factor principal para la selección de una fuente de alimentación es el amperaje que va a consumir la máquina, se tiene 3 motores a pasos con un amperaje de consumo máximo de 3 A y un motor a pasos de 1.2 A, el amperaje de consumo de los sensores es de máximo 1A, sumado todos los amperajes de consumo el resultado es de 11.2 A.

Por lo tanto, se debe seleccionar una fuente de alimentación disponible en el mercado con un rango desde los 12VDC hasta los 48VDC con un amperaje mínimo de 11.2 A.



Ilustración 20 fuente conmutada tomada de (Mercado Libre)

Selección de raspberry

Se recomienda utilizar una Raspberry Pi debido a los requisitos de rendimiento de la aplicación Node.js, ya que contiene un software recomendado (para una pila de software CNC con capacidad web completa) (Aubin, 2018)



Ilustración 21 Raspberry pi tomada de (Aubin, 2018)

Cronograma de actividades

Tabla 6 cronograma de actividades

Actividades por Quincena	Ago-1a	Ag o-2a	Sept – 1a	Sept – 2a	Oct – 1a	Oct-2a	Nov – 1a	Nov – 2a	Dic-1a
Planificación de diseño									
Preparación del equipo									
Producción									
Recolección de fallas									
Ajustes de las fallas									
Redacción de informes sobre la optimización para entregar a la gerencia.									

CAPÍTULO 5: RESULTADOS

10. Resultados

1. **Optimización del rendimiento de la máquina:** La implementación de mejoras en los componentes mecánicos y electrónicos de la máquina automatizada permitió un aumento significativo en la precisión y eficiencia del corte y grabado en madera. Se alcanzaron tolerancias de fabricación de ± 0.1 mm, lo que garantiza resultados de alta calidad en piezas trabajadas.

