



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE QUITO

CARRERA DE MECATRÓNICA

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE IMPRESORA CNC
PARA LA ELABORACIÓN DE PICTOGRAMAS A SER UTILIZADOS EN LA
ENSEÑANZA DE NIÑOS DE EGB ELEMENTAL**

Trabajo de titulación previo a la obtención del

Título de Ingeniero en Mecatrónica

AUTORES: CHRISTOPHER DANIEL MOLINA MONGE

JONATHAN STALIN QUILUMBA USHIÑA

TUTOR: LORENA ALEJANDRA FERNÁNDEZ YÁNEZ

Quito – Ecuador

2024

I. CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL PROYECTO DE TITULACIÓN

Nosotros, Christopher Daniel Molina Monge, con documento de identificación N°1725326712 y Jonathan Stalin Quilumba Ushiña, con documento de identificación N°1752484939 manifestamos que:

Somos autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar parcial o de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

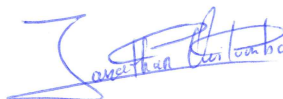
Quito, 16 de septiembre del 2024

Atentamente,



Christopher Daniel Molina Monge

1725326712



Jonathan Stalin Quilumba Ushiña

1752484939

II. CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

Nosotros, Christopher Daniel Molina Monge, con documento de identificación N°1725326712 y Jonathan Stalin Quilumba Ushiña, con documento de identificación N°1752484939, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Dispositivo Tecnológico: “Diseño e implementación de un prototipo de impresora CNC para la elaboración de pictogramas a ser utilizados en la enseñanza de niños de EGB elemental”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero en Mecatrónica, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos el presente documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

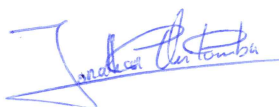
Quito, 16 de septiembre del 2024

Atentamente,



Christopher Daniel Molina Monge

1725326712



Jonathan Stalin Quilumba Ushiña

1752484939

III. CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Lorena Alejandra Fernández Yánez con documento de identificación N° 1717366098, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE IMPRESORA CNC PARA LA ELABORACIÓN DE PICTOGRAMAS A SER UTILIZADOS EN LA ENSEÑANZA DE NIÑOS DE EGB ELEMENTAL”, realizado por Christopher Daniel Molina Monge con documento de identificación N° 1725326712 y por Jonathan Stalin Quilumba Ushiña con documento de identificación N° 1752484939, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción de Dispositivo Tecnológico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 16 de septiembre del 2024

Atentamente,



Ing. Lorena Alejandra Fernández Yanez MSC.

1717366098

IV. AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas que desempeñaron un papel fundamental en la realización de mi proyecto de titulación. En primer lugar, a mis padres por su apoyo incondicional, al tutor de proyecto de titulación cuya orientación experta y apoyo constante fueron vitales para llevar a cabo este proyecto. Agradezco profundamente a mi familia y amigos por su inquebrantable respaldo emocional y su comprensión durante los momentos desafiantes. No puedo dejar de mencionar a todos los profesores que compartieron sus conocimientos y valiosos consejos, por último, agradecer a la Universidad Politécnica Salesiana por el apoyo y por proveer de los instrumentos necesarios para la culminación de mi carrera.

Christopher Daniel Molina Monge

Agradezco primeramente a Dios por darme la vida, salud y fortaleza, para poder culminar mis estudios universitarios, a mis padres por el apoyo incondicional en todo momento, por enseñarme a no rendirme y esforzarme en conseguir lo que me propongo en mi vida. Agradezco a todos los docentes que me apoyaron y supieron guiar en el camino correcto del conocimiento. Por último, pero no menos importante agradezco a la Universidad Politécnica Salesiana por guiarme de la mejor forma en el transcurso de mi preparación académica, por proveer las herramientas y recursos necesarios para lograr mi objetivo.

Jonathan Stalin Quilumba Ushiña

V. DEDICATORIA

A mi familia, por su amor incondicional, su apoyo constante y su fe en mí. A mis amigos, por su aliento, sus risas y su compañía durante los momentos de estudio incansable. A mi director de proyecto de titulación, Ing. Alejandra Fernández, por su orientación experta y su paciencia inquebrantable. Dedico este trabajo a todas las personas que me han inspirado a perseguir el conocimiento y a esforzarme por alcanzar mis metas. Que este proyecto de titulación sea un tributo a su confianza en mí y una expresión de mi profundo agradecimiento por formar parte de mi viaje académico.

Christopher Daniel Molina Monge

A mis padres, Jaime Quilumba y Clara Ushiña, quienes han sido el motivo de mi esfuerzo, por ser un apoyo incondicional en todo momento y ser mi inspiración para seguir adelante. Sin su amor, comprensión, sacrificio y esfuerzo incansable, no hubiera sido posible alcanzar esta gran meta de mi vida. A mis hermanos, quienes en los momentos más difíciles han estado apoyándome y brindándome de su cariño. A mis docentes, quienes me han guiado en cada etapa de mi formación universitaria, por haberme brindado conocimientos muy valiosos los cuales me ayudaran en mi vida laboral. A la Ing. Alejandra Fernández, quien decidió apoyarnos y guiarnos con sus conocimientos en este proyecto, para poder alcanzar los objetivos planteados.

Jonathan Stalin Quilumba Ushiña

CONTENIDO

<i>I. CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL PROYECTO DE TITULACIÓN.....</i>	<i>II</i>
<i>II. CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA.....</i>	<i>III</i>
<i>III. CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.....</i>	<i>IV</i>
<i>IV. AGRADECIMIENTO.....</i>	<i>V</i>
<i>V. DEDICATORIA.....</i>	<i>VI</i>
<i>CONTENIDO.....</i>	<i>VII</i>
<i>ÍNDICE DE FIGURAS.....</i>	<i>XI</i>
<i>ÍNDICE DE TABLAS.....</i>	<i>XIII</i>
<i>RESUMEN.....</i>	<i>XIV</i>
<i>ABSTRACT.....</i>	<i>XV</i>
<i>INTRODUCCIÓN.....</i>	<i>XVI</i>
<i>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....</i>	<i>XVII</i>
<i>JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO DE TITULACIÓN.....</i>	<i>XVIII</i>
<i>OBJETIVOS.....</i>	<i>XIX</i>
<i>CAPÍTULO I.....</i>	<i>1</i>
<i>MARCO TEÓRICO.....</i>	<i>1</i>
1.1. Tipos de impresión	1
1.1.1. Impresión digital.....	1
1.1.2. Impresión por proyección de tinta	1
1.1.3. Impresión láser	2
1.2. Tipos de impresora.....	3
1.2.1. Impresora térmica.....	3
1.2.2. Impresoras 3D	4
1.3. Motores.....	4
1.3.1. Motores paso	4
1.3.2. Motor con imán permanente.....	5

1.3.3.	Motor a pasos 5V	6
1.3.4.	Motores NEMA.....	6
1.3.5.	Servomotores.....	7
1.4.	Componentes.....	8
1.4.1.	Tarjeta Arduino	8
1.4.2.	Ruedas Generales (Tipo Vehículo).....	9
1.4.3.	Cables de conexión.....	10
1.4.4.	Módulo de control A4988	10
1.4.5.	Control de motor paso	11
1.4.6.	Módulo Esp8266 12E.....	12
1.4.7.	CNC Shield V3.....	13
1.4.8.	Pantalla Glcd 12864 Para Shield Ramps Arduino Mega Cnc 3d.....	14
1.5.	Introducción a los pictogramas.....	14
1.5.1.	Tipos de pictogramas.....	15
<i>CAPITULO II</i>		16
<i>ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS</i>		16
2.1.	Selección del sistema de impresión	16
2.2.	Selección de controlador	18
2.3.	Selección módulo de control CNC	20
2.4.	Selección de motores	22
2.5.	Selección de driver controlador para motores	24
2.6.	Selección de ruedas.....	26
2.7.	Selección módulo de comunicación inalámbrica.....	28
<i>CAPITULO III</i>		30
<i>DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN</i>		30
3.1.	Diseño de la impresora móvil	30
3.2.	Diseño de la estructura del prototipo	31
3.2.1.	Análisis de esfuerzos en los engranes.....	32
3.2.2.	Análisis de torsión en los ejes	36
3.2.3.	Diseño de fijación de los motores en la estructura	37
3.2.4.	Diseño electrónico del prototipo.....	37
3.2.5.	Diagrama de flujo del proceso.....	40

3.2.6.	Implementación del prototipo.....	42
3.2.7.	Ensamble mecánico.....	43
3.2.8.	Ensamble electrónico	46
3.2.9.	Aplicación móvil	47
<i>CAPÍTULO IV</i>		48
<i>ANÁLISIS Y RESULTADOS.....</i>		48
4.1.	Verificación de movimiento.....	48
4.2.	Conexión wifi por Esp8266.....	49
4.3.	Costos.....	50
4.3.1.	Elementos mecánicos	50
4.3.2.	Elementos eléctricos.....	51
4.4.	Fabricación por empleado.....	51
4.5.	Total de costos del prototipo	52
4.6.	Análisis VAN – TIR	52
<i>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</i>		54
<i>CONCLUSIONES.....</i>		54
<i>RECOMENDACIONES.....</i>		55
<i>BIBLIOGRAFÍA.....</i>		56
<i>ANEXOS.....</i>		60
ANEXO 1		60
Caja del engrane.....		60
ANEXO 2		61
Carcasa.....		61
ANEXO 3		62
Engrane Motor		62
ANEXO 4		63
Engrane Eje		63
ANEXO 5		64

Tapa caja engrane	64
ANEXO 6	65
Tapa carcasa	65

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Impresión digital [4]	1
Figura 2. Impresora de tinta continúa [6]	2
Figura 3. Funcionamiento de una impresión a laser [4]	3
Figura 4. Impresora térmica [7]	3
Figura 5. Impresora 3D [7]	4
Figura 6. Motor de imán permanente [8]	5
Figura 7. Motor híbrido [8]	6
Figura 8. Motor nema [10]	7
Figura 9. Servomotor [9]	8
Figura 10. Arduino [11]	9
Figura 11. Llantas de plástico tipo vehículo [12]	10
Figura 12. Cable hembra a macho [13]	10
Figura 13. Módulo A4988 [14]	11
Figura 14. Módulo Esp8266 12E [15]	13
Figura 15. CNC shield V3 [16]	13
Figura 16. Pantalla Glcd 12864 [17]	14
Figura 17. Medidas de una hoja A4 [20]	30
Figura 18. Medidas del ancho y largo de la base del prototipo	31
Figura 19. Propiedades mecánicas acero 304 [22]	32
Figura 20. Propiedades mecánicas PET	33
Figura 21. Análisis de tensiones torque de giro	34
Figura 22. Punto crítico del engrane	34
Figura 23. Análisis de tensiones torque de arranque	35
Figura 24. Punto crítico de esfuerzo del diente	35
Figura 25. Esfuerzo de torsión arranque	36
Figura 26. Esfuerzo de torsión giro	36
Figura 27. Diseño de bases de los motores	37
Figura 28. Diseño del circuito eléctrico	39
Figura 29. Diagrama de flujo	41
Figura 30. Materiales necesarios para la construcción del prototipo	42
Figura 31. Ensamble del sistema de movimiento	44
Figura 32. Mecanismo de impresión	44

Figura 33. <i>Ensamble de la shield</i>	45
Figura 34. <i>Instalación mecánica de los componentes electrónicos</i>	45
Figura 35. <i>Detalle de conexión de pines</i>	46
Figura 36. <i>Conexión de la pantalla</i>	46
Figura 37. <i>Interfaz de la aplicación móvil</i>	47
Figura 38. <i>Prueba de movimientos en ejes X, Y, Z</i>	48
Figura 39. <i>Motor eje Z</i>	49
Figura 40. <i>Cilindro de inyección de tinta</i>	49
Figura 41. <i>Conexión por Esp8266</i>	50

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Alternativas para selección de impresión.....</i>	<i>16</i>
Tabla 2. <i>Calificación de alternativas de impresión.....</i>	<i>17</i>
Tabla 3. <i>Tipos de controladores</i>	<i>18</i>
Tabla 4. <i>Calificación de alternativas de controlador.....</i>	<i>20</i>
Tabla 5. <i>Tipos de módulos CNC.....</i>	<i>20</i>
Tabla 6. <i>Calificación de módulo de control CNC.....</i>	<i>21</i>
Tabla 7. <i>Alternativas para selección de motores.....</i>	<i>22</i>
Tabla 8. <i>Calificación de motores</i>	<i>23</i>
Tabla 9. <i>Tipos de driver controladores de motores.....</i>	<i>24</i>
Tabla 10. <i>Calificación driver controlador de motores</i>	<i>26</i>
Tabla 11. <i>Tipo de ruedas a seleccionar.....</i>	<i>26</i>
Tabla 12. <i>Calificación de tipo de rueda.....</i>	<i>27</i>
Tabla 13.. <i>Tipos de comunicación inalámbrica.....</i>	<i>28</i>
Tabla 14. <i>Calificación modulo bluetooth.....</i>	<i>29</i>
Tabla 15. <i>Medidas de la base del prototipo.....</i>	<i>30</i>
Tabla 16. <i>Características del PLA [21].....</i>	<i>31</i>
Tabla 17. <i>Características de un motor pasos 5V [23].....</i>	<i>33</i>
Tabla 18. <i>Componentes eléctricos</i>	<i>37</i>
Tabla 19. <i>Conexión de la pantalla EXP1 Mega Pin.....</i>	<i>39</i>
Tabla 20. <i>Conexión de la pantalla EXP2.....</i>	<i>40</i>
Tabla 21. <i>Descripción de los materiales.....</i>	<i>43</i>
Tabla 22. <i>Costos para la construcción mecánica.....</i>	<i>50</i>
Tabla 23. <i>Costos para la construcción eléctrica</i>	<i>51</i>
Tabla 24. <i>Costos mano de obra</i>	<i>51</i>
Tabla 25. <i>Total de Costos</i>	<i>52</i>
Tabla 26. <i>Cálculo de precio de venta</i>	<i>52</i>
Tabla 27. <i>Valor de ingresos y egresos</i>	<i>52</i>
Tabla 28. <i>Flujo de caja para 5 años</i>	<i>53</i>
Tabla 29. <i>Análisis VAN y TIR</i>	<i>53</i>

RESUMEN

En el presente trabajo de titulación, se dedica al diseño e implementación de un dispositivo de impresora CNC (Control Numérico por Computadora), con el objetivo principal de beneficiar y respaldar a las instituciones que ofrecen educación general básica. El proceso de diseño se llevó a cabo utilizando SolidWorks, lo que resultó en la creación de una estructura robusta capaz de alojar la limitada cantidad de componentes involucrados. Además, incorporara un sistema diseñado para asegurar las ruedas de la impresora, facilitando un movimiento sin problemas a lo largo de toda la superficie del papel para la reproducción precisa de las figuras deseadas. Adicionalmente, el dispositivo estará equipado con un módulo de comunicación Bluetooth, lo que le permitirá recibir imágenes, específicamente pictogramas, desde un dispositivo móvil. Esta funcionalidad empodera a los educadores, permitiéndoles imprimir lo que necesitan para sus materiales de enseñanza. Como resultado, esta mejora tecnológica contribuye a un entorno de aula más interactivo y participativo.

Palabras clave: CNC, comunicación, educación, diseño, pictogramas.

ABSTRACT

In the present graduate thesis, we undertake the design and implementation of a Computer Numerical Control (CNC) printer device. The primary objective of this endeavor is to provide support and assistance to institutions offering general basic education. The design process was conducted utilizing SolidWorks, resulting in the creation of a robust structure capable of accommodating the limited number of components involved. Furthermore, the design incorporates a system designed to secure the printer's wheels, facilitating seamless movement across the entire surface of the paper for the precise reproduction of desired figures. Additionally, the device will be equipped with a Bluetooth communication module, enabling it to receive images, specifically pictograms, from a mobile device. This functionality serves to empower educators, allowing them to print precisely what is required for their teaching materials. Consequently, this technological enhancement contributes to a more interactive and engaging classroom environment.

Keywords: CNC, communication, education, design, pictograms.

INTRODUCCIÓN

En la era digital en la que se vive, la educación se ha visto transformada por las tecnologías de la información y la comunicación. La necesidad de adaptar métodos pedagógicos tradicionales para hacer frente a los desafíos de la educación contemporánea ha llevado a la búsqueda de soluciones innovadoras que fomenten el aprendizaje efectivo y la inclusión de todos los estudiantes. En este contexto, los pictogramas han surgido como una herramienta valiosa para la enseñanza de niños en el nivel de Educación General Básica (EGB) elemental, ya que ayudan a visualizar conceptos y facilitan la comprensión de contenidos, especialmente para aquellos con dificultades de comunicación o aprendizaje.

El presente trabajo de titulación se enfoca en un aspecto crucial de la pedagogía moderna: la creación de un prototipo de impresora CNC (Control Numérico por Computadora) diseñada específicamente para la elaboración de pictogramas. Este dispositivo representa un avance significativo en la producción de recursos didácticos personalizados y adaptables a las necesidades individuales de los estudiantes en el nivel de EGB elemental. La impresión CNC de pictogramas no solo simplifica el proceso de creación, sino que también permite una mayor flexibilidad en la generación de contenido visual, lo que a su vez promueve una educación más inclusiva y efectiva.

Este proyecto de investigación y desarrollo aborda una serie de desafíos técnicos y pedagógicos, desde el diseño y construcción de la impresora CNC hasta la adaptación de software y la evaluación de su utilidad en un entorno educativo real. A través de un enfoque multidisciplinario que combina la ingeniería, la pedagogía y la tecnología de la información, busca proporcionar a educadores y estudiantes una herramienta innovadora que mejore la calidad de la enseñanza y el aprendizaje en el nivel de EGB elemental.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El uso y aplicación de pictogramas en la educación general básica es una de las formas de enseñanza en los niños y en educación especial, los pictogramas se caracterizan por ser universales, son independientes de idiomas y culturas. Observando la necesidad de una comunicación más comprensible entre maestros y niños dentro de la educación ecuatoriana, se nota la necesidad de sistemas de comunicación aumentativos y alternativos ya que una deficiente relación entre docente y estudiante da como resultado conocimientos incompletos en los escolares, gracias a esto el sistema educativo se ve obligado a incorporar métodos más modernos y variados para obtener una eficiente comunicación entre ellos [1].

