

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE



Facultad De Ingeniería En Ciencias Aplicadas

Carrera De Ingeniería En Mantenimiento Eléctrico

## **PROTOTIPO DE SCANNER 3D BASADO EN KINECT VERSIÓN 2**

Trabajo de grado presentado ante la Ilustre Universidad Técnica del Norte previo  
a la obtención del título de Ingeniero en Mantenimiento Eléctrico

Autor:

Luis Alfredo Obando Rodríguez

Director:

Ing. Francisco Roberto Naranjo Cobo MSc.

Ibarra-Ecuador

2022



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**BIBLIOTECA UNIVERSITARIA**  
**AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA**  
**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA**

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

DATOS DEL AUTOR			
CÉDULA DE IDENTIDAD	2100674452		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Obando Rodríguez Luis Alfredo		
DIRECCIÓN:	Sevilla Km29 via Quito – Cascales – Sucumbios		
e-mail:	<a href="mailto:laobandor@utn.edu.ec">laobandor@utn.edu.ec</a>		
TELÉFONO FIJO:	(06)2335005	TELÉFONO MÓVIL:	0990935701

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	"PROTOTIPO DE SCANNER 3D BASADO EN KINECT VERSIÓN 2"
AUTOR:	Obando Rodríguez Luis Alfredo
FECHA:	17 de octubre de 2022
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSTGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniero en Mantenimiento Eléctrico
ASESOR/DIRECTOR:	Ing. Naranjo Cobo Francisco Roberto MSc.

**2. CONSTANCIA**

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

Ibarra, 17 de octubre de 2022

**El Autor:** Luis Alfredo Obando Rodríguez



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**  
**CERTIFICACIÓN**

En calidad de tutor del trabajo de grado titulado: "PROTOTIPO DE SCANNER 3D BASADO EN KINECT VERSIÓN 2", para obtener el título de Ingeniero en Mantenimiento Eléctrico, certifico que el presente trabajo fue desarrollado por el señor Luis Alfredo Obando Rodríguez, bajo mi supervisión.

Ibarra, 17 de octubre de 2022

  
Ing. Naranjo Cobo Francisco Roberto MSc.  
DIRECTOR

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo lo dedico a Dios, al ser la base fundamental de inspiración y valor para alcanzar cada una de mis metas.

A mis padres, por su esfuerzo y trabajo continuo. Su ejemplo ha permitido que forje cada uno de los objetivos y pueda lograrlos.

A mi hermana, por estar siempre presente, y brindarme su apoyo moral.

A todas las personas quienes me han apoyado y han permitido que mi trabajo se vea reflejado en mi satisfacción y logro de metas.

**Luis A. Obando R.**

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios, por hacer posible superar cada dificultad y culminar una etapa que solo será el inicio de muchos logros más en mi vida profesional y personal.

Gracias a mis padres, Julia y Joaquín; al ser los pioneros y promotores de mis sueños, por confiar y creer en mis expectativas, por cada uno de sus consejos y valores inculcados a lo largo de mi vida.

Agradezco a los docentes de mi institución por ser los escalones de conocimiento y sabiduría, en especial al Ingeniero Naranjo, su guía en el desarrollo de este proyecto lo hizo posible.

**Luis A. Obando R.**

## TABLA DE CONTENIDOS

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN .....	II
CERTIFICACIÓN .....	III
DEDICATORIA.....	IV
AGRADECIMIENTO.....	V
ÍNDICE DE FIGURAS .....	IX
ÍNDICE DE TABLAS .....	XI
RESUMEN .....	XII
ABSTRACT.....	XIII
INTRODUCCIÓN.....	XIV
ANTECEDENTES .....	XIV
DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA .....	XV
OBJETIVOS.....	XVI
JUSTIFICACIÓN .....	XVI
ALCANCE .....	XVII

## CAPÍTULO 1

### DESCRIPCIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS DE ESCANEEO 3D

<b>1.1 Escáner 3D .....</b>	<b>1</b>
1.1.1 <i>Tipos de escáner 3D.....</i>	<i>1</i>
1.1.2 <i>Técnicas usadas en un escáner 3D sin contacto para recopilación de imágenes.....</i>	<i>2</i>
1.1.3 <i>Reconstrucción de imágenes 3D.....</i>	<i>4</i>
<b>1.2 Hardware.....</b>	<b>5</b>
1.2.1 <i>Kinect.....</i>	<i>6</i>
1.2.2 <i>Elementos de Iluminación.....</i>	<i>7</i>
1.2.3 <i>Actuadores.....</i>	<i>8</i>
1.2.4 <i>Controlador del motor DC.....</i>	<i>9</i>
1.2.5 <i>Arduino Nano.....</i>	<i>9</i>
<b>1.3 Software.....</b>	<b>10</b>

1.3.1	Software para el modelado 3D.....	10
-------	-----------------------------------	----

## CAPÍTULO 2

### DISEÑO DE UN PROTOTIPO DE SCANNER 3D BASADO EN KINECT VERSIÓN 2

<b>2.1</b>	<b>Metodología.....</b>	<b>12</b>
2.1.1	Análisis.....	13
2.1.2	Diseño.....	13
2.1.3	Implementación del prototipo.....	14
2.1.4	Pruebas.....	14
<b>2.2</b>	<b>Revisión bibliográfica .....</b>	<b>15</b>
<b>2.3</b>	<b>Descripción general del sistema de escaneo .....</b>	<b>15</b>
2.3.1	Principales requerimientos del escáner 3D.....	15
<b>2.4</b>	<b>Diseño del hardware .....</b>	<b>16</b>
2.4.1	Armazón.....	17
2.4.2	Estructura móvil.....	18
<b>2.5</b>	<b>Procesamiento de las imágenes.....</b>	<b>34</b>
2.5.1	Cámara.....	34
2.5.2	Especificaciones del Software.....	35
2.5.3	Equipo de cómputo.....	36
<b>2.6</b>	<b>Flujograma de digitalización .....</b>	<b>37</b>
<b>2.7</b>	<b>Diseño del diagrama de conexiones .....</b>	<b>38</b>

## CAPÍTULO 3

### CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE SCANNER 3D BASADO EN KINECT VERSIÓN 2

<b>3.1</b>	<b>Construcción del prototipo de Scanner 3D.....</b>	<b>41</b>
3.1.1	Estructura.....	41
3.1.2	Implementación de la parte Eléctrica y Electrónica.....	43
3.1.3	Software.....	44
<b>3.2</b>	<b>Pruebas realizadas para la obtención de imágenes 3D usando el prototipo...50</b>	

<b>3.3 Pruebas con otros objetos .....</b>	<b>56</b>
<b>3.4 Resultados de imágenes 3D obtenidas con el prototipo.....</b>	<b>57</b>
<b>Conclusiones.....</b>	<b>60</b>
<b>Recomendaciones .....</b>	<b>61</b>
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>62</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>65</b>
<b>ANEXO A: MOTOR A PASOS REDUCTOR 1:100 – NEMA 17.....</b>	<b>65</b>
<b>ANEXO B: DRIVER DEL MOTOR .....</b>	<b>66</b>
<b>ANEXO C: PANTALLA TACTIL NX3224K028 .....</b>	<b>68</b>
<b>ANEXO D: ARDUINO NANO .....</b>	<b>70</b>
<b>ANEXO E: SHIELD .....</b>	<b>71</b>
<b>ANEXO F: SENSOR MÁGNETICO.....</b>	<b>72</b>
<b>ANEXO G: LUCES RGB.....</b>	<b>73</b>
<b>ANEXO H: PROGRAMACIÓN .....</b>	<b>74</b>



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura.1.1. Aplicación de un Escáner 3D por contacto.....	2
Figura.1.2. Escáner 3D portátil.....	3
Figura.1.3. Nube de puntos de un atomizador.....	5
Figura.1.4. Malla de polígonos.....	5
Figura.1.5. Dispositivo Kinect versión 1.....	6
Figura.1.6. Versión 2 del dispositivo Kinect 1.....	7
Figura.1.7. (a) luces RGB, (b) ejemplificación de los parámetros RGB.....	7
Figura.1.8. Motor de corriente DC.....	9
Figura.1.9. Controlador del motor paso a paso.....	9
Figura.1.10. Vista superior del Arduino Nano.....	10
Figura.2.1. Mapa conceptual del desarrollo de la metodología considerada en la investigación.....	12
Figura. 2.2. Gabinete y chasis del prototipo.....	16
Figura.2.3. Conexiones para perfiles.....	17
Figura.2.4. Embellecedor.....	18
Figura.2.5. Plataforma del plato giratorio.....	19
Figura.2.6. Ubicación la cámara con relación a la base giratoria.....	19
Figura.2.7. Diagrama de bloques de la parte móvil.....	20
Figura.2.8. Distribución y características de los pines del Arduino Nano.....	26
Figura.2.9. Screw Shield.....	27
Figura.2.10. Fuente de alimentación 12VDC.....	28
Figura.2.11. Fuente de alimentación 5VDC.....	30
Figura. 2.12. Sensor magnético.....	31
Figura. 2.13.Pantalla Nextion.....	33
Figura.2.14. (a) y (b) Flujograma de digitalización.....	37
Figura.2.15. Diagrama de bloque de la plataforma giratoria.....	38
Figura.2.16. Diseño eléctrico y electrónico del prototipo de Scanner 3D.....	39
Figura.3.1. Estructura del soporte fijo del prototipo de scanner 3D.....	42
Figura.3.2. Disposición de la cámara Kinect con la plataforma de rotación en conjunto con la iluminación.....	42
Figura.3.3. Conexiones de los elementos eléctricos y electrónicos.....	43
Figura.3.4. Conexiones de los elementos eléctricos y electrónicos.....	43
Figura.3.5. Parámetros por configurar en el software Scan 3d.....	44
Figura.3.6. Parámetros por configurar en el software Scan 3d.....	45
Figura.3.7. Visualización de la pantalla de inicio del controlador del prototipo.....	46

Figura.3.8. Visualización de la pantalla de inicio del controlador del prototipo. ....	47
Figura.3.9. Pantalla de los comandos para control de velocidad y luces.....	48
Figura.3.10. Pantalla de control de la iluminación auxiliar.....	49
Figura.3.11. Prototipo finalizado.....	49
Figura.3.12. Gráficas de los resultados obtenidos mediante tiempo e iluminación .....	58
Figura.3.13. Figura digitalizada en 3D Scan y pulida en el software 3D Builder.....	59

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Perfiles de aluminio .....	17
Tabla 2.2. Características principales del motor paso a paso Nema 17. ....	24
Tabla 2.3. Características de la placa de desarrollo. ....	25
Tabla 2.4. Características de la placa de desarrollo. ....	27
Tabla 2.5. Características técnicas de fuente de alimentación de 12V. ....	28
Tabla 2.6. Características técnicas de fuente de alimentación de 5V. ....	30
Tabla 2.7. Características del sensor magnético. ....	31
Tabla 2.8. Características de la pantalla Nextion. ....	32
Tabla 2.9. Características de luces Leds. ....	33
Tabla 2.10. Características de las versiones de la cámara Kinect. ....	34
Tabla 2.11. Requerimientos del sistema para usar el software 3D Scan. ....	35
Tabla 2.12. Requerimientos del sistema para usar el software 3D Builder. ....	36
Tabla 2.13. Características del equipo de cómputo a usar en conjunto con el prototipo. ....	36
Tabla 3.1. Resultados de las pruebas realizada a una carcasa de un motor. ....	50
Tabla 3.2 Otras pruebas con otros objetos. ....	56
Tabla 3.3 Datos de los resultados de las pruebas a 40 segundos. ....	57
Tabla 3.4 Datos de los resultados de las pruebas a 20 segundos. ....	57
Tabla 3.5 Datos de los resultados de las pruebas a 16 segundos. ....	58

## RESUMEN

El desarrollo de nuevas tecnologías tridimensionales ha contribuido a distintos campos de estudio como es la ingeniería. Estos avances tecnológicos son de costos elevados y no se encuentran disponibles en el país, por lo que resulta complicado para las personas tener acceso a conocimientos que ayuden a generar modelos de utilidad basados en la modificación de productos preexistentes ya que una vez escaneada y obtenida la imagen se la puede alterar con las herramientas de un software disponible.

El objetivo de esta investigación es la construcción de un prototipo de Scanner 3D basado en Kinect versión 2. Para lograr la construcción del prototipo que permite escanear objetos y obtener imágenes tridimensionales se definen las características de diseño del mismo, considerando las limitaciones de funcionamiento según la literatura. Posteriormente se valida la construcción del diseño mecánico, eléctrico y electrónico del prototipo con las pruebas realizadas a objetos del laboratorio de electricidad obteniendo los modelos 3D.

El prototipo está conformado por una estructura fija donde se sitúa la cámara Kinect versión 2 y la plataforma giratoria responsable de la rotación de los objetos de prueba mediante el acople de un motor paso a paso. La intensidad de la iluminación de la cabina y la velocidad de giro de la plataforma son controladas por el usuario desde una interfaz amigable que recibe los datos de las revoluciones por minuto (rpm) y las características luminosas de las luces led. La tarjeta de control toma estos datos y envía una señal al controlador permitiendo la puesta en marcha del prototipo de Scanner 3D. Para obtener las imágenes tridimensionales se ejecutan softwares para la obtención de una nube de puntos y en consecuencia el modelo 3D, siendo posible editar o replicar el mismo a conveniencia del usuario.

Como validación de este tema de investigación se obtuvo un modelo 3D de la carcasa de un esmeril bajo diferentes condiciones iniciales, permitiendo evaluar errores de diseño y aplicar correcciones al Scanner. En consecuencia, aprobado el diseño, la construcción del prototipo de Scanner 3D basado en Kinect versión 2, se entrega una herramienta funcional que beneficiará a la comunidad universitaria.

**Palabras claves:** Scanner 3D, Kinect, Imagen tridimensional, Modelo 3D.

## ABSTRACT

The development of new three-dimensional technologies has contributed to different fields of study such as engineering. These technological advances are expensive and not available in the country, so it is difficult for people to have access to knowledge that helps generate utility models based on modifying pre-existing products since once scanned and obtained the image can be altered with the tools of a software available.

The objective of this research is the construction of a prototype 3D scanner based on Kinect version 2. To achieve the construction of the prototype that allows scanning objects and obtaining three-dimensional images, the design characteristics of the same are defined, considering the limitations of operation according to the literature. Later the construction of the mechanical, electrical and electronic design of the prototype is validated with the tests carried out on objects of the electricity laboratory obtaining the 3D models.

The prototype consists of a fixed structure where the Kinect version 2 camera is located and the rotating platform responsible for the rotation of the test objects by coupling a stepper motor. The intensity of the cabin lighting and the platform speed are controlled by the user from a friendly interface that receives the data of the revolutions per minute (rpm) and the luminous characteristics of the LED lights. The control card takes this data and sends a signal to the controller allowing the commissioning of the 3D Scanner prototype. To obtain the three-dimensional images, software is executed to obtain a cloud of points and consequently the 3D model, being possible to edit or replicate it at the convenience of the user.

Validation of this research topic was obtained a 3D model of the case of an emery under different initial conditions, allowing to evaluate design errors and apply corrections to the scanner. Accordingly, approved the design, the construction of the prototype Scanner 3D based on Kinect version 2, is delivered a functional tool that will benefit the university community.

**Keywords:** 3D scanner, Kinect, Three-dimensional image, 3D model.

# INTRODUCCIÓN

## ANTECEDENTES

Soloman (2018) menciona que: “El escaneo 3D es una herramienta educativa”. Dentro de los laboratorios y espacios educativos, específicamente los universitarios, es posible adoptar una combinación de distintas áreas y materias en donde se haga uso de las imágenes 3D para facilitar el aprendizaje y la impartición de cátedras con la finalidad de mejorar la calidad de la enseñanza y el fortalecimiento de los conocimientos aprendidos.

“Tanto las personas mayores como los jóvenes deberían considerar piezas impresas en 3D, herramientas u otros objetos que sean más fáciles y económicos de imprimir que comprar” (Soloman, 2018, pp. 234). Justamente el escaneo facilita la obtención de un objeto físico en una imagen en 3D la cual puede ser llevada a impresión reduciendo costos y facilitando el uso de elementos que en el mercado sean difíciles de encontrar o adquirir.

AEIPRO indica que: “Un escáner 3D permite capturar la forma y características de cualquier tipo de volumen o entorno y construir un modelo tridimensional con la ayuda de un software específico” (p.110). El poder obtener una imagen en 3D facilita el análisis de los objetos y del entorno, que a la vez puede ser traducido en una impresión tridimensional. “Las personas usan un escaneo como punto de partida para lo que están haciendo o una referencia dimensional y luego dibujan sobre él en un programa CAD para corregir y limpiar el escaneo” (Horvath & Cameron, 2018, p.56).

Las personas pueden hacer uso de distintos softwares, de preferencia de licencia libre, con los cuales se pueden pulir la imagen obtenida del escaneo realizado. El scanner 3D utiliza Microsoft Kinect que “consta de un sensor de infrarrojos, sensor y una cámara RGB. Aprovechando la luz estructurada a través de un patrón de puntos rojos, Kinect puede escanear un objeto que devuelve una malla al espacio RGB-D, las mallas pueden textualizarse” (Ippolito, 2017, pp. 477).

Esta cámara por lo general también se emplea en una gran cantidad en espacios de entretenimiento, como consolas y computadoras, a la vez permite a los usuarios desarrollar distintas aplicaciones en donde se puede hacer uso de distintas capacidades como interactuar o reconocer gestos y señales.

Kinect presenta dos versiones, la primera es “El dispositivo Kinect versión 1 el cual sale a finales del año 2010 e introduce el plano 3D (tres dimensiones)” (Rahman, 2017, pp.266). Al ser la pionera de Microsoft en introducir imágenes con distintas dimensiones dio apertura a

que existan mejoras y facilitó la obtención de objetos reales en imágenes 3D dando paso a un avance tecnológico y ayuda en áreas como la educación, artes, mecánica, salud, entre otras.

González, Remondino, Rodríguez & Nocerino (2018) menciona que “El sensor Kinect versión 2 presenta varias ventajas técnicas en comparación con la primera versión Kinect V1” (p.463). La cámara funciona con una técnica ToF (*Time of Flight*) que estima distancias de cuerpos así un cálculo en la línea del tiempo entre la emisión y la recepción de un haz de luz infrarroja el cual nos permite ir obteniendo una imagen a partir de un objeto real. Gracias a la mejora que tiene la versión 2 de Kinect se puede realizar las imágenes con mejor resolución y precisión

La cámara Microsoft Kinect versión 2 “utiliza el principio ToF con color mejorado y resolución de profundidad creando la posibilidad de detección 3D de alta resolución y bajo costo en condiciones de campo (...) y el uso es medir el tamaño del dosel (altura y volumen)” (Puttonen, Pfeifer, Bucksch & Zlinszky, 2018, pp.102).

Los avances tecnológicos permiten ir obteniendo mejoras en los elementos que se utiliza y dan una mejor experiencia a los usuarios, facilitándoles la obtención de imágenes 3D a partir de objetos reales.

## **DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA**

La digitalización 3D actualmente ha dado paso al desarrollo de nuevas tecnologías, contribuyendo en distintos campos de estudio como es la ingeniería. Estos avances tecnológicos se implementan en los laboratorios de la carrera de Electricidad para contribuir con el desarrollo de imágenes tridimensionales y creación de prototipos de manera ágil y eficiente. El uso de un scanner 3D hace posible reponer ciertas piezas útiles para los estudiantes de la carrera, al aplicar esta herramienta en diferentes proyectos a realizar.

La tecnología tridimensional a la vez contribuye en la reducción de costos en los proyectos que se llevan a cabo en el ámbito profesional y ayuda a generar modelos de utilidad basados en la modificación de productos preexistentes ya que una vez escaneada y obtenida la imagen se la puede alterar con las herramientas de un software disponible.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo General**

Construir un prototipo de Scanner 3D basado en Kinect versión 2 para digitalizar piezas mediante los softwares 3D Scan y 3D Builder.

### **Objetivos Específicos**

1. Describir los tipos de tecnologías del Scanner 3D.
2. Diseñar un prototipo de Scanner 3D basado en Kinect versión 2.
3. Construir un prototipo de Scanner 3D basado en Kinect versión 2.

## **JUSTIFICACIÓN**

El desarrollo del prototipo del escáner 3D basado en Kinect versión 2 permitirá contribuir a la innovación y uso de las tecnologías en la carrera de Electricidad, satisfaciendo la necesidad de desarrollar prototipos de manera ágil, modificar diseños de objetos disponibles en el mercado, reponer piezas de los laboratorios de la carrera de Electricidad, las cuales se deterioran con el tiempo o uso que se les da y a su vez son difíciles de conseguir por su elevado precio. En donde los beneficiados son los estudiantes de la carrera de Electricidad.

El prototipo permitirá digitalizar un objeto, para ser analizado, modificado o preparado para su reproducción mediante una impresora 3D. El costo de adquisición de un scanner 3D, se reducirá con el uso de tecnología más asequible, brindando como resultado objetos 3D de alta calidad.

La Constitución del Ecuador en el artículo 262 indica que los gobiernos regionales autónomos tendrán la competencia exclusiva de: “determinar las políticas de investigación e innovación del conocimiento, desarrollo y transferencia de tecnologías, necesarias para el desarrollo regional, en el marco de la planificación nacional” (128).

Haciendo referencia a este artículo es digno mencionar que la innovación y la tecnología son parte fundamental para el desarrollo del país y esto es indispensable en las aulas de educación superior de donde salen los profesionales del país. El artículo 8 de la Ley Orgánica de Educación Superior menciona que: “serán fines de la educación superior aportar al desarrollo del pensamiento universal, al despliegue de la producción científica y a la promoción de las transferencias e innovaciones tecnológicas” (p.6).



## **ALCANCE**

El tipo de investigación que se va a llevar a cabo es de tipo descriptivo y práctico ya que se va a establecer una descripción lo más completa posible de un elemento concreto; mide las características y observa su configuración y procesos, tratando de obtener una imagen esclarecedora del estado de la situación (Salkind, 1999).