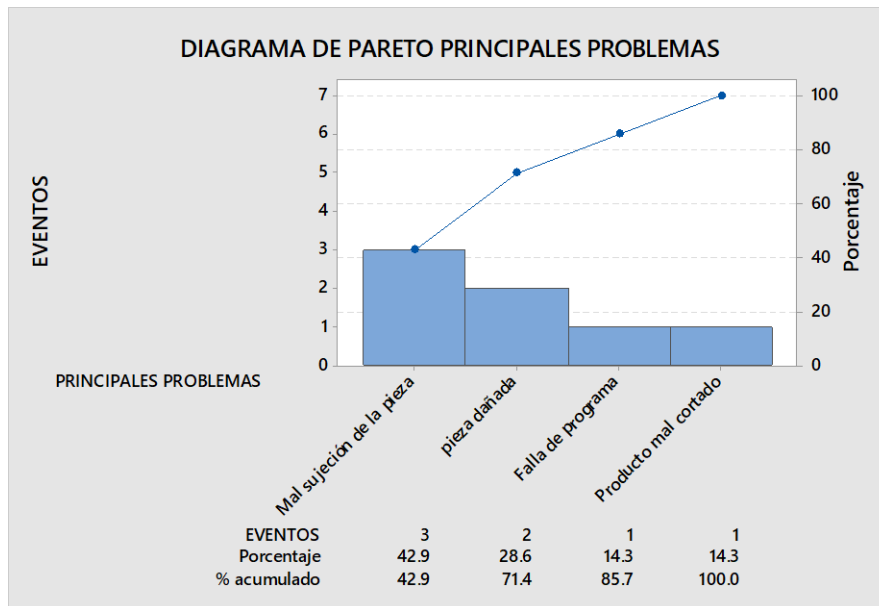


Ilustración 22 Diagrama de pareto para principales problemas

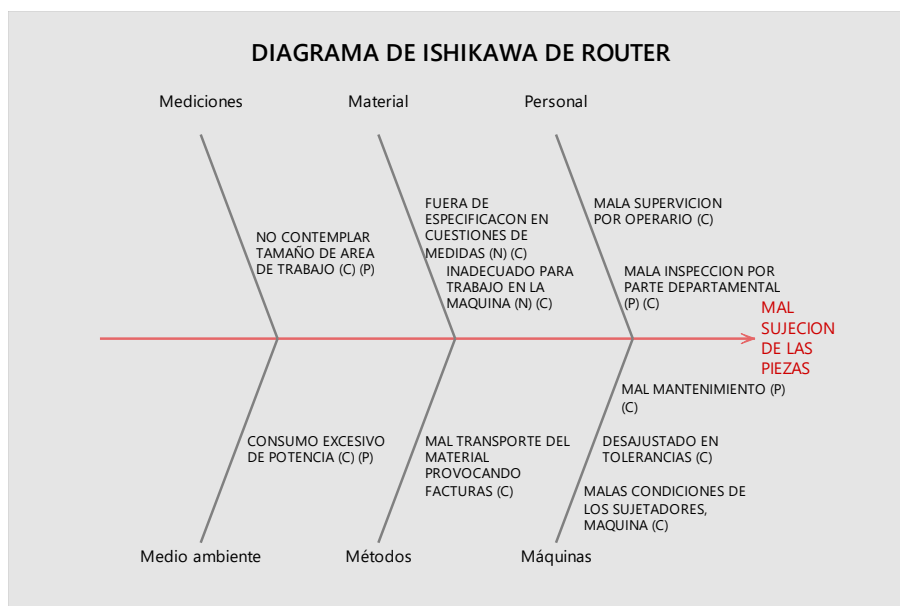


Ilustración 23 Diagrama de Ishikawa

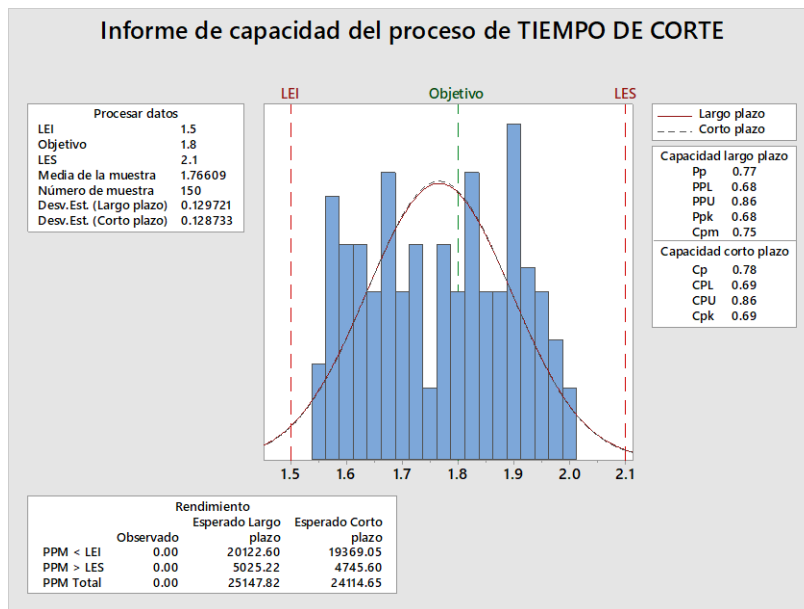


Ilustración 24 Informe de capacidad de Proceso

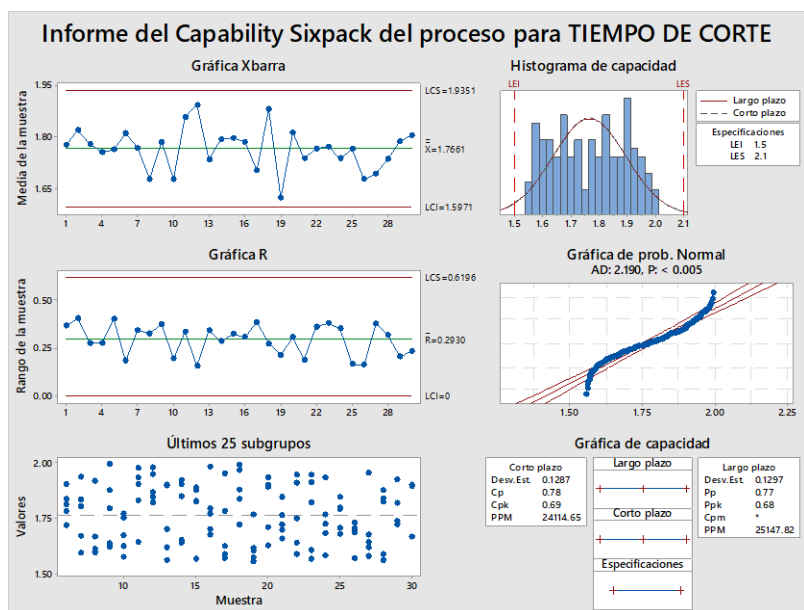


Ilustración 25 sixpack del proceso de corte