Dado que las primeras etapas de la formación académica son muy importantes para el desarrollo del lenguaje en la vida escolar, la creatividad y el interés por hablar, rara vez se utilizan estrategias para mejorar el proceso de lectura, por lo tanto, es necesario implementar más recursos tecnológicos que estén al alcance de maestros y padres de familia los cuales tengan un costo accesible, forjando una educación inicial más completa y eficaz [1].

JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO DE TITULACIÓN

En Ecuador, como parte de la dotación de equipamiento tecnológico, se siguen entregando computadoras, proyectores, pizarras digitales y sistemas de audio, tanto a instituciones de Educación General Básica como de Bachillerato, pero el número de equipos entregados es insuficiente para solventar las necesidades de las instituciones, los docentes no pueden comunicarse de manera óptima con sus alumnos que tienen dificultades de aprendizaje en lectura, como resultado se tiene una educación limitada [2].

De tener acceso el docente a tecnología móvil que realice impresiones de pictogramas al instante podrá ayudar al estudiante a comprender el tema de estudio de una manera más simple y optimizará el tiempo que se destine en la enseñanza de dicho tema.

Por estas razones se plantea la realización de un prototipo de impresora móvil para pictogramas basado en control numérico computarizado y controlada por una aplicación móvil, lo que permitirá agilizar la comprensión entre docente y estudiante mediante el uso de pictogramas realizados al instante. Además, con el diseño del prototipo se pretende aumentar el equipamiento tecnológico que los docentes tengan a su disposición en el momento de impartir sus conocimientos.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Diseñar e implementar un prototipo de impresora móvil para pictogramas usados en el aprendizaje de niños de Educación General Básica.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Analizar los diferentes tipos de impresión y seleccionar las variables del proceso más apropiadas para el funcionamiento del dispositivo.
- Desarrollar los elementos mecatrónicos del prototipo mediante cálculos y/o simulación para la correcta impresión de pictogramas.
- Establecer un protocolo de pruebas para validar el correcto funcionamiento del prototipo.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

En este capítulo se recopila información sobre los tipos de impresión que existen, que son mejor acoplados al proyecto de impresora CNC. Además, se indagan los componentes necesarios para su realización, teniendo en cuenta la aplicación de los pictogramas en el ámbito educativo.

1.1. Tipos de impresión

1.1.1. Impresión digital

Es una impresión directa a partir de un archivo digital sobre todo tipo de materiales como papel, vinilos, telas, etc. Este método de impresión ganó popularidad en el transcurso de los años, especialmente en el campo gráfico. Ofrece una gran flexibilidad de producción porque no requiere una plancha matricial para imprimir ningún elemento. Además, no implica tiempos de secado ni enfriamiento del material. La ventaja es también la elección de los materiales y formatos que ofrecen (diferentes colores, texturas, tamaños, etc.). Esto permite mucha libertad a la hora de crear materiales de comunicación, promocionales y de punto de venta (POS) [3].

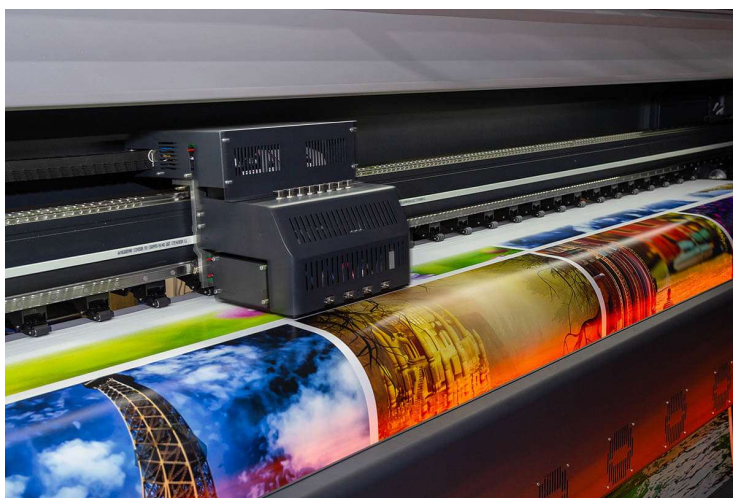


Figura 1. Impresión digital [4]

1.1.2. Impresión por proyección de tinta

Es un método utilizado por los impresores para imprimir imágenes y texto en diferentes tipos de materiales como el papel. Este es muy popular y se utiliza en entornos domésticos y profesionales. En una impresora de inyección de tinta, la impresora no toca el papel. En cambio, se rocía tinta sobre el cabezal a través de pequeñas boquillas. El cabezal de impresión se mueve

de un lado a otro sobre el papel, mientras que el segundo motor mueve el papel verticalmente [4], imprime una tira de papel y luego la siguiente tira.

Las impresoras de inyección de tinta tienen diferentes tecnologías de cartuchos de tinta. Algunos utilizan una "cascada de burbujas" o un método térmico en el que la tinta se calienta para formar burbujas que hacen que gotas de tinta caigan a través de las boquillas. Otros utilizan un método piezoeléctrico en el que se utiliza la presión de cristales piezoeléctricos para separar las gotas de tinta [5].



Figura 2. Impresora de tinta continúa [6]

1.1.3. Impresión laser

Es un método utilizado para imprimir imágenes y texto en diferentes tipos de materiales como el papel. Este tipo de impresión utiliza un láser para crear una imagen electrostática en un tambor fotosensible, el láser refleja un rayo de luz sobre el tambor, que carga positivamente ciertas áreas y deja otras sin carga, luego, el tambor se recubre con tóner, que es un polvo fino cargado eléctricamente, el tóner se adhiere a las áreas cargadas positivamente del tambor y forma una imagen imprimible, el tambor transfiere el tóner al papel mediante presión y calor [3].

Finalmente, el papel pasa a través de un dispositivo de fusión que utiliza calor y presión para derretir el tóner para adherirlo permanentemente al papel, produciendo una impresión de alta calidad con colores nítidos y detalles precisos [5].

Ofrece varias ventajas, como una alta velocidad de impresión, una calidad de impresión profesional y una mayor durabilidad de las impresiones. Además, las impresoras láser son ideales para imprimir documentos de gran tamaño debido a su velocidad y eficiencia [5].

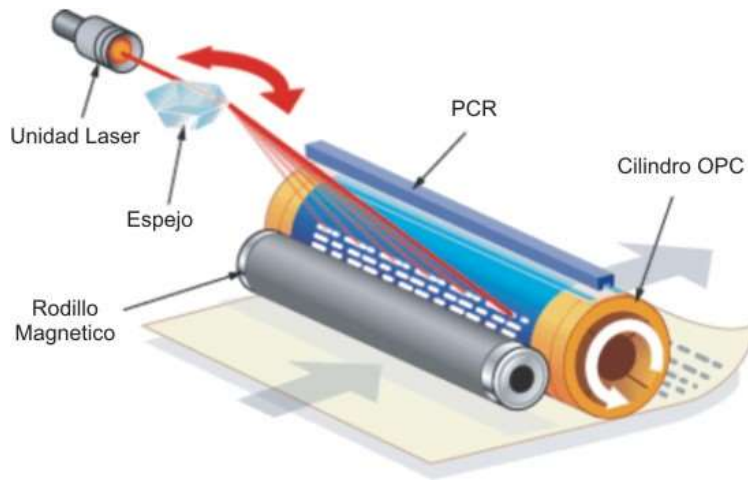


Figura 3. Funcionamiento de una impresión a laser [4]

1.2. Tipos de impresora

Existen varios tipos de impresoras actualmente en el mercado, muchas de esas son utilizadas en la vida diaria como en el ámbito profesional y educativo, algunas de ellas se investigaron en el punto ya que utilizan el tipo de impresión antes dicho, como son: la impresora a laser, de tinta continua y otras.

1.2.1. Impresora térmica

Equipo que utiliza el calor como medio de impresión sobre un papel especial sensible al calor llamado papel térmico. En lugar de tinta o pintura, las impresoras térmicas utilizan un cabezal térmico que dirige selectivamente el calor al papel, provocando una reacción química en el papel, creando una imagen o texto. Son muy utilizadas en comercios minoristas, restaurantes y supermercados debido a su velocidad de impresión, bajos costos de reproducción, la capacidad de imprimir en papel térmico sin accesorios adicionales [6].



Figura 4. Impresora térmica [7]

1.2.2. Impresoras 3D

Se trata de un dispositivo que puede imprimir objetos tridimensionales a partir de un diseño digital. Utiliza tecnología de fabricación aditiva donde se agrega material capa por capa para construir el objeto deseado; capaces de transformar ideas y conceptos en objetos tangibles, estas impresoras se utilizan una diversidad de campos incluidos la medicina, la arquitectura y la fabricación. Si desea imprimir un objeto en 3D, debe proporcionar a la impresora un archivo de dibujo CAD (Diseño asistido por computadora). Las impresoras 3D están cada vez más disponibles para uso doméstico y ofrecen la posibilidad de imprimir objetos individuales en casa [7].



Figura 5. Impresora 3D [7]

1.3. Motores

1.3.1. Motores paso

Son equipos electromecánicos que transforman impulsos eléctricos en movimientos angulares específicos y discretos. Se utilizan en diversos campos, como robots, impresoras 3D, máquinas CNC y sistemas de automatización.

Hay varios tipos con características y aplicaciones particulares. Analizado los tipos más habituales incluyen:

1.3.2. Motor con imán permanente

Es un motor eléctrico en el que se utilizan imanes permanentes en lugar de bobinas magnéticas para crear el campo magnético necesario para que el motor funcione. Estos imanes se fabrican con materiales magnéticos tal cual son el neodimio, samario, cobalto o ferrita [8].

Los motores de imanes permanentes tienen varias ventajas sobre otros motores. Algunos de estos beneficios incluyen:

- Alta eficiencia: esto se debe a que no hay pérdidas de energía en los devanados del campo magnético, ya que el campo se genera directamente a través de los imanes permanentes [8].
- Mayor densidad de potencia: debido a su alta eficiencia, los motores de imanes permanentes pueden ofrecer una mayor densidad de potencia en comparación con otros tipos de motores. Esto significa que pueden ofrecer más potencia en un tamaño más pequeño [8].
- Mayor velocidad y aceleración: los motores de imanes permanentes son capaces de funcionar a velocidades más altas y tienen mejores características de aceleración en comparación con otros tipos de motores. Por lo tanto, son adecuados para aplicaciones que requieren cambios de marcha rápidos o altas velocidades de rotación [8].
- Menos mantenimiento: Debido a la ausencia de bobinas de campo magnético, los motores de imanes permanentes requieren menos mantenimiento en comparación con otro tipo de motores. No es necesario reemplazar ni reparar bobinas, lo que reduce los costos y el tiempo de inactividad [8].
- Los motores de imanes permanentes son altamente utilizados en una variedad de aplicaciones como lo son vehículos eléctricos, los sistemas de energía renovable, electrodomésticos, herramientas eléctricas, robótica y muchos otros dispositivos y sistemas que requieren un motor potente y compacto [8].

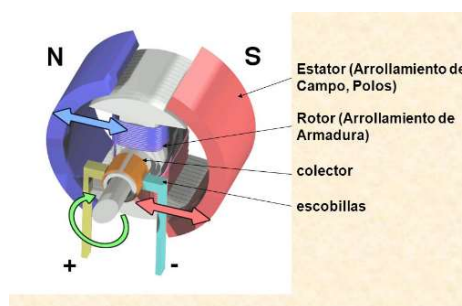


Figura 6. Motor de imán permanente [8]

1.3.3. Motor a pasos 5V

Un motor a pasos de 5V es un actuador electromecánico que convierte impulsos eléctricos en movimientos mecánicos discretos, accediendo a un control preciso tanto en la posición como de la velocidad. Alimentado por una tensión de 5V, es ampliamente utilizado en aplicaciones que requieren movimientos controlados y repetibles, como impresoras 3D, máquinas CNC y sistemas de automatización. Su funcionamiento se basa en la activación secuencial de bobinas internas, lo que posibilita el avance en pasos definidos y ofrece una alta precisión sin la necesidad de sensores de retroalimentación, asegurando una operación fiable y eficiente en tareas de precisión [9].



Figura 7. Motor híbrido [8]

1.3.4. Motores NEMA

Los motores NEMA son motores eléctricos que cumplen con los requerimientos establecidos por la Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos (NEMA). Estos estándares se utilizan comúnmente en Estados Unidos, Canadá, México y algunas áreas de América del Sur y Arabia Saudita [10].

Los motores NEMA están diseñados para cumplir requisitos eléctricos y mecánicos específicos y comerciales. Algunas características y especificaciones comunes de los motores NEMA incluyen:

- **Tamaños de bastidor:** Los motores NEMA se clasifican en diferentes tamaños de bastidor que indican el tamaño físico del motor. Los tamaños de marco más comunes son, p. NEMA 48, NEMA 56, NEMA 143T [10].
- **Eficiencia energética:** los motores NEMA también pueden cumplir con los estándares de eficiencia energética establecidos por NEMA. Los motores NEMA Premium cumplen con los más estrictos requisitos de eficiencia energética [10].

- **Diseño de par:** Los motores NEMA pueden tener diferentes diseños de par, como el Modelo B y el Modelo A. Estos diseños determinan las características de par y corriente del motor [10].
- **Voltaje y frecuencia:** los motores NEMA están diseñados para funcionar a voltajes y frecuencias específicos, como 120 V/60 Hz o 230 V/50 Hz. Es importante seleccionar el motor NEMA correcto para que coincida con la fuente de energía disponible [10].
- **Aplicaciones:** Los motores NEMA se utilizan en muchas aplicaciones, como compresores, bombas, ventiladores, transportadores, maquinaria industrial y más.



Figura 8. Motor nema [10]

1.3.5. Servomotores

Son motores eléctricos que se utilizan en situaciones en donde se requiere un control de movimiento preciso. Estos motores están diseñados para un alto par y una alta precisión de posicionamiento. Se caracterizan por un sistema de retroalimentación que se puede utilizar para controlar la posición, velocidad o torque del motor. Dicho sistema de retroalimentación llegaría a ser un sensor, un resolutor u otro dispositivo que proporcione información sobre la posición y velocidad del motor [9].

Los servomotores se utilizan en diversas aplicaciones, como robótica, automatización industrial, máquinas CNC, impresoras 3D, dispositivos médicos y más. Su capacidad para controlar con precisión los movimientos los convierte en óptimos para tareas que necesitan movimientos cíclicos y altamente precisos [9].



Figura 9. Servomotor [9]

1.4. Componentes

Los componentes para el desarrollo del proyecto son importantes para el comportamiento apropiado del dispositivo, como son: la comunicación, la programación con una tarjeta e incluso la arquitectura para el movimiento del dispositivo.

1.4.1. Tarjeta Arduino

La placa Arduino es un microcontrolador de código abierto que utilizado para crear proyectos de electrónica y creación de prototipos. Está diseñado como una plataforma de interfaz sencilla tanto para principiantes como para expertos en electrónica y programación. Este consta de diferentes funciones como se presentan a continuación:

1.4.1.1. Microcontrolador

Las placas Arduino se basan en microcontroladores, que son el cerebro del dispositivo. El microcontrolador más común en las placas Arduino es el de la serie Atmel AVR, pero también existen variaciones basadas en otros microcontroladores, como ARM [11].

1.4.1.2. Entrada y salida

Las placas Arduino tienen pines de entrada y pines de salida (E/S), permitiendo la conexión de sensores, actuadores y otros componentes electrónicos. Dichos pines se pueden programar realizando diversas tareas, como leer sensores o accionar motores [11].

1.4.1.3. Entorno de desarrollo

Se requiere el software de desarrollo Arduino IDE (Entorno de desarrollo integrado) para su programación en la placa Arduino. El entorno proporciona una interfaz de programación sencilla y admite varios lenguajes de programación, principalmente basados en C/C++.

1.4.1.4. Diferentes modelos

En el transcurso de los años se fabricaron distintos modelos y variaciones de placas Arduino, cada una con sus propias funciones y tamaños. Algunos ejemplos son Arduino Uno, Arduino Nano, Arduino Mega y Arduino Due.

1.4.1.5. Código abierto

Arduino es una plataforma de código abierto, deduciendo que tanto el software como el hardware se pueden utilizar y modificar libremente. Esto ha contribuido al crecimiento de la comunidad y a la proliferación de proyectos de código abierto basados en Arduino [11].

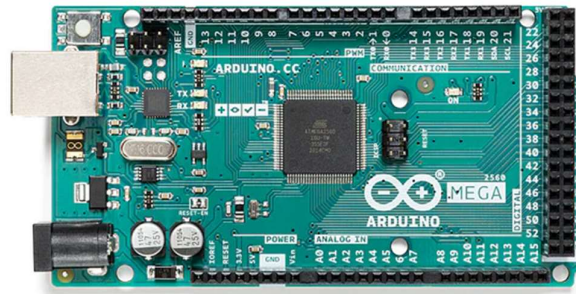


Figura 10. Arduino Mega 2560 [11]

1.4.2. Ruedas Generales (Tipo Vehículo)

Las ruedas robóticas para automóviles imitan las ruedas de los automóviles y brindan tracción y movilidad en una variedad de condiciones. Pueden controlarse neumáticamente, proporcionando una mejor amortiguación en superficies duras o irregulares, asegurando durabilidad en aplicaciones industriales. Estas ruedas vienen en una variedad de tamaños y patrones de banda de rodadura para optimizar la tracción y la estabilidad en una variedad de superficies. Las ruedas motrices utilizadas en robots de servicio, industriales y de investigación generan movimiento, los volantes garantizan cambios de dirección precisos y las ruedas libres mejoran la estabilidad. La elección correcta depende del tipo de superficie, el peso del robot y los requisitos de velocidad y maniobrabilidad. [12]



Figura 11. Llantas de plástico tipo vehículo [12]

1.4.3. Cables de conexión

Se utilizan comúnmente en conexiones eléctricas y electrónicas para conectar dispositivos y componentes. Estos cables tienen conectores a juego para garantizar una conexión segura y confiable. Existen varios tipos de cables de conexión, algunos ejemplos son:

1.4.3.1. Cables de extensión

Estos cables tienen un conector hembra en un extremo y un conector macho en el otro extremo. Se utilizan para ampliar la longitud de los cables existentes. Por ejemplo, se utiliza un cable de extensión USB hembra a macho para aumentar la distancia entre el dispositivo USB y la computadora [13].