El tema de investigación se enfoca en la construcción de un prototipo de Scanner 3D basado en Kinect versión 2, el cual obtiene una imagen tridimensional a partir de un objeto real para poder ser analizado y modificar su tamaño en sus tres ejes dimensionales con la ayuda del software 3D Builder. El programa generará un archivo en diferentes formatos (\*.3mf; \*.stl; \*.obj; \*.ply; \*. gltf y \*.glb), compatibles con la impresión 3D.

Con la tecnología mejorada en la versión 2 de la cámara Kinect tanto en detección de profundidad, calidad de resolución de 1920 x 1080 pixeles, cámara infrarroja (IR) y una mejoría en el ruido de fondo, el sensor brinda una correcta iluminación de los objetos a escanear, que permite una mejor visualización 3D. El rango de distancia desde la cámara hasta el objeto para la captación de profundidad fluctúa entre 0.5 m hasta 4.5 m, considerando como ideales el intervalo de distancia de 1.2 m a 3.5 m y posee un campo de visión en horizontal de 57° y en vertical de 60° (Muñiz, 2018).

En la elaboración del proyecto se realiza un análisis bibliográfico a profundidad donde se revisan temas relacionados al diseño y softwares que se van a utilizar para la digitalización 3D de las piezas, se propone usar los softwares de 3D Scan y 3D Builder, los cuales vienen integrados en Windows 10 y son compatibles con la cámara Kinect 2.

La construcción del prototipo tendrá las dimensiones de trabajo de 0,50 m de largo por 0,50 m de ancho por 0,50 m de alto. El gabinete del Scanner estará construido con materiales como perfiles de aluminio y láminas de acrílico. En su interior tendrá la cámara Kinect versión 2 acompañada de una plataforma giratoria, la cual usará un motor paso a paso Nema 17 que tiene un giro 360° gracias a su torque. La plataforma girará sin problema con su respectiva fuente de poder y drivers, controlados con un Arduino nano y algunos componentes electrónicos, mecánicos y electromecánicos necesarios para el funcionamiento de la misma.

Se diseñará el prototipo tomando en cuenta aspectos como la calidad de la luz que vaya a tener al momento de escanear, por lo que se añadirá luces RGB, permitiendo escoger el color de la luz según el objeto que se vaya a escanear y optimizar de esa manera la imagen 3D.

Los softwares que se utilizará son 3D Scan y 3D Builder, el primer software permitirá obtener la imagen tridimensional por medio del escaneo y el otro software ayudará en el modelado, “ofrece la posibilidad de pulir los modelos, suavizándolos y simplificándolos, y reparar figuras de forma automática para poder realizar una correcta impresión” (Tilves, 2016, p. 01). Se basa en la geometría constructiva de sólidos, ambos softwares vienen incluidos en Windows 10, y nos facilitan el diseño, modificación de tamaño y visualización de un modelo 3D a partir de formas geométricas simples: cubo, cilindro, pirámide, hexágono, tetraedro, etc.

Para el manejo correcto de este prototipo de Scanner 3D basado en Kinect versión 2 se adjuntará un manual de instrucciones de uso, dimensiones de trabajo, softwares a utilizar y formatos de archivos que tendrá la imagen 3D obtenida (\*.3mf; \*.stl; \*.obj; \*.ply; \*. gltf y \*.glb).

# CAPÍTULO 1

## DESCRIPCIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS DE ESCANEEO 3D

En este capítulo se detalla las diferentes tecnologías del Scanner 3D que existen en la actualidad. Se describen conceptos técnicos y tecnológicos relativos al tema de la presente investigación y se muestra la importancia de innovar y mantener en constante actualización un laboratorio para el desarrollo de futuros prototipos.

### 1.1 Escáner 3D

Es un dispositivo que permite determinar la geometría de un objeto y con estos datos recrear un modelo virtual 3D del mismo, siendo objeto de modificaciones y manipulaciones con programas dedicados para este uso. En la actualidad el escaneo 3D se ha convertido en una herramienta muy útil y de gran importancia para la ingeniería, arquitectura, odontología, arte, medicina, entre otros.

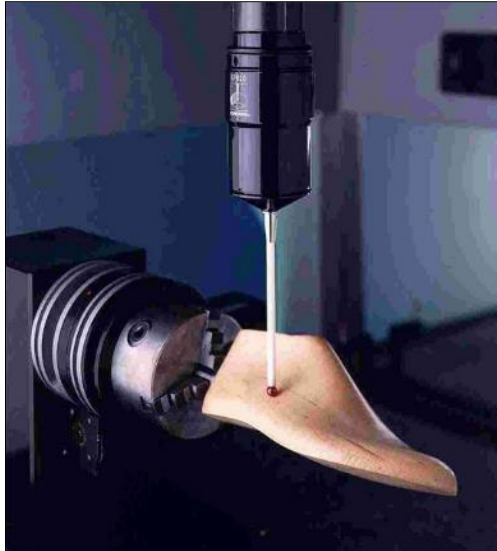
La industria tecnológica presenta una innovación constante, la cual trae consigo cambios y mejoras continuas que aportan al modelado 3D, brindando una mejor calidad de escaneo en un menor tiempo. “El scanner 3D es un dispositivo que analiza un objeto para obtener datos de su forma y poder usarlos para construir modelos digitales en tres dimensiones, que se utilizan en una amplia variedad de aplicaciones” (Berral, 2016, pág. 228).

#### 1.1.1 Tipos de escáner 3D

El escaneo 3D implica la interacción de distintos componentes que permiten la detección de diversos puntos que conforman las partes de un elemento u objeto. Dependiendo de las tecnologías que se usen para el procesamiento de los objetos 3D, se pueden clasificar los escáneres 3D. En (Berral, 2016) se establece que hay dos tipos: con contacto con el objeto y sin contacto. Los sin contacto se dividen en dos categorías principales: activos y pasivos.

##### 1.1.1.1 Con contacto

Este escáner 3D tiene un palpador que va recorriendo la pieza como se muestra en la Figura 1.1 capturando la geometría de la misma o a su vez, se toca con el palpador en diferentes puntos del objeto para conseguir las coordenadas XYZ. Siendo muy usados en el campo de la ingeniería ya que su precisión es muy elevada, por otro lado, no es recomendado su uso en objetos de valor artísticos o delicados, ya que el palpador podría causar daños irreparables (GP, 2018).



**Figura.1.1.** Aplicación de un Escáner 3D por contacto.  
**Nota:** Tomado de (GP, 2018).

### 1.1.1.2 Sin contacto

En este tipo de escáner 3D el principio de funcionamiento se basa en la emisión de energía (luz, sonido) para la obtención de los datos de la geometría del objeto. Su principal ventaja es la rapidez en el proceso de adquisición de datos.

El escáner 3D sin contacto activo tiene la característica de emitir una radiación que permite detectar con facilidad la reflexión que pasa a través de los elementos escaneados. Por otro lado, el escáner 3D sin contacto pasivo usa la radiación ambiente reflejada para obtener la imagen tridimensional, no tiene contacto físico ni usa ningún tipo de luz. Estos sistemas pasivos no necesitan, ni hacen uso de ningún tipo de dispositivo especial que les permita obtener y capturar la imagen tridimensional. La adquisición de datos se lo realiza por medio de sensores de profundidad que cuenta con una cámara de tiempo de vuelo integrada que envía una luz al objeto y calcula el tiempo que demora en rebotar y volver.

### 1.1.2 Técnicas usadas en un escáner 3D sin contacto para recopilación de imágenes

No todos los sistemas de escaneo están en la capacidad de capturar con un alto grado de fidelidad el objeto escaneado, todo va a depender de la tecnología que los escáneres utilizan y también de los softwares que se apliquen, sin embargo, la precisión de captura de imagen del objeto no siempre es necesaria por lo que se ha llevado a cabo el desarrollo de escáneres no profesionales que se pueden adquirir a bajo costo y ofrecen la calidad suficiente para obtener una imagen tridimensional de objetos pequeños hasta objetos de gran magnitud (Sicnova, 2020).

### 1.1.2.1 Triangulación láser

Sicnova (2020) indica que esta técnica es conocida porque el punto láser, el sensor y el emisor láser forman un triángulo. Está basado en trigonometría, capturando una forma 3D en millones de puntos. Su funcionamiento se basa en la proyección de un punto láser sobre un objeto, el cual se registra con la ayuda de sensores. Gracias a que los sensores se encuentran a una distancia conocida de la fuente láser, a partir de la distancia entre el escáner y el objeto se puede deducir la superficie del objeto logrando obtener una imagen tridimensional.

Las ventajas de esta tecnología es que ofrece gran resolución y precisión al momento de escanear y el precio de estos equipos es bajo. Sin embargo, dependiendo del material del objeto a escanear, superficies muy brillantes o transparentes podría afectar al proceso (Sicnova, 2020).

### 1.1.2.2 Luz estructurada

Los escáneres que usan esta técnica también se basan en triangulación, pero no utilizan la línea o el punto láser, sino un patrón de luz. Se los puede diferenciar por ser dispositivos portátiles y su facilidad de operar con una sola mano, ver Figura 1.2.



**Figura.1.2.** Escáner 3D portátil.  
**Nota:** Tomado de (Sicnova, 2020).

La luz emitida de esta tecnología es blanca o azul. “El patrón generalmente consiste en una serie de bandas, pero también puede ser una matriz de puntos u otras formas” (Sicnova, 2020). La luz es emitida por una fuente de luz estable de uno o más sensores de cámara, instalados cerca del proyector que permiten examinar la forma del patrón de luz y calculan la distancia desde cada punto de visión.

Las ventajas para este dispositivo son la velocidad de escaneo y cobertura de áreas de gran tamaño. Las restricciones para este dispositivo es que son muy sensibles a las

condiciones de iluminación, en determinados entornos lo cual lo imposibilitaría para trabajar al aire libre.

### **1.1.2.3 Visión estéreo**

Se basa en el análisis complejo de imágenes tomadas en diferentes posiciones. La información así obtenida, permite posicionar en 3D el lugar en donde se toman las fotografías y deducir los volúmenes del objeto, entorno o cuerpo” (Sicnova, 2020, pág. 1).

La técnica de visión estéreo corresponde a la versión pasiva de las técnicas de luz estructurada. En este caso, dos o más cámaras capturan simultáneamente la misma escena u objeto. En principio, la reconstrucción por enfoque estéreo utiliza la siguiente secuencia de pasos de procesamiento: adquisición de la imagen, el modelado de la cámara, extracciones de características, análisis de correspondencia y, la triangulación (VILLAMAR F, 2016).

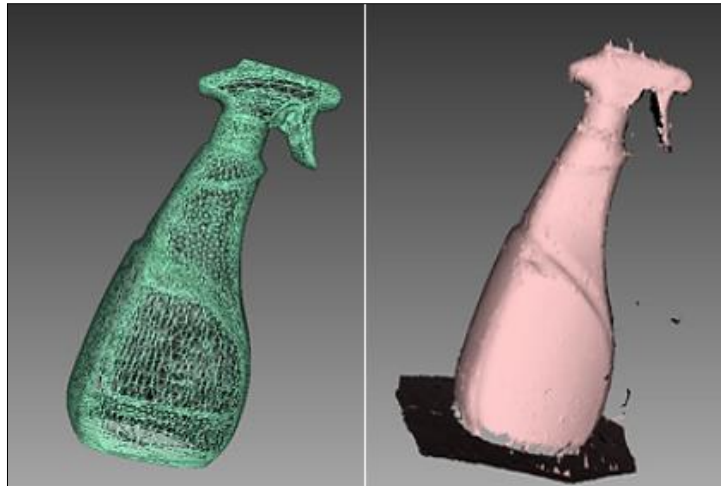
### **1.1.3 Reconstrucción de imágenes 3D**

En la actualidad existen diferentes sistemas de escaneo 3D los cuales fundamentan sus principios de funcionamiento en técnicas diversas detalladas en el apartado anterior. Para obtener el modelo 3D es necesaria una secuencia de pasos, comenzando con la reconstrucción de la superficie del objeto o escenario a través de los datos de las imágenes tomadas. Este proceso requiere que la información espacial obtenida del objeto sea expresada mediante puntos con coordenadas tridimensionales, el conjunto de estos puntos es denominado nube de puntos, para luego ser transformada en una malla de polígonos y generar un modelo consolidado. Por último, haciendo uso de herramientas de diseño asistido por computadora (CAD) se realizan las modificaciones requeridas o el proceso que sea necesario al modelo 3D generado (Favieri, 2015).

#### **1.1.3.1 Nube de puntos**

El objetivo es crear una nube de varios puntos para extrapolar un objeto determinado. Los archivos de nubes de puntos son un conjunto de vértices en un sistema de coordenadas tridimensionales. Estos vértices usualmente son definidos por las coordenadas x, y, z y son empleados para la descripción de la superficie exterior de un objeto (Favieri, 2015).

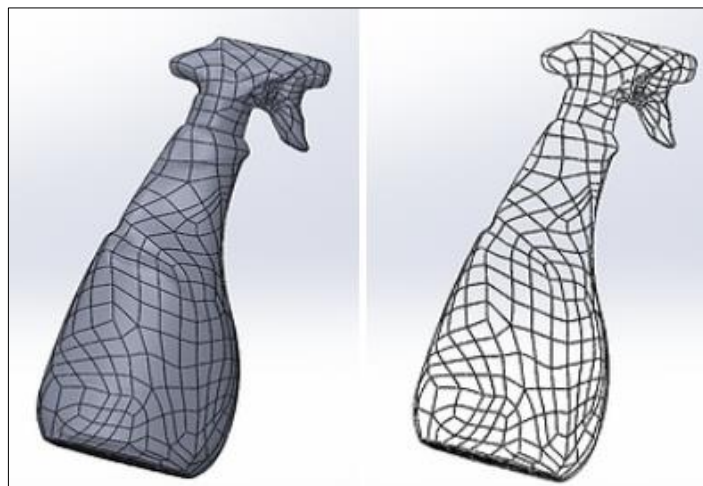
A partir de esta nube de puntos se va a crear la reconstrucción de varios lados de la figura, reconstruyendo una imagen exacta y fiel a la del objeto físico que se escaneó. En la Figura 1.3 se indica un ejemplo de una nube de puntos de un atomizador.



**Figura.1.3.** Nube de puntos de un atomizador.  
**Nota:** tomado de (*Labs3d, 2018*).

### 1.1.3.2 Modelo de mallas de polígonos

Las mallas poligonales están formadas por distintos vértices, caras y también ejes, los cuales en conjunto van a formar la imagen tridimensional “Un vértice corresponde a un punto en el espacio 3D, un eje es una conexión entre dos vértices, y una cara es un conjunto cerrado de ejes, siendo en general un triángulo o cuadrilátero” (Echeverría, 2016, pág. 14). En la Figura 1.4 se muestra una malla de polígonos de dos conejos en la cual se muestra a detalle las formas poligonales que constituyen la réplica digital del objeto.



**Figura.1.4.** Malla de polígonos.  
**Nota:** Tomado de (*Labs3d, 2018*).

## 1.2 Hardware

En esta sección se detalla los diferentes dispositivos necesarios en la construcción de un prototipo de escáner 3D, considerando las características significativas y principios de funcionamiento de cada elemento.

### 1.2.1 Kinect

Kinect es un dispositivo desarrollado y lanzado por Microsoft, usada en consolas de video juego que permite utilizarse sin mandos, la cual capta los movimientos del objeto o persona debido a que trabaja directamente con la nube de puntos (Lema O & Martinez L, 2017). La Kinect está conformado internamente por un proyector y cámara infrarrojo, una cámara RGB, un procesador internos y micrófonos. Entre este tipo de tecnologías existen dos versiones la Kinect 1 y Kinect 2 (Del Valle, 2021). En relación con su principio de funcionamiento, la cámara Kinect captura la profundidad y detalles del objeto, al mismo tiempo su sensor infrarrojo emite la luz hacia el objeto para obtener la ubicación del elemento a ser escaneado y formar la silueta, la cual se encuentra rotando en una base giratoria. Este proceso es repetitivo hasta formar completamente un conjunto de siluetas que forman el elemento digitalizado en forma de una nube de puntos.

#### 1.2.1.1 Kinect versión 1

Esta tecnología fue presentada en junio del 2009, usadas para las consolas de Xbox 360 las cuales daban a entender que ahora la persona es el control de los videojuegos y colocada en la categoría de entretenimiento familiar y fitness trainers. Esta tecnología como era nueva presentaba algunos bugs lo que ocasionó su desinterés en algunos usuarios. Otro detalle que destacar como desventaja era su tamaño ya que requería mucho espacio (Del Valle, 2021). Una imagen del dispositivo se aprecia en la Figura 1.5.



**Figura.1.5.** Dispositivo Kinect versión 1.  
**Nota:** Tomado de (Del Valle, 2021).

#### 1.2.1.2 Kinect versión 2

Microsoft tuvo inconvenientes para introducir la Kinect versión 1, por lo que hizo mejoras en los sensores de movimiento para realizar el lanzamiento de la versión 2, como se aprecia en la Figura 1.6. Estos avances permiten tener una mayor precisión en el reconocimiento de los objetos, así como las cámaras infrarrojas permiten ver en la oscuridad. A pesar de que la



Kinect no tuvo un buen desempeño en el mundo de los videojuegos determinó un impacto positivo en otras áreas como medicina y educación (Del Valle, 2021).



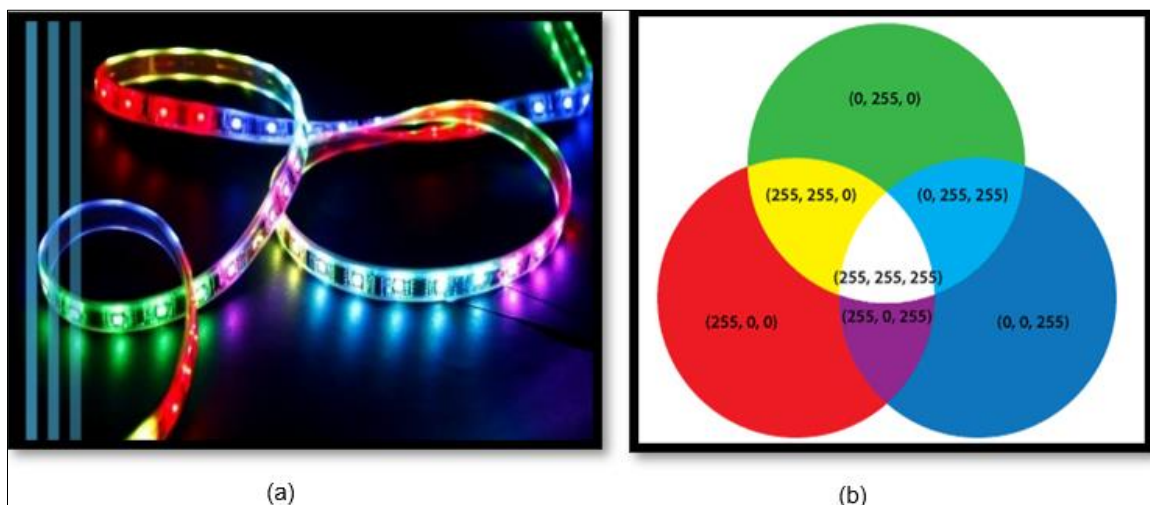
**Figura.1.6.** Versión 2 del dispositivo Kinect 1.  
**Nota:** Tomado de (Del Valle, 2021).

## 1.2.2 Elementos de Iluminación

Para un mejor escaneo del objeto o pieza a escanear, es importante la iluminación para dar diferentes tipos de ambiente, dependiendo de la pieza u objeto que se va a tratar.

### 1.2.2.1 Leds RGB

La iluminación con leds RGB (Red, Green, Blue) es un sistema en el cual un led combina estos tres colores para obtener más de 16 millones de tonos de luz, de esta forma, según como se configuran los parámetros se emite un tono de luz u otro. En la Figura 1.7 a, se muestra las luces RGB y algunas de sus posibles combinaciones ejemplificadas como se detalla en el apartado siguiente.



**Figura.1.7.** (a) luces RGB, (b) ejemplificación de los parámetros RGB.  
**Nota:** Adaptado de (Electropolis, 2019).

Así, por ejemplo, el rojo se obtiene como una mezcla RGB de valor (225, 0, 0), el verde indica los parámetros (0, 255, 0) y el azul se obtiene de la combinación (0, 0, 255) de manera que en cada caso se obtiene un color monocromático como se muestra en la Figura 1.7 (b). La ausencia de color o color negro se tiene cuando los tres componentes RGB tienen los valores (0, 0, 0) como combinación (Folguera & Muros, 2013, pág. 81).

### 1.2.3 Actuadores

Para lograr una correcta digitalización del modelo 3D, es necesario obtener todos los lados del objeto. El prototipo contará con una parte móvil la cual tendrá un motor, siendo uno de los elementos principales para la digitalización de los objetos, ya que permitirá dar una vuelta de 360° que ayudará a la Kinect V2 a visualizar el objeto.

- **Motor**

El motor eléctrico es un dispositivo que permite transformar la energía eléctrica en energía mecánica, esto se consigue por medio de la rotación de un campo magnético a través de un bobinado (López J. , 2018). Dependiendo del tipo de corriente eléctrica que se utilice los motores se pueden clasificar en dos grupos: motores de corriente alterna (AC) y motores de corriente directa (DC). (Chapman, 2019)

Clasificación de motores corriente alterna:

- Motores síncronos
- Motores asíncronos
- Motores devanados en serie

Clasificación de motores corriente directa:

- Motores devanados en serie
- Motores devanados en paralelo
- Motores devanados compuesto
- Motores de imán permanente

Para el prototipo se va a usar motores de corriente continua ya que trabajan con menos voltaje y por ende menos corriente, debido a las especificaciones del objeto a escanear. Otro motivo principal del uso de estos motores es su facilidad de manejo e instalación en el prototipo.