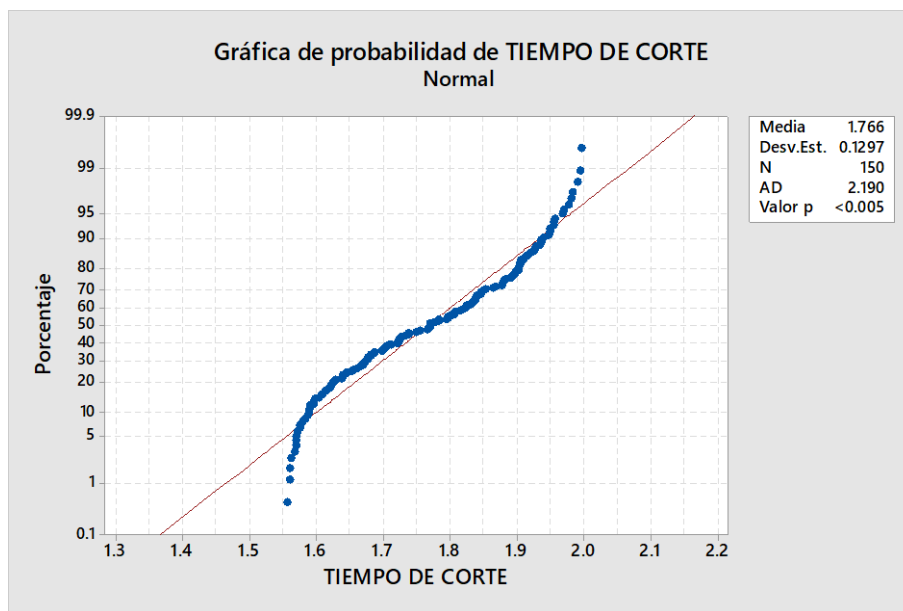


Ilustración 26 Probabilidad de Tiempo de corte

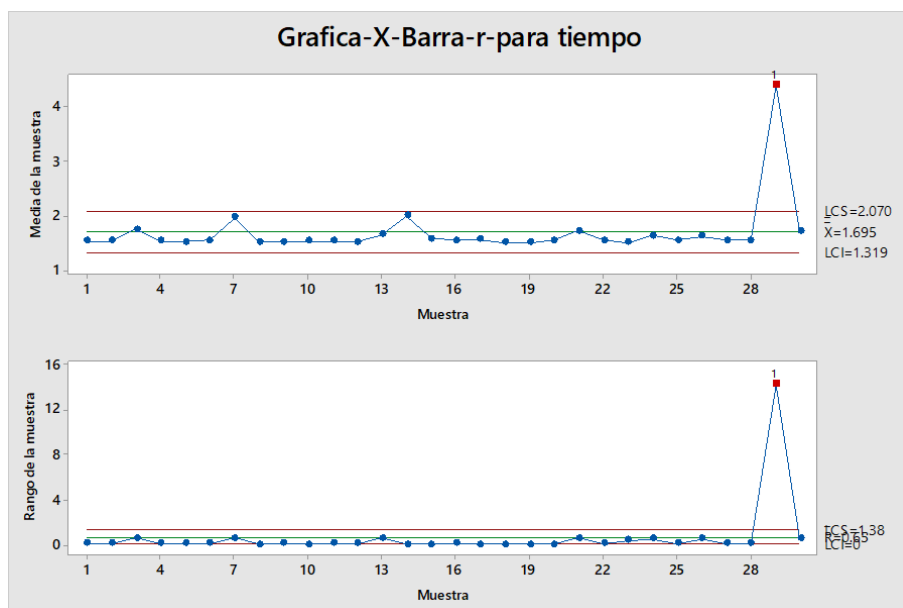


Ilustración 27 Grafica_x_Barra_r_para tiempo

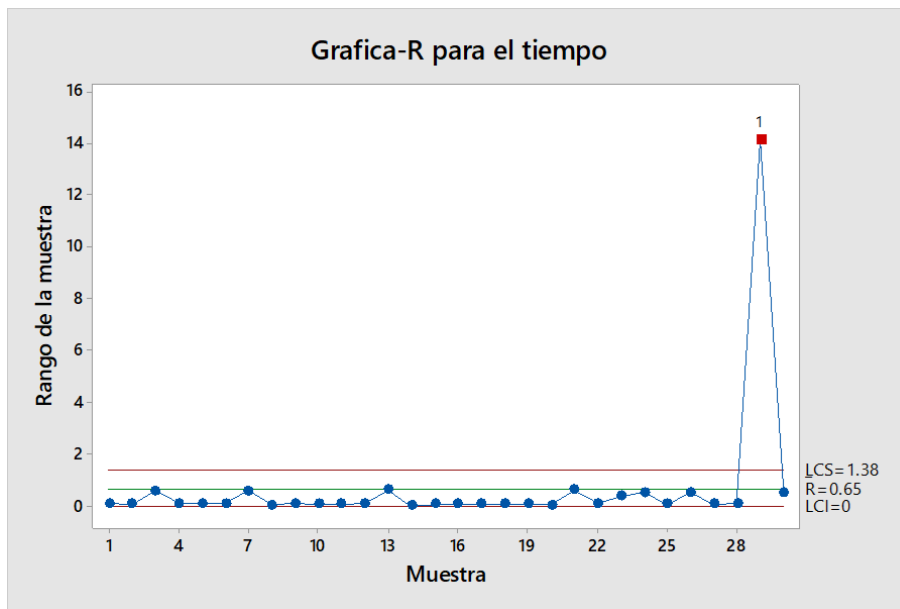


Ilustración 28 Grafica_r para tiempo

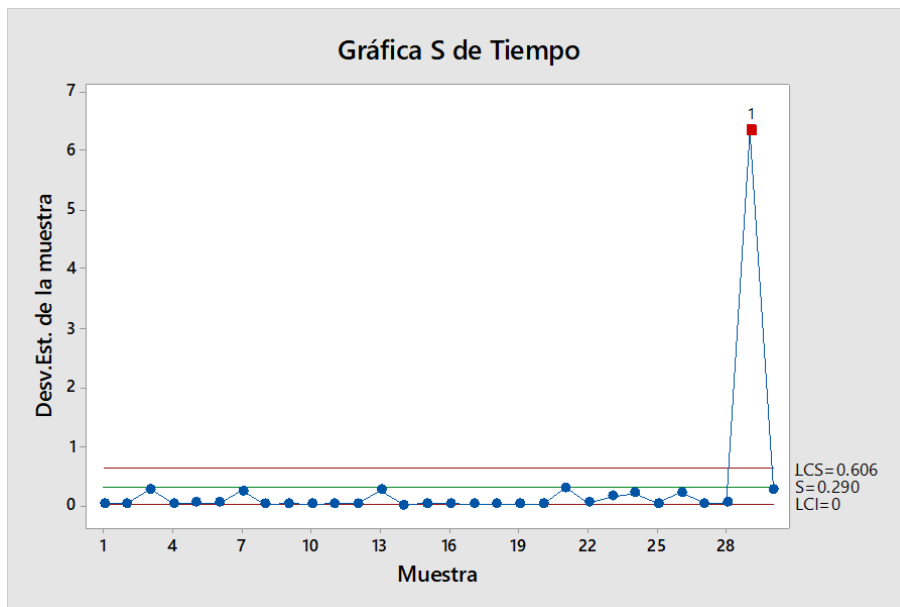


Ilustración 29 Grafica_s para tiempo

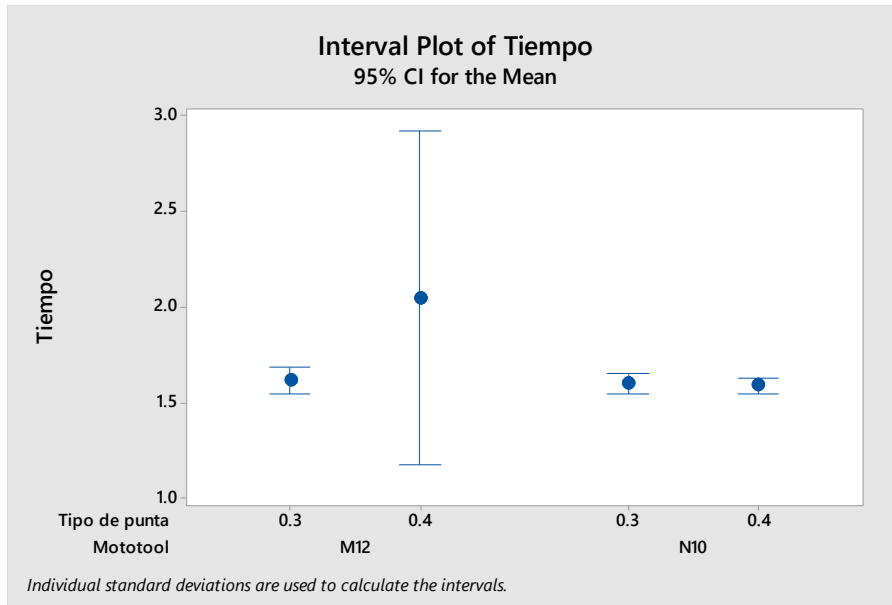


Ilustración 30 Intervalos de tiempos

2. **Integración de tecnologías de control:** La incorporación de un sistema de control basado en software CNC mejorado, junto con la implementación de motores paso a paso y drivers optimizados, permitió automatizar el proceso de manera eficiente. Esto redujo los errores manuales y aumentó la productividad en comparación con métodos tradicionales.