Figura 12. Cable hembra a macho [13]

1.4.4. Módulo de control A4988

Este es un módulo de control utilizado para controlar motores paso a paso. Este módulo se basa en el controlador A4988 de Allegro Microsystems y se usa ampliamente en proyectos de electrónica y robótica para el control preciso de motores paso a paso [14]. Este tiene varias funciones las cuales especificaremos a continuación:

1.4.5. Control de motor paso

Es un controlador que puede manejar motores bipolares y unipolares. Adecuado para muchas aplicaciones que requieren control preciso de posición y movimiento [14].

1.4.5.1. Modo micropasos

Una de las características del A4988 es su capacidad de micropasos. El micropaso le permite dividir un paso de movimiento completo en pasos más pequeños, aumentando la precisión y suavidad del movimiento. El A4988 admite micropasos con opciones de pasos típicas de 1/1, 1/2, 1/4, 1/8 y 1/16 [14].

1.4.5.2. Corriente ajustable

Permite ajustar la corriente máxima que fluye a través del motor paso a paso mediante un potenciómetro. Esto es importante para adaptar la potencia del motor a las necesidades de la aplicación y evitar el sobrecalentamiento [14].

1.4.5.3. Protección térmica y contra sobrecorriente

Tiene funciones de protección integradas que ayudan a prevenir daños al motor y al controlador en situaciones de sobrecalentamiento o sobrecorriente.

1.4.5.4. Interfaz de control

Generalmente se controlan mediante señales de paso (STEP) y dirección (DIR) desde un microcontrolador o controlador de movimiento. El número de pulsos de paso y la dirección determinan el movimiento y la dirección del motor [14].

1.4.5.5. Fuente de alimentación

El módulo A4988 requiere una fuente de alimentación que proporcionará el voltaje necesario al motor y al controlador. Es importante asegurarse de que el suministro de energía esté dentro de los límites especificados en la hoja de datos A4988 [14].

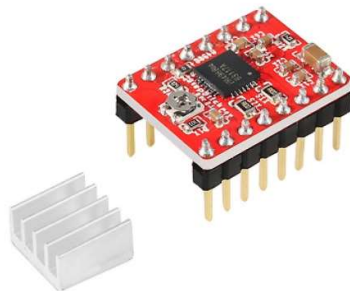


Figura 13. Módulo A4988 [14]

1.4.6. Módulo Esp8266 12E

Es un componente electrónico utilizado para garantizar la comunicación inalámbrica mediante tecnología Wifi. Estos módulos permiten que dispositivos electrónicos como microcontroladores, computadoras, teléfonos inteligentes y otros dispositivos se conecten y se comuniquen de forma inalámbrica con otros dispositivos habilitados para Wifi [15]. Las características principales por las que se usa este módulo son:

1.4.6.1. Conectividad inalámbrica

Los módulos wifis proporcionan conectividad inalámbrica de mediano y largo alcance que permite la transferencia de datos y la comunicación entre dispositivos. Las distancias de funcionamiento típicas son de 15 metros dentro de casa y 30 metros fuera de esta, según el estándar wifi utilizado [15].

1.4.6.2. Perfiles Bluetooth

Las redes WiFi funcionan transmitiendo ondas de radio a diferentes frecuencias, proporcionando una conexión inalámbrica a la red e Internet a diferentes velocidades. Suelen dividirse en bandas de frecuencia de 2,4 GHz, 5 GHz y 6 GHz. En general, las frecuencias más altas producen velocidades más altas. Sin embargo, las frecuencias más altas no siempre son la mejor opción, dependiendo de sus necesidades específicas. Las frecuencias más bajas, como 2,4 GHz, tienen más alcance, aunque a velocidades más bajas, que las frecuencias de 6 GHz, que ofrecen más velocidad y rendimiento pero tienen un alcance más limitado. [15].

1.4.6.3. Métodos de conectividad

El módulo WiFi proporciona opciones de conectividad ampliadas, incluidas interfaces SDIO 2.0, SPI y UART. Integra componentes avanzados como interruptores de RF, balun, amplificador de potencia (PA) de 24 dBm, oscilador controlado digital (DCXO) y unidad de administración de energía (PMU). Incluye un procesador RISC, memoria integrada e interfaces de memoria externa y un procesador MAC/banda base integrado. Proporciona una interfaz I2S para aplicaciones de audio de alta calidad y un regulador de voltaje lineal de baja caída (LDO). La arquitectura de generación de reloj está patentada y no tiene señales espurias. Además, incluye módulos de seguridad como WEP, TKIP, AES y WAPI. [15].

1.4.6.4. Configuración y programación

El módulo ESP-12E viene preinstalado con el software AT, lo que le permite conectar su Arduino a su red WiFi mediante comandos AT. Sin embargo, es posible cambiar el software del módulo para permitirle funcionar de forma autónoma sin Arduino, utilizando toda su

potencia como un microcontrolador de 32 bits y 80 MHz utilizando las herramientas de desarrollo de software). Esto le permite personalizar la funcionalidad y el comportamiento del módulo.

1.4.6.5. Antena

El módulo Wifi tiene su respectiva antena integrada dentro del controlador la cual está ubicada en una PCB.

1.4.6.6. Consumo de energía

Para aplicaciones que requieren una batería de larga duración, el módulo trabaja a 3.3V a un voltaje recomendado de 5V a diferencia de versiones anteriores no necesita utilizar conversores para su funcionamiento.



Figura 14. Módulo Esp8266 12E [15]

1.4.7. CNC Shield V3

La Escudo CNC V3 es una placa de ampliación compatible con Arduino UNO o Mega que simplifica la conexión con controladores de motores paso a paso como el A4988. Con esta placa, puedes controlar y gestionar todos los componentes necesarios para operar una fresadora digital (CNC), incluyendo topes finales, ventiladores y más.

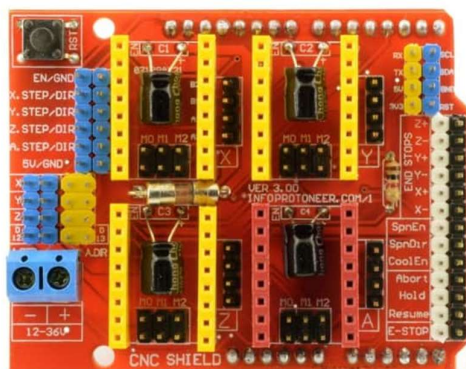


Figura 15. CNC shield V3 [16]

1.4.8. Pantalla Gled 12864 Para Shield Ramps Arduino Mega Cnc 3d

El Pantalla GLCD 12864, una pantalla gráfica de 128x64 píxeles, es un dispositivo comúnmente empleado junto con el Shield RAMPS y Arduino Mega en aplicaciones relacionadas con Control Numérico por Computadora (CNC) e impresión tridimensional (3D). Su uso facilita la visualización de gráficos detallados y texto relevante para el proceso en tiempo real, como la posición de los ejes y el estado de impresión. Esta combinación de componentes se ha vuelto popular en la fabricación digital y la impresión 3D debido a su capacidad para proporcionar información crucial para el control y la monitorización de las máquinas. Este conjunto integral ofrece una solución efectiva para la interacción y el control en proyectos CNC y de impresión 3D, mejorando así la eficiencia y la precisión en dichos procesos.



Figura 16. Pantalla Gled 12864 [17]

1.5. Introducción a los pictogramas

Los pictogramas son representaciones gráficas de objetos, conceptos o acciones utilizando imágenes o símbolos simples y universales. Estos elementos visuales se utilizan para transmitir información de forma rápida y eficaz sin necesidad de palabras o lenguaje específicos. Las pictografías son un tipo de comunicación visual que se utilizan en una variedad de contextos, incluida la señalización, instrucción, publicidad y comunicación general [18].

Históricamente, los pictogramas han sido empleadas por numerosas civilizaciones a lo largo de los siglos, desde las culturas sumeria y egipcia hasta las sociedades contemporáneas. Son simples y claros. A menudo representan objetos o conceptos utilizando formas geométricas básicas y líneas rectas, lo que los hace más fáciles de reconocer y comprender. Los ejemplos más comunes de pictogramas incluyen señales de tráfico, símbolos en dispositivos

electrónicos, símbolos en mapas y planos e incluso emojis en redes sociales y mensajes instantáneos [18].

1.5.1. Tipos de pictogramas

En la actualidad la implementación de este tipo de representación gráfica ha sido muy utilizada para la representación de ciertas señales, dibujos, etc., por ello se tiene diferentes tipos o campos de utilización de esta representación, como son:

1.5.1.1. Pictogramas educativos

Se emplean en entornos educativos para impartir conceptos y procedimientos de una manera clara y sencilla, similar a los que encontramos en libros de texto como también en materiales educativos aptos para niños. Este concepto se investiga un poco más a profundidad den el siguiente punto [18].

1.5.1.2. Pictogramas aplicados a la educación

Los pictogramas utilizados en educación son imágenes visuales simplificadas que se utilizan para ayudar a comprender conceptos, instrucciones y actividades en entornos educativos. Estos pictogramas son especialmente útiles para estudiantes más jóvenes, personas con discapacidades cognitivas o del lenguaje y personas que están aprendiendo un nuevo idioma [19]. Podemos poner algunos ejemplos de estos pictogramas y cómo funcionan dentro del ámbito educativo:

1.5.1.3. Comunicación aumentativa y alternativa (CAA)

Son una parte central del sistema CAA que se utiliza para apoyar la comunicación de personas con trastornos del habla o del lenguaje. Estos sistemas consisten en paneles de comunicación con símbolos que los usuarios pueden señalar o seleccionar para expresar sus necesidades y deseos [18].

CAPITULO II

ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS

Se llevará a cabo un análisis de diversas alternativas para atender los requisitos relacionados con el diseño, construcción y programación del prototipo de impresora. Asimismo, se realizará la selección del material más apropiado para su fabricación.

2.1. Selección del sistema de impresión

En la Tabla 1 se presenta las principales alternativas de impresión con sus respectivas características principales para la selección del sistema de impresión óptimo.

Tabla 1. *Alternativas para selección de impresión*

Tipos de impresión	Características
Impresión laser	• Al imprimir, son más silenciosas en contraste con las impresoras de inyección. • Ofrecen una calidad superior en comparación con las impresoras de tinta. • Las impresiones resultan más cómodas en comparación con las de tinta. • Su costo es superior al de las impresoras de tinta o de inyección. • Una impresora láser en funcionamiento prolongado podría experimentar recalentamiento.
Impresión por proyección de tinta	• En el mercado, estas impresoras son las más económicas. • Ofrecen impresiones a color de calidad intermedia a un precio asequible. • Por lo general, presentan un diseño liviano y compacto. • Son una elección ideal para principiantes o para uso doméstico ocasional, evitando así realizar una inversión considerable.

	• Su velocidad de impresión es inferior en comparación con las impresoras láser.
Impresión digital	• Realizar este proceso en situaciones de impresiones a gran escala resulta costoso. • La tinta empleada puede desvanecerse más rápidamente en comparación con otras técnicas. • Se requiere llevar a cabo inspecciones regulares de la impresora y asegurarse de mantenerla actualizada para garantizar el adecuado rendimiento de todas sus funciones. • No hay restricciones en cuanto a la gama de colores al imprimir.

En la Tabla 2 se muestran varios indicadores junto con sus porcentajes correspondientes. Durante la valoración de las distintas alternativas, se otorgó como valor de 1 para la calificación más baja y como valor de 10 para la calificación más alta.

Tabla 2. Calificación de opciones de impresión

Calificativos	Impresión			Ideal
	Impresión laser	por proyección de tinta	Impresión digital	
Costo	4	8	3	10
Facilidad de Fabricación	5	8	6	10
Calidad de impresión	9	6	8	10
Peso	7	9	5	10

Puntuación Total	25	31	22	40
Puntuación Porcentual	63%	78%	55%	100

Después de realizar un análisis de las características de los sistemas de impresión y la validación presentada en la Tabla 2, se concluye que la impresión por proyección de tinta es la opción más adecuada para satisfacer los requerimientos y necesidades del prototipo de impresión en análisis con un 78% rebasando con 15% a la opción más cercana. Esto es debido a que la impresión por proyección de tinta es un sistema mucho más económico y su fabricación se puede realizar de una forma sencilla y con materiales livianos.

2.2. Selección de controlador

En la Tabla 3 se presenta diferentes alternativas de controladores con sus respectivas características principales para tomar la opción más factible y que brinde una versatilidad a los diferentes funcionamientos que debe realizar en el dispositivo.

Tabla 3. Tipos de controladores

Tipos de controladores	Características
Arduino Mega 2560	• Entorno de desarrollo de fácil uso y de rápida comprensión. • Compatible con la mayoría de dispositivos electrónicos. • Proyectos de código abierto. • Costo muy accesible. • Soporte continuo. • Limitación con recursos de memoria. • Dificultad con una aplicación de bajo consumo de energía. • Compatible con las distintas placas de control CNC.

	• Voltaje entrada: 7-12V, voltaje trabajo: 5V, corriente por pin Input/Output: 40mA.
STM32	• Bajo consumo de energía. • Amplia gama de modelos y configuraciones. • Amplia aplicabilidad. • Poca compatibilidad con las diferentes placas de control CNC. • Uso complejo para principiantes y uso medio. • Potencia 2.0-3.6V, I/O. Reset (POR / PDR).
Raspberry Pi Pico	• Memoria flash incorporada. • Interfaz USB nativa se utiliza para comunicación y alimentación. • No cuenta con un sistema operativo completo. • Requiere hardware adicional para programación inicial. • Soporte para pantalla LCD. • Este módulo contiene una fuente de alimentación conmutada que genera los 3,3 V necesarios para alimentar el RP2040 desde un amplio rango de voltaje de entrada de 1,8 V a 5,5 V.

La Tabla 4 muestra distintos indicadores con sus respectivos porcentajes. Durante la validación de las distintas alternativas, se otorgó con un valor de 1 para la calificación más baja y con un valor de 10 para la calificación más alta.

Tabla 4. Calificación de alternativas de controlador

Variables	Arduino Mega 250	STM32	Raspberry Pi Pico	Ideal
Capacidad de Procesamiento	8	8	8	10
Interfaz de Programación	9	6	7	10
Confiabilidad	8	8	8	10
Pines de conexión con periféricos	8	7	7	10
Costos	8	8	8	10
Puntuación Total	41	37	38	50
Puntuación Porcentual	82%	74%	76%	100

Una vez realizado el análisis de las características de los sistemas de impresión y el análisis presentado en la Tabla 4, se determina que el controlador Arduino Mega 2560 es la opción más adecuada que satisfacen las necesidades y requerimientos del prototipo de impresión, con un 82% superando con 8% a la opción más cercana. Sus características, la disponibilidad de módulos CNC para Arduino Mega 2560 y la facilidad de uso hacen una opción ideal para el control del prototipo al controlador Arduino Mega 2560.

2.3. Selección módulo de control CNC

En la Tabla 5 se da a conocer las alternativas de módulos de control CNC para el prototipo se detallan las características principales para realizar una correcta selección del módulo que estará a cargo del control de movimientos en los diferentes ejes de trabajo.

Tabla 5. Tipos de módulos CNC

Tipos de módulos CNC	Características
CNC Shield V3 Para Arduino Mega 2560	• Se utiliza principalmente en máquinas de grabado y en impresoras 3D. • Contiene una fuente de alimentación conmutada que genera los 3,3 V necesarios para alimentar el RP2040 desde un amplio rango de voltaje de entrada de 1,8 V a 5,5 V. • Soporte para 4 ejes. • Costo económico. • Compatible con A4988 y DRV8825. • Problemas mínimos de cambio de giro. • Diseño compacto y control más preciso de motores. • Alimentación: 12-36V
Tarjeta de control MACH3 USB 4 Ejes 100KHz	• Conexión hasta 4 ejes • Interfaz USB para cualquier computadora compatible • Interfaz USB para cualquier computadora compatible • Tamaño compacto. • Costo alto en referencia a otros dispositivos.

En la Tabla 6, se ven los diferentes indicadores se presentan con sus respectivos porcentajes. Al evaluar variaciones, a la calificación más baja se le asigna un valor de 1 y a la calificación más alta se le asigna un valor de 10.

Tabla 6. Calificación de módulo de control CNC

Variables	CNC Shield V3 Para Arduino Mega 2560	Tarjeta de control MACH3 USB 4 Ejes 100KHz	Ideal

Costo	9	8	10
Compatibilidad con controlador	9	7	10
Dimensión	8	9	10
Peso	9	9	10
Puntuación Total	35	33	40
Puntuación Porcentual	88%	83%	100

Finalizado el análisis de las características de los módulos de control CNC se ha optado por el módulo de control CNC Shield V3 Para Arduino Mega 2560 con un 88% y con una diferencia de 5% a la alternativa más cercana. Sus características se acoplan directamente a los componentes ya seleccionados anteriormente como son el microcontrolador (Arduino Mega 2560), los motores seleccionados y su costo accesible hace de este módulo de control CNC la opción más segura para nuestro prototipo.

2.4. Selección de motores

En la Tabla 7 se da a conocer las diferentes alternativas de motores con sus características principales para realizar una correcta selección de los motores que estarán a cargo de realizar los movimientos en los diferentes ejes de trabajo.

Tabla 7. Alternativas para selección de motores

Tipos de motores	Características
Motores a paso 5V	• Permite el control posicional con mayor exactitud. • Aplicaciones industriales que necesitan poco torque.