**Figura.1.8.** Motor de corriente DC  
**Nota:** Tomado de (Stepperonline, 2022).

### 1.2.4 Controlador del motor DC

También conocidos como controlador *Microstep*, generan las señales de potencia para activar a los motores de pasos, estas señales de ingreso de control pueden venir de una tarjeta de control, un computador, un PLC, etc. Los controladores de motores paso a paso permiten manejar los voltajes e intensidades que se suministra al motor y así establecer la velocidad de giro y su posición. Para determinar el tipo de controlador se debe tomar en cuenta el voltaje nominal y la corriente del motor. En la Figura 1.9 se indica el controlador para un motor paso a paso de tipo industrial.

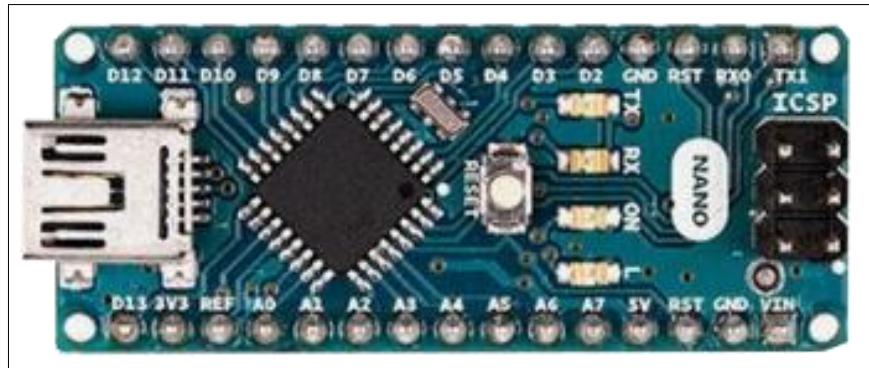


**Figura.1.9.** Controlador del motor paso a paso.  
**Nota:** Adaptado de (Dfrobot, 2021).

### 1.2.5 Arduino Nano

Arduino Nano es una placa de desarrollo de tamaño compacto, completo y compatible con *protoboards*, basada en el microcontrolador ATmega328P. Tiene 14 pines de entrada y

salida digital de los cuales 6 pueden ser usando con PWM, 6 entradas analógicas, un cristal de 16Mhz, conexión Mini-USB, terminales para conexión ICSP y un botón de reinicio como se muestra en la Figura 1.10 (Ingeniería-MCI, 2021).



**Figura.1.10.** Vista superior del Arduino Nano.  
**Nota:** Tomado de (Moreno & Córcoles, 2018).

### 1.3 Software

Una vez establecidos los elementos necesarios para la construcción del prototipo de escáner 3D basado en Kinect versión 2, es necesaria la utilización y aplicación de distintos programas para el uso y funcionamiento del dispositivo objeto de esta investigación.

#### 1.3.1 Software para el modelado 3D

Para la obtención de imágenes 3D de un objeto o piezas a escanear son de utilidad los softwares 3D Scan y 3D Builder, ambos disponibles en el Sistema Operativo Windows 10 de forma gratuita. El software 3D Scan realiza el escaneo del objeto, mientras que el programa 3D Builder permite la modificación de la imagen, su análisis y uso.

##### 1.3.1.1 3D Scan

Este software es gratuito y se incluye en el paquete de Windows ya que es propio de Microsoft, ofreciendo una mejor compatibilidad con la cámara Kinect versión 2. Este programa permite digitalizar contenido 3D en tiempo real y a color, una vez que se obtiene la digitalización tridimensional se hace uso de 3D Builder para editar el contenido. Con este software se puede modificar el tamaño de la zona que se quiere digitalizar para mejorar la eficiencia al momento de escanear el objeto (Microsoft, 2021).

Los requisitos mínimos que el ordenador requiere es Windows 10 versión 14393.0 o posterior con una arquitectura (x64, x86). Para procesar las imágenes que se obtenga en la cámara Kinect versión 2, es necesario un procesador fuerte con doble núcleo de 3,1 GHz

(dos núcleos lógicos por cada físico), un puerto USB 3.0 compatible con el chip de Intel, 4 GB de memoria RAM y tarjeta gráfica compatible con DirectX11.

### **1.3.1.2 3D Builder**

El software 3D Builder también es gratuito dentro del paquete de Windows, permite ver, crear y personalizar las imágenes tridimensionales escaneadas. En consecuencia, con el programa 3D Builder se hacen las debidas correcciones a la imagen, además permite editar el tamaño con una amplia gama de herramientas y los archivos es posible guardar en los formatos \*.3mf; \*.stl; \*.obj; \*.ply; \*.gltf y \*.glb (Microsoft, 2021). Los requisitos mínimos que el ordenador requiere es Windows 10 versión 15063.0 o superior con arquitectura ARM, ARM64, x64 o x86.

En síntesis, este capítulo describe los tipos de tecnologías de escáner 3D, sus usos y aplicaciones en el mercado, logrando identificar el tipo de prototipo de escáner 3D que se replicará en este trabajo según las ventajas, desventajas, componentes y aplicaciones requeridas. También se muestra un resumen de las distintas características de cada elemento necesario en la construcción del prototipo, así como los programas requeridos para el funcionamiento del prototipo.

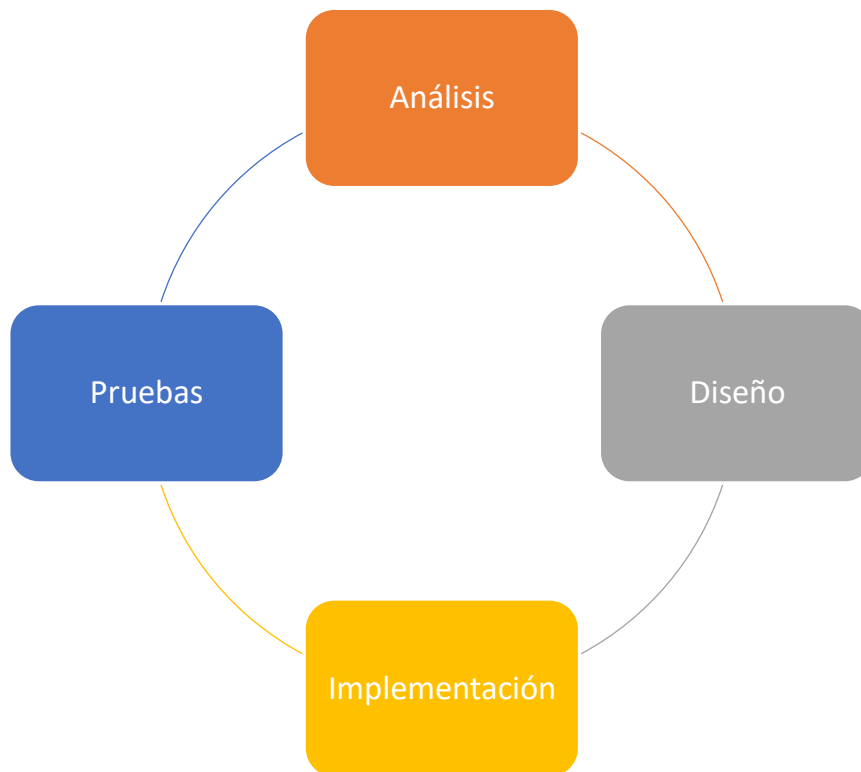
## CAPÍTULO 2

### DISEÑO DE UN PROTOTIPO DE SCANNER 3D BASADO EN KINECT VERSIÓN 2

En este capítulo se explican los métodos y pasos utilizados para el diseño y la construcción de un prototipo de Scanner 3D basado en Kinect versión 2. Se establecen los criterios de selección de materiales y equipos necesarios para la construcción del modelo, así como también, las condiciones de iluminación del ambiente. Se especifican las características del diseño del prototipo y del sistema de control de giro del plato, analizando la parte mecánica, electrónica y software.

#### 2.1 Metodología

En la Figura. 2.1 se muestra un resumen de la metodología usada en este trabajo de investigación, la cual se desarrolla a continuación.



**Figura.2.1.** Mapa conceptual del desarrollo de la metodología considerada en la investigación.  
**Nota:** Autoría propia.

### 2.1.1 Análisis

Para el desarrollo de este proyecto se toma en consideración los siguientes aspectos importantes para llevar a cabo la construcción de un prototipo de scanner 3D basado en Kinect versión 2.

- Estudio de las diferentes tecnologías de scanner 3D.
- Descripción de los procesos para obtener las imágenes tridimensionales
- Caracterización de los distintos tipos de scanner 3D, sus ventajas y desventajas.
- Facilidad de adquisición de los materiales y componentes necesarios para la construcción de un prototipo de scanner 3D.
- Características de los objetos presentes en el laboratorio a escanear: forma, color, tamaño y material que lo constituye.
- Requerimientos funcionales.

### 2.1.2 Diseño

Con las especificaciones analizadas y según las necesidades que debe suplir el prototipo se plantean varias ideas para el diseño, tomando en cuenta los siguientes puntos:

- Se realizó una revisión de los escáneres 3D desde sus inicios hasta la actualidad, logrando así concebir varias ideas para el diseño y construcción de la propuesta de solución de esta investigación.
- Se recogió una serie de necesidades, requerimientos y especificaciones para poder dar lugar a la conceptualización de un diseño que debe dar solución al problema planteado.
- Recopilación de datos necesarios para obtener la imagen 3D de los objetos de estudio, tales como: separación mínima y máxima entre la distancia del objeto a escanear y la cámara Kinect, luminosidad requerida para el funcionamiento de la misma, contraste y velocidad que debe proporcionar el prototipo.
- Estudio de los sistemas que forman parte del prototipo y su interacción en el funcionamiento del dispositivo para obtener la mejor imagen 3D.
- Desarrollo del diseño mecánico del prototipo, realizado en un programa dedicado para visualizar sus componentes y su posible comportamiento, de esta forma se visualiza la implementación de las piezas que serán escogidas para su construcción.
- Para el diseño electrónico se seleccionó el actuador que forma parte del prototipo del scanner 3D, teniendo en cuenta las revoluciones que debe realizar, la corriente

que necesita, el controlador requerido y los demás elementos necesarios para el correcto funcionamiento.

- Para el diseño del sistema de control del funcionamiento se desarrolló el código de programación pertinente para el funcionamiento del motor de la base giratoria que brinda las revoluciones al objeto que será escaneado.
- Para facilitar el uso del dispositivo se desarrolló un software de control en el IDE de Arduino, que permite la interacción entre el dispositivo y el usuario a través de una pantalla táctil.

### **2.1.3 Implementación del prototipo**

Para obtener un prototipo funcional de un scanner 3D basado en Kinect versión 2 se llevan a cabo los siguientes pasos:

- Se realizó la construcción de la estructura del prototipo con perfiles de aluminio y planchas de Alucobond para formar una cabina cerrada y brindar luminosidad para el escaneo de los objetos.
- La base giratoria es acoplada al motor y se sitúa frente a la cámara Kinect para la digitalización de los objetos de prueba, los cuales reciben el contraste luminoso según las luces que escoja el usuario.
- Se implementa el sistema eléctrico, electrónico y mecánico y se realizaron pruebas de funcionamiento con distintos objetos del laboratorio para validar el diseño del prototipo.
- En el computador se instalaron los programas requeridos para el proceso de escaneo y su puesta en marcha con el modelo construido.
- Una vez consideradas todas las condiciones se pudo observar si el modelo del prototipo es funcional, al brindar una imagen 3D de los objetos.

### **2.1.4 Pruebas**

Una vez terminada la construcción e implementación de todos los elementos para el prototipo de un scanner 3D se procedió a realizar pruebas de funcionamiento.

- Se escanearon distintos objetos en los cuales se probó la velocidad de giro que la plataforma realizó y con la cual la cámara Kinect logró obtener las imágenes.
- Se determinó las luces led necesarias para aumentar el contraste y brindar mayor resolución a los datos obtenidos.



- Se probó la distancia a la cual los objetos deben situarse para obtener un modelo tridimensional de cada uno de ellos.
- Todas estas características en conjunto sirvieron para verificar que el dispositivo funcione de acuerdo con las condiciones para las cuales fue diseñado.

## **2.2 Revisión bibliográfica**

El desarrollo de esta investigación inició con una revisión bibliográfica basada en artículos científicos, trabajos de grado e investigaciones afines de diferentes dispositivos usados en la toma de datos de un objeto cualquiera para convertirlo en un modelo 3D, de esta manera comprender los principios empleados para el diseño y construcción de un scanner 3D.

La investigación documental permitió determinar las características físicas y los sistemas empleados para obtener imágenes tridimensionales a partir de un objetivo físico con la utilización de una cámara Kinect V2. Para la construcción es importante el control de la base giratoria, programas que faciliten un óptimo funcionamiento de reconocimiento, y también, la utilización de materiales de comercialización nacional que permitan la fabricación del prototipo.

## **2.3 Descripción general del sistema de escaneo**

La digitalización de la información del objeto se realizó con la cámara Kinect V2, la cual está situada en un trípode que le brinda estabilidad y soporte. Trabaja en conjunto con una base giratoria, la cual proporciona el movimiento constante del elemento a ser escaneado, para tener visibilidad 360° del mismo. Consecuentemente con la ayuda de los programas 3D Scan y 3D Builder se obtiene la imagen 3D del escaneo y el modelado tridimensional respectivamente.

### **2.3.1 Principales requerimientos del escáner 3D**

En la etapa de diseño y construcción se buscó principalmente que el prototipo sea de bajo costo, sin perder sus características de precisión en la captura y procesamiento de imágenes y construcción accesible con relación a disponibilidad de materiales; por lo cual se debe tener en cuenta los siguientes aspectos:

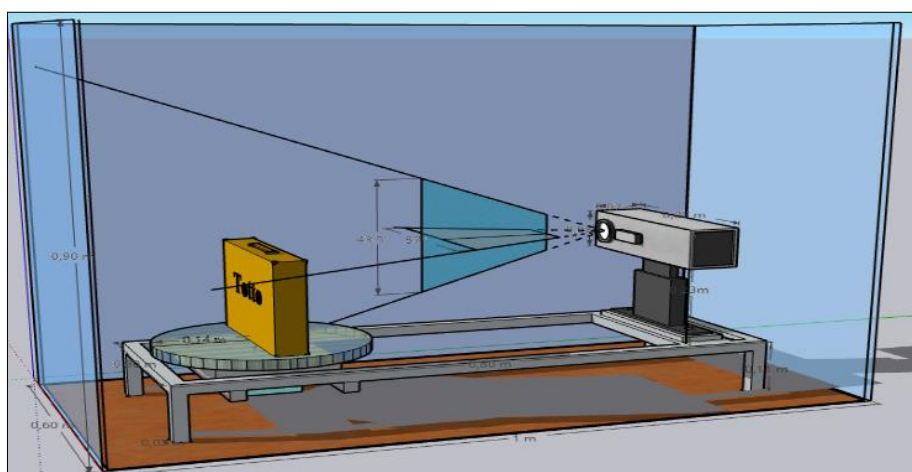
- ✓ Brindar condiciones de movimiento controlado y constante de la estructura mecánica durante la recopilación de las imágenes para generar el modelo 3D.
- ✓ Proporcionar estabilidad a la cámara para evitar fallas y tomas erróneas en las imágenes efectuadas.

- ✓ Usar dispositivo de recopilación de imagen de bajo costo y accesible con un nivel idóneo de resolución.
- ✓ Establecer parámetros modificables en cuanto a la rotación de la pieza a ser escaneada.
- ✓ Facilitar el acceso a los programas utilizados para el procesamiento de datos.
- ✓ Delimitar los espacios físicos del objeto a modelar en relación con las capacidades de resolución del dispositivo Kinect V2.
- ✓ Desarrollar un control amigable con el usuario durante el proceso de escaneo de las distintas piezas.
- ✓ Ofrecer portabilidad del prototipo para ser usado en los diferentes ambientes del laboratorio

## 2.4 Diseño del hardware

La estructura mecánica diseñada se basa en los requerimientos a analizarse teniendo en cuenta que el tamaño máximo de un objeto a escanear es de 50cm\*50cm\*50cm. Para el tamaño del gabinete se consideró la distancia mínima que la cámara Kinect detecta los objetos de manera correcta, aprovechando el potencial de este dispositivo. Las dimensiones del prototipo son de 1,50 m de profundidad, 0.6 m de ancho y 0,80 m de alto, lo que brinda uniformidad al diseño y movilidad al prototipo.

En este apartado se muestra el diseño del prototipo de Scanner 3D, como se aprecia en la Figura 2.2. En esta vista se detalla la parte fija y móvil del prototipo final con el objetivo de mostrar sus componentes.



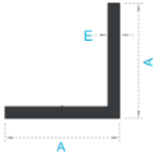
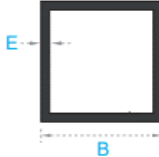
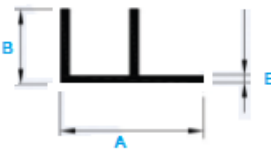
**Figura. 2.2.** Gabinete y chasis del prototipo.  
**Nota:** Autoría propia.

Para la construcción mecánica del prototipo se ha definido el uso de un armazón metálico que proteja los componentes internos del prototipo.

## 2.4.1 Armazón

Se determinó realizar la estructura con perfiles de aluminio por la facilidad de añadir elementos cuando se requiere, además, abrazaderas o elementos de conexión los cuales no necesitan de ninguna máquina especial para ensamblar. En la Tabla 2.1 se detallan los diferentes tipos de aluminio considerados para la construcción del prototipo.

Tabla 2.1. Perfiles de aluminio

Secciones Estructurales	Perfil L	Perfil Cuadrado	Perfil F
Medidas			
A	12,70 mm	-	18.80 mm
B	-	25,40 mm	10.00 mm
E	1.10 mm	1,80 mm	1.00 mm
Peso	0.072 kg/m	0.461 kg/m	0,100 kg/m

Nota: Adaptado de (Cedal, 2022).

Para la estructura se usaron los tres perfiles de aluminio según las necesidades de construcción en cada etapa, considerando el peso reducido de los elementos, lo que aporta en la característica de portabilidad que se busca. Este esqueleto está acompañado de conectores plásticos, los cuales se muestran en la Figura 2.3. La característica de este material brinda las facilidades de armado para el prototipo del escáner 3D por lo que se escoge esta opción.

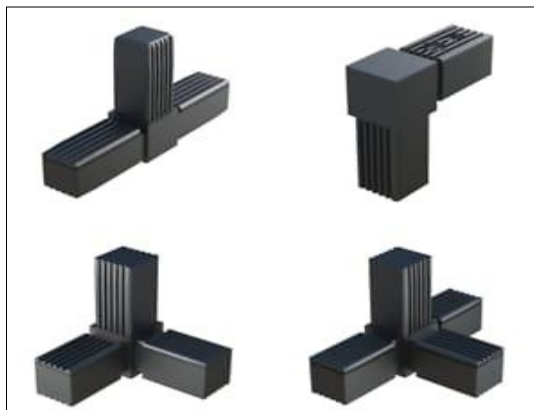
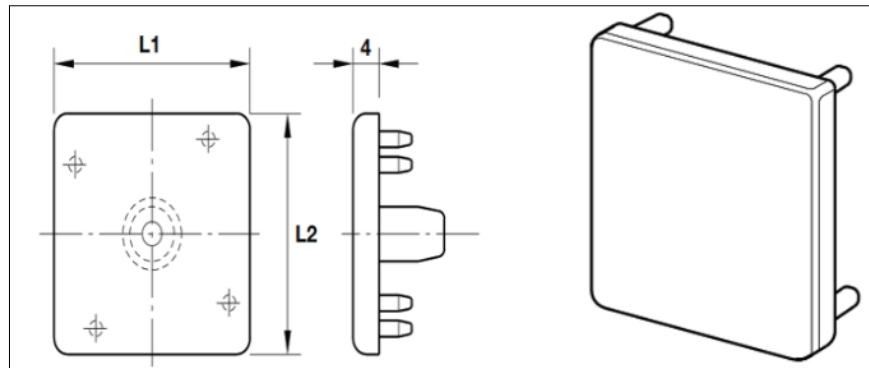


Figura.2.3. Conexiones para perfiles.

Nota: Tomado de (Cedal, 2022).

Para un mejor acabado se colocó embellecedores en la parte inferior que soporta el prototipo como se muestra en la Figura 2.4 y en las paredes se utiliza planchas de aluminio compuesto (Alucobond). El Alucobond está sujeto con una guía de panel fijo (perfil F), cuenta con una ranura de 8 mm con una longitud máxima de 6 metros, siendo útil en la construcción del prototipo, la cual va acompañado de un caucho (burlete) que inmoviliza los paneles.



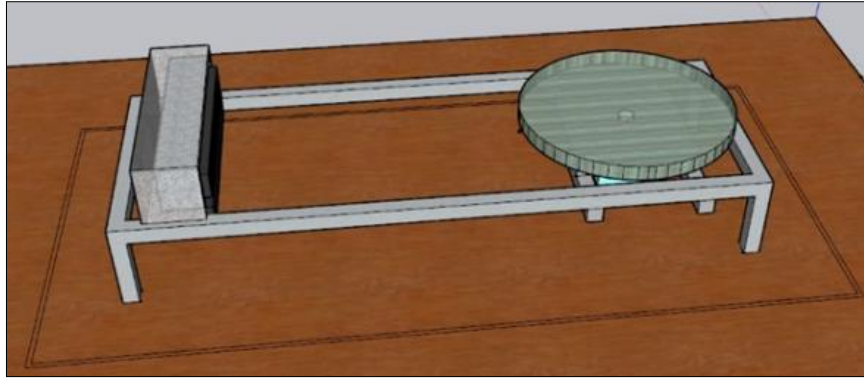
**Figura.2.4.** Embellecedor.  
**Nota:** Tomado de (HEPCO, 2020).