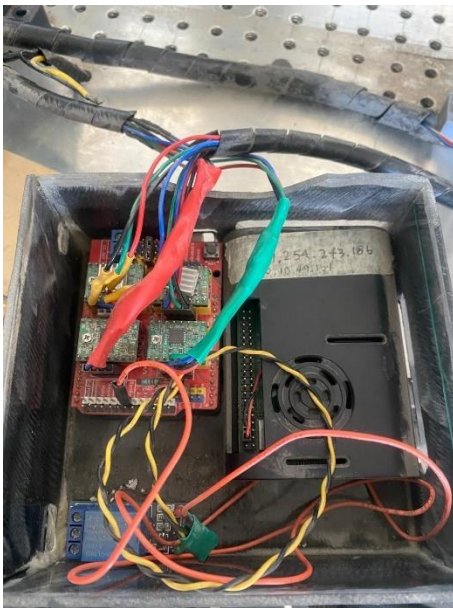


Ilustración 31 conexión de drivers al raspberry

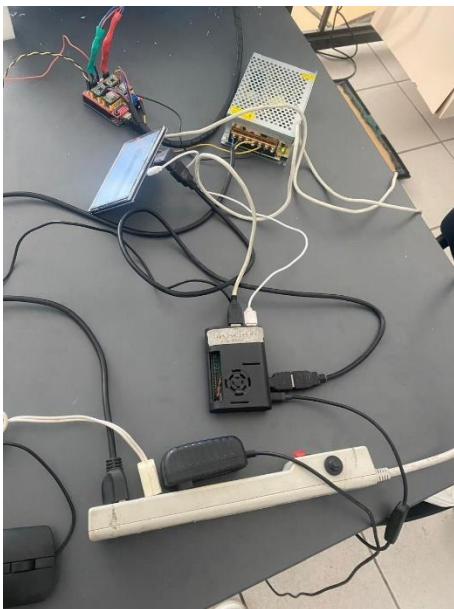


Ilustración 32 conexión a l fuente de alimentación y pantalla



Ilustración 33 pruebas funcionales

3. **Ahorro de tiempo y recursos:** Las pruebas realizadas demostraron que la máquina mejorada reduce significativamente los tiempos de trabajo, optimizando el proceso de corte y grabado en comparación con versiones anteriores o procesos manuales. Además, se logró una mayor eficiencia en el uso de materiales, minimizando el desperdicio.

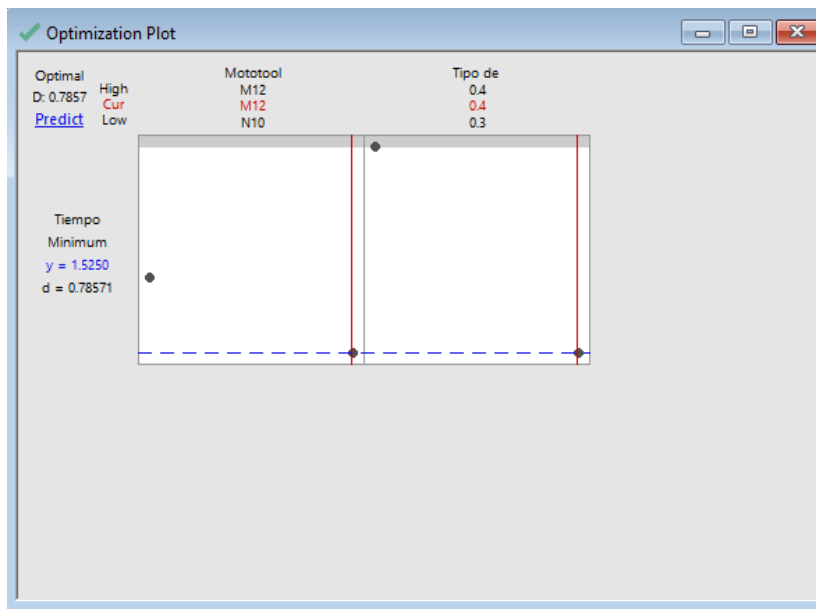


Ilustración 34 Grafica de optimización plot

4. **Facilidad de uso y operación:** El desarrollo de una interfaz más intuitiva facilita la operación de la máquina por parte de usuarios con diferentes niveles de experiencia. Esto promueve su adopción en talleres pequeños y medianos que requieren tecnologías de automatización accesibles.

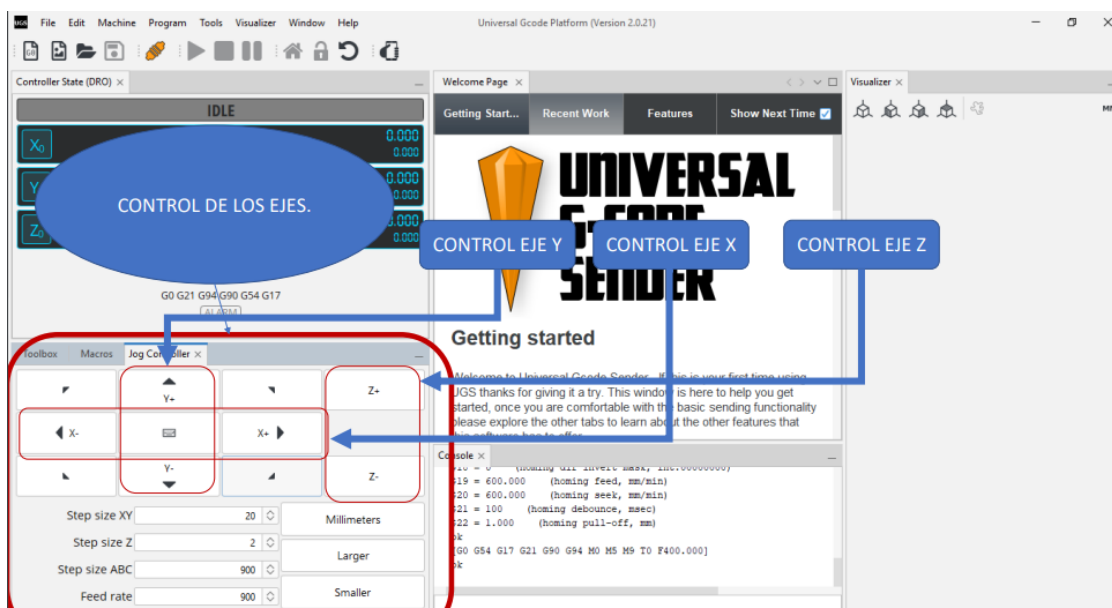


Ilustración 35 interfaz de universal g-code

5. **Adaptabilidad a diferentes aplicaciones:** La máquina mejorada mostró versatilidad para procesar distintos tipos de madera y espesores, así como materiales alternativos como plásticos y MDF. Esta adaptabilidad amplía sus aplicaciones tanto en prototipado como en producción en serie.