	• Materiales de gran calidad al momento de ser contruidos. • Control de velocidad eficiente. • La velocidad afecta el par motor. • Costo accesible para adquisición. • Tensión nominal de entre 5V y 12 V. • Mantiene 64 pasos por vuelta.
Motores nema	• Costo alto para adquirirlo. • Motor muy robusto. • Es más potente que fiable. • Se lo recomienda para múltiples aplicaciones. • La frecuencia de trabajo es de 60 Hz, los voltajes más comunes son 230V y 460V
Servomotor	• Para su tamaño es dispone de mucho torque. • No consume mucha energía. • Costo muy accesible. • Se limita el movimiento de 0° a 180° • No se puede cambiar su velocidad. • La alimentación puede estar comprendida entre los 4 y 8 voltios.

En la Tabla 8 se muestran distintos indicadores junto con sus porcentajes correspondientes para la selección óptima del motor a utilizar en el prototipo. Durante la selección de las diferentes alternativas, se dio un valor de 1 para la calificación más baja y un valor de 10 para la calificación más alta.

Tabla 8. Calificación de motores

Variables	Motores a paso 5V	Motores nema	Servomotor	Ideal
Costo	9	6	8	10

Relación con módulo CNC	9	9	6	10
Corriente de funcionamiento	8	6	8	10
Dimensiones	9	4	8	10
Potencia	8	9	6	10
Precisión	7	7	9	10
Peso	9	4	9	10
Puntuación Total	50	36	48	70
Puntuación Porcentual	84%	64%	77%	100

Concluyendo el análisis de las diferentes características se optó por motores a paso (Motores a paso 5V) con un 84% y una diferencia de 7% a la alternativa más cercana, se lo selecciona por su bajo costo, su precisión, por el tamaño compacto y su potencia.

2.5. Selección de driver controlador para motores

En la Tabla 9 se presenta las principales opciones de driver para control de motores y sus respectivas características las cuales facilitan la selección del driver óptimo para el dispositivo tomando en cuentas las necesidades que se han presentado.

Tabla 9. Tipos de driver controladores de motores.

Tipos de módulos controladores de motores	Características
Driver Drv8825	- Controlar motores paso a paso bipolares de hasta 2.5A. - Utilizado con placas de control de impresoras 3D y Máquinas CNC.

	• Similar con el módulo A4988. • Costo accesible. • Un potenciómetro regula la corriente máxima de salida. • Protección de altas temperatura, sobre corriente y voltaje bajo. • Funciona de 8.2 V a 45 V y puede entregar hasta aproximadamente 1.5 A.
Driver A4988	• Interfaz dirección simple y control de paso. • Control que selecciona automáticamente el modo correcto de caída de corriente. • Desconexión térmica, protección contra bajo voltaje, y protección frente a cortocircuitos y sobrecargas. • Ocupa muy pocos puertos del microcontrolador. • Costo accesible. • Alcanzaría a proporcionar hasta 2A por bobinado y opera desde 8 a 35V.
Driver A3967	• Compatible con motores paso de 4, 6 y 8 cables de cualquier voltaje. • Corriente de control regulable desde 150mA/fase a 750mA/fase. • Mayor control y flexibilidad sobre el motor. • Trabaja con pulsos de 5 V o 3.3 V.

En la Tabla 10 se muestran distintos indicadores junto con sus porcentajes correspondientes para la selección adecuada del driver que se llegara a utilizar en el prototipo. Durante la selección de las diferentes alternativas, se dio un valor de 1 para la calificación más baja y un valor de 10 para la calificación más alta.

Tabla 10. Calificación driver controlador de motores

Variables	Driver Drv8825	Driver A4988	Driver A3967	Ideal
Costo	8	9	8	10
Interfaz	7	8	7	10
Control de corriente	8	9	8	10
Protección	8	8	8	10
Puntuación Total	31	36	48	40
Puntuación Porcentual	77%	85%	77%	100

Los resultados del análisis de alternativas para seleccionar el driver controlador de motores dieron como resultado que la opción más adecuada es el driver A4988 con un 85% y una diferencia de 8% a diferencia de la opción más próxima. La compatibilidad con la CNC Shield V3 para Arduino, junto con las características que mantiene para el control de motores paso a paso es el driver más usado para el control de impresoras 3D y maquinas CNC de bajo voltaje lo cual coincide con requerimientos de nuestro dispositivo.

2.6. Selección de ruedas

En la Tabla 11 se presenta las opciones de ruedas con sus respectivas características con lo cual se realizará la selección y tomar el tipo de rueda adecuado para optimizar el funcionamiento del dispositivo en el ámbito de desplazamiento del prototipo.

Tabla 11. Tipo de ruedas a seleccionar

Tipos de ruedas	Características
Rueda Móviles	• Llanta plástica rígida. • Neumático de goma con encastre para motores.

	• Movilidad a una sola dirección. • Costo accesible.
Rueda Omnidireccionales	• Llanta plástica rígida de material duro. • Neumático con cilindros perpendiculares al eje central. • Costo menos accesible. • Movilidad en varias direcciones.

La Tabla 12 presenta varios indicadores y sus porcentajes correspondientes para elegir el tipo de rueda más adecuado para el prototipo. Durante el análisis de las distintas variedades, se dio un valor de 1 a la calificación más baja y un valor de 10 a la calificación más alta.

Tabla 12. Calificación de tipo de rueda

Variables	Rueda Móviles	Rueda Omnidireccionales	Ideal
Costo	9	5	10
Calidad	7	9	10
Dimensiones	9	6	10
Accesibilidad	8	5	10
Puntuación Total	33	25	40
Puntuación Porcentual	80%	63%	100

Finalizado el análisis para la selección del tipo de rueda se ha optado por utilizar las ruedas móviles con un 80% y con una diferencia de 17% a la opción más cercana, para aquella decisión se tomó en cuenta la variedad de diámetros que podemos seleccionar y la gran diferencia de costos.

2.7. Selección módulo de comunicación inalámbrica

En la Tabla 13 se da a conocer los diferentes módulos comunicación inalámbrica con sus respectivas características las cuales facilitaran la selección de la alternativa que más beneficie a la estructura del dispositivo para un funcionamiento simple y completo.

Tabla 13. Tipos de comunicación inalámbrica.

Tipos de módulos de comunicación inalámbrica	Características
Módulo Bluetooth HC-06	• Conexión inalámbrica reemplazando los cables de conexión. • Perfectamente compatible con Arduino y Pic. • Especificaciones estándar Bluetooth 2.0 a 2.4 GHz. • Se pueden comportar solo como esclavo. • Costo accesible. • Voltaje de Operación: 5 V.
Módulo Esp8266 12E	• Conexión inalámbrica reemplazando los cables de conexión. • Perfectamente compatible con Arduino. • Soporte de red de 2,4 GHz • Se pueden comportar como esclavo y maestro. • Costo accesible. • PLL, unidades de manejo de energía integrado y regulador. • Comunicación tipo de interfaz: SPI, Serial, UART (115200 bps). • Wi-Fi Direct (P2p), Soft Access Point.
Módulo bluetooth 4.0 ble hm-10	• Conectar proyectos con Arduino a un smartphone. • Permite la conexión de forma remota a través de Bluetooth.

- Costo de adquisición más alto.
- Enviar y recibir sin límite de bytes.
- Voltaje de Operación: 3.3V – 5V.

La Tabla 14 presenta distintos indicadores y sus porcentajes correspondientes para elegir el tipo de modulo inalámbrico más apto para el prototipo. Durante la calificación de las distintas elecciones, se dio un valor de 1 a la calificación más baja y un valor de 10 a la calificación más alta.

Tabla 14. Calificación modulo bluetooth

Variables	Módulo Bluetooth HC-06	Módulo Esp8266 12E	Módulo bluetooth 4.0 ble hm-10	Ideal
Costo	9	9	7	10
Interfaz	8	9	8	10
Funcionamiento	7	9	8	10
Compatibilidad	8	8	8	10
Velocidad de proceso	7	9	7	10
Puntuación Total	39	45	38	50
Puntuación Porcentual	78%	90%	76%	100

Concluido el análisis de los distintos módulos bluetooth se ha seleccionado el módulo Esp8266 12E con un 90% y con una diferencia de un 12% de la alternativa más próxima, se optó por tomar el módulo Esp8266 12E por su compatibilidad con Arduino, por su velocidad de conexión ya que la comunicación no es por bluetooth sino por red wifi, el envío y recepción de datos algo que es más óptimo para el control del prototipo de impresora móvil.

CAPITULO III

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN

En este capítulo, se brinda información detallada del proceso de diseño, construcción e implementación del prototipo de impresora móvil controlada por código CNC. Se discutirán tanto el diseño mecánico como la implementación electrónica necesarios para garantizar el funcionamiento eficiente del dispositivo.

3.1. Diseño de la impresora móvil

Para el diseño del prototipo se basó en las dimensiones de una hoja estándar (A4) para que pueda imprimir lo requerido en el área de trabajo más común, al usar esta hoja como base las medidas quedan adecuadas también para el uso de una hoja más grande y/o diferentes dimensiones como muestra la Figura 17.



Figura 17 Medidas de una hoja A4 [20]

Las medidas obtenidas una vez considerado toda la carga electrónica y componentes son las que se presentan en la tabla

Tabla 15. Medidas de la base del prototipo

Largo	Ancho
15 cm	15 cm

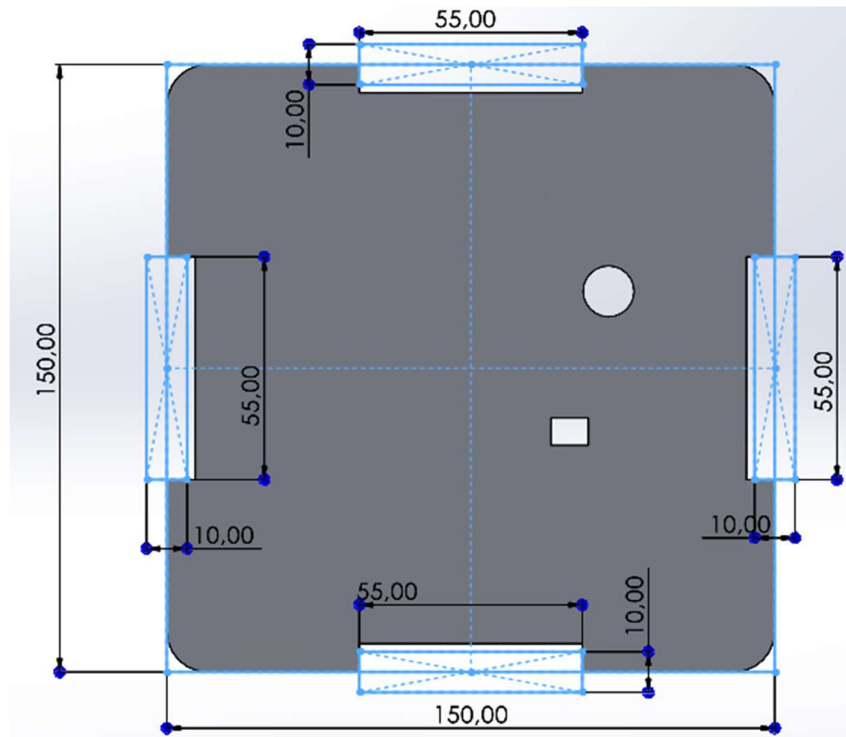


Figura 18 Medidas del ancho y largo de la base del prototipo

3.2. Diseño de la estructura del prototipo

Para la construcción del prototipo se opta por realizarlo en impresión 3D ya que por las características del prototipo resulta más sencillo, además que las propiedades mecánicas del material de impresión (PLA) Tabla 16 satisfacen la carga y esfuerzo que realizarán los motores a los engranes y ejes con material de acero inoxidable 304 que moverán las ruedas.

Tabla 16. Características del PLA [21]

Característica	Descripción
Punto de fusión	205-230 °C
Punto de reblandecimiento	50 °C
Dureza (según Rockwell)	R70-R90
Alargamiento relativo en el descanso	3.8%
Resistencia a la flexión	55.4 MPa
Resistencia a la tracción	57.8 MPa
Módulo de elástico a tensión	3.3 GPa
Módulo de elasticidad a la flexión	2.3 GPa
Temperatura de transición vítrea	60-65 °C

Densidad	1.23 – 1.25 g/cm ³
Grosor de pared mínimo	1mm
Precisión de impresión	±0.1%
El tamaño de los detalles más pequeños	0.3mm
Contracción en la fabricación de productos	No
Higroscopicidad	0.5-50%

Para la selección de los ejes para que soporten la potencia transmitida del motor además de soportar las llantas se escoge el material más común para la elaboración de vehículos de juguete, así aminorando precios y también constan de excelentes características mecánicas Figura 19.

Propiedades del Acero INOX 304	
Densidad	7.93 g/cm³
Punto de fusión	1398-1454 °C
Calor específico (Capacidad calorífica específica)	500 J/(Kg · K) a 20°C
Resistividad eléctrica	0.73 μΩ · m (20°C)
Permeabilidad magnética	1.02 (Aproximado)
Modulo elástico	193 GPa (28 × 10⁶ psi)
Difusividad térmica	3.84 mm²/s
Coefficiente de conductividad termica	16.3 (100 °C)
	21.5 (500 °C)
Coefficiente de dilatacion lineal	17.2 (0-100 °C)
	17.8 (0-300 °C)
	18.4 (0-500 °C)

Figura 19 Propiedades mecánicas acero 304 [22]

3.2.1. Análisis de esfuerzos en los engranes

Para obtener el cálculo de esfuerzos que se aplican en los dientes de los engranes que son los que soportaran la fuerza y/o toque que aplique el motor, se necesita conocer las propiedades del mismo como se muestra en la Tabla 17.

Tabla 17. Características de un motor pasos 5V [23]

ESPECIFICACIONES	
Voltaje de operación	5 VDC
Relación de reducción al eje de salida	1/64
Ángulo de paso	5.625° /64
Resistencia de promedio por devanado	42Ω
Corriente promedio por devanado	240 mA
Torque aprox. de retención	29.4 N.mm
Torque aprox. de anclaje	15 N.mm
Torque aprox. de arranque	78.4 N.mm
Torque aprox. de giro	34.3 N.mm

Una vez definidos los torques con los que trabaja el motor se procede a hacer el análisis de esfuerzo para ver si el material seleccionado en los engranes, se usa el torque de arranque y giro que son los que realizarán más esfuerzo en los dientes de los engranes.

Para la selección de material del software de SolidWorks se escoge un material de similares características y/o propiedades mecánicas del PLA Tabla 16, en la Figura 20 se muestran las propiedades mecánicas del PET que es un material similar al PLA.

Propiedad	Valor	Unidades
Módulo elástico	2960000000	N/m ²
Coefficiente de Poisson	0.37	N/D
Módulo cortante		N/m ²
Densidad de masa	1420	kg/m ³
Límite de tracción	57300000	N/m ²
Límite de compresión	92900000	N/m ²
Límite elástico		N/m ²
Coefficiente de expansión térmica		/K
Conductividad térmica	0.261	W/(m·K)

Figura 20 Propiedades mecánicas PET

3.2.1.1. Análisis de esfuerzo para el torque de giro

De la Tabla 17, tomaremos el torque de giro de 34.3 N.mm para comprobar que el material seleccionado para el engrane es el adecuado como lo muestra la Figura 21.

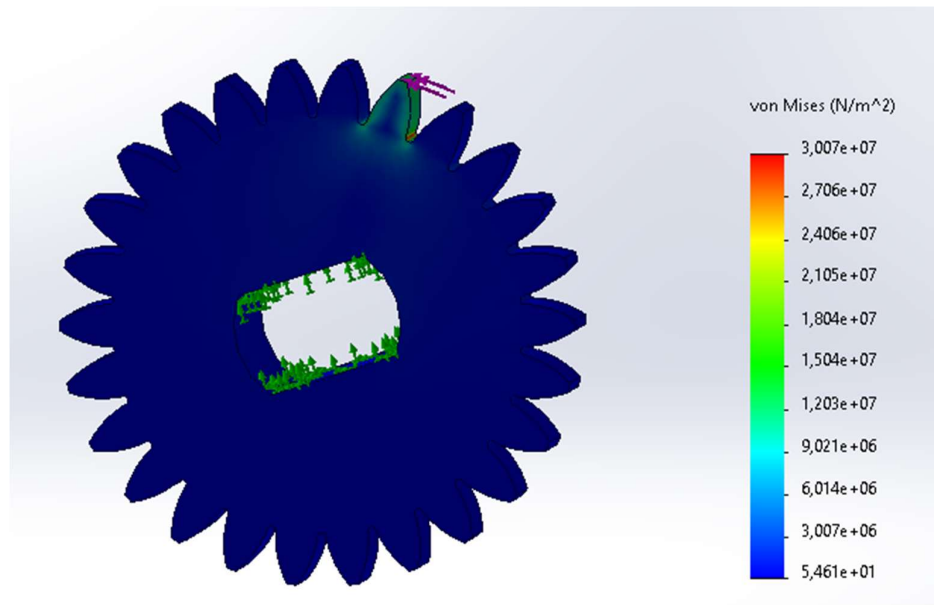


Figura 21 Análisis de tensiones torque de giro

El análisis del esfuerzo en los dientes de los engranajes, presentado en la Figura 21, revela que al entrar en contacto para transmitir la potencia del motor y mover la impresora, el material seleccionado es adecuado ya que no alcanza el punto de ruptura, como se muestra en la Figura 22. La selección del material no solo se basa en su resistencia, sino también en su capacidad para resistir el desgaste y mantener la precisión del movimiento. Este estudio confirma que el material y el diseño de los engranajes son fundamentales para la fiabilidad y eficiencia del sistema de impresión en una impresora móvil con movimiento CNC.