#### **2.4.1.1 Protección de la cabina y sistema lumínico**

Se uso planchas de Alucobond blanco para establecer un ambiente idóneo en conjunto con la iluminación generada por luces RGB durante la toma de las imágenes. Este tipo de luces están acopladas al prototipo para tener la posibilidad de cambiar la luz del ambiente según las características de la pieza a ser escaneada. Por lo tanto, mejora la adquisición de las imágenes al aumentar la visibilidad y contrastes en la pieza, incrementando la calidad del escaneo. Para evitar que la luz exterior distorsione la resolución de la cámara y que no se forme ruidos al momento de digitalizar, se instaló dos puertas con seguros que deben permanecer cerradas durante el funcionamiento del prototipo. Una de ellas colocada en la parte posterior (posicionamiento de la cámara) y otra en la parte frontal (ubicación del objeto).

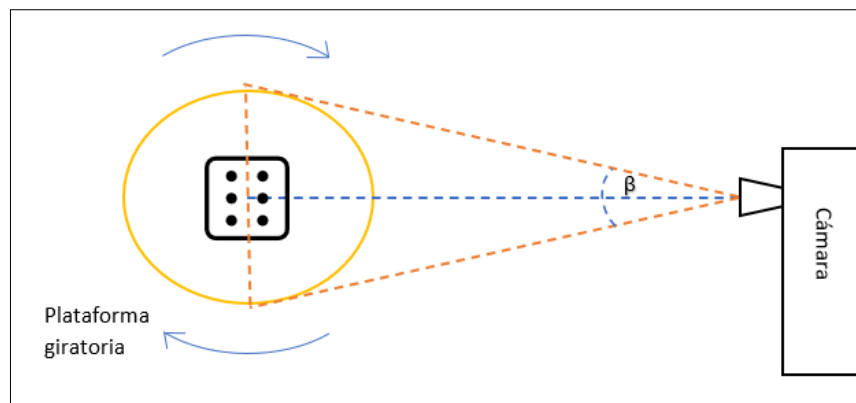
#### **2.4.2 Estructura móvil**

La plataforma giratoria del sistema se implementa para aportar un movimiento de 360° del objeto a escanear. Esta característica del prototipo permite la visibilidad de diferentes ángulos para la recopilación de información (creación del modelo 3D) por parte de la cámara Kinect V2. Esta estructura se diseñó en base a las medidas del chasis del prototipo ya que está situada en la parte interior, como se muestra en la Figura 2.5.



**Figura.2.5.** Plataforma del plato giratorio.  
**Nota:** Autoría propia.

Está constituida por una base circular de acrílico con un diámetro 50 cm, acoplada a un motor paso a paso a través del eje para generar la rotación. Además, la cámara está montada en un trípode que se lo puedo mover dependiendo el objeto a escanear, un modelo referencial se presenta en la Figura 2.6, mostrando estas características.



**Figura.2.6.** Ubicación la cámara con relación a la base giratoria.  
**Nota:** Autoría propia.

#### 2.4.2.1 Requerimientos para el funcionamiento estable de la base giratoria

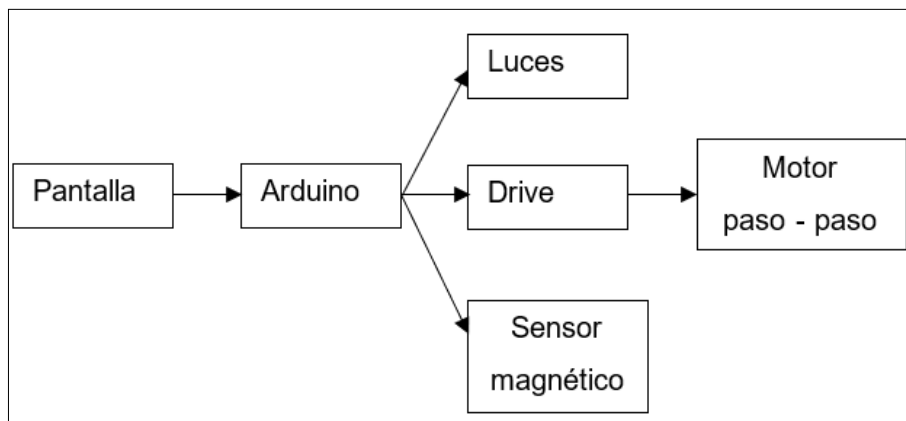
El trabajo adecuado de la plataforma giratoria del Scanner 3D requiere el desarrollo e implementación de un sistema de control constituido por un motor y la placa de desarrollo de Arduino.

##### **Requerimientos:**

- ✓ Tamaño: el diseño de la plataforma está diseñada para a una medida de 50 cm de diámetro, 4 mm de espesor de material acrílico.

- ✓ Peso: la plataforma está diseñada para que soporte un peso máximo de 8 kg, peso suficiente para escanear componentes que se encuentran en el laboratorio de la carrera.
- ✓ Velocidad de giro: Se implementó 3 tipos de velocidades más un sliders para el control de escaneo en tiempo real.

El diagrama de las conexiones se presenta en la Figura 2.7 mostrando los distintos elementos necesarios que se detallan en el desarrollo del apartado.



**Figura.2.7.** Diagrama de bloques de la parte móvil  
**Nota:** Autoría propia.

- **Motor**

El trabajo del motor dentro del sistema de control es proporcionar un movimiento giratorio constante del plato, el cual sirve de base para la rotación del objeto a ser escaneado. Para este proyecto se necesita motores pequeños, que se adapten al espacio del prototipo.

Para selección del motor se tomó en cuenta la inercia que producen los elementos a mover, en este caso la del plato giratorio y del objeto a mover.

Se utilizó la siguiente fórmula para calcular el momento total del sistema:

$$\Sigma M = \Sigma I + \alpha \quad \text{Ecuación 2.1}$$

Donde:

M: Momento [N.m]

I: Inercia [kg.m<sup>2</sup>]

$\alpha$ : Aceleración angular  $\left[ \frac{rad}{s^2} \right]$

Se determino la inercia de cada uno de los elementos del sistema mecánico.

$$\Sigma I = I_{plato} + I_{objeto} \quad \text{Ecuación 2.2}$$

Donde:

$I_{plato}$  : Inercia del plato giratorio [kg.m<sup>2</sup>]

$I_{objeto}$  : Inercias del objeto [kg.m<sup>2</sup>]

#### a) Inercias del plato giratorio.

Se cálculo la inercia del plato giratorio teniendo en cuenta que se trata de un disco de acrílico de 0.93 kg y de un radio de 0.25 m. Se utilizo la siguiente formula:

$$I_{plato} = m \times \frac{r^2}{2} \quad \text{Ecuación 2.3}$$

Donde:

m: Masa del plato giratorio [kg]

r: radio del plato [m]

Se sustituye los valores en le Ecuación 2.3:

$$I_{plato} = 0.93 \text{ kg} \times \frac{(0.25^2)}{2}$$

$$I_{plato} = 0.029 \text{ kg/m}^3$$

#### b) Inercia del objeto

Para calcular la inercia del objeto máximo permito, que se podrá utilizar en el prototipo se consideraron los siguientes parámetros un cubo de 50\*50\*50 cm con un peso de 8 kg. Se utilizo la siguiente formula:

$$I_{objeto} = \frac{m}{12} \times (a^2 + b^2) \quad \text{Ecuación 2.4}$$

Donde:

m: masa del objeto [kg]

a: Ancho del objeto [m]

b: Largo del objeto [m]

Se sustituye lo valores en la Ecuación 2.4:

$$I_{Objeto} = \frac{8}{12}x(0.5^2 + 0.5^2)$$

$$I_{Objeto} = 0.166 \text{ kg/m}^3$$

Con las inercias calculadas se remplazó en la Ecuación 2.2:

$$\Sigma I = 0.029 + 0.1666$$

$$\Sigma I = 0.196 \text{ kg/m}^3$$

Para obtener la velocidad angular a la que gira el objeto se utiliza la siguiente Ecuación:

$$\omega = \frac{\theta}{t} \quad \text{Ecuación 2.5.}$$

Donde:

$\omega$ : Velocidad angular  $\left[\frac{rad}{s}\right]$

$\theta$ : Desplazamiento angular [rad]

T: tiempo [s]

Teniendo en cuenta que el plato se desplaza 360° en un tiempo aproximado de 40 s.

$$\theta = \frac{360^\circ * \pi rad}{180}$$

$$\theta = 6.28 \text{ rad}$$

Se remplazo en la Ecuación 2.5:

$$\omega = \frac{6.28}{40}$$

$$\omega = 0.156 \frac{rad}{s}$$

$$\omega = 1.48 \text{ rpm}$$

Una vez calculada la velocidad angular se procedió a calcular la aceleración angular con la siguiente formula:



$$\alpha = \frac{\omega_f + \omega_i}{t}$$

Ecuación 2.6

Donde:

$\alpha$ : Aceleración angular  $\left[\frac{rad}{s^2}\right]$

$\omega_f$ : Velocidad angular final  $\left[\frac{rad}{s}\right]$

$\omega_i$ : Velocidad angular inicial  $\left[\frac{rad}{s}\right]$

T: Tiempo que se demora para llegar a la aceleración angular [t]

Con los datos obtenidos anteriormente se sustituye todo en la Ecuación 2.6:

$$\alpha = \frac{0.156 + 0}{0.1}$$

$$\alpha = 1.56 \left[\frac{rad}{s^2}\right]$$

Por último, se reemplaza los valores en la Ecuación 2.1:

$$M = 0.196 \times 1.56$$

$$M = 0.305 \text{ N.m}$$

$$M = 3.11 \text{ kg/cm}$$

Finalizado los cálculos se llegó a la conclusión que el prototipo necesita motores con un torque igual o mayor de 3.1kg/cm. Esto permitirá que se produzca un movimiento armónico y sin dificultad del plato giratorio con el objeto a mover. Para esto se hizo la comparación de dos tipos de motores respecto al torque obtenido donde se detalla sus características en la Tabla 2.2 que se muestra a continuación:

**Tabla 2.2.** Características principales del motor paso a paso Nema 17.

<b>Motores</b>	<b>Nema 17</b>	<b>Motor DC 5V (Braun)</b>
<b>Torque</b>	3,2 kg/cm	3.5 kg/cm
<b>Voltaje</b>	4 V	12 V
<b>Consumo nominal</b>	1,5 A/fase	< 800 mA
<b>Resistencia por fase (<math>\pm 10\% \Omega</math>)</b>	2,25 (25°C)	4,4 (20°C)
<b>Peso</b>	350 gr	210 gr
<b>Control de giro</b>	Por paso de 1.8° (200 por vuelta)	ON/OFF
<b>Electrónica control</b>	Driver Control sencillo Alta resolución	Puente H Control sencillo Baja resolución

**Nota:** Adaptado de (Electronics, 2021; Superrobotica, 2022).

Para el diseño se apto por motores paso a paso bipolares con caja reductora para aumento de torque y reducción de la velocidad del motor, lo que brinda mayor precisión en la toma de muestras a escanear. Se escoge un motor Nema 17 por la facilidad de adquisición en el mercado y las características de trabajo que se presentan.

Es un motor híbrido bipolar con grados de 1,8 por cada paso y 200 pasos por vuelta. Este tipo de motores son utilizados en proyectos de mediana potencia, son robustos y con movimientos precisos, tienen un eje de 6,35 mm y 8 mm como se muestra en la Figura 1.8. El NEMA 17 trabaja con alta potencia a baja velocidad permitiendo dividir los pasos en micro pasos, es importante mencionar que a mayor división de micro pasos se disminuye el torque ofreciendo un valor nominal de 3,2 kg/cm. Su nombre proviene del estándar de NEMA (Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos), el 17 corresponde a la distancia entre los puntos de sujeción de 1,7 pulgadas x 1,7 pulgadas.

- **Controlador de motor**

Para la correcta construcción del prototipo se ha buscado un driver para moteres paso a paso de tipo industrial, encontrándose en el mercado local a el Stepper Driver TB6600 como se muestra en la Figura 1.9, es un controlador de corriente para motores bipolares paso a paso, ideal para máquinas CNC o proyectos en que se requiera un *driver* fiable, robusto y económico. El controlador soporta perfectamente motores paso a paso de hasta 5A, siendo los más adecuados, los Nema 17. Según la guía de usuario establecido por el fabricante

(Dfrobot, 2021). Se determinó la capacidad del dispositivo para poner en marcha el motor según las propiedades y requerimientos que se detallan posteriormente:

- ✓ Dispone de un solo chip PWM sinusoidal bipolar chopper para asegurar una vibración baja y alta eficiencia.
- ✓ La corriente de salida de 0,2A a 5 A, ajustable.
- ✓ Adecuado para motores de 2 fases y 4-fase.
- ✓ Entrada de señal de aislamiento optoelectrónico de alta velocidad, lo que brinda mayor seguridad al microcontrolador
- ✓ Protección de cortocircuito, sobrevoltaje, sobre corriente y temperatura, asegurando la protección del PC, motores, etc.
- ✓ Entradas opto-aisladas, lo que brinda mayor seguridad al microcontrolador.
- ✓ Caja de aluminio para la refrigeración y proteger la tarjeta del controlador de ser dañado por la suciedad, polvo u otros líquidos.
- ✓ Selección del número de micro pasos por paso del motor.
- ✓ Tiene un peso de 200 gramos, aportando a la portabilidad del prototipo.
- ✓ Ofrece un rango para las señales de control entre 3.3 a 24V
- ✓ Disipador de calor incluido.
- ✓ Compatible con microcontroladores como Arduino y otros que puedan generar señales de pulsos de 5V.
- ✓ Soporta una gran variedad de voltajes de entrada de 9 a 42V DC.

- **Placa de desarrollo Arduino**

Para controlar todo el sistema electrónico del prototipo, se utilizó un microcontrolador de pequeñas dimensiones con la capacidad necesaria para el funcionamiento. De acuerdo con el mercado los microcontroladores que se ajustan al prototipo son los que se muestran en la Tabla 2.3.

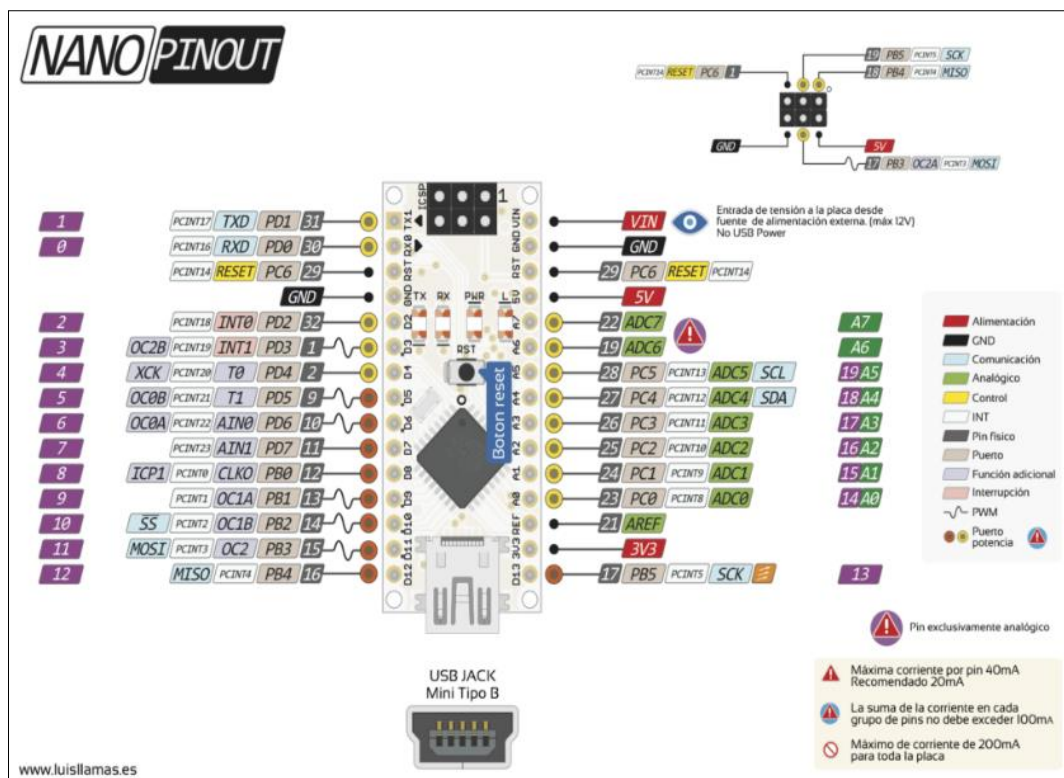
**Tabla 2.3.** Características de la placa de desarrollo.

<b>Tipo de Arduino</b>	<b>Nano</b>	<b>Uno</b>
<b>Voltaje de operación</b>	5V	5V
<b>Voltaje de entrada (recomendado)</b>	7-12V	7-12V
<b>Pines de entrada y salida digitales</b>	14(De los cuales 6 proveen salidas de PWM)	14(De los cuales 6 proveen salidas de PWM)
<b>Corriente DC por pin de entrada y salida</b>	40 mA	20 mA

<b>SRAM</b>	22KB	2KB
<b>EEPROM</b>	1KB	1KB
<b>Microcontrolador</b>	ATmega328	ATmega328
<b>Dimensiones</b>	43,16mm x 17,77mm	68,6mm x 53,4mm

**Nota:** Adaptado de (Dfrobot, 2022).

Se prefiere el Arduino Nano porque posee las mismas capacidades que un Arduino UNO, tanto en potencia del microcontrolador como en conectividad además de ser más económico y con dimensiones menores. Esta placa de desarrollo no posee conector USB tipo B, pero tiene un conector USB Jack mini tipo B de alimentación y los pines cambian en un formato de pines macho, una vista de sus entradas y salidas se muestra en la Figura 2.8.



**Figura.2.8.** Distribución y características de los pines del Arduino Nano.

**Nota:** Tomado de (Luisllamas, 2021).

- **Shield**

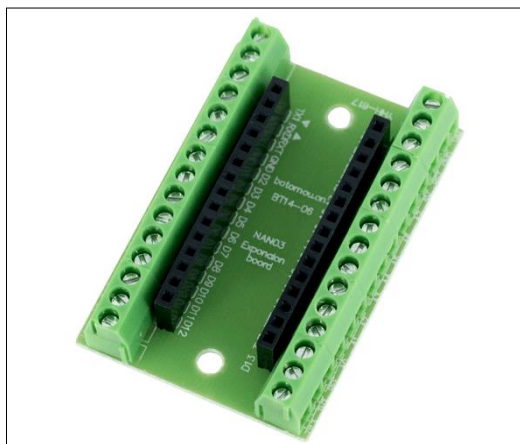
Para facilitar el uso de las entradas y salidas del Arduino Nano es necesario el uso de una Shield (placa o módulo). En la siguiente Tabla 2.4 se muestran las características de dos modelos diferentes.

**Tabla 2.4.** Características de la placa de desarrollo.

<b>Tipo</b>	Screw Shield	Expansión Shield
<b>Dimensiones</b>	54x42mm	57,2x53,5mm
<b>Peso</b>	23g	21g
<b>Circuito impreso</b>	PCB	PCBA
<b>Expansible</b>	No	Si
<b>Conexión</b>	Bornera con tornillos	Pines machos

**Nota:** Tomado de (Postel, 2022).

Por su conexión de borneras con tornillos se elige la Screw Shield como se muestra en la Figura 2.9, que permite conectar los cables con sus terminales de forma segura y con mayor facilidad. Eliminando el ruido y posibles desconexiones que producen los conectores DuPont al más mínimo movimiento.



**Figura.2.9.** Screw Shield

**Nota:** Tomado de (Filipeflop, 2021)

- **Fuente de Alimentación**

Se dividen los circuitos de alimentación en 2, uno de 12V para alimentación del driver del motor y los Arduino Nano, y el otro de 5V para luces, pantalla y sensor magnético de posición. Para ello se calcula las cargas para cada circuito de 12 y 5 V

**a) Cálculo de carga para el circuito de 12 V**

Se procedió hacer el cálculo de la carga para el circuito de 12 V utilizando la Ecuación 2.7 donde las cargas a tomar en cuenta son el driver del motor con una corriente de 5 A y dos Arduino Nano con una corriente de 0.04 A cada uno.

$$C = \Sigma I$$

Ecuación 2.7

Donde:

C: carga

$\Sigma I$ : sumatoria de las corrientes

Se sustituye datos de corriente en la ecuación 2.7, que da como resultado:

$$C = I_{drive\ del\ motor} + (I_{Arduino\ Nano}) * 2$$

$$C = 5\ A + (0.04) * 2$$

$$C = 5.08\ A$$

Una vez que se realizó los cálculos para el circuito de 12 V se optó por seleccionar una fuente de alimentación conmutada de 12V y 10 A como se muestra en la Figura 2.10, con el fin de evitar sobrecalentamientos o que exista sobrecargas de corrientes en el circuito.



**Figura.2.10.** Fuente de alimentación 12VDC.  
**Nota:** Tomado de (*Electronics*, 2021).

Se escoge este tipo de fuente debido a su peso reducido y a la versatilidad que posee con relación a sus voltajes de salida, además, las fuentes conmutadas son 100 % eficientes idealmente. Las características principales de interés para el dispositivo se muestran en la Tabla 2.5.

**Tabla 2.5.** Características técnicas de fuente de alimentación de 12V.

Tipo	Fuente conmutada de 12 VCD a 10A
Dimensiones	19.8x10x4.2cm
Voltaje de entrada:	AC110-220V 50/60Hz
Potencia máxima de salida:	120W

---

<b>Corriente máxima</b>	10A
<b>Protección</b>	Cortocircuito sobrecarga sobretensión
<b>Peso</b>	0.12Kg
<b>Material de Shell</b>	metal / base de aluminio
<b>Conexión en regleta para toma de VCD</b>	-V: terminal negativa  +V: terminal positiva  ADJ: ajuste del voltaje de salida al $\pm 0.05$ V
<b>Conexión en regleta para ingresar VCA</b>	T: terminal a Tierra física del tomacorriente  N: terminal Neutra del tomacorriente  L: terminal Línea o fase del tomacorriente

---

**Nota:** Adaptado de (Electronics, 2021).

Como se observa en las características, la fuente de alimentación recibe 110V en AC y transforma esta tensión a 12V DC para alimentar los componentes necesarios en el accionamiento del prototipo en su etapa de potencia.