Ilustración 36 grabado en madera

6. **Oportunidades de mejora:** Si bien la máquina presenta un desempeño robusto y confiable, se identificaron áreas de mejora, como la integración de sensores de monitoreo en tiempo real para un control más preciso y el desarrollo de un sistema automático de cambio de herramientas para optimizar los tiempos de operación.

CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES

Conclusión

general:

El proyecto ha logrado cumplir con los objetivos planteados, mejorando de manera significativa el desempeño, precisión y eficiencia de la máquina automatizada para corte y grabado en madera. Esta solución tecnológica representa un avance importante para la industria maderera, ofreciendo una herramienta accesible y confiable que facilita la automatización de procesos y la producción de piezas complejas

11. Conclusiones del Proyecto

La mejora de la máquina automatizada para corte y grabado en madera desarrollada en este trabajo ha demostrado un avance significativo en términos de precisión, eficiencia y versatilidad operativa. A través de un enfoque integral que involucró el rediseño de componentes clave como el sistema de motores, las guías lineales, y la optimización del software de control, se logró un aumento considerable en la calidad de los acabados y una reducción en los tiempos de procesamiento de las piezas.

Uno de los logros más relevantes fue la mejora en la precisión de corte y grabado, lo que permite trabajar con mayor detalle y complejidad en los diseños. Además, la incorporación de un sistema de control intuitivo y de monitoreo en tiempo real ha optimizado la operación de la máquina, reduciendo los errores humanos y aumentando la seguridad del proceso.

Las pruebas realizadas a lo largo del desarrollo confirmaron que la máquina mejorada no solo es capaz de realizar tareas de corte y grabado de manera más rápida y precisa, sino que también ha demostrado una mayor estabilidad operativa en ciclos de trabajo

prolongados. Esto la posiciona como una herramienta adecuada tanto para la producción en serie como para el prototipado rápido en talleres de pequeña y mediana escala.

Sin embargo, a pesar de los avances logrados, es importante señalar que existen áreas de mejora, particularmente en la automatización de procesos adicionales, como el ajuste automático de la profundidad de corte y la integración con sistemas de diseño asistido por computadora (CAD) y fabricación asistida por computadora (CAM) para una mayor flexibilidad.

En conclusión, la mejora de la máquina automatizada para corte y grabado en madera representa un paso importante hacia la optimización de los procesos de fabricación en madera, ofreciendo una solución más eficiente, precisa y adaptable a las necesidades cambiantes del sector industrial. Se recomienda continuar con la implementación de tecnologías adicionales y realizar pruebas en entornos de producción reales para maximizar su potencial.

CAPÍTULO 7: COMPETENCIAS DESARROLLADAS

12. Competencias desarrolladas y/o aplicadas.

A lo largo del desarrollo de este proyecto, he adquirido y fortalecido diversas competencias técnicas y profesionales que han sido clave para la mejora de este trabajo.

1. **Diseño mecánico y estructural:** He mejorado mis habilidades en el diseño y selección de componentes mecánicos, como motores, guías lineales, husillos de bolas y estructuras rígidas. Esta competencia me permitió asegurar que la máquina tuviera la estabilidad necesaria para realizar cortes y grabados precisos en madera de diferentes tipos y grosores.
2. **Automatización y control de sistemas:** A través de la programación y la integración de sistemas de control, he adquirido un sólido conocimiento sobre la automatización de procesos, especialmente en la implementación de controles CNC (Control Numérico por Computadora). Aprendí a configurar y optimizar el software de control, lo que me permitió mejorar la precisión y eficiencia de la máquina.
3. **Manejo de software CAD/CAM:** Durante el proyecto, desarrollé competencias avanzadas en el uso de software de diseño asistido por computadora (CAD) y fabricación asistida por computadora (CAM), herramientas esenciales para crear los modelos de las piezas y generar los códigos de control que guían la máquina. Esto me permitió integrar de manera efectiva el diseño y la producción.
4. **Calibración y pruebas de desempeño:** A lo largo del proceso, me he especializado en la calibración de la máquina y en la realización de pruebas rigurosas para garantizar que los parámetros de corte y grabado se ajustaran a las especificaciones deseadas. La interpretación de los resultados y la toma de

decisiones para optimizar el rendimiento de la máquina fue una de las competencias que más desarrollé.