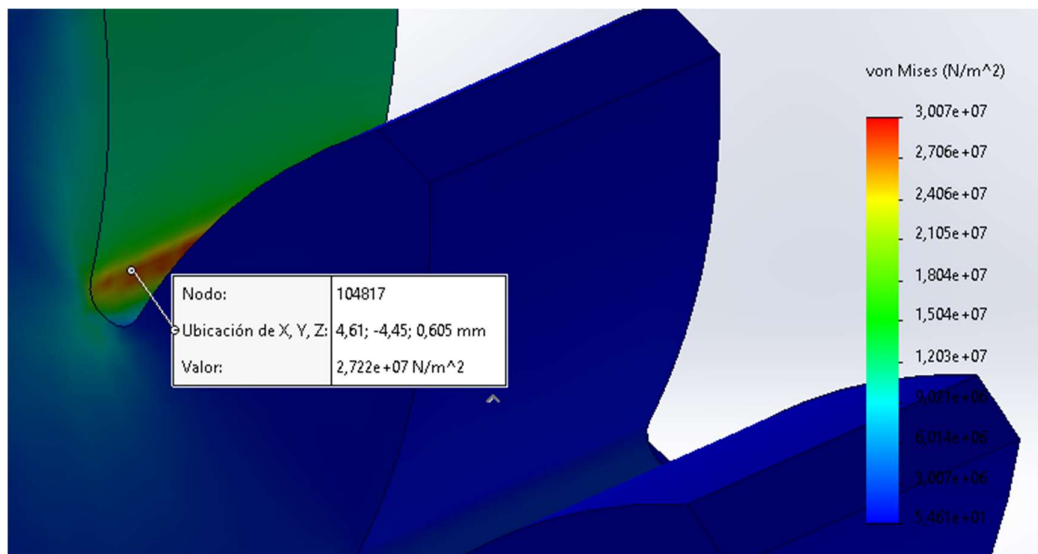


Figura 22 Punto crítico del engrane

3.2.1.2. Análisis de esfuerzo para el torque de arranque

Así mismo se analiza el esfuerzo que se produce en el diente para el torque más grande que puede llegar a ejercer el motor como se muestra en la Figura 23 y Figura 24.

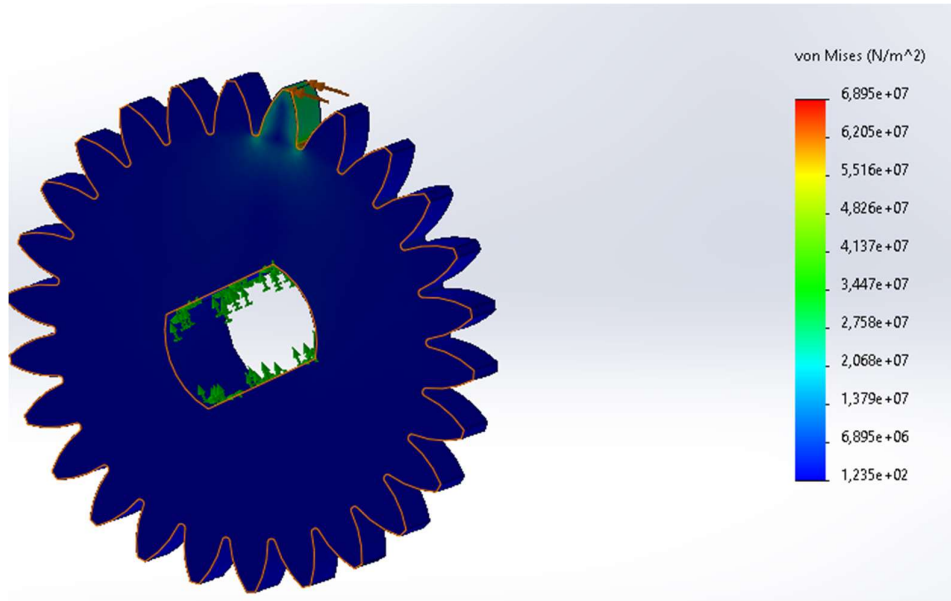


Figura 23 Análisis de tensiones torque de arranque

En la Figura 24 se observa como en el torque de arranque, a pesar de ser más fuerte, el material del diente es capaz de soportar dicha carga con lo cual se asegura que el material es el indicado para realizar la tarea de transmitir la potencia del motor a las ruedas y así este pueda mover las ruedas.

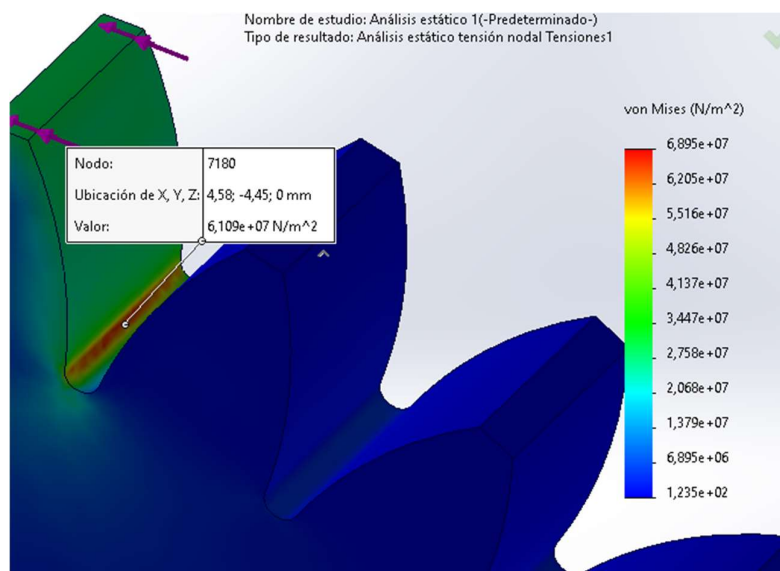


Figura 24 Punto crítico de esfuerzo del diente

3.2.2. Análisis de torsión en los ejes

Para obtener los esfuerzos a torsión que se aplican en los ejes se toman los datos que nos arroja el motor a pasos de 5V de la Tabla 17.

3.2.2.1. Análisis del eje para el torque de arranque

En la Figura 25 se muestra como la fuerza que proporciona el motor de 5V en el arranque, hace un esfuerzo de torsión y como el material seleccionado para este diseño es el más adecuado para que no se produzca roturas en el eje.

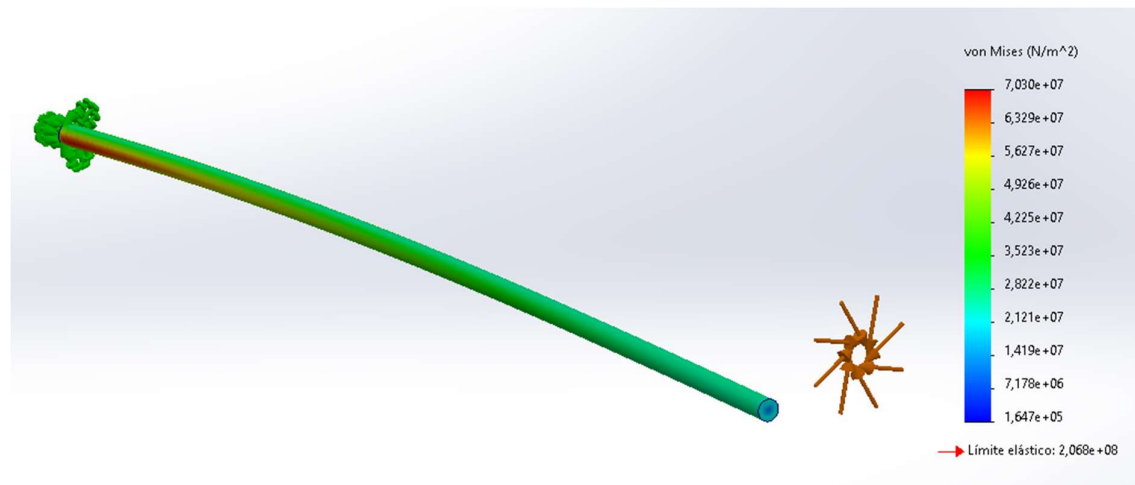


Figura 25 Esfuerzo de torsión arranque

3.2.2.2. Análisis del eje para el torque de giro

En la Figura 26 se muestra como la fuerza que proporciona el motor de 5V en el arranque, hace un esfuerzo de torsión y como el material seleccionado para este diseño es el más adecuado para que no se produzca roturas en el eje.

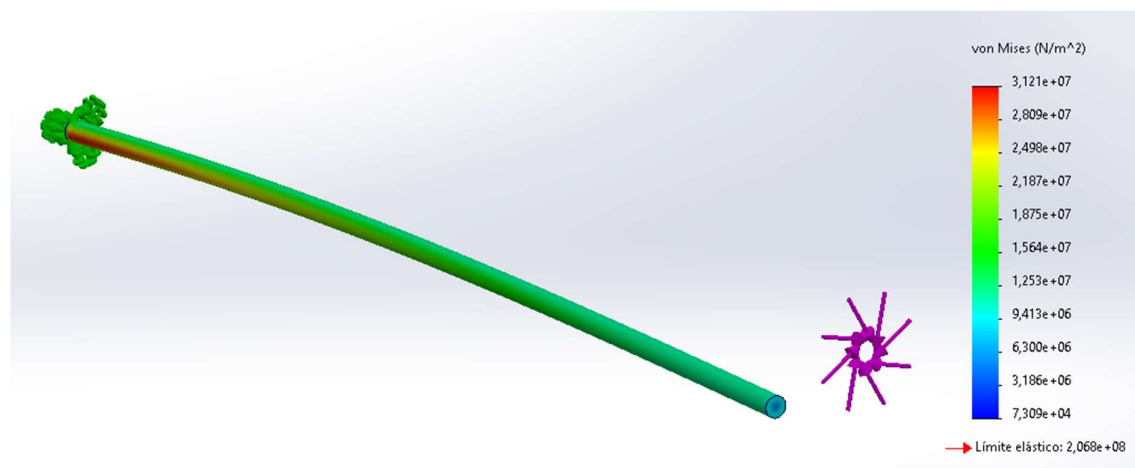


Figura 26 Esfuerzo de torsión giro

En la Figura 25 y Figura 26 se muestra como el material seleccionado de acero 304, es el apropiado para que el prototipo no sufra ningún efecto negativo al momento de realizar el esfuerzo, se aplicó la fuerza simulando que el eje esta fijo en un punto para obtener un análisis más acertado sobre el momento torsor en el eje.

3.2.3. Diseño de fijación de los motores en la estructura

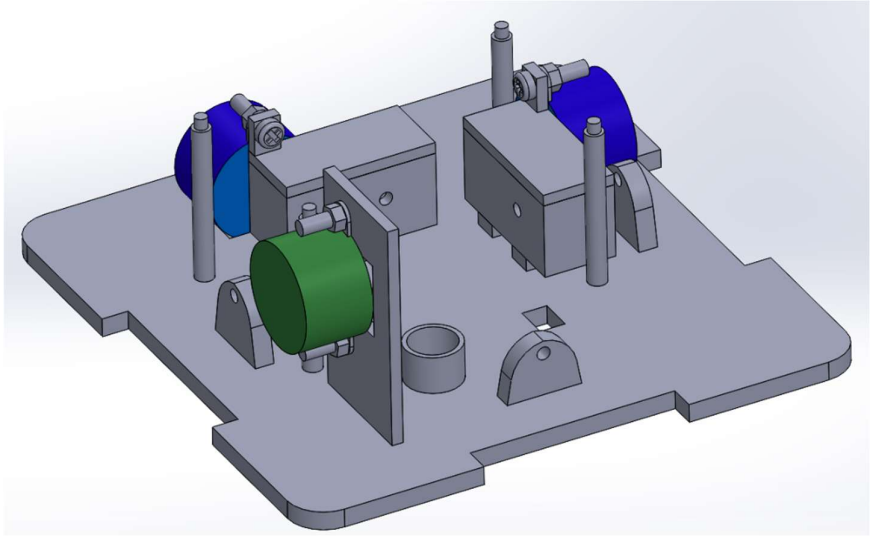


Figura 27 Diseño de bases de los motores

Como se observa en la Figura 27 los motores de color azul son los ejes X, Y que están fijados directamente en la bases y sujetados con tornillos y tuercas directamente a la caja de engranes, también podemos observar el motor de color verde que es el eje Z el cual está fijado en la saliente de la carcasa ya que es necesario altura para poder elevar y descender el respectivo dispensador de tinta.

3.2.4. Diseño electrónico del prototipo

Para el diseño electrónico del prototipo se utiliza el software Proteus Pro para el circuito y simulando las partes electrónicas que se utilizan en la implementación final en la Tabla 18 se muestran los componentes electrónicos a utilizarse.

Tabla 18. Componentes eléctricos

Ítem	Elemento	Detalle
1	Motor 1	Es el encargado del movimiento en el eje de las x de la impresora.

2	Motor 2	Es el encargado del movimiento en el eje de las y de la impresora.
3	Motor 3	Es el encargado del movimiento en el eje de las z para que pueda llegar a la hoja.
4	LCD	Permite la visualización del estado del proceso además de ver cuando la imagen ha sido enviada.
5	Arduino Mega 2560	Recibe la información del módulo bluetooth y lo envía a la shield.
6	Shield V3	Controla los motores, además convierte el código enviado por el arduino a código g para que los motores puedan iniciar su trabajo.
7	Switch	Es el botón que permite el encendido y apagado del prototipo.
8	Driver A4988	Son los encargados de amplificar los voltajes y amperajes para que la shield pueda enviar la alimentación necesaria del prototipo.
9	Módulo Esp8266 12E	Recibe la información de la imagen que se requiere ser impresa enviándola al arduino.

En la Figura 28 se muestra los diagramas de conexión del prototipo.

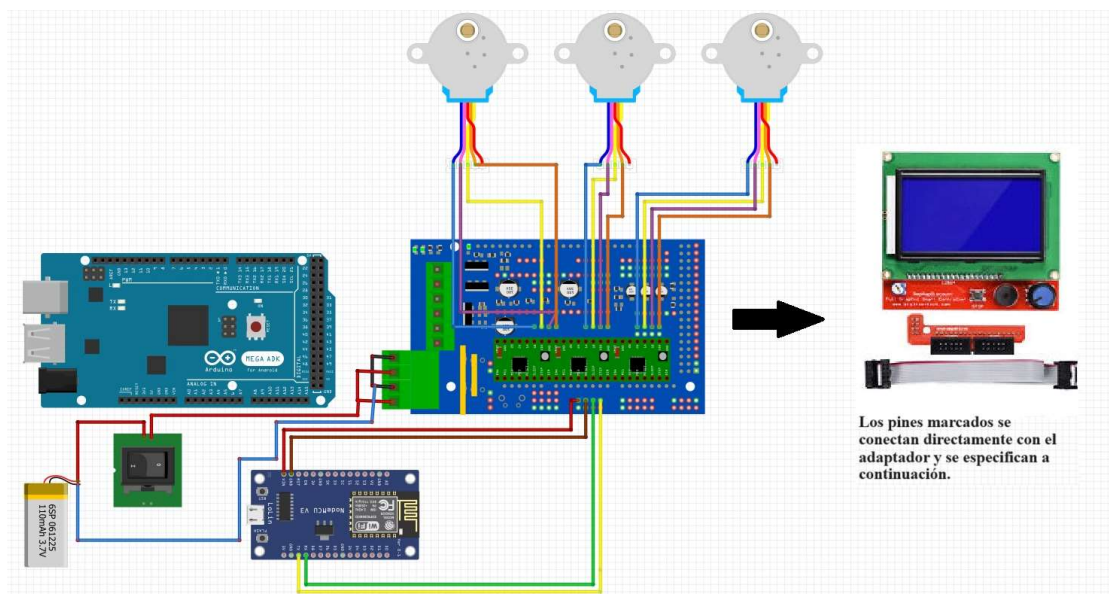


Figura 28 Diseño del circuito eléctrico

En la Tabla 19 se muestra a detalle de los pines que se conectan

Tabla 19. Conexión de la pantalla EXP1 Mega Pin

Pin	Descripción
1	beeper 37
2	encoder switch 35
3	LCD en 39
4	LCD rs 38
5	LCD data 4 23
6	LCD data 5 25
7	LCD data 6 27
8	LCD data 7 29
9	ground
10	+5V

En la

Tabla 20 se muestra el detalle de los pines de conexión.

Tabla 20. Conexión de la pantalla EXP2

Pin	Descripción
1	SD MISO 50
2	SD SCK 52
3	encoder B 31
4	SD CS 53
5	encoder A 33
6	SD MOSI 51
7	SD card detect 49
8	Stop button 41
9	No connect
10	No connect

3.2.5. Diagrama de flujo del proceso

Es un recurso gráfico que ilustra un algoritmo, mostrando cada paso necesario para resolver un problema de forma visual. Es necesario realizar este esquema correctamente, ya que sirve como fundamento para la programación en distintos lenguajes. Un esquema de flujo completo y bien detallado simplifica la conversión a código.

Es importante mencionar que un esquema de flujo muestra el proceso como una serie de pasos conectados, simbolizados con "canales" y "depósitos" de información, que indican cómo se mueve la información por todo el sistema. La Figura 29, se proporciona una vista simplificada del algoritmo mediante un flujograma, ofreciendo una explicación clara y concisa del funcionamiento del sistema.

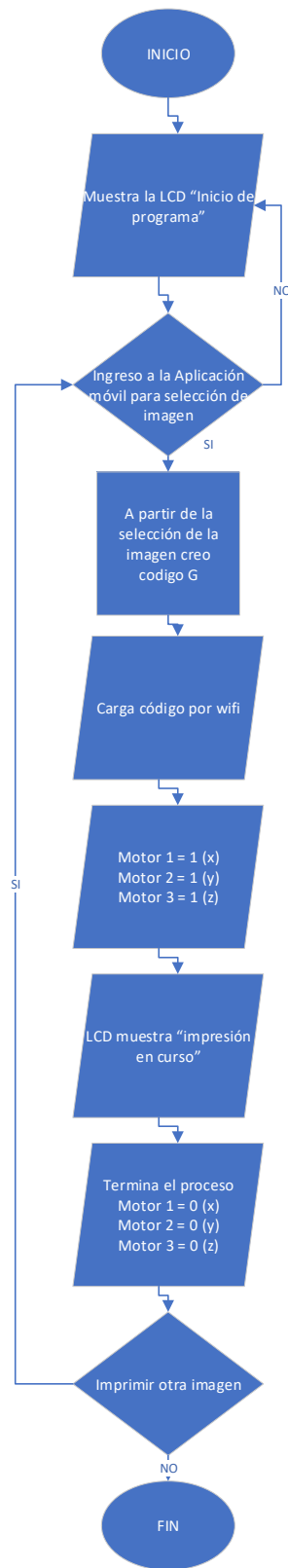


Figura 29 Diagrama de flujo

3.2.6. Implementación del prototipo

A medida del diseño se toma en cuenta las medidas de las hojas A4 convencionales de la Figura 17, además del tamaño de los componentes eléctricos Tabla 18 para obtener el tamaño de la base y los demás materiales para armar el prototipo, los componentes o materiales a utilizarse se muestran en la Figura 30.