#### **b) Cálculo de carga para el circuito de 5 V**

Se procedió hacer el cálculo de la carga para el circuito de 5 V utilizando la Ecuación 2.7 donde las cargas a tomar en cuenta son: luces con una corriente de 20 mA por Led, sensor magnético con una corriente de 15 mA y una pantalla Nextion con su respectiva corriente de 500 mA.

Se sustituye datos de corriente en la ecuación 2.7, que da como resultado:

$$C = I_{\text{sensor magnético}} + (I_{\text{luces RGB}}) * 360 + \text{Pantalla}$$

$$C = 0.015 A + (0.02) * 360 + 0.5 A$$

$$C = 7.72 A$$

Una vez que se realizó los cálculos para el circuito de 5 V se optó por seleccionar una fuente de alimentación conmutada de 5V y 10 A como se muestra en la Figura 2.11, con el fin de evitar sobrecalentamientos o que exista sobrecargas de corrientes en el circuito.



**Figura.2.11.** Fuente de alimentación 5VDC.

**Nota:** Tomado de (*Electronics*, 2021).

En la Tabla 2.6, se muestran las características de la fuente conmutada de alimentación de 5V, con un de variación de voltaje del 1% que permite calibrar con mayor exactitud el voltaje necesario para cada elemento. Muestra características semejantes la fuente de 12V.

**Tabla 2.6.** Características técnicas de fuente de alimentación de 5V.

<b>Tipo</b>	<b>Fuente conmutada de 5 VCD a 10A</b>
<b>Dimensiones</b>	16x9.9x4.2cm
<b>Voltaje de entrada:</b>	AC110-220V 50/60Hz
<b>Potencia máxima de salida:</b>	50W
<b>Corriente máxima</b>	10A
<b>Protección</b>	Cortocircuito sobrecarga sobretensión
<b>Peso</b>	0.35Kg
<b>Material de Shell</b>	Metal / base de aluminio
<b>Conexión en regleta para toma de VCD</b>	-V: terminal negativa +V: terminal positiva ADJ: ajuste del voltaje de salida al $\pm 0.05$ V
<b>Conexión en regleta para ingresar VCA</b>	T: terminal a Tierra física del tomacorriente N: terminal Neutra del tomacorriente L: terminal Línea o fase del tomacorriente

**Nota:** Adaptado de (*Electronics*, 2021).



- **Sensor magnético de posición**

Es un dispositivo el cual detecta campos magnéticos siendo especialmente útil en proyectos de electrónica, robótica y automatización por sus aplicaciones como sensor de posición no invasivo. Se compara dos tipos de sensores magnéticos con característica semejantes según la Tabla 2.7, que permitan determinar una posición inicial de la plataforma giratoria. Para el campo magnético se utiliza un imán de neodimio que permite activar el interruptor magnético.

**Tabla 2.7.** Características del sensor magnético.

Modelo	G123-08	KY024
Sensor de campo magnético tipo	Reed	Hall
Utiliza el integrado comparador	LM393	LM393
Alimentación	3.3 – 5 V	5 V
Corriente de operación	15 mA	40 mA
Dimensiones	32 x 19x 7 mm	15x12x44mm
Temperatura	(-40° a 125°) C	(-40 °C a 85 °C)
Ambiente de trabajo	Hostiles	Adecuado
Resistencia a vibraciones	Sí	No
Vida útil	Larga	Corta

**Nota:** Adaptado de (Electronperdido, 2022)

Se selecciona el modelo G123-08 como se muestra en la Figura 2.12 por su sensor de campo magnético tipo Reed, porque brinda ventajas de temperatura de trabajo de -40° a 125°C, soporta ambientes hostiles y sigue operando de manera adecuado, resistente a las vibraciones y tiene una larga vida útil.



**Figura. 2.12.** Sensor magnético  
**Nota:** Tomado de (Electronperdido, 2022)

### 2.4.2.2 Pantalla HMI

La pantalla es un dispositivo adecuado, ya que es una solución perfecta de interacción hombre-máquina (HMI) al proporcionar una interfaz de control y visualización entre el ser humano y un proceso, máquina, aplicación o dispositivo, como es el caso del prototipo de Scanner 3D de interés en esta investigación. Se comparó dos modelos de pantalla Nextion porque ofrecen el software Nextion Editor de forma libre, con el fin de que los usuarios puedan crear y diseñar sus propias interfaces para la pantalla Nextion. Un detalle de las características de la pantalla considerada para la implementación del prototipo del scanner 3D se muestran a continuación en la Tabla 2.8.

**Tabla 2.8.** Características de la pantalla Nextion.

<b>Modelo</b>	<b>NX3224K024</b>	<b>NX3224K028</b>
<b>Tamaño</b>	2,4"	2,8"
<b>Resolución</b>	320*240	320*240
<b>Panel táctil</b>	Resistiva	Resistiva
<b>RAM/EEPROM</b>	3584 bytes / 1024 bytes	3584 bytes / 1024 bytes
<b>Voltaje</b>	4,75 ~7 V	4,75 ~7 V,
<b>Corriente</b>	90 mA	65 mA
<b>Flash</b>	16MB	16MB
<b>MCU</b>	48MHz	48MHz
<b>Fuente de alimentación recomendada</b>	5V, 500mA, DC	5V, 500mA, DC
<b>Modo de puerto serie</b>	TTL	TTL
<b>Puerto serial</b>	4Pin_2.54mm	4Pin_2.54mm
<b>Interfaz USB</b>	No	No
<b>Toma de tarjeta SD</b>	Sí (FAT32), soporta máximo tarjeta Micro SD de 32G la ranura de la tarjeta microSD se utiliza exclusivamente para actualizar el firmware de diseño Nextion / HMI	Sí (FAT32), soporta máximo tarjeta Micro SD de 32G la ranura de la tarjeta microSD se utiliza exclusivamente para actualizar el firmware de diseño Nextion / HMI

**Nota:** Adaptado de (STUDIO, 2021).

La mayoría de las características de los dos modelos son semejantes, para comodidad visual del usuario se elige el modelo NX3224K028 que cuenta con una pantalla de 2,8". Para la puesta en marcha de la plataforma giratoria se analiza el uso y desarrollo de una interfaz

gráfica de control mediante la pantalla TFT-LCL<sup>1</sup> Nextion debido a sus características operativas y físicas. En la pantalla HMI utiliza comunicación serial con la tarjeta de Arduino Nano la cual tiene una comunicación bidireccional ya que envía y recibe una señal del Arduino, en la Figura 2.13 se puede observar una pantalla Nextion, únicamente necesita la fuente de alimentación y cargar el programa desarrollado en la plataforma que ofrece el dispositivo.



**Figura. 2.13.** Pantalla Nextion.  
**Nota:** Adaptado de (STUDIO, 2021).

- **Luces**

Las luces son elementos fundamentales en el proceso de captación de una fotografía, esta dependerá la calidad de imagen y a su vez obtener con mayor contraste el elemento a capturar. En la siguiente Tabla 2.9 se muestran las características de diferentes tipos de luces Leds.

**Tabla 2.9.** Características de luces Leds.

<b>Modelo</b>	SMD3528	WS2812B
<b>Colores de diodo LED</b>	Monocromática	RGB
<b>Corriente</b>	3.57mA	20mA
<b>Voltaje</b>	12V	5V
<b>Montaje</b>	SMD	SMD
<b>Protección IP</b>	IP68	IP67

**Nota:** Adaptado de (TME, 2020)

<sup>1</sup> Thin Film Transistor-Liquid Crystal Display

En este caso se optó por las luces modelo WS2812B como se muestra en la Figura 1.7 (a) al ser un modelo de colores LED RGB (rojo, verde, azul), esta característica es importante a la hora de realizar el escaneo de un objeto ya que permite darle contraste y suavizar sombras (Toomanyflash, 2021). Para el manejo de estos Led se usó la librería de Neopixel, esta librería permite escoger el número de Leds que se requiere encender al igual que su color, esto permitió dividir por zonas el encendido y apagado de los Leds. En la pantalla HMI se tendrá acceso a controlar la zona de luces encima del objeto y atrás de la cámara Kinect V2.

## 2.5 Procesamiento de las imágenes

Para el desarrollo del procesamiento de las imágenes se usa la cámara Kinect versión 2 y los programas necesarios para obtener el escaneo 3D, así como su eventual modelado 3D.

### 2.5.1 Cámara

Gracias a la mejora que Microsoft le hizo a la cámara, tanto en sus sensores de movimiento como en sus infrarrojos, especialmente en la resolución de imagen, es ideal para captar la textura de los objetos que se lleguen a escanear, la profundidad y el rastreo del cuerpo es una herramienta que mejora los detalles del objeto.

En la Tabla 2.10 se muestra una comparativa de las características mejoradas de Kinect versión 1 y Kinect segunda versión.

**Tabla 2.10.** Características de las versiones de la cámara Kinect.

<b>Dispositivo</b>	<b>Kinect versión 1</b>	<b>Kinect versión 2</b>
<b>Video</b>	640x480, 30 fps, 1280x960, 12 fps.	1920x1080, 30 fps, alta definición.
<b>Profundidad</b>	320x240, 640x480, Distancias 0.8 a 4 metros	512x424, Distancias 0,5 a 5 metros
<b>Rastreo del cuerpo</b>	Detecta a 6 personas, solo dos completamente. Capaz de identificar 20 articulaciones.	Detecta 6 cuerpos, completamente rastreados. Capaz de identificar 25 articulaciones.
<b>USB</b>	2.0	3.0
<b>Sistema Operativo</b>	Windows 7 o superior	Windows 8.1 o superior, Sólo 64 bits

Nota: Adaptado de (Microsoft, 2021).

El sistema de la cámara Kinect activa el proyector infrarrojo para generar una nube de puntos dirigida hacia la parte frontal del dispositivo, dichos puntos chocan con los objetos

presentes y son reflejados hacia el emisor, variando el brillo de los mismos dependiendo de la distancia a la que se encuentren los objetos. Este proceso es capturado por las cámaras infrarrojas y RGB instaladas de forma paralela al emisor infrarrojo. Al funcionar como un sensor de profundidad las imágenes resultantes son procesadas obteniendo información espacial sobre los objetos captados (Lema & Martinez, 2017).

## 2.5.2 Especificaciones del Software

Para realizar la respectiva programación se utiliza software de acceso libre como lo es la plataforma Arduino IDE para poder crear, copiar o modificar código Arduino, adicionalmente se hace uso del software gratuito: 3D Scan y 3D Builder los cuales se pueden descargar directamente de la tienda de Microsoft. Para ello se detalla los requerimientos mínimos que debe tener el ordenador.

### 2.5.2.1 Arduino IDE

Esta plataforma se usa para programar el control del prototipo, para realizar el giro de la base circular a 360° en un tiempo determinado que puede ser de 1 a 2 minutos. A continuación, un detalle de los requerimientos necesarios para descargar y usar el programa:

- ✓ Un ordenador con conexión a Internet (únicamente para su descarga)
- ✓ Sistema operativo Windows, Linux o Mac
- ✓ Una placa compatible con Arduino IDE\*
- ✓ Un cable USB para conectar la placa al ordenador

### 2.5.2.2 Software 3D Scan

Digitaliza contenido en 3D, en color y en tiempo real con el sensor Kinect. Para disfrutar de una experiencia recomendable, el dispositivo debe cumplir los requisitos mínimos que figuran a continuación en la Tabla 2.11.

**Tabla 2.11.** Requerimientos del sistema para usar el software 3D Scan.

Sistema Operativo	Windows 10 versión 14393.0 o posterior, Xbox, Windows 8.1
Arquitectura	x64, x86

---

Notas	Sensor Kinect para Xbox One Adaptador de Kinect para Windows Procesador de 64 bits (X64) Procesador físico con doble núcleo de 3,1 GHz (2 núcleos lógicos por cada físico) o más rápido Puerto USB 3.0 compatible (conjunto de chips Intel) 4 GB de RAM o superior Tarjeta gráfica compatible con DirectX 11
-------	--

---

**Nota:** Adaptado de (Microsoft, 2021).

### 2.5.2.3 Software 3D Builder

Es la herramienta que permite pulir y editar una imagen digitalizada, ya sea en tamaño, corte o modificación. Para disfrutar de una experiencia óptima, el dispositivo debe cumplir los requisitos que figuran a continuación que se muestran en la Tabla 2.12.

**Tabla 2.12.** Requerimientos del sistema para usar el software 3D Builder.

---

<b>SO</b>	Windows 10 versión 15063.0 o posterior, Xbox, Windows 8.1
<b>Arquitectura</b>	ARM, ARM64, x64, x86
<b>Notas</b>	Impresoras 3D compatibles

---

**Nota:** Adaptado de (Microsoft, 2021).

### 2.5.3 Equipo de cómputo

En la Tabla 2.13 se muestran las características necesarias del sistema operativo de la computadora para el correcto funcionamiento del prototipo. Con estas especificaciones los softwares 3D Scan y 3D Builder su funcionamiento es satisfactorio.

**Tabla 2.13.** Características del equipo de cómputo a usar en conjunto con el prototipo.

---

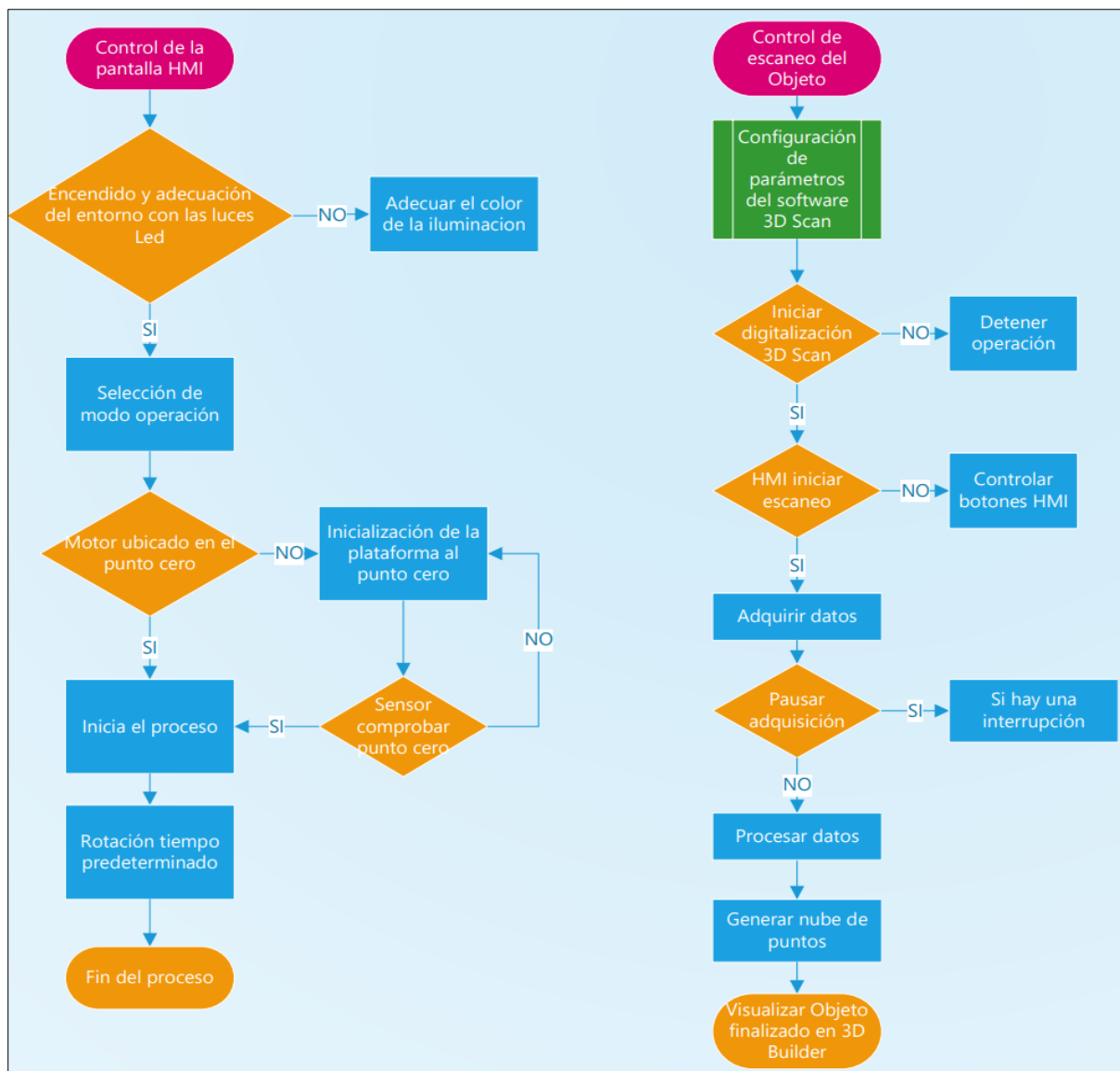
<b>Procesador</b>	Intel (R) Core (TM) i5-2450 CPU @ 2.50 GHz 2.50 GHz, hasta 3.1 GHz en turboBoost
<b>RAM instalada</b>	8 GB DDR3 SDRAM
<b>Tipo del sistema</b>	Sistema operativo de 64 bits Procesador basado en x64
<b>Especificación de Windows</b>	Windows 10 pro
<b>Gráficos</b>	Gráficos discretos AMD Radeon HD 7450M Gráfico incorporado Intel® HD Graphics 3000

---

**Nota:** Adaptado de (Hewlett-Packard, 2019)

## 2.6 Flujograma de digitalización

El proceso de digitalización del objeto se presenta en el siguiente flujograma. Se indica el uso de la cámara Kinect V2 en conjunto con la plataforma giratoria. En la Figura 2.14 se indica la función de la cámara que es controlada con el computador dando la orden de digitalización, para posteriormente procesarla y almacenarla. El proceso inicia acorde a los parámetros que ingrese el usuario a través de la pantalla del prototipo. Seguido realiza la adquisición y procesamiento de datos por el software 3D Scan el cual activa la cámara y obtiene la nube de puntos para obtener el modelo tridimensional. En esta instancia el controlador ya está ejecutando el movimiento de la plataforma giratoria para obtener las imágenes del objeto de estudio y generar el modelo 3D.



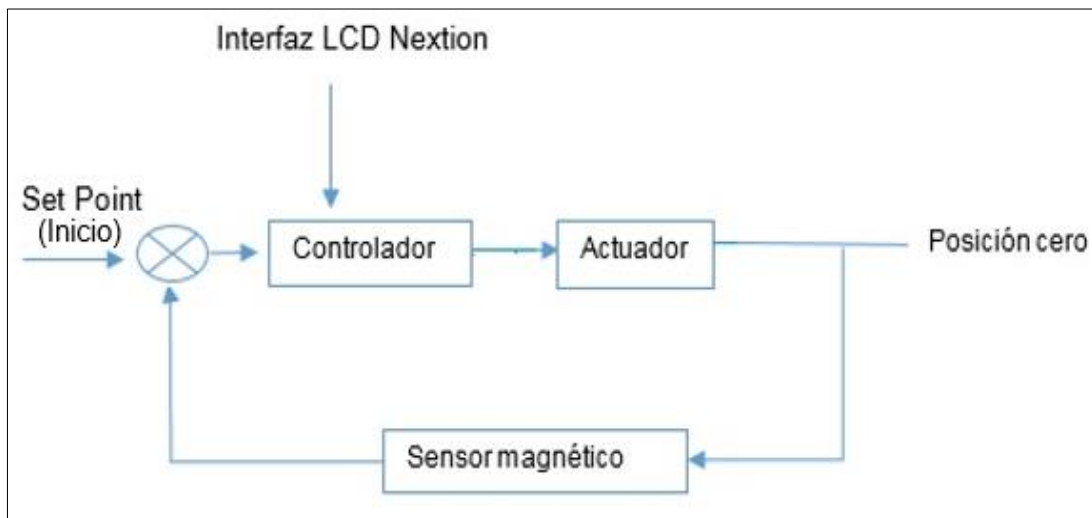
(a) Control de la pantalla HMI

(b) Control de escaneo del objetivo

Figura.2.14. (a) y (b) Flujograma de digitalización.

Nota: Autoría propia.

Por otro lado, en la Figura 2.15 se tiene el diagrama de bloque del proceso de la plataforma giratoria con un microcontrolador en este caso el Arduino Nano, el que permite controlar el movimiento del actuador mediante la pantalla táctil. El proceso inicia arrancando el actuador, el cual se encuentra en un circuito de lazo cerrado ya que por medio del sensor magnético se ejecuta la acción para que la plataforma vuelva a su punto inicial, el sensor magnético establece la posición inicial.