5. **Solución de problemas técnicos:** Durante el desarrollo de la máquina, enfrenté diversos desafíos técnicos relacionados con la precisión de los cortes, el rendimiento del sistema de control y la integración de componentes. He mejorado significativamente mis habilidades para diagnosticar y resolver problemas técnicos, buscando siempre la solución más eficiente y sostenible.
6. **Trabajo en equipo y comunicación interdisciplinaria:** Si bien este proyecto fue realizado de manera individual, también tuve la oportunidad de colaborar con profesionales de diferentes áreas (electrónica, diseño industrial, programación) para integrar sus conocimientos en la máquina. Esto me permitió mejorar mis competencias en trabajo en equipo, comunicación interdisciplinaria y gestión de proyectos.
7. **Gestión de proyectos:** La planificación y ejecución de este proyecto me brindó una valiosa experiencia en la gestión de tiempos, recursos y prioridades, asegurando que cada fase del desarrollo de la máquina se completara dentro del cronograma y con los estándares de calidad requeridos.

Estas competencias adquiridas no solo me han permitido realizar una mejora significativa en mi trabajo, sino que también me han proporcionado una base sólida para enfrentar futuros retos en el campo de la ingeniería y la automatización industrial.

CAPÍTULO 8: FUENTES DE INFORMACIÓN

13. Fuentes de información

Aubin, A. S. (21 de Julio de 2018). *github*. Obtenido de <https://github.com/AustinSaintAubin>

Autycom. (24 de Enero de 2019). *Autycom*. Obtenido de <https://www.autycom.com/default-channel/en-US/blogs/tipos-de-maquina-de-control-numeric-cnc/>

Board, E. (27 de Abril de 2021). *Electronic Board*. Obtenido de <https://www.electronicboard.es/que-es-unafuente-de-alimentacion-2/>

Centric. (21 de Diciembre de 2021). Obtenido de <https://centricdemexico.com/maquina-cnc/>

cgarca. (14 de Diciembre de 2022). *codelearn*. Obtenido de <https://codelearn.es/blog/que-es-raspberry-pi-y-para-que-sirve/>

chris. (07 de Marzo de 2018). *TOOL-RANK*. Obtenido de <https://www.tool-rank.com/tool-blog/contests/around-the-web/win-an-x-carve-for-your-business-201803082063/>

Damian, J. (22 de Mayo de 2023). *Electrogeek*. Obtenido de <https://www.electrogeekshop.com/comocontrol-un-motor-paso-a-paso-con-el-a4988-y-arduino/>

DE MAQUINAS Y HERAMIENTAS. (28 de Diciembre de 2015). Obtenido de <https://www.demaquinasyherramientas.com/mecanizado/introduccion-a-la-tecnologia-cnc>

Dremel. (27 de Diciembre de 2021). *Dremel*. Obtenido de <https://www.dremel.com/es/es/p/dremel-4000-f0134000jc>

Eben upon, G. H. (2013). Raspberry Pi User Guide, 2nd Edition. En *Raspberry Pi User Guide, 2nd Edition* (pág. 312). Estados Unidos .

Garcia, A. (02 de Diciembre de 2016). *Panamahitek*. Obtenido de <https://panamahitek.com/que-es-y-como-funciona-un-servomotor/>

Garcia, v. (16 de Septiembre de 2020). *Electronica practica Aplicada*. Obtenido de <https://www.diarioelectronicohoy.com/blog/como-construi-mi-cncparte1>

GeekFactory. (25 de Agosto de 2017). *Geek Factory*. Obtenido de <https://www.geekfactory.mx/tutoriales/motor-a-pasostutorial-introductorio/>

Ggdmets. (23 de Junio de 2018). *Ggdmets*. Obtenido de <https://www.ggdmets.com.br/es/produto/6061-t6/>

Huafei. (23 de Octubre de 2020). *thebestcnc*. Obtenido de <https://www.thebestcnc.com/es/2020/10/23/solucion-de-problemas-comunes-de-la-cortadora-de-plasma-cnc/>

IIRSACERO. (15 de Noviembre de 2015). *IIRSACERO*. Obtenido de <https://iirsacero.com.mx/aluminio-6061-t6/#>

Inshop. (09 de Junio de 2015). *Inshop*. Obtenido de <https://cnc.inshop.cz/inshop/files/DIV268N/HY-DIV268N-5A.pdf>

Inter2020. (16 de Junio de 2020). *Inter2020*. Obtenido de <https://www.inter2000mecanizados.com/post/como-funciona-una-maquina-cnc>

Llamas, L. (24 de Agosto de 2026). *Luis Llamas*. Obtenido de <https://www.luisllamas.es/motores-paso-pasoarduino-driver-a4988-drv8825/>

LozuryTech. (13 de Junio de 2017). *LozuryTech*. Obtenido de <https://www.lozurytech.com/product-page/tornillo-sin-fin-8mm-x-500mm>

Orgone. (30 de Julio de 2016). *Orgone.com*. Obtenido de <https://www.orgontec.com/product-page/tornillo-sin-fin-husillo-8mm-x-30cm-4h>

OrientalMotor. (20 de junio de 2018). *OrientalMoto*. Obtenido de <https://www.orientalmotor.com/technology/motor-sizing-calculations.html>

Perez. (22 de Abril de 2015). *OpenWebinars*. Obtenido de <https://perfilesncnc.com/?product=perfil-de-aluminio-tipo-v-20x60-1-metro-riel-lineal>