Figura 30 Materiales necesarios para la construcción del prototipo

En la Tabla 21 se muestra a detalle los elementos a utilizarse.

Tabla 21. Descripción de los materiales

Ítem	Elemento	Detalle
1	Tapa de la maqueta	Cubre el prototipo y todos los elementos electrónicos, también hace de soporte para la pantalla y el switch de encendido y apagado.
2	Base de la maqueta	Donde van ajustados todos los elementos mencionados en la tabla 18.
3	Caja del engrane	Se guarda el engrane para su correcto funcionamiento.
4	Caja tapa del engrane	Tapa de anclaje para que engrane no se salga de su sitio.
5	Engrane	Elemento de transmisión de potencia de los motores
6	Eje	Elemento de transmisión de potencia hacia las ruedas de la maqueta.

3.2.7. Ensamble mecánico

Para el ensamble mecánico del prototipo se inicia colocando los ejes y los motores donde corresponden para su funcionamiento Figura 31.

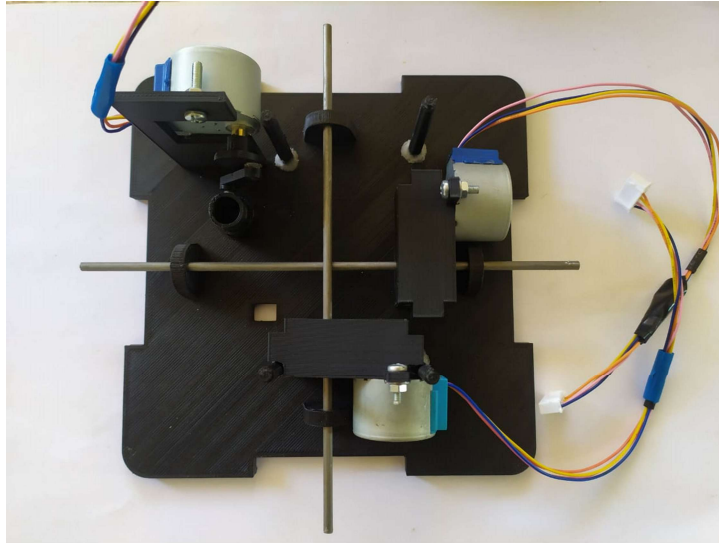


Figura 31 Ensamble del sistema de movimiento

También se coloca en las piezas que logran el movimiento de impresión para que haga contacto con el papel Figura 32.



Figura 32 Mecanismo de impresión

Al igual se coloca la shield para que el usuario pueda visualizar el cómo va el estado de impresión de la imagen solicitada Figura 33.

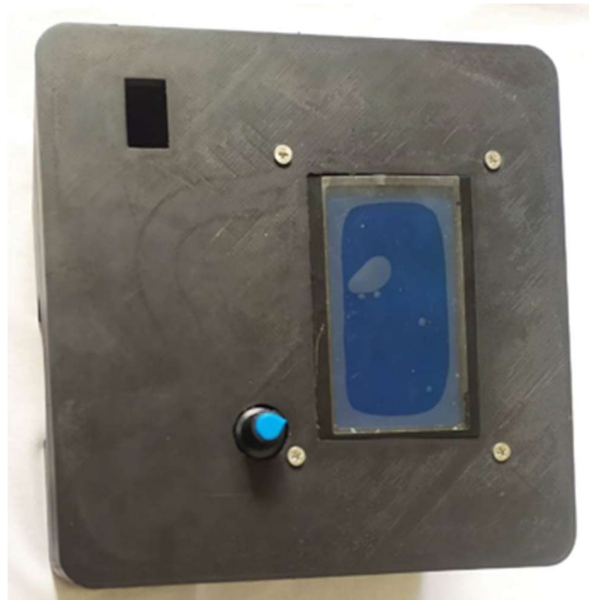


Figura 33 Ensamble de la shield

Una vez colocadas todas las piezas mecánicas se procede a posicionar el resto de componentes electrónicos para que el dispositivo se pueda sellar y así logre su correcto funcionamiento Figura 34.

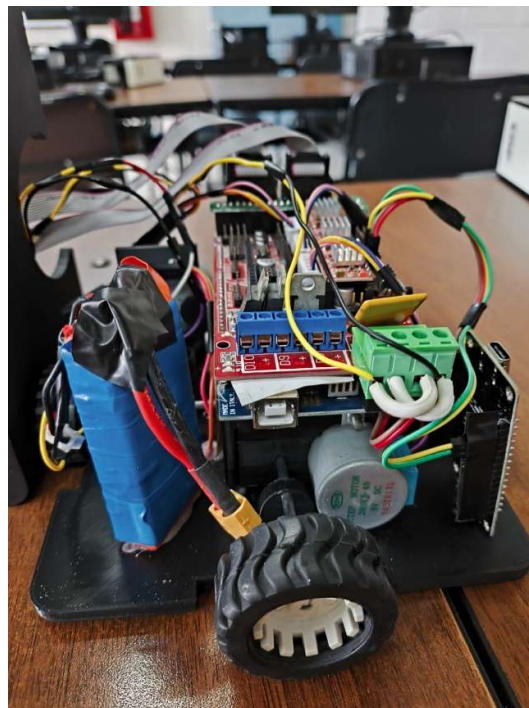


Figura 34 Instalación mecánica de los componentes electrónicos

3.2.8. Ensamble electrónico

Realizada toda la instalación mecánica, así como la instalación de los componentes de electrónicos del prototipo dentro de la maqueta y base del prototipo se procede a hacer la implementación de y conexión de pines que se utilizan para el funcionamiento del prototipo.

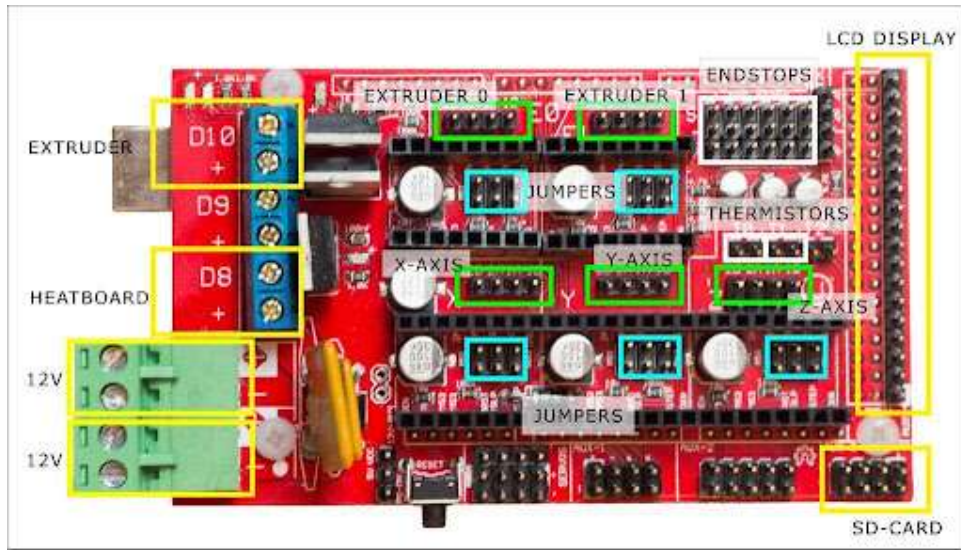


Figura 35 Detalle de conexión de pines

En la Figura 35 se presenta cómo se realizaron las conexiones físicas de los componentes de la Tabla 18 para el control tanto de los motores y drivers para el funcionamiento de todo el sistema, también la alimentación e integración de la batería.

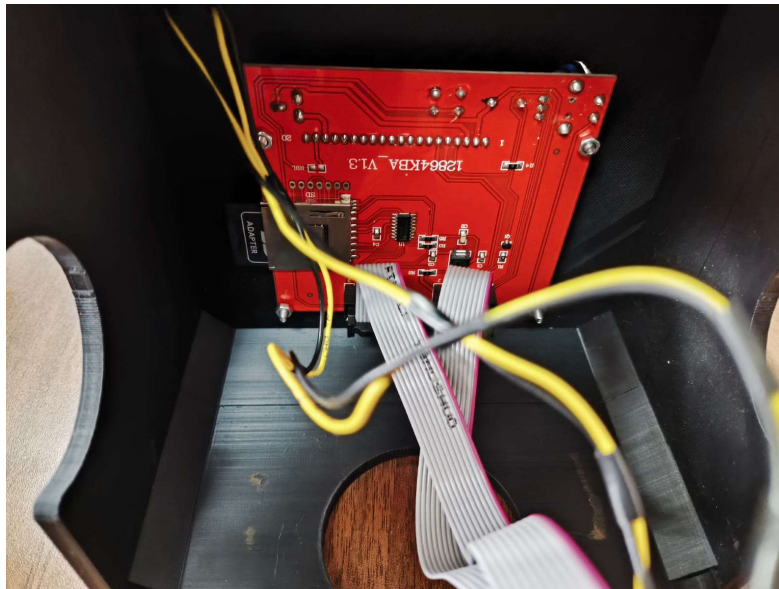


Figura 36 Conexión de la pantalla

En la Figura 36 se muestra la conexión que lleva la pantalla a la shield para el control de la misa y que pueda mostrar lo programado.

3.2.9. Aplicación móvil

Se utiliza la aplicación móvil ya implementada por el Esp, el cual nos otorga un entorno por el cual se puede seleccionar la imagen de una base de datos especificada, así otorga al usuario una interfaz amigable para la selección de la imagen a imprimirse.



Figura 37 Interfaz de la aplicación móvil

En la Figura 1 se muestra la interfaz a utilizar en la aplicación móvil para que el usuario pueda enviar la información de la imagen que requiera para que el prototipo lleve a cabo su labor.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS Y RESULTADOS

En este capítulo se analiza el funcionamiento completo del dispositivo realizando varias pruebas.

4.1. Verificación de movimiento

Durante esta prueba se activa el interruptor para verificar el correcto funcionamiento de la pantalla Glcd 12864 para shield Ramps 1.4. En la Figura 38 se puede evidenciar el funcionamiento cuando ya esté encendido el prototipo, la pantalla muestra un menú el cual puede ser controlado con el potenciómetro y seleccionara la alternativa que desee con el mismo potenciómetro que cuenta con un pulsador incorporado.

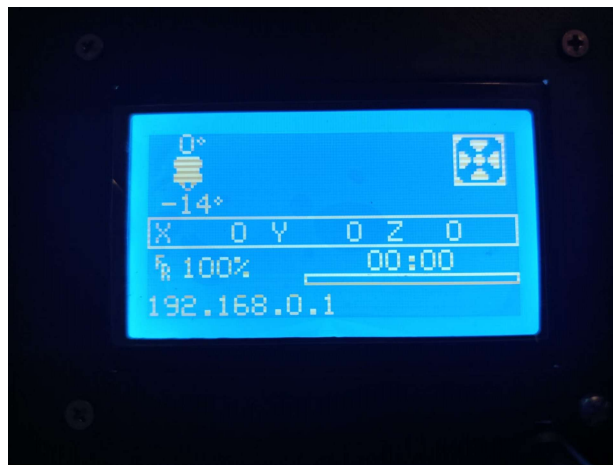


Figura 38 Prueba de movimientos en ejes X, Y, Z

Durante esta prueba se activan los motores pasos 5V que controlan independientemente cada uno de los ejes. En la Figura 39 se puede evidenciar como el motor da movilidad al eje Z que es encargado de controlar el cilindro en el cual va ubicado el instrumento que será el encargado de realizar el trazo como se puede ver en la imagen el cilindro está en el parte inferior ya activado para realizar el trazo.

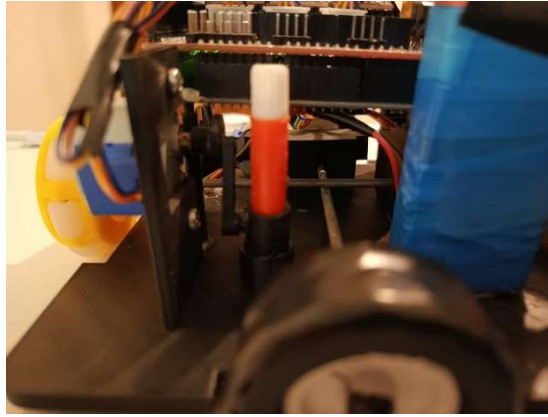


Figura 39 Motor eje Z

En la Figura 40 se puede observar como el cilindro esta desactivado por que se ubica en la parte superior.

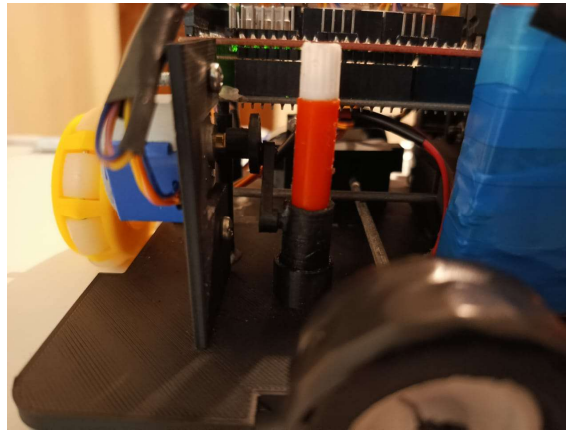


Figura 40 Cilindro de inyección de tinta

Contamos con los movimientos en los ejes X, Y que son circulares los cuales en fotografía no son posible evidenciar, se tomó en cuenta el eje Z en el cual el movimiento se puede identificar de mejor forma.

4.2. Conexión wifi por Esp8266

En esta prueba se realiza la verificación de la conexión del sistema de comunicación inalámbrico que es por medio de Esp8266 el cual cuenta con la dirección IP 192.168.0.1 en la pantalla cuando no está conectado a ningún dispositivo. En la Figura 41 podemos ver como se notifica en la pantalla con la notificación de NEW CLIENT cuando se realizó la correcta conexión con el dispositivo.

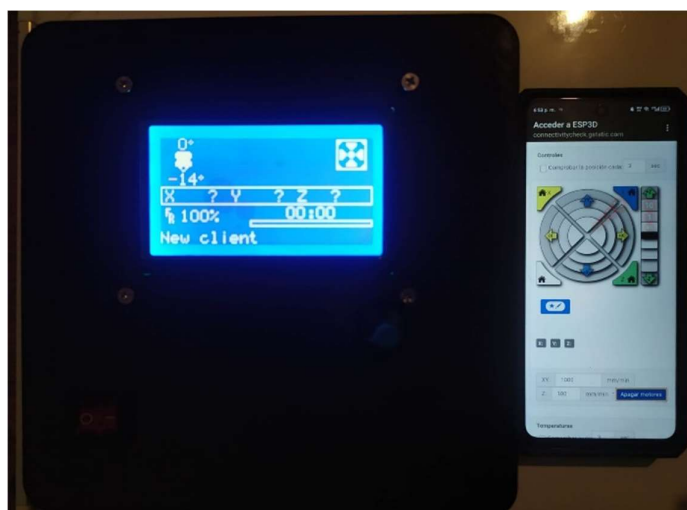


Figura 41 Conexión por Esp8266

4.3. Costos

Durante la producción del dispositivo se tienen en cuenta muchos costes diferentes, incluidos los costes eléctricos, mecánicos y de accesorios.

4.3.1. Elementos mecánicos

En la Tabla 22 se desglosan todos los elementos necesarios para la elaboración del prototipo.

Tabla 22. Costos para la construcción mecánica

Cantidad	Descripción	Precio por unidad (USD)	Precio (USD)	Total
10	Impresión 3D piezas pequeñas	1,50	15,00	
2	Impresión 3D piezas grandes	4,00	8,00	
10	Tornillos con tuerca	0,06	0,60	
1	Pegatanque	4,50	4,50	
2	Llantas omni direccionales	6	12	
2	Llantas mini sumo	4	8	
		Total	48,10	

4.3.2. Elementos eléctricos

En la Tabla 23 se desglosan los elementos necesarios para el control eléctrico.

Tabla 23. Costos de la construcción eléctrica

Cantidad	Descripción	Precio por unidad (USD)	Precio Total (USD)
3	Módulo A4988	2,25	6,75
3	Cables metros	0,80	2,40
1	Arduino Mega 2560	15	15
1	Esp8266	4,50	4,50
1	Pantalla Gled 12864 para shield Ramps 1.4	25	25
1	Interruptor	1,25	1,25
1	Batería 11.1V	25	25
3	Motores pasos 5V	2,75	8,25
1	Ramps 1.4 (Shield)	6	6
		Total	124,15

4.4. Fabricación por empleado

El costo de la mano de obra se ha calculado a partir del salario básico nacional de \$460 dólares americanos. Los detalles de estos costos se presentan en la Tabla 24.

Tabla 24. Costos de fabricación

Mano de Obra	Horas	Valor por hora (USD)	Total (USD)
Diseño Mecánico	3 h	2,91	8,73
Diseño Eléctrico	2h	2,91	5,82
Construcción	5h	2,91	14,55
		Total	29,1

4.5. Total de costos del prototipo

Para determinar el costo total del prototipo de impresora móvil para pictogramas se sumarán Tabla 22, Tabla 23 y Tabla 24 como se puede apreciar en la Tabla 25.