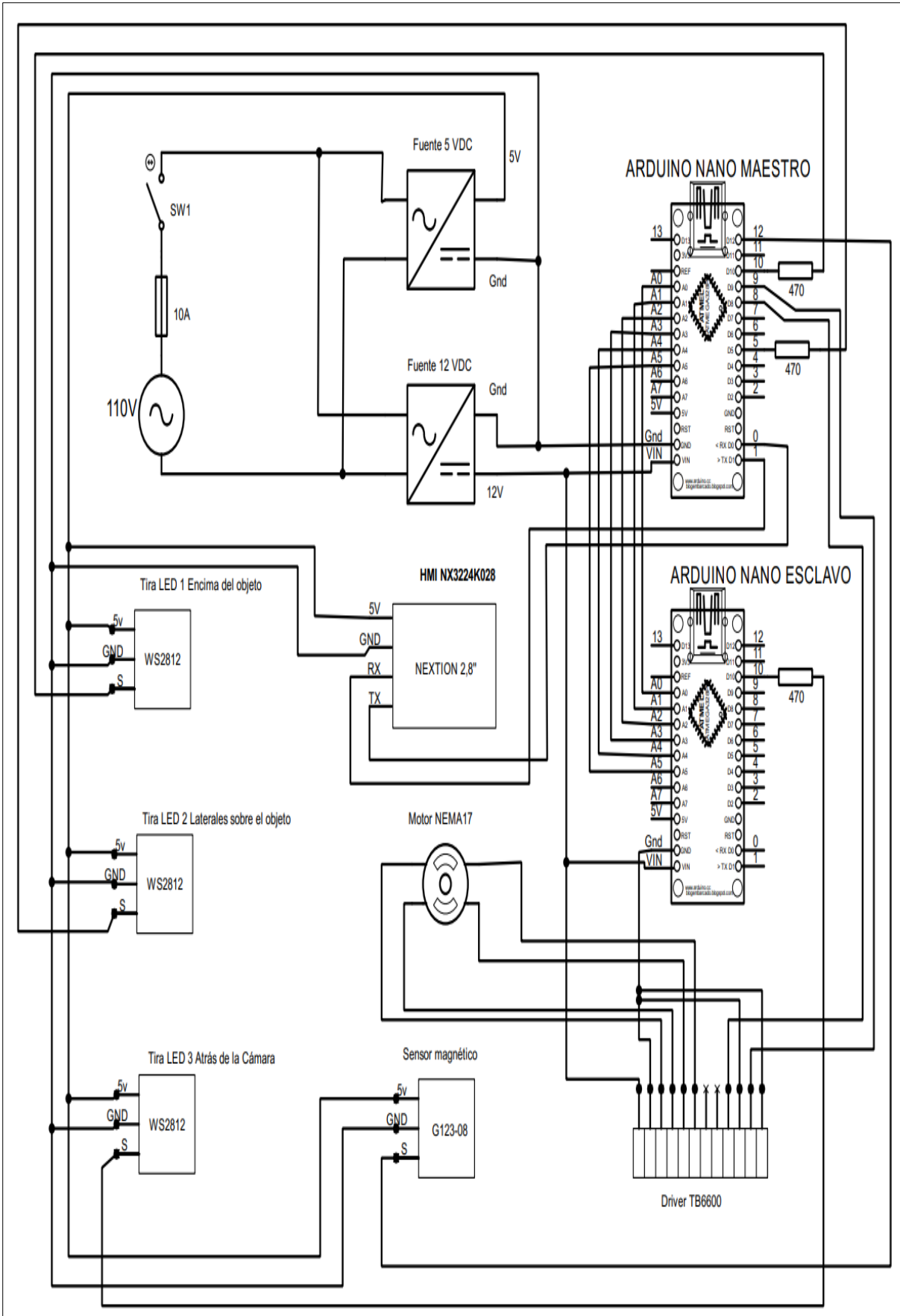


**Figura.2.15.** Diagrama de bloque de la plataforma giratoria.  
**Nota:** Autoría propia.

## 2.7 Diseño del diagrama de conexiones

Una vez seleccionado los componentes que forman parte del prototipo Scanner 3D basado en Kinect V2, se realizó un diagrama de conexiones de todo el diseño eléctrico y electrónico con su respectiva protección, este diagrama sirve para identificar los pines utilizados como se muestra en la Figura 2.16.





**Figura.2.16.** Diseño eléctrico y electrónico del prototipo de Scanner 3D.  
**Nota:** Autoría propia.

Primero se energizó en paralelo con 110 V AC a las fuentes de alimentación (12 y 5) V en DC protegidas con un fusible de 10 A, con la fuente de 5 V se energizó la pantalla Nextion, las tiras Leds y el sensor magnético.

La pantalla además de estar alimentada con 5 V tiene una conexión invertida con el Tx y Rx del Arduino maestro para realizar la comunicación. Las tiras Leds, están seccionadas por dos zonas, la primera zona se conectó al pin 10 del Arduino esclavo se encuentra ubicada atrás de la cámara tiene 120 Leds y la segunda se conectó al pin 10 y 5 del Arduino maestro ubicada encima y los lados del objeto que cuentan con 240 Leds. Para su protección se colocó una resistencia de 470  $\Omega$  en cada señal de las tiras Leds, otro elemento que se conectó a la alimentación de 5 V es el sensor magnético el cual es controlado por pin 12 del Arduino maestro.

Con la fuente de 12 V se alimentó principalmente los Arduino Nano (maestro y esclavo) y el drive del motor, que este a su vez suministra de voltaje al motor Nema 17 el cual se encuentra conectado a un drive que recibe la señal de los pines 8 y 9 y regula la corriente necesaria para el correcto funcionamiento. Existe una conexión en paralelo entre el Arduino Nano maestro y esclavo, se usó el puerto serie para la comunicación unidireccional la cual servirá para recibir la señal que envía la interfaz HMI al Arduino esclavo a través del Arduino maestro para comandar los Leds RGB.

En este capítulo se detallaron los procedimientos usados para el diseño y la construcción del prototipo de Scanner 3D basado en Kinect versión 2. La función principal de la placa de desarrollo es proporcionar las órdenes de control hacia el driver del motor y accionar la plataforma giratoria, además de generar la comunicación entre el usuario y el prototipo mediante la pantalla Nextion de 2.8". Con el uso de la tarjeta de desarrollo Arduino Nano se consigue el control de velocidad, de los pasos y la rotación del eje del motor a través de la aplicación desarrollada en el software Nextion Editor la cual es diseñada para la interfaz mencionada, haciendo posible el control del prototipo.

Un beneficio extra con el uso de motores paso a paso es que no se necesita sumar sensores para el posicionamiento de cada ángulo de movimiento debido a su funcionalidad de recorrer cierto ángulo de rotación con cada paso que dan. No obstante, fue importante la implementación de un sistema de detección magnética para verificar el posicionamiento inicial que sirve como un punto de referencia para situar la plataforma a la posición que el objeto a escanear lo requiera, función que cumple el sensor magnético usado en este caso.

## **CAPÍTULO 3**

### **CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE SCANNER 3D BASADO EN KINECT VERSIÓN 2**

En esta sección se detalla la construcción de un prototipo de Scanner 3D basado en Kinect versión 2. Se consideran las características del diseño del prototipo y del sistema de control de giro, para el montaje de la parte mecánica y la parte electrónica, con el fin de realizar pruebas y ajustes necesarios para el correcto funcionamiento y por último la ejecución de los programas establecidos para obtener los resultados de imágenes tridimensionales.

#### **3.1 Construcción del prototipo de Scanner 3D**

Una vez realizado el modelo en un software de diseño mecánico se tiene una idea real de cómo se verán las piezas del dispositivo. Por tanto, visualizando el comportamiento del prototipo en el aspecto mecánico, se realiza la construcción del esqueleto con los materiales y parámetros ya seleccionados previamente. Para lo cual se detalla la construcción de la estructura, parte eléctrica y electrónica y software.

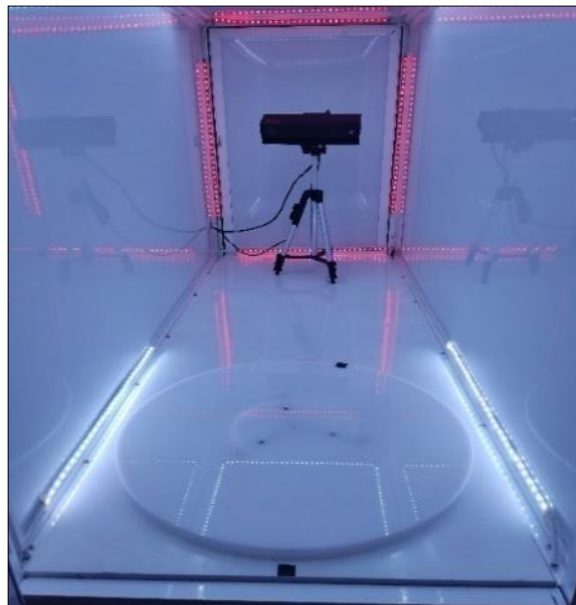
##### **3.1.1 Estructura**

Para la construcción del armazón se utiliza materiales livianos como: perfiles cuadrados de 1 pulgada de aluminio y Alucobond con paneles con una medida de 1,50 m\*0.60m y un grosor de 4mm. El armazón construido tiene dos paneles como compuertas que permiten el ingreso del objeto a escanear por el panel frontal y la cámara Kinect por el panel posterior, haciendo posible efectuar las configuraciones de trabajo necesarias de los elementos como se muestra en la Figura. 3.1. Las luces RGB se situaron en los bordes internos de la cabina, proporcionando la luminosidad necesaria para realizar el escaneo según las características de cada unidad.



**Figura.3.1.** Estructura del soporte fijo del prototipo de scanner 3D.  
**Nota:** Autoría propia

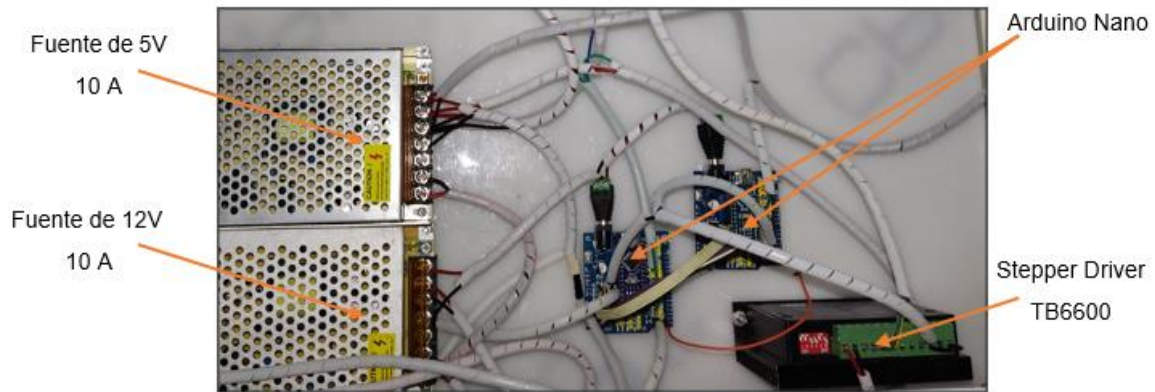
Para la construcción de la plataforma giratoria se realizó una base circular de acrílico de 50 cm de diámetro y 4 mm de grosor, acoplado al eje del motor Nema 17 con caja reductora. La base circular elaborada en acrílico se situó frente a la cámara Kinect, como se muestra en la Figura 3.2.



**Figura.3.2.** Disposición de la cámara Kinect con la plataforma de rotación en conjunto con la iluminación.  
**Nota:** Autoría propia

### 3.1.2 Implementación de la parte Eléctrica y Electrónica

Realizado el diseño eléctrico y electrónico se procede a conectar los elementos y materiales para la realización del Scanner 3D, antes de realizar el ensamblaje se verificó que los componentes estén en óptimas condiciones, como se puede observar en la Figura 3.3.



**Figura.3.3.** Conexiones de los elementos eléctricos y electrónicos.

**Nota:** Autoría propia.

Para las conexiones de los elementos eléctricos y electrónicos, se realizó el montaje en la parte inferior de la plataforma. En la parte eléctrica se instala un interruptor con un fusible de 10A que sirve de protección para el circuito, a las entradas de alimentación de las fuentes de alimentación de 5 V y 12 V se conecta un voltaje de 110 V AC. Para el sistema de fuerza se conectó un motor Nema 17 y un sensor G123-08 cómo se observa en la Figura 3.4.



**Figura.3.4.** Conexiones de los elementos eléctricos y electrónicos.

**Nota:** Autoría propia.

El motor y el sensor magnético se encuentran ubicados en la parte inferior de la plataforma giratoria y en la parte superior y lateral se ubican las tiras Leds.

### 3.1.3 Software

Los software utilizados en el prototipo son: 3D Scan, 3D Builder, Arduino e interfaz HMI (Nextion) los cuales son independientes ya que 3D Scan inicia la digitalización, el 3D Builder permite visualizar y manipular la imagen y la interfaz HMI inicializa el proceso de rotación e iluminación.

#### 3.1.3.1 3D Scan

El software sirve para digitalizar el objeto, para lo cual tiene parámetros modificables como son: profundidad, ancho, alto, sentido horizontal y vertical, temporizadores, botón de inicio y paro, como se observa en la Figura 3.5.

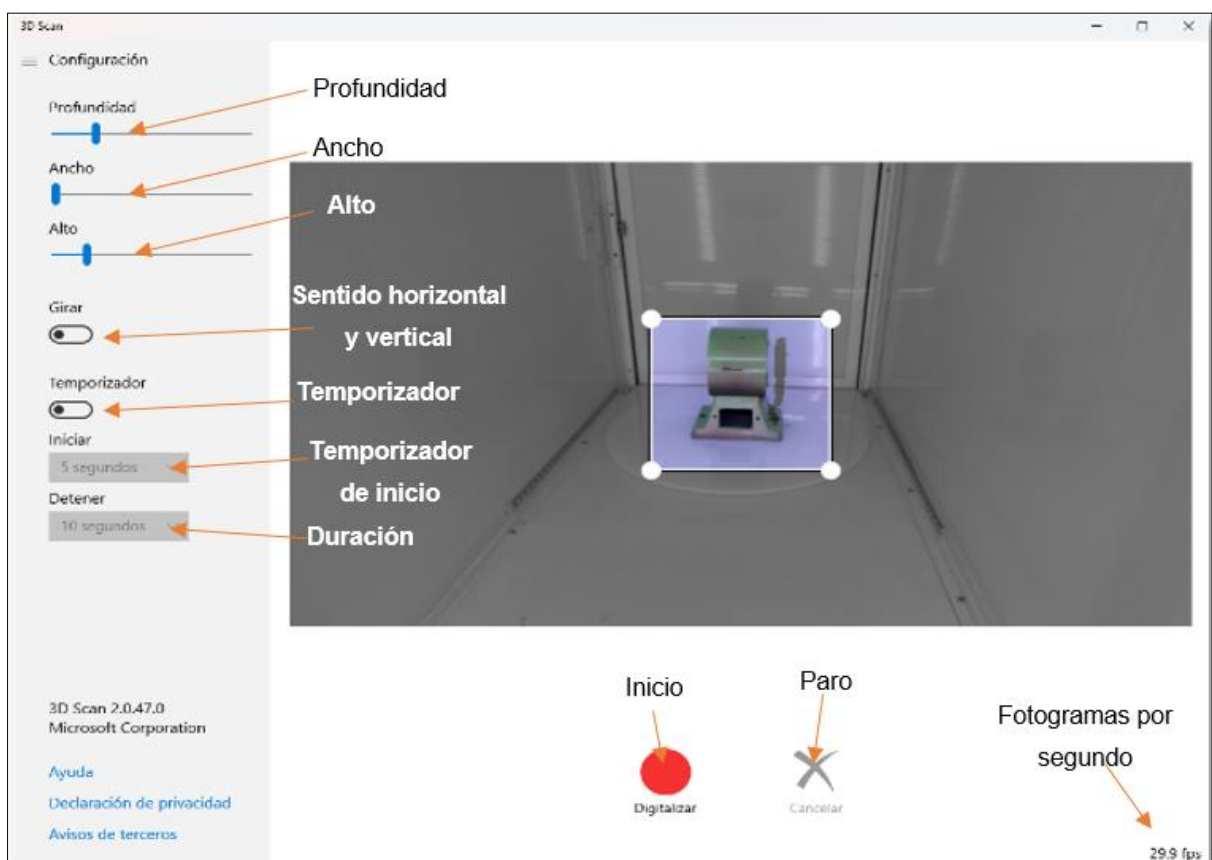


Figura.3.5. Parámetros por configurar en el software Scan 3d.

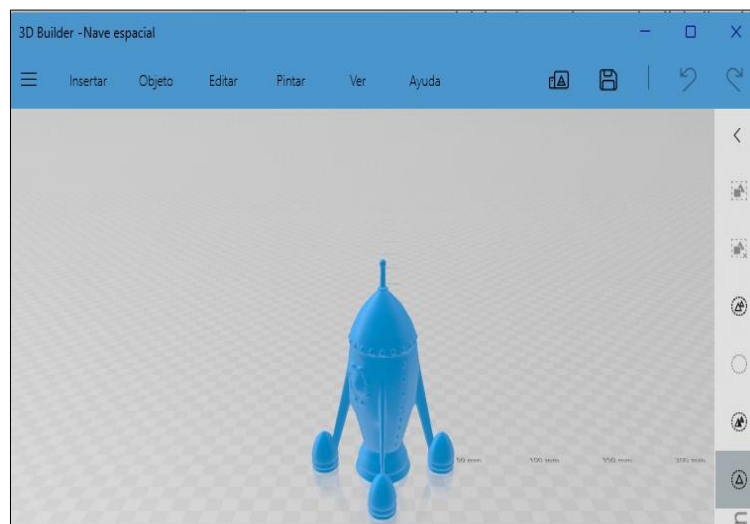
Nota: Autoría propia.

- Profundidad: este slider permite establecer la distancia que existe entre el fondo del objeto y la cámara Kinect V2.
- Ancho: este slider sirve para establecer el ancho del objeto a escanear.
- Alto: este slider sirve para establecer el alto del objeto a escanear.
- Girar: sirve para dar sentido de orientación tanto en horizontal y vertical al objeto.

- Temporizador: activa y desactiva las opciones de tiempo de inicio con retardo y la duración de digitalización.
- Inicio: da comienzo a la digitalización del objeto.
- Paro: finaliza el proceso de digitalización.
- Fotogramas por segundo: visualiza los fotogramas por segundo que la cámara Kinect V2 puede obtener.

### 3.1.3.2 3D Builder

El software facilita la manipulación de la imagen 3D, después de su digitalización, permite reparaciones automáticas, dividir la imagen, insertar nuevos objetos 3D, suavizar los bordes, pintar etc. Como se observa en la Figura 3.6.



**Figura.3.6.** Parámetros por configurar en el software Scan 3d.

**Nota:** Autoría propia.

- Reparaciones automáticas: finalizada la digitalización, el resultado se visualiza en el 3D Builder para realizar reparaciones con un clic en la parte derecha inferior del objeto, tapando huecos que resultan de la digitalización, haciendo de la imagen 3D en un objeto sólido.
- Dividir la imagen: esta función permite separar la base giratoria del objeto 3D en dos partes, si así se lo requería.
- Insertar nuevos objetos 3D: es posible insertar otros objetos ya sean escaneados o descargados para combinarlos con el objeto ya insertado.
- Suavizar los bordes: la función le brinda un mejor acabado en la silueta del objeto.
- Pintar: esta opción permite cambiar el color del objeto.

### 3.1.3.3 Flujo de proceso

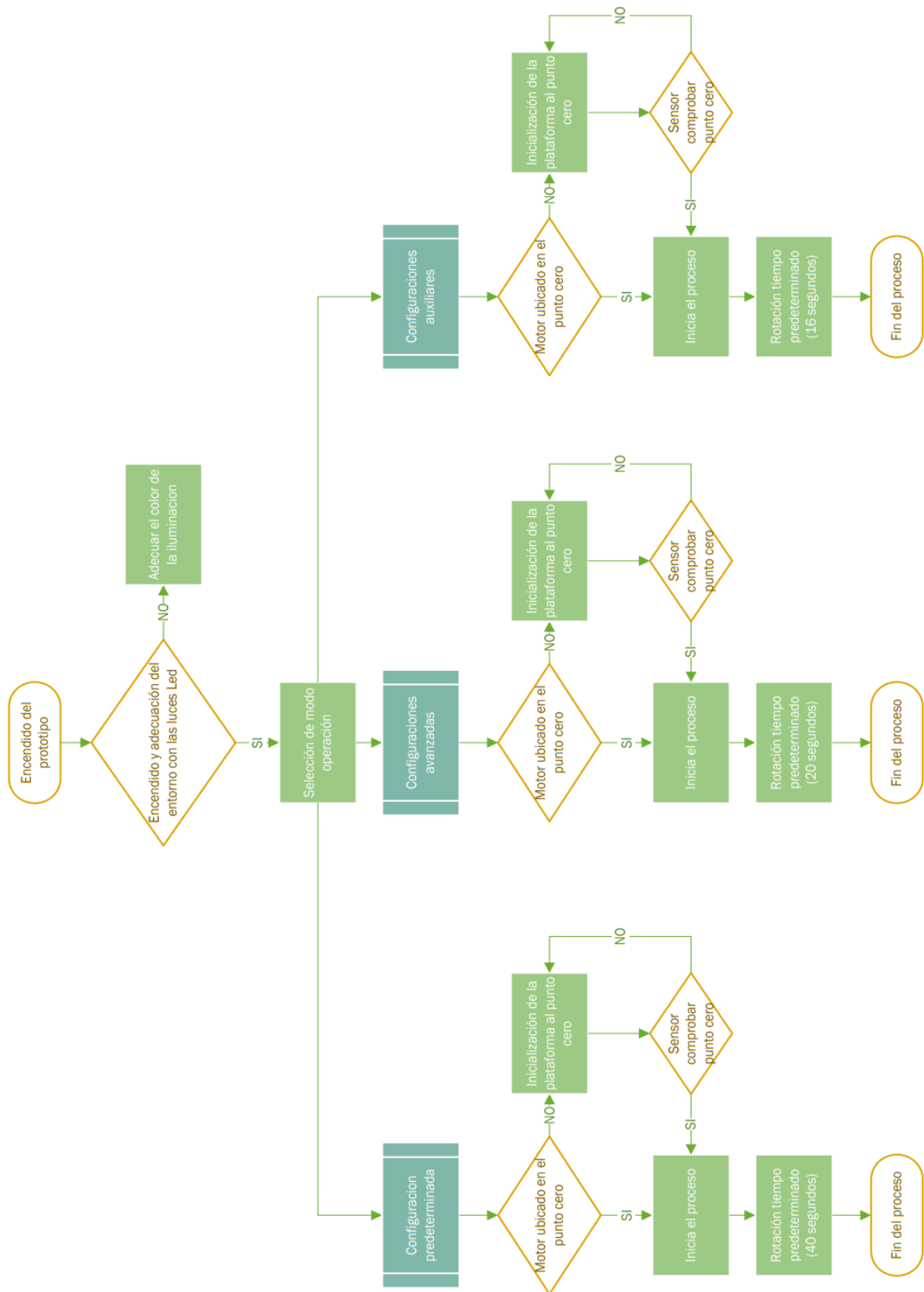


Figura.3.7. Visualización de la pantalla de inicio del controlador del prototipo.