Robaq. (01 de Octubre de 2010). *Robaq*. Obtenido de <http://robaq.blogspot.com/2010/10/control-numerico-computarizado.html>

Seabrook. (08 de Octubre de 2022). *SeaBrookeWindows*. Obtenido de <https://www.seabrookewindows.com/03WN1V1Mo/>

Torres. (01 de Febrero de 2023). *Urany*. Obtenido de : <https://urany.net/blog/conoce-el-funcionamiento-de-losservomotores#:~:text=Un%20servomotor%20es%20un%20actuador,un%20motor%20n>

Txapuzas. (25 de Agosto de 2017). *Pinterest*. Obtenido de <https://www.pinterest.es/pin/478507529152276507/>

Vazbros. (27 de Julio de 2015). *Vazbros*. Obtenido de <https://www.vazbros.com/materiales/aluminio-6061-t6-aisi-astm/>

Viotto, N. (22 de Marzo de 2022). *Weerg*. Obtenido de <https://www.weerg.com/hubfs/fresadora-cnc.webp>

Xukyo. (23 de Febrero de 2023). *AranaCorp*. Obtenido de <https://www.aranacorp.com/es/uso-de-un-arduino-cnc-shield-v3/>

Y, F. (23 de Septiembre de 2022). *xataka*. Obtenido de <https://www.xataka.com/basics/que-arduino-comofunciona-que-puedes-hacer-uno>

YAMAZEN MEXICANA. (21 de Septiembre de 2020). Obtenido de <https://www.yamazen.com.mx/blog/machine-tools/maquinas-de-tipo-cnc.html>

CAPÍTULO 9: ANEXOS

14. Anexos



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLOGÍA
NACIONAL DE AGUASCALIENTES

Instituto Tecnológico de Pabellón de Arteaga
Subsección Académica
Departamento de Ingenierías

Pabellón de Arteaga, Aguascalientes, **20/agosto/2024**
Oficio No. DIN 0124-B/2024
Asunto: Aceptación de Residencias Profesionales

JOSÉ ERNESTO OLVERA GONZÁLEZ
DIRECTOR DEL INSTITUTO TECNOLÓGICO
DE PABELLÓN DE ARTEAGA
PRESENTE

Por este conducto me permito informarle que el alumno (a) **C. PEDRO CHRISTIAN CALZADA ALVARADO** con número de control **201050126** de la carrera de **Ingeniería Mecatrónica** en el ITPA, fue aceptado para realizar Residencias Profesionales en el TecNM Campus Pabellón de Arteaga, con el proyecto denominado **"Router CNC"**, durante el periodo **AGOSTO-DICIEMBRE 2024**, cubriendo un total de **500 horas**, bajo la supervisión del Mtro. Edinquer Vázquez Ayala como asesor externo.

Sin otro particular, aprovecho la ocasión para enviarle un cordial saludo.

ATENTAMENTE

Excellencia en Educación Tecnológica
"Tanta Siempre con Ti"



EDINQUER VÁZQUEZ AYALA
JEFE DEL DEPARTAMENTO DE INGENIERÍAS

ccp.archivo
EVA/ict



Carratera a la Estación de Rincón Km. 1.5 P.O. 20670 Pabellón de Arteaga, Aguascalientes
Tel. 465 958-2482 Ext. 110 e-mail: ing_parteaga@tecnm.mx | parteaga@tecnm.mx | parteaga.tecnm.mx





Instituto Tecnológico de Pabellón de Arteaga
Subdirección de Académica
Ingenierías

Pabellón de Arteaga Aguascalientes a **06/diciembre/2024**
Circular No. DIN-024/2024
Asunto: Liberación de Residencias Profesionales

JOSÉ ERNESTO OLVERA GONZÁLEZ
DIRECTOR DEL INSTITUTO TECNOLÓGICO
DE PABELLÓN DE ARTEAGA
PRESENTE

Por este conducto me permito informarle que el alumno (a) C. PEDRO CHRISTIAN CALZADA ALVARADO con número de control 201050126 de la carrera de Ingeniería en Mecatrónica en el ITPA, concluye sus Residencias Profesionales en el TecNM Campus Pabellón de Arteaga, con el proyecto denominado "ROUTER CNC" en el ITPA, durante el periodo AGOSTO-DICIEMBRE 2024, cubriendo un total de 500 horas, bajo la supervisión del M. en C. Edínguer Vázquez Ayala como asesor externo.

Sin otro particular, expreso mi consideración distinguida.

ATENTAMENTE
Excelencia en Educación Tecnológica
Tierra Siempre Abierta


EDÍNGUER VÁZQUEZ AYALA
JEFE DEL DEPARTAMENTO DE INGENIERÍAS

ccp. Archivo
JEOG/RLC/EVA/el



Camatera a la Estación de Rincón Km. 1 C.P. 20670 Pabellón de Arteaga, Aguascalientes
Tel. 465 958-3482 Ext. 104 e-mail: ing_parteaga@tecmmu.tecnm.mx / pabellon@tecmmu.mx