Tabla 25. Total de Costos

Nombre del Costo	Valor (USD)
Construcción Mecánica	48,10
Construcción Eléctrica	124,15
Mano de Obra	29,1
Total	201,35

4.6. Análisis VAN – TIR

Para el desarrollo de este análisis se toma en cuenta los valores iniciales del prototipo actual, para empezar, se determina como valor de precio de lista al valor total de costos para el desarrollo del prototipo (\$201,35), una vez se define esto se calcula el precio para una utilidad del 33% para la venta de cada unidad como se define en la Tabla 26.

Tabla 26. Cálculo de precio de venta

Valor listo	Utilidad	Precio de venta
		Und.
\$ 201,35	33%	\$ 300,52

Se asume que se desarrollen un total de 10 unidades por año como inicio para el estado del prototipo actual, tomando en cuenta este dato se obtiene el valor de ingresos y egresos que se manejaran en el primer año, en la Tabla 27 se observa los valores.

Tabla 27. Valor de ingresos y egresos

	Egreso	Ingreso
Fabricación de 10 Und.	\$ 2.013,50	\$ 3.005,22

Una se vez se determina los valores de ingresos y egresos se accede a la información que se maneja en el flujo de caja para los años que se determine el proyecto, se estima para un tiempo de 5 años teniendo una tasa de oportunidad del 15% de crecimiento, ya sea para aumentar el

valor de precio de venta o la producción de los prototipos, en la Tabla 28 se observan los valores para cada año de producción.

Tabla 28. Flujo de caja para 5 años

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Flujo de caja	\$ -2.013,50	\$ 991,72	\$ 1.166,73	\$ 1.296,37	\$ 1.440,41	\$ 1.600,46

Se determina todos los datos necesarios para realizar el análisis de VAN (Valor Actual Neto) y TIR (Tasa Interna de Retorno), en la Tabla 29 se muestran a manera de resumen los valores mencionados anteriormente y se calculan el VAN y TIR.

Tabla 29. Análisis VAN y TIR

Inversion	\$ 2.013,50
Nº de años	5
Tasa de oportunidad	15%
VAN	\$ 6.229,74
TIR	51%

Como se observa en la Tabla 29, se puede concluir que el desarrollo del prototipo a gran escala puede dar frutos más interesantes de los esperados, al tener un VAN positivo y también una tasa interna de retorno del 51%, se intuye que al realizar las unidades esperadas se obtiene un regreso de capital positivo haciendo atractivo el proyecto para realizarlo a gran escala.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Se exponen las respectivas conclusiones y recomendaciones de todo el proceso correspondiente a la construcción de un prototipo de impresora móvil para pictogramas controlada por CNC.

CONCLUSIONES

- Actualmente, se disponen de diversos dispositivos y productos para realizar el proceso de impresión siendo la mayoría de ellos de grandes dimensiones y dirigidos para personas adultas. Sin embargo, han surgido equipos de impresión de dimensiones más pequeñas, de costos no tan accesibles, su material de fabricación es de baja calidad y sus componentes electrónicos al momento de sufrir verías ya no pueden ser reemplazados. Tras el desarrollo de esta labor se obtiene un prototipo de impresora móvil con un costo de producción aproximado de \$201, permitiendo que sea un dispositivo accesible y de fácil mantenimiento, el dispositivo permitirá trabajar de forma más segura y confiada de acuerdo con la robustez de su estructura.
- Tras analizar las distintas alternativas para la transmisión de fuerza en el prototipo, se optó por un sistema de engranajes con una relación de 1:1. Esta elección se debe a la versatilidad de los engranajes para acoplarse a una alta gama de variedades en los requisitos de diseño y aplicaciones específicas. Además, los engranajes proporcionan una transmisión de fuerza eficiente, optimizan el espacio disponible y mantienen un largo tiempo de vida útil.
- Mediante el estudio realizado con software CAD, se confirmó que los diseños de engranajes y estructuras de resina tienen un factor de seguridad de 1.7 en los engranajes y de 7 en la estructura. Esta comprobación garantiza que el equipo puede soportar las cargas a las que será sometido en su respectivo funcionamiento.
- Las pruebas de funcionamiento realizadas demostraron que el prototipo tiene un comportamiento estable en movimientos rectilíneos a comparación de movimientos curvos o inclinados, ya que ese comportamiento es natural en un control CNC. Lo cual no afecta su correcto funcionamiento ya que está diseñada para realizar pictogramas los cuales son simples y utilizan en su mayoría líneas de trazo rectilíneo.

RECOMENDACIONES

- Explorar y mejorar la capacidad de la impresora para manejar distintos tipos de papel y tinta, de tal manera que el prototipo sea más amigable en los diferentes entornos educativos en los cuales la impresora sea manejada.
- Analizar la implementación de tecnologías avanzadas que mejoren la resolución de impresión para producir pictogramas más definidos y precisos, que puedan ser entendidos de forma más sencilla por los estudiantes.
- Realizar pruebas exhaustivas en una variedad de entornos educativos para verificar la eficacia y durabilidad del prototipo bajo condiciones reales de uso, asegurando así su rendimiento óptimo y resistencia en situaciones prácticas.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] T. Y. Ballesteros Casco y J. T. Guachi Viteri, «El uso de pictogramas y el lenguaje verbal en los niños de educación inicial de la Unidad Educativa “Isabel La Católica”,» Universidad Técnica de Ambato-Facultad de Ciencias Humanas y de la Educación-Carrera de Educación Inicial, Ambato, 2022.
- [2] M. d. Educación, «Tecnología para la Educación,» [En línea]. Available: <https://educacion.gob.ec/tecnologia-para-la-educacion/>. [Último acceso: 16 Mayo 2023].
- [3] Graficasmera, «Principales tipos de impresión,» 29 Diciembre 2020. [En línea]. Available: <https://www.graficasmera.com/es/principales-tipos-de-impresion/>. [Último acceso: 25 Septiembre 2023].
- [4] M. E. Gondra y G. R. Gravalos, *Sistemas de impresion y sus tintas*, Buenos Aires: La Rocca, 2012.
- [5] Propintweb, «Tipos de impresión,» [En línea]. Available: <https://www.proprintweb.com/blog/tipos-de-impresion>. [Último acceso: 25 Septiembre 2023].
- [6] M. Develop, «¿Qué tipos de impresoras existen?,» 26 Marzo 2020. [En línea]. Available: <https://www.mastertec.es/blog/que-tipos-de-impresoras-existen/>. [Último acceso: 25 Septiembre 2023].
- [7] P. Homecenter, «Tipos de impresoras: ¿Cuál elegir?,» [En línea]. Available: <https://www.promart.pe/blog/tipos-de-impresoras>. [Último acceso: 25 Septiembre 2023].
- [8] T. Wildi, *MÁQUINAS ELÉCTRICAS Y SISTEMAS DE POTENCIA*, México: PEARSON EDUCACIÓN, 2007.
- [9] J. C. F. García, *Introducción al control remoto de servomotores industriales*, Sevilla, 2021.

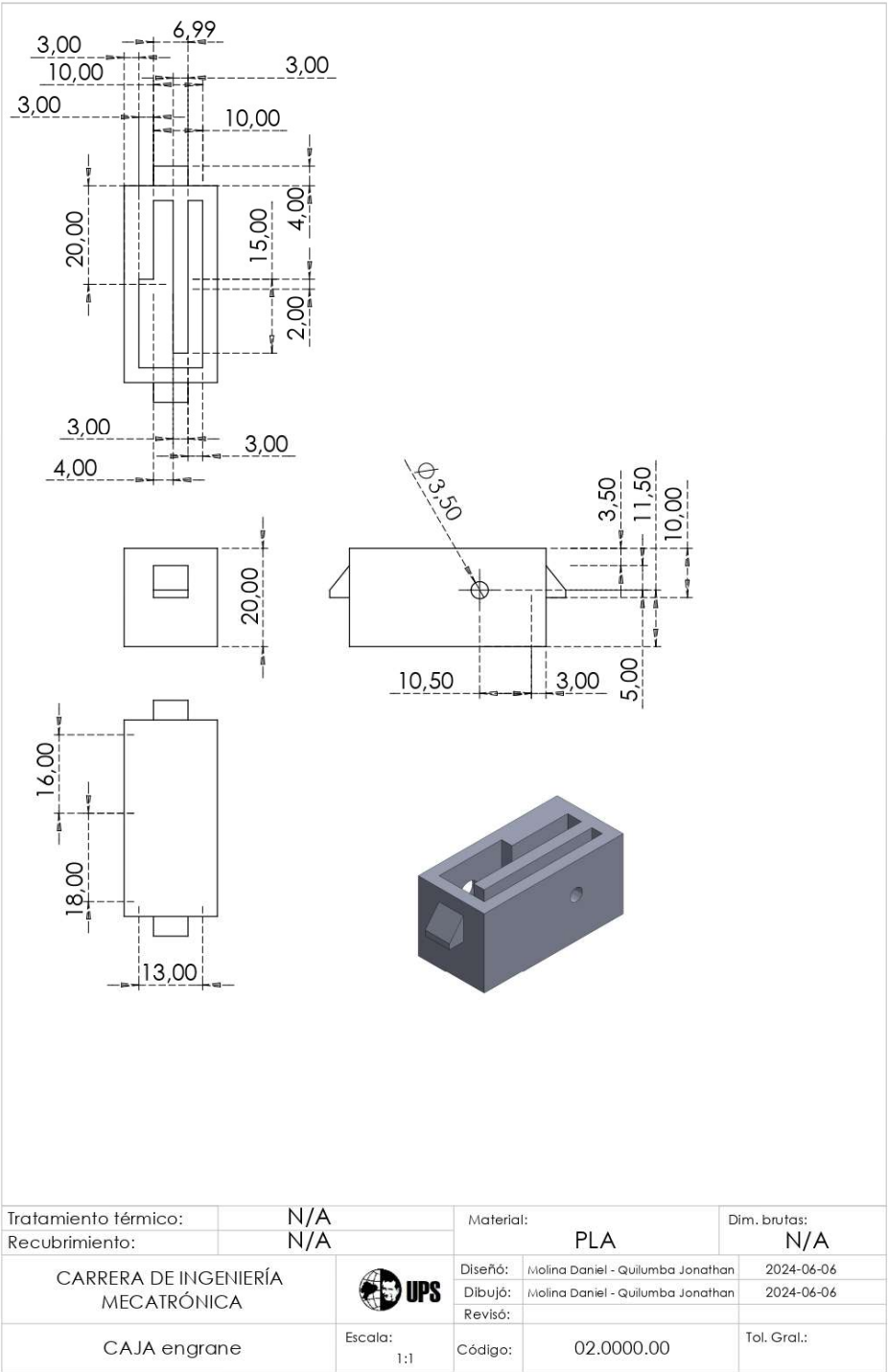
- [10] Acuavital, «¿Motores NEMA?! Definición y sus tipos,» [En línea]. Available: <https://acuavital.wordpress.com/2019/02/15/motores-nema-definicion-y-sus-tipos/>. [Último acceso: 25 Septiembre 2023].
- [11] D. R. Schmidt, Arduino Curso completo 2ª Edición, Madrid: RA-MA S.A. Editorial y Publicaciones, 2022.
- [12] L. Llamas, «Robot con Omni Wheel controlado por Arduino,» 18 Septiembre 2018. [En línea]. Available: <https://www.luisllamas.es/robot-con-omni-wheel-controlado-por-arduino/#:~:text=Los%20robots%20con%20Omni%20Wheel,pueden%20realizar%20cualquier%20movimiento%20posible..> [Último acceso: 25 Septiembre 2023].
- [13] J. A. J. Tejada, «COMPONENTES Y CIRCUITOS ELECTRÓNICOS,» 18 Octubre 2011. [En línea]. Available: https://www.ugr.es/~tejada/manuales/CCE_Transp.pdf. [Último acceso: 25 Septiembre 2023].
- [14] V. García, «DESCRIPCIÓN DEL DRIVER A4988,» EPA, 05 Marzo 2020. [En línea]. Available: <https://www.diarioelectronico hoy.com/blog/descripcion-del-driver-a4988>. [Último acceso: 25 Septiembre 2023].
- [15] UAEH, «Módulo Bluetooth,» 2021. [En línea]. Available: http://ceca.uaeh.edu.mx/informatica/oas_final/OA4/mdulo_bluetooth.html. [Último acceso: 25 Septiembre 2023].
- [16] Xukyo, «Uso de un Arduino CNC Shield V3,» Araña Corp, 14 Febrero 2023. [En línea]. Available: <https://www.aranacorp.com/es/uso-de-un-arduino-cnc-shield-v3/>. [Último acceso: 20 Noviembre 2023].
- [17] Megatronica, «Pantalla Glcd 12864 Para Shield Ramps Arduino Mega Cnc 3d,» Megatronica, [En línea]. Available: <https://megatronica.cc/producto/pantalla-glcd-12864-para-shield-ramps-arduino-mega-cnc-3d/>. [Último acceso: 1 Mayo 2024].
- [18] E. G. G. Chilpe, *GUÍA DE USO DE PICTOGRAMAS PARA MEJORAR LA LECTO-ESCRITURA EN EL SEGUNDO AÑO DE EDUCACIÓN GENERAL BÁSICA JORNADA VESPERTINA DE LA UNIDAD EDUCATIVA SAYAUSÍ, AÑO 2022*, Cuenca, 2023.

- [19] A. G. R. Díaz, «Pictogramas para niños y cómo favorecer el lenguaje y la comunicación,» Luca, 01 Junio 2022. [En línea]. Available: <https://www.lucaedu.com/pictogramas-para-ninos/>. [Último acceso: 25 Septiembre 2023].
- [20] D. Carnero, «CEVAGRAFBLOG,» 09 Septiembre 2023. [En línea]. Available: <https://www.cevagraf.coop/blog/medida-din-a4/>. [Último acceso: 10 Junio 2024].
- [21] 3dlaboratorio, «Filamento PLA+,» [En línea]. Available: <https://3dlaboratorio.es/plastic-pla.htm>. [Último acceso: 10 Junio 2024].
- [22] M. V3, «¿Qué es el Acero INOX 304?,» 30 Marzo 2021. [En línea]. Available: <https://www.metalisteriav3.es/acero-inoxidable-304-caracteristicas-propiedades/>. [Último acceso: 10 Junio 2024].
- [23] 330ohms, «MOTOR A PASOS 5V - 28BYJ-48,» 330ohms, [En línea]. Available: <https://www.330ohms.com/products/motor-a-pasos-5v-28byj-48>. [Último acceso: 10 Junio 2024].
- [24] R. P. Areny, Senrores y acondicionadores de señal, Barcelona: Marcombo Boixareu Editores.
- [25] G. M. Z. Alvarez, «Uso de los pictogramas en el desarrollo estudiantil,» Monografías.com, [En línea]. Available: <https://www.monografias.com/trabajos106/uso-pictogramas-desarrollo-estudiantil/uso-pictogramas-desarrollo-estudiantil>. [Último acceso: 25 Septiembre 2023].
- [26] Brady, «Guía de pictogramas del GHS,» [En línea]. Available: <https://www.bradyid.com.mx/aplicaciones/requisitos-para-el-etiquetado-ghs/guia-de-pictogramas-ghs>. [Último acceso: 25 Septiembre 2023].
- [27] Anónimo, «Sensores moduladores,» Blogspot, 13 Julio 2018. [En línea]. Available: <https://medind10ma.blogspot.com/2017/07/sensores-sensor-un-sensor-es-un.html#:~:text=Son%20aquellos%20en%20donde%20la,entrada%20solo%20controla%20la%20salida..> [Último acceso: 20 Noviembre 2023].

- [28] N. Mechatronics, «MÓDULO BLUETOOTH 4.0 BLE HM-10,» Naylamp Mechatronics - Perú, [En línea]. Available: <https://naylampmechatronics.com/inalambrico/133-modulo-bluetooth-40-ble-hm-10.html#:~:text=Permite%20la%20conexión%20con%20dispositivos,estas%20trabajando%20con%20comunicación%20serial..> [Último acceso: 20 Noviembre 2023].
- [29] V. García, «DESCRIPCIÓN DEL DRIVER A4988,» Diario electronico hoy, 5 Marzo 2020. [En línea]. Available: <https://www.diarioelectronico hoy.com/blog/descripcion-del-driver-a4988>. [Último acceso: 20 Noviembre 2023].
- [30] M. Tronics, «Modulo Driver para Motor PAP EasyDriver V4.4 A3967,» Movil Tronics, 12 Marzo 2015. [En línea]. Available: <https://moviltronics.com/tienda/modulo-driver-para-motor-pap-easydriver-v44-a3967/>. [Último acceso: 20 Noviembre 2023].