Nota: Autoría propia.



En la Figura 3.7 se observa el flujograma del control de la programación del Arduino para la digitalización de los objetos 3D, se inicia con el encendido del prototipo para adecuar la luz que permite contrastar mejor al objeto para digitalizar de manera correcta por la cámara Kinect V2, luego de ello se selecciona uno de los 3 tipos de escaneo según la necesidad del objetivo, ya que si su contorno no es geométrico necesitará más tiempo para capturar más fotogramas por segundo para poder ser procesadas y obtener una mejor imagen 3D. Antes de iniciar el proceso, si la plataforma giratoria no se encuentra en la posición 0° se ejecuta el posicionamiento y el sensor detecta cuando la plataforma está en su posición inicial.

### 3.1.3.4 Interfaz HMI

En esta sección se detalla el diseño y funcionamiento de las tres pantallas programadas que conforman el sistema de control que son configuraciones predeterminadas, configuraciones avanzadas y configuraciones auxiliares del prototipo de Scanner 3D.

#### a) Pantalla 1: Configuraciones predeterminadas

Como primera ventana se tiene la pantalla de inicio en la cual están ubicados tipos de escaneo y de iluminación, además de botones táctiles de control como se muestra en la Figura 3.8, en esta sección el usuario puede escoger los parámetros ya preestablecidos para el escaneo que desea realizar.

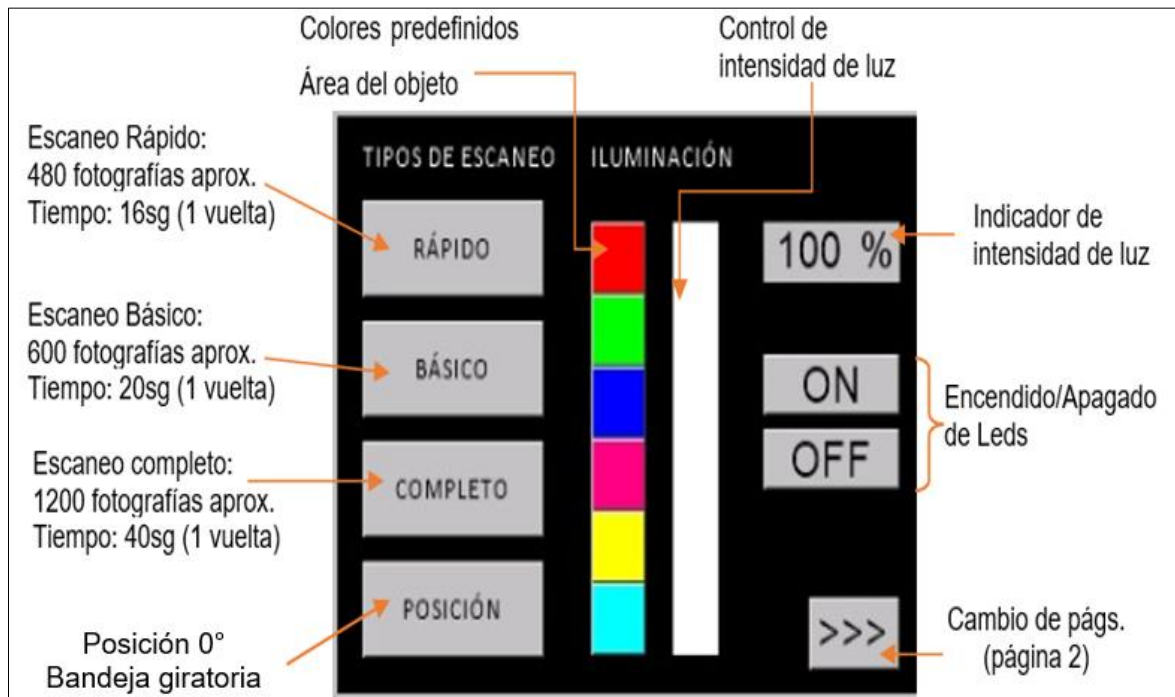
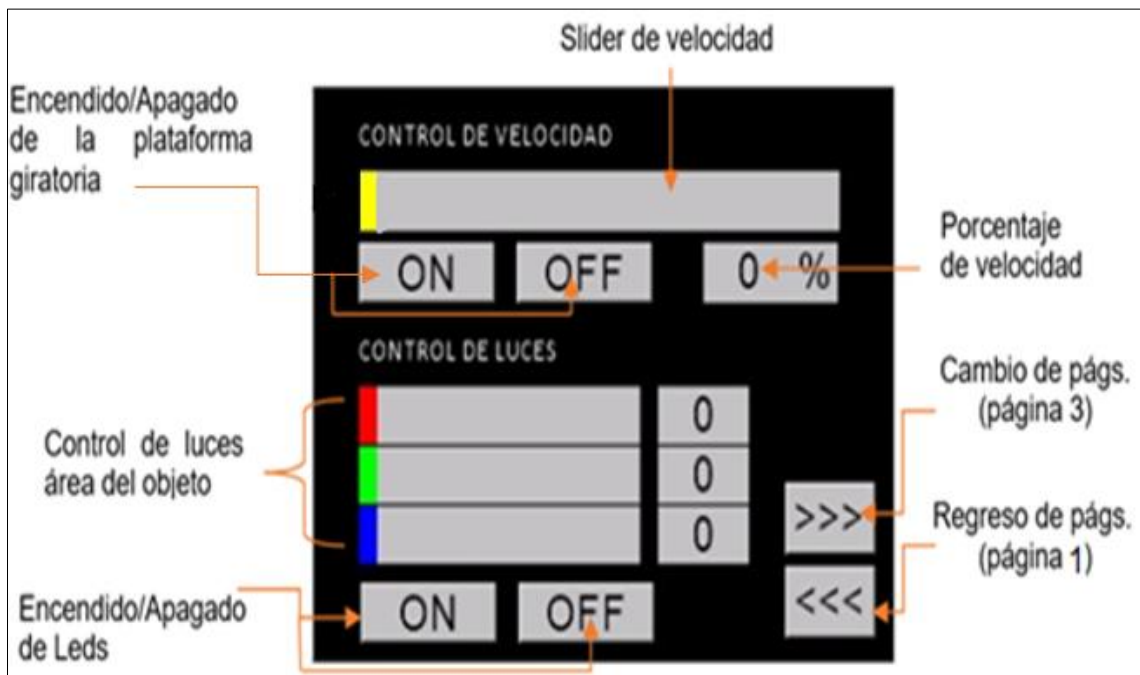


Figura.3.8. Visualización de la pantalla de inicio del controlador del prototipo.  
Nota: Autoría propia.

## b) Pantalla 2: Configuraciones avanzadas

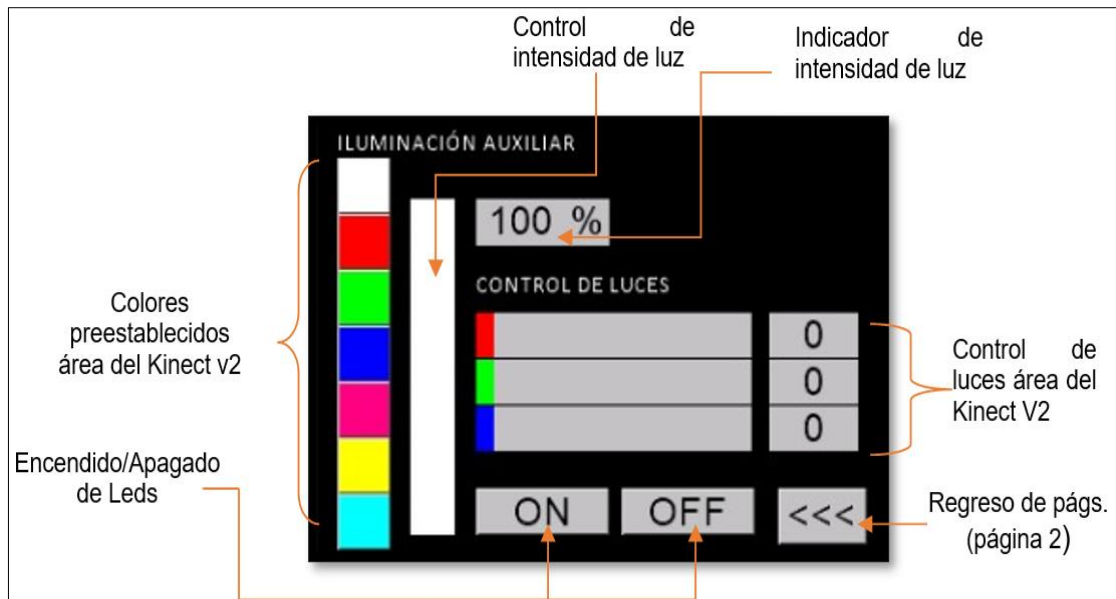
En esta segunda pantalla como se muestra en la Figura. 3.9, se establecen los ajustes avanzados de las configuraciones con relación al control de velocidad en tiempo real y a los parámetros de luminosidad accesibles según los valores que se da a cada led RGB (rojo, verde y azul por sus siglas en inglés).



**Figura.3.9.** Pantalla de los comandos para control de velocidad y luces.  
**Nota:** Autoría propia.

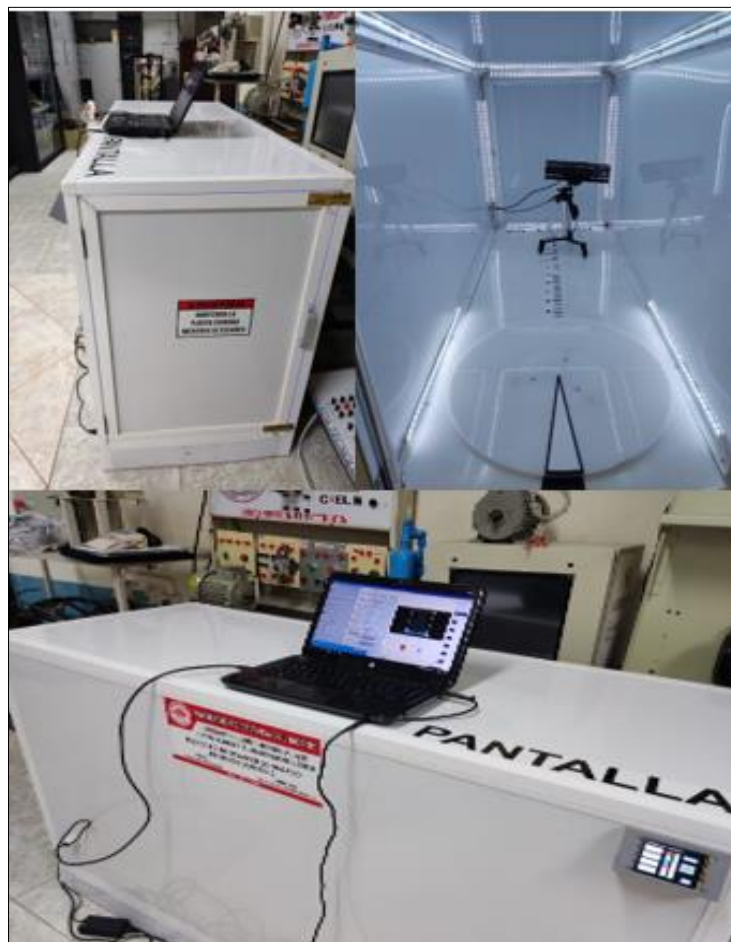
## c) Pantalla 3: Configuraciones auxiliares.

En la pantalla que se muestra en la Figura 3.10 se presentan las opciones de control de la iluminación auxiliar que brindan las 120 luces led colocadas en la cabina de escaneo, en la parte trasera de la cámara Kinect. Al igual que en la pantalla 2, tiene los botones de encendido, apagado y anterior pantalla; siete opciones de colores preestablecidos, y en conjunto, 3 sliders que permiten la iluminación variable para cada color (opciones RGB).



**Figura.3.10.** Pantalla de control de la iluminación auxiliar.  
**Nota:** Autoría propia.

En la Figura 3.11 se indica el prototipo final terminado para proceder a realizar las pruebas y ajustes necesarios para su correcto funcionamiento



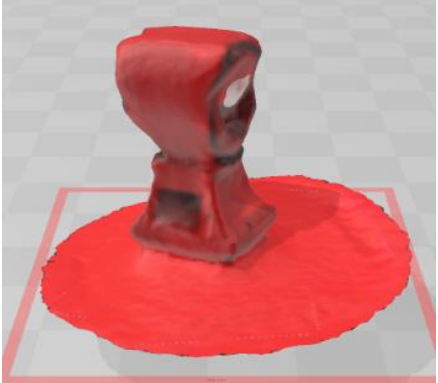
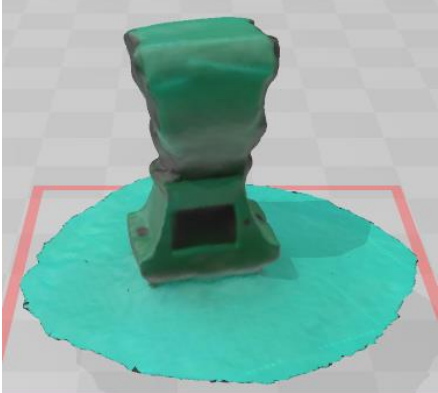
**Figura.3.11.** Prototipo finalizado.  
**Nota:** Autoría propia.

En esta imagen se puede visualizar la parte frontal, lateral e interna del prototipo, donde en la parte frontal y posterior (puertas) se instaló unas maniguetas para asegurar que las puertas no se abran mientras el prototipo se encuentra en funcionamiento, se instaló señaléticas para el reconocimiento de sus componentes.

### 3.2 Pruebas realizadas para la obtención de imágenes 3D usando el prototipo

En la Tabla 3.1 se muestra los resultados de las pruebas que se realizó a una carcasa de un motor, donde la carcasa es de color verde y de metal, es importante tomar en cuenta diferentes parámetros como es el tiempo de escaneo, el número de fotogramas por segundo con la que captura de la cámara Kinect V2, iluminación frontal y posterior del prototipo, en cada caso se muestra el resultado con una imagen.

**Tabla 3.1.** Resultados de las pruebas realizada a una carcasa de un motor.

Tiempo	# de fotogramas	Iluminación encima del objeto	Iluminación atrás de la cámara	Imagen
40 segundos	30 fps	Rojo 100%	Sin luz	
40 segundos	30 fps	Verde 100%	Sin luz	

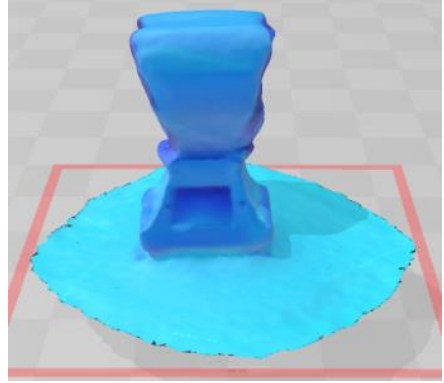
---

40  
segundos

30 fps

Azul 100%

Sin luz

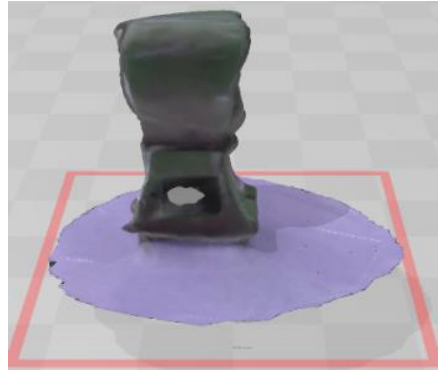


40  
segundos

26 fps

Blanco 100%

Sin luz

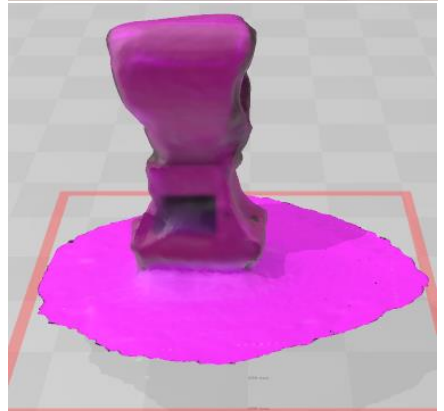


40  
segundos

30 fps

Magenta  
100%

Sin luz

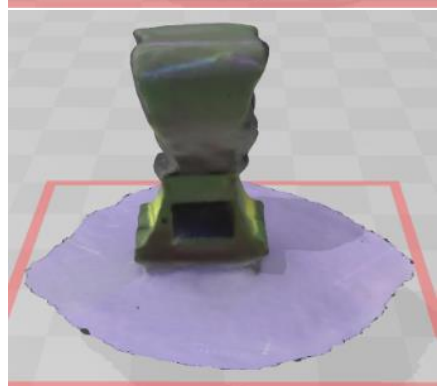


40  
segundos

30 fps

Amarillo  
100%

Sin luz



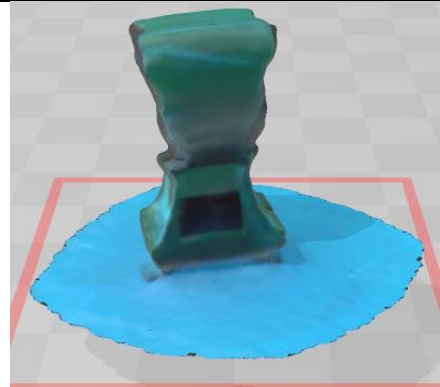
---

40  
segundos

30 fps

Cian 100%

Sin luz

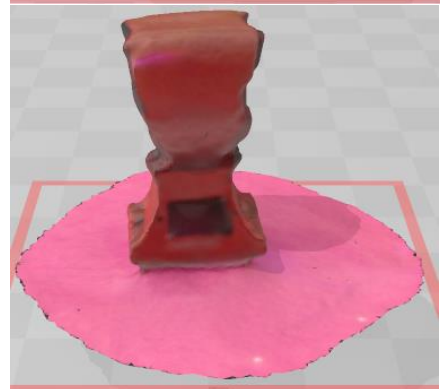


20  
segundos

28 fps

Sin luz

Rojo 100%

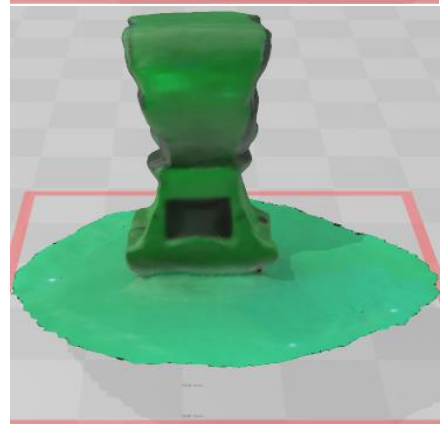


20  
segundos

28 fps

Sin luz

Verde 100%

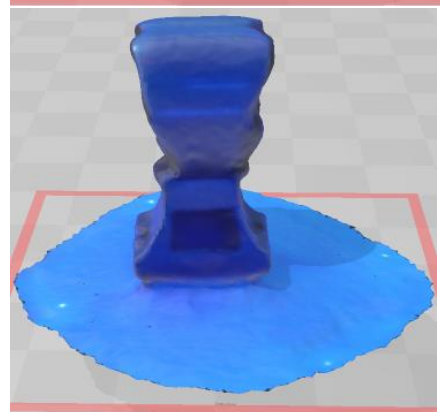


20  
segundos

28 fps

Sin luz

Azul 100%

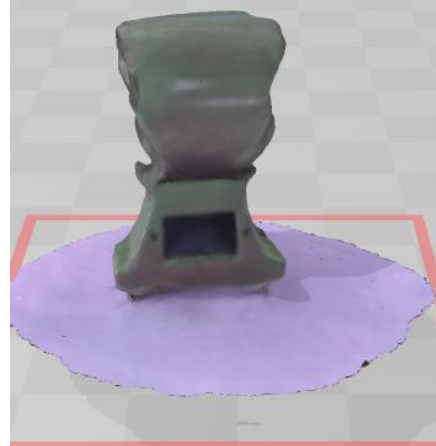


20  
segundos

28 fps

Sin luz

Blanco  
100%

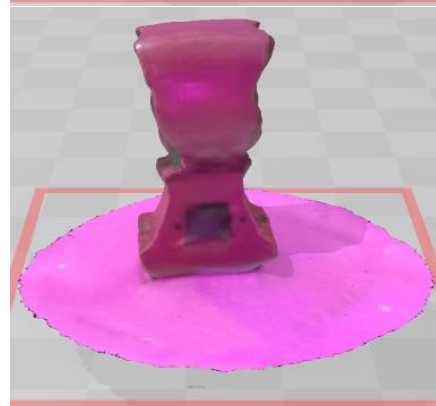


20  
segundos

28 fps

Sin luz

Magenta  
100%

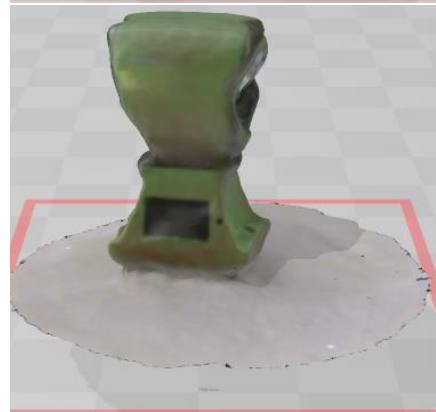


20  
segundos

28 fps

Sin luz

Amarillo  
100%

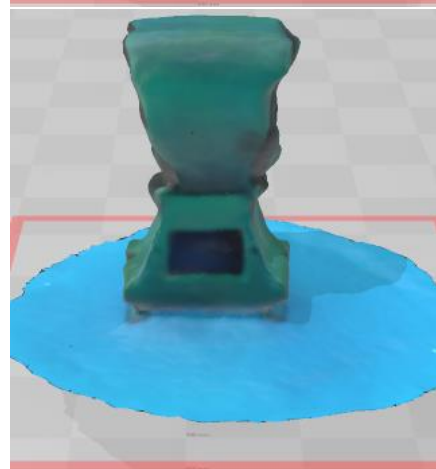


20  
segundos

28 fps

Sin luz

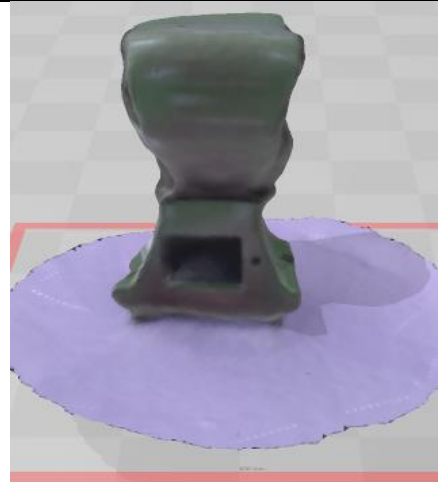
Cian  
100%



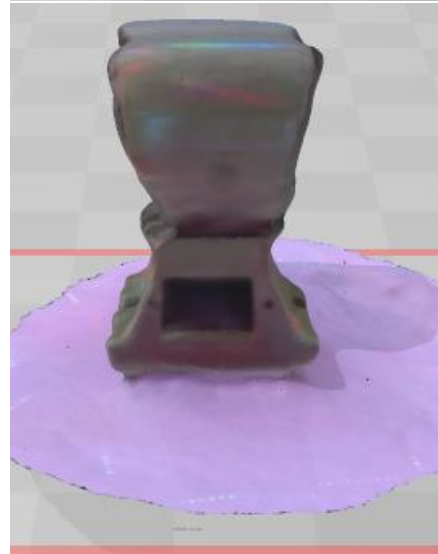


---

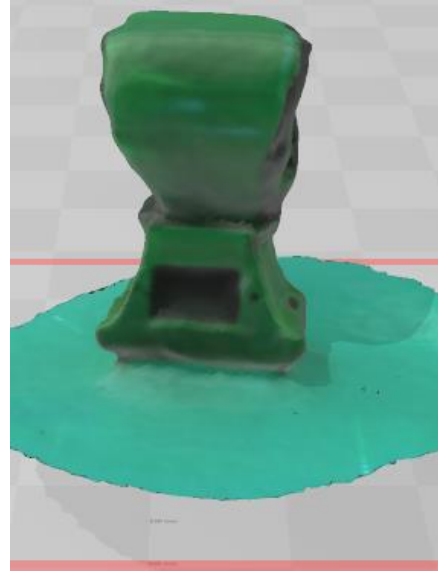
16 segundos 22 fps Blanco 100% Blanco 100%