ANEXOS

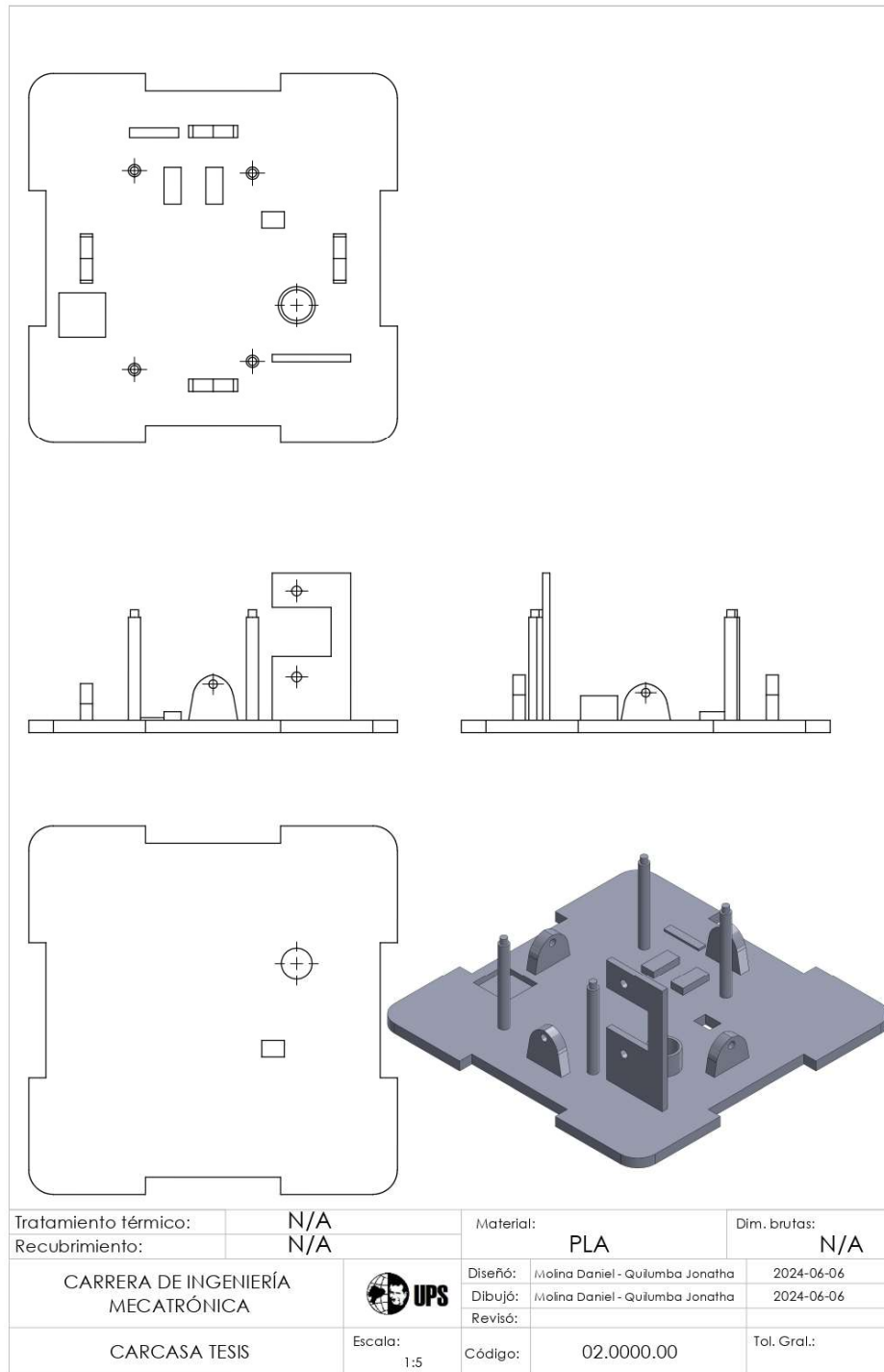
ANEXO 1
Caja del engrane



Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.

ANEXO 2

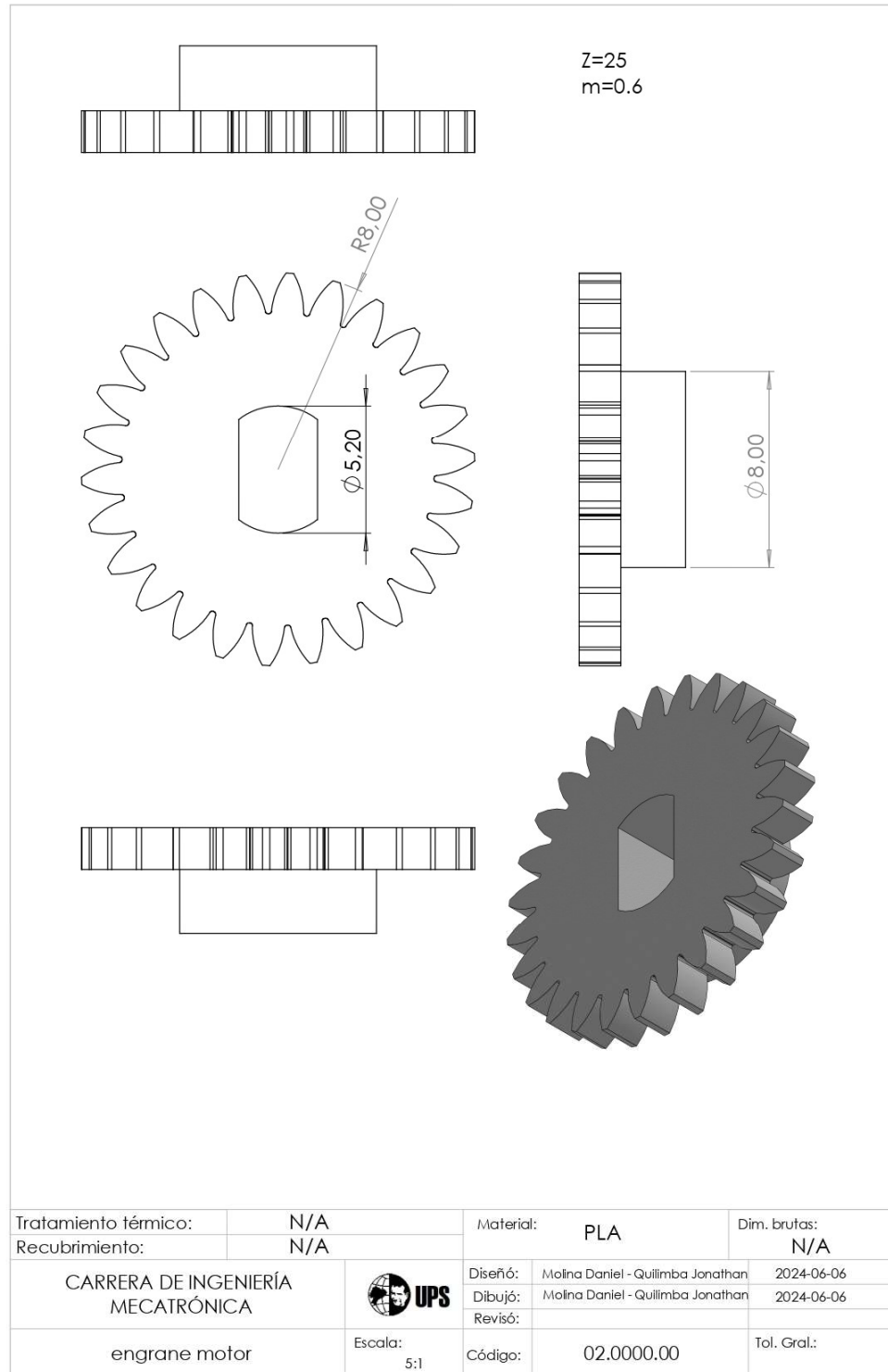
Carcasa



Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.

ANEXO 3

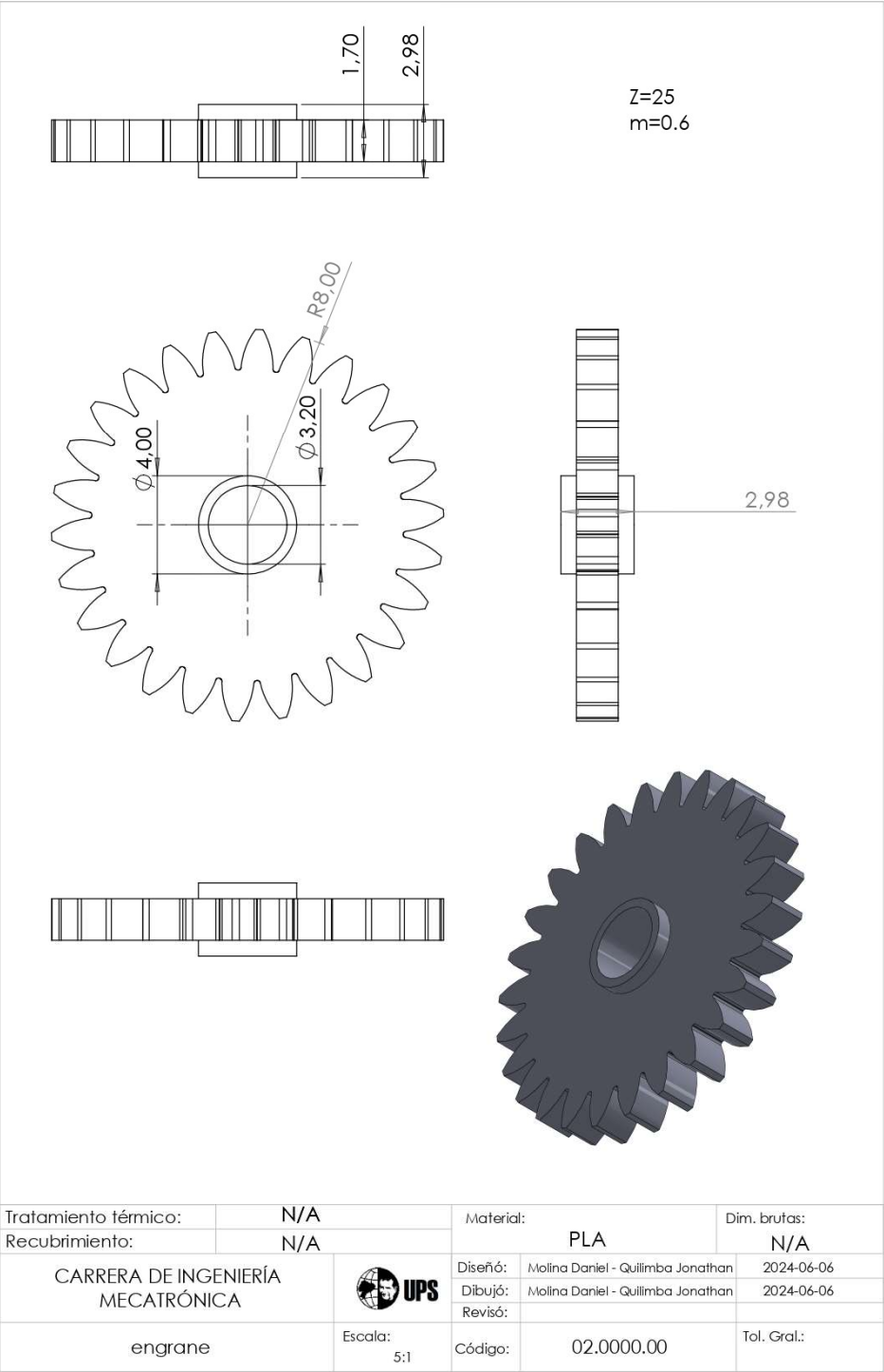
Engrane Motor



Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.

ANEXO 4

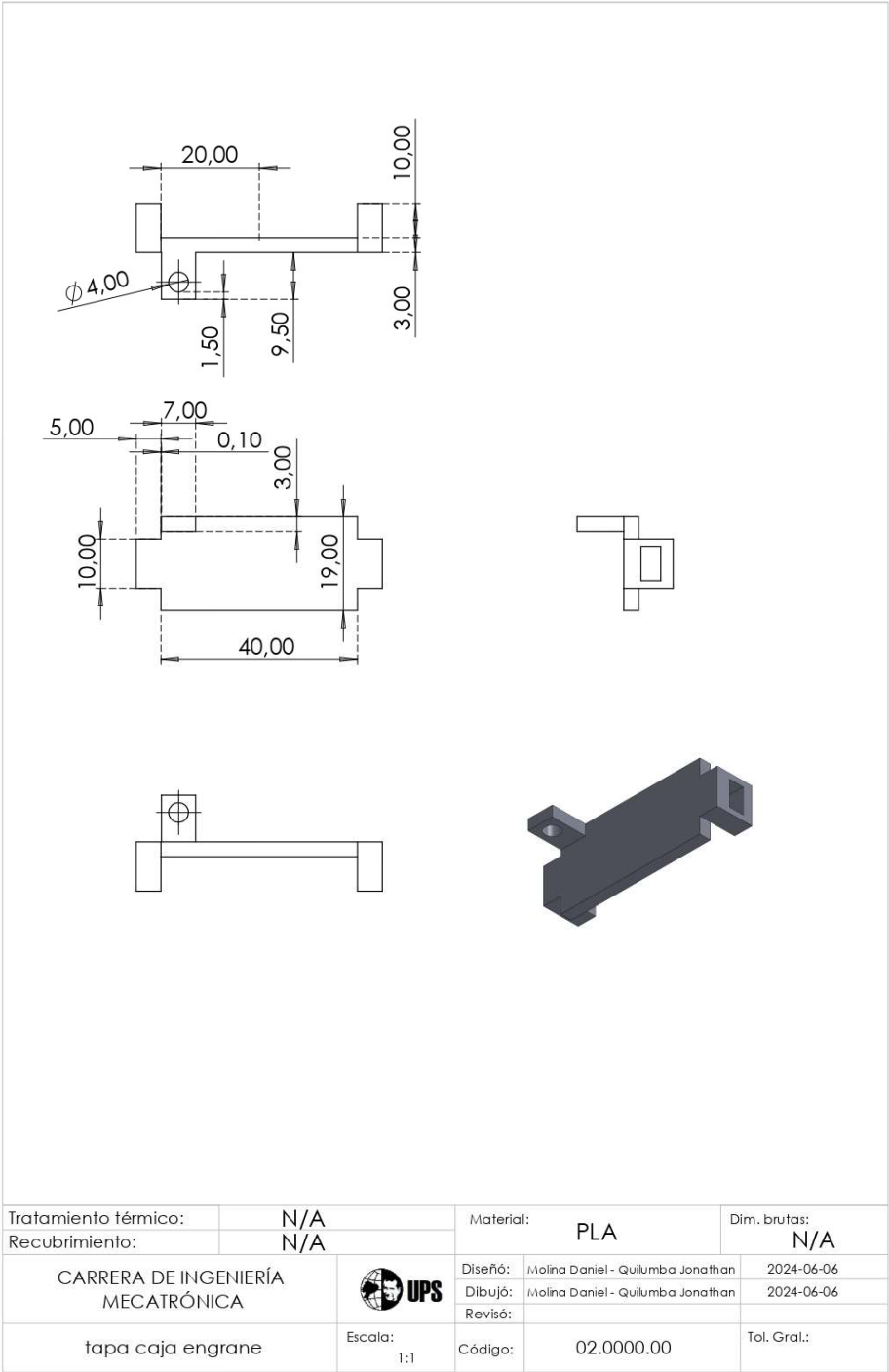
Engrane Eje



Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.

ANEXO 5

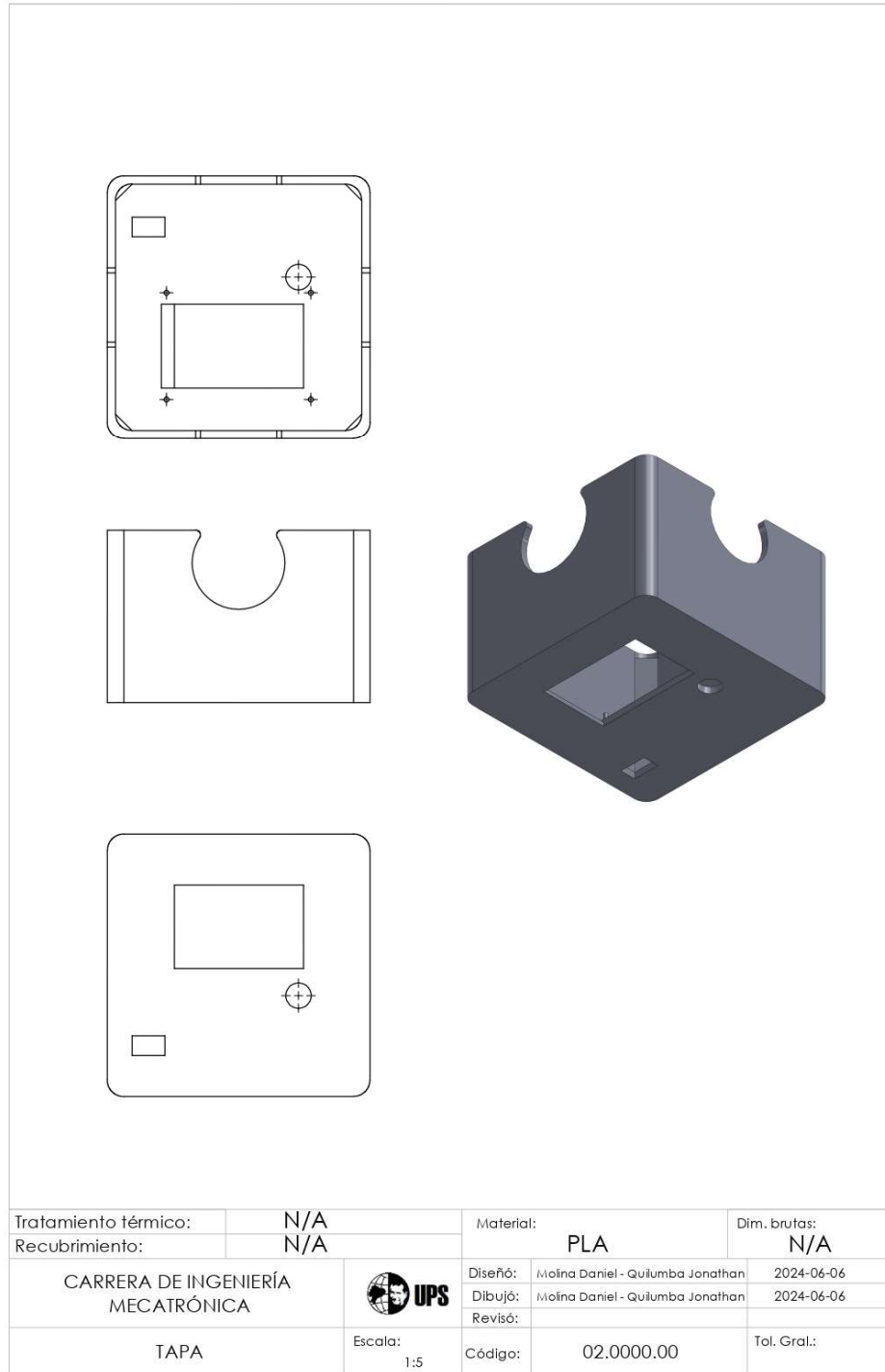
Tapa caja engrane



Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.

ANEXO 6

Tapa carcasa



Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.