16 segundos 25 fps Rojo 100% Blanco 100%



16 segundos 29 fps Verde 100% Blanco 100%



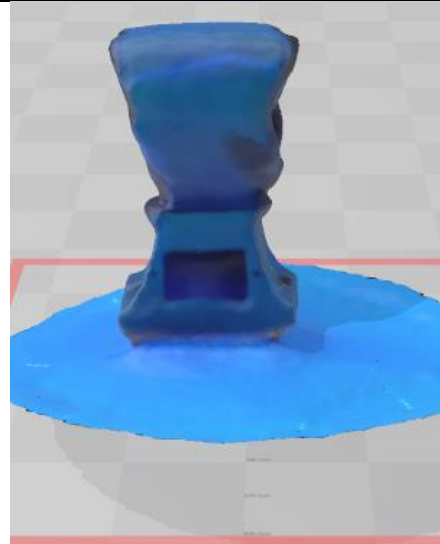


16  
segundos

28 fps

Azul 100%

Blanco  
100%

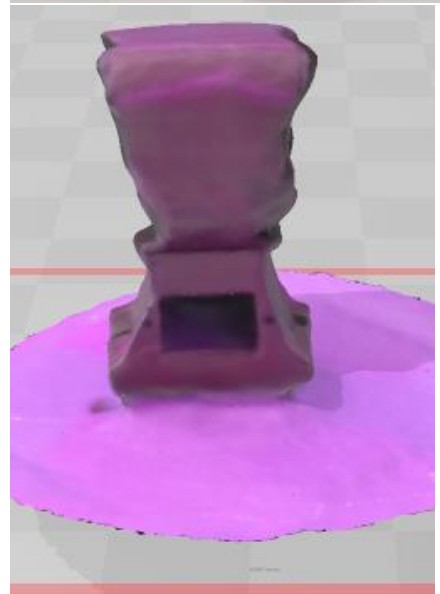


16  
segundos

29 fps

Magenta  
100%

Blanco  
100%



16  
segundos

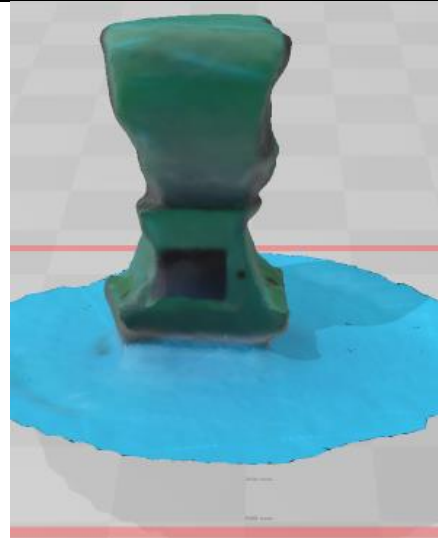
15 fps

Amarillo  
100%

Blanco  
100%



16 segundos      19 fps      Cian 100%      Blanco 100%





**Nota:** Autoría propia.

Se realizó 7 tipos de pruebas, cada uno con distintos colores de iluminación y con 3 tiempos diferentes, en las cuales se evidencia que a mayor tiempo se tiene mejores resultados, pero también se ve influenciado por los diferentes tipos de color de iluminación.

### 3.3 Pruebas con otros objetos

Se realizó otras pruebas de escaneo con objetos diferentes al anterior como: una maleta y un casco como se muestra en la Tabla 3.2.

**Tabla 3.2** Otras pruebas con otros objetos.

Tiempo	# de fotogramas	Iluminación encima del objeto	Iluminación atrás de la cámara	Imagen
20	30 fps	Blanco 50%	Blanco 100%	
16	25 fps	Blanco 50%	Blanco 50%	

**Nota:** Autoría propia.

Después de las diferentes pruebas se observa que el prototipo de Scanner 3D puede escanear diferentes tipos de elementos. Por lo tanto, se observó que la digitalización de objetos de color mate se obtiene mejores resultados, esto debido a que objetos que emitan brillo interfieren en la calidad de la imagen en 3D.

### 3.4 Resultados de imágenes 3D obtenidas con el prototipo

De acuerdo con las pruebas realizadas se detalla una tabla con los datos según el color configurado y el tiempo de digitalización en los cuales se califica en valores de 1 a 5 donde 5 es el mejor resultado y 1 el resultado inferior.

**Tabla 3.3** Datos de los resultados de las pruebas a 40 segundos.

Iluminación		Tiempo segundos	Valor (1 - 5)
Encima del objeto	Atrás de la cámara		
rojo	sin luz	40	5
verde	sin luz	40	4
azul	sin luz	40	3
blanco	sin luz	40	2
magenta	sin luz	40	4
amarillo	sin luz	40	2
cian	sin luz	40	3

**Nota:** Autoría propia.

Como se observa en la Tabla 3.3 se clasifica por la iluminación en un tiempo de digitalización de 40 segundos. Por medio del valor ponderado se deduce que el objeto con mejor resultado es el que tiene una iluminación de color rojo ya que el objeto es de color verde y absorbe el color encima del objeto y sin luz atrás de la cámara. Esto se debe a que existen superficies con la capacidad de absorber un color y reflejar otros.

**Tabla 3.4** Datos de los resultados de las pruebas a 20 segundos.

Iluminación		Tiempo segundos	Valor (1 - 5)
Encima del objeto	Atrás de la cámara		
sin luz	rojo	20	3
sin luz	verde	20	3
sin luz	azul	20	3
sin luz	blanco	20	2
sin luz	magenta	20	2
sin luz	amarillo	20	3
sin luz	cian	20	3

**Nota:** Autoría propia.

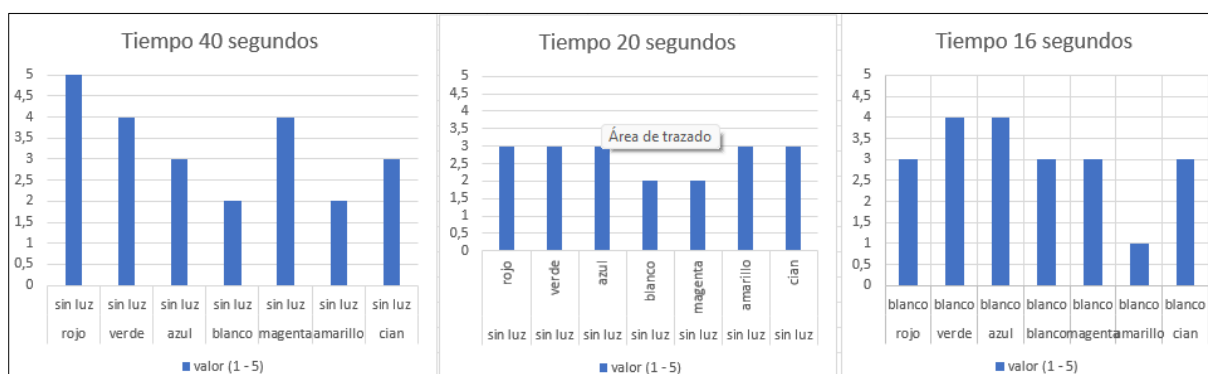
Como se observa en la Tabla 3.4 se clasifica por la iluminación en un tiempo de digitalización de 20 segundos. Por medio del valor ponderado se deduce que el objeto con mejor resultado es el que tiene una iluminación de color rojo ya que el objeto es de color verde y absorbe el color de atrás de la cámara y sin luz encima del objeto. En este caso no se obtuvo calificación mayor a 3 por lo que los resultados no fueron demasiado buenos debido al enfoque de la iluminación.

**Tabla 3.5** Datos de los resultados de las pruebas a 16 segundos.

Iluminación		Tiempo segundos	valor (1 - 5)
Encima del objeto	Atrás de la cámara		
rojo	blanco	16	3
verde	blanco	16	4
azul	blanco	16	4
blanco	blanco	16	3
magenta	blanco	16	3
amarillo	blanco	16	1
cian	blanco	16	3

**Nota:** Autoría propia.

Como se observa en la Tabla 3.5 se clasifica por la iluminación en un tiempo de digitalización de 16 segundos, por medio del valor ponderado se deduce que el objeto mejor enfocado es aquel que se colocó una iluminación de color verde y azul encima del objeto y blanco atrás de la cámara, seguido del objeto con una iluminación de color rojo, blanco y magenta en este caso no se obtuvo calificación mayor a 4 por lo que los resultados no fueron mejores a los obtenidos en la Tabla 3.3.



**Figura.3.12.** Gráficas de los resultados obtenidos mediante tiempo e iluminación

**Nota:** Autoría propia

En los gráficos obtenidos en la Figura 3.12 se deduce que entre mayor tiempo de digitalización mayor enfoque del objeto debido a que la cámara capta con mayor precisión al

objeto mientras gira en la plataforma, de igual forma otro parámetro a mencionarse es su iluminación ya que esto también ayuda a mejorar la observación de la cámara.

El punto más fuerte para tener en cuenta es el tiempo de digitalización, pero sin dejar a un lado la iluminación ya que a un tiempo de 20 segundos se obtuvo los menores resultados y a un tiempo de 16 segundos dio mejores resultados que el tiempo de 20 segundos, esto debido a la configuración de la iluminación ya que estoy ayuda a mejorar el enfoque de la cámara.

Los resultados que se obtienen son directamente digitalizados por el 3D Scan y para poder modificar, mejorar y pulir se usa el software 3D Builder con el fin de obtener una figura mejor definida debido a que este programa cuenta con configuraciones en las cuales se modifica el tamaño, color, suavizado de la silueta entre otras con el fin de tener un acabado deseado como se observa en la Figura 3.13.



**Figura.3.13.** Figura digitalizada en 3D Scan y pulida en el software 3D Builder  
**Nota:** Autoría propia

La implementación de los métodos, técnicas y materiales descritos en el diseño del prototipo de un Scanner 3D basado en Kinect versión 2 permitió realizar la construcción del mismo, obteniendo como resultado un objeto 3D, el cual hizo posible la digitalización 3D de la carcasa de un motor. El diseño eléctrico y electrónico proporcionó las condiciones para iniciar el proceso de pruebas, ajustes necesarios para el escaneo deseado para cumplir los objetivos planteados.

## Conclusiones

- En base a la investigación se concluye que existen varios tipos de tecnologías de scanner 3D, que ayudan a digitalizar objetos en imágenes tridimensionales, pero entre mayor calidad y eficiencia mayor es su costo. Por lo que resulta difícil adquirir este tipo de tecnologías.
- Se concluye que para realizar un diseño eléctrico y electrónico se debe tener en cuenta los requerimientos para que el Scanner funcione de una manera eficiente, con el fin de seleccionar los componentes adecuados de bajo costo sin perder características de precisión en la captura y procesamiento de imágenes, proporcionando versatilidad en los parámetros de luminosidad de la cabina y del control de velocidad de la plataforma giratoria.
- Se realizó la construcción del Scanner 3D lo cual al momento de realizar las pruebas de digitalización se concluyó que, si el color de la iluminación es igual al color del objeto, la luz será reflejada por la propiedad de reflexión lo que provoca distorsiones a la cámara perdiendo la calidad en la imagen 3D.
- Se determinó que la variación de los parámetros de iluminación y velocidad de la plataforma giratoria del prototipo Scanner 3D, proporciona un modelo tridimensional semejante al real.

## **Recomendaciones**

- Verificar las nuevas tecnologías del mercado en relación con la adquisición de imágenes 3D para determinar las condiciones de diseño ideales del prototipo y así, implementar mejoras en el proceso.
- Se recomienda para la estructura hacerla de forma cúbica para que la iluminación se distribuya de forma pareja, evitando sombras o reflejos propios de la iluminación. Por otra parte, incorporar un servo motor a la base de la cámara, con el fin de realizar la automatización del movimiento de la cámara y deje de ser manual.
- Se recomienda utilizar colores mate en los paneles de la estructura, de preferencia colores oscuros ya que con ayuda de la iluminación se evita que no exista sombras producidas por el objeto mismo. Por otra parte, el objeto a escanear no puede ser de materiales que produzcan reflejos como: metales, vidrios y polímeros transparentes debido a que distorsiona al sensor de profundidad.
- Para aprovechar las funciones del prototipo se recomienda usar un software de paga en lugar de los usados en esta investigación; por ejemplo, el Kscan3D y Skanect ofrecen mayores funcionalidades para obtener imágenes 3D con calidad profesional y mayor detalle en los resultados.

## **Trabajos futuros**

- Implementar un sistema automático de iluminación en función al objeto a escanear.
- Implementar un sistema de escaneo basado en fotometría.

## REFERENCIAS

- Berral, I. (2016). *Equipos microinformáticos*. España: Copyright. Obtenido de [https://books.google.com.ec/books?id=pHDICwAAQBAJ&printsec=frontcover&source=gbs\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.ec/books?id=pHDICwAAQBAJ&printsec=frontcover&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false)
- Cedal. (14 de 01 de 2022). *CEDAL*. Obtenido de <http://www.cedal.com.ec/index.php/es/categorias-de-productos/perfileria-de-aluminio/normalizados-estandarizados.html>
- Chapman, S. j. (2019). *Máquinas Eléctrias*. Mexico: Mc Graw Hill Educación.
- Del Valle, H. (10 de Enero de 2021). *Programar fácil*. Recuperado el 11 de Junio de 2021, de <https://programarfacil.com/podcast/86-sensor-kinect-inteligencia-artificial/>
- Dfrobot. (1 de 10 de 2021). *DFROBOT drive the future*. Obtenido de [https://wiki.dfrobot.com/TB6600\\_Stepper\\_Motor\\_Driver\\_SKU\\_\\_DRI0043](https://wiki.dfrobot.com/TB6600_Stepper_Motor_Driver_SKU__DRI0043)
- Dfrobot. (10 de 01 de 2022). *Dfrobot*. Obtenido de [https://www.dfrobot.com/about-us:https://wiki.dfrobot.com/TB6600\\_Stepper\\_Motor\\_Driver\\_SKU\\_\\_DRI0043](https://www.dfrobot.com/about-us:https://wiki.dfrobot.com/TB6600_Stepper_Motor_Driver_SKU__DRI0043)
- DroneBot Workshop. (25 de Mayo de 2019). Obtenido de <https://dronebotworkshop.com/big-stepper-motors/>
- Echeverría, L. (2016). *DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE ESCANER 3D PARA EL MODELAMIENTO DE OBJETOS EN TRES DIMENSIONES*. Quito: ESPE.
- Electronics, U. (12 de 10 de 2021). Obtenido de <https://uelectronics.com/producto/fuente-conmutada-12v-10a/>
- Electronperdido. (16 de 03 de 2022). Obtenido de <https://electronperdido.com/shop/sensores/movimiento/interruptor-magnetico-tipo-reed-g123-08/>
- Electropolis. (6 de Enero de 2019). *¿Qué es un LED RGB?* . Obtenido de <https://www.electropolis.es/blog/que-es-un-led-rgb-te-contamos/>
- Favieri, H. (2015). *Reconocimiento de Objetos en Imagenes RGB-D*. Buenos Aires: Universidad de Buenos Aires Facultad de Ciencias Exactas y.
- Filipeflop. (07 de 07 de 2021). Obtenido de <https://www.filipeflop.com/produto/nano-shield-para-arduino/>
- Folguera, E., & Muros, A. (2013). *La iluminación artificial es arquitectura*. Universitat Politècnica de Catalunya.
- GP, L. (2018). *D3D Digitalización 3D*. Obtenido de <https://www.digitalizacion-3d.com/>
- HEPCO. (2020). *Sistema de construcción de estructuras de aluminio y máquinas*.
- Hewlett-Packard. (20 de 03 de 2019). *Infocomputer*. Obtenido de <https://www.infocomputer.com/blog/hp-historia/>
- Ingeniería-MCI. (15 de 08 de 2021). *arduino.cl*. Obtenido de <https://arduino.cl/arduino-nano/>



Labs3d. (01 de 02 de 2018). Obtenido de <https://www.labs3d.com/escaneo-ingenieria-inversa>

Lema O, H. P., & Martinez L, P. N. (2017). *DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN ESCÁNER 3D BASADO EN VISIÓN ARTIFICIAL ESTÉREO PARA EL MODELADO Y PROTOTIPADO DE PRÓTESIS ORTOPÉDICAS PASIVAS POR DEBAJO DEL CODO*. Riobamba: ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO.

Lema, H. P., & Martinez, P. N. (2017). *DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN ESCÁNER 3D BASADO EN VISIÓN ARTIFICIAL ESTÉREO PARA EL MODELADO Y PROTOTIPADO DE PRÓTESIS ORTOPÉDICAS PASIVAS POR DEBAJO DEL CODO*”. Riobamba: ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y REDES INDUSTRIALES.

López, E. (2016). *Arduino. Guía práctica de fundamentos y simulación*. Ra-Ma.

López, J. (2018). *Máquinas Eléctricas*. Instituto Profesional y Técnico de Veraguas.

Luisillamas. (4 de 10 de 2021). [www.luisillamas.com](http://www.luisillamas.com). Obtenido de [ww7.pighixxx.net](http://ww7.pighixxx.net):  
[ww7.pighixxx.net](http://ww7.pighixxx.net)

Microsoft. (2021). *Microsoft*. Obtenido de <https://www.microsoft.com/es-ec/p/3d-builder/9wzdnrcfj3t6?activetab=pivot:overviewtab>

Moreno, A., & Córcoles, S. (2018). *Arduino. Edición 2018 Curso práctico*. Ra-Ma.

Muñiz, J. G. (MARZO de 2018). *Diseño de un sistema electrónico integrado al sensor Kinect como controlador de efectos escénicos para crear experiencias interactivas*. Obtenido de <http://zaloamati.azc.uam.mx/>:  
[http://zaloamati.azc.uam.mx/bitstream/handle/11191/5973/Diseno\\_de\\_un\\_sistema\\_el\\_electronico\\_Galindo\\_Muniz\\_J\\_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://zaloamati.azc.uam.mx/bitstream/handle/11191/5973/Diseno_de_un_sistema_el_electronico_Galindo_Muniz_J_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Postel, L. (03 de 02 de 2022). Obtenido de <https://proyectosconarduino.com/modulos/arduino-nano-shield/>

Sicnova. (8 de Enero de 2020). *Tecnologías de escaneo 3D. Ventajas y limitaciones*. Obtenido de <https://sicnova3d.com/blog/experiencias-3d/tecnologias-de-escaneo-3d-ventajas-y-limitaciones/#:~:text=Escaneo%203D%20por%20contacto,construcci%C3%B3n%20de%20la%20imagen%203D>.

Stepperonline. (10 de 01 de 2022). *STEPPERONLINE*. Obtenido de <https://www.omc-stepperonline.com/nema-17-stepper-motor/>

STUDIO, I. (20 de 11 de 2021). *Nextion*. Obtenido de [nextion.tech](https://nextion.tech):  
<https://nextion.tech/datasheets/nx3224k028/>

Superrobotica. (09 de Septiembre de 2022). *Superrobotica*. Obtenido de Superrobotica:  
<http://www.superrobotica.com/S330014.htm>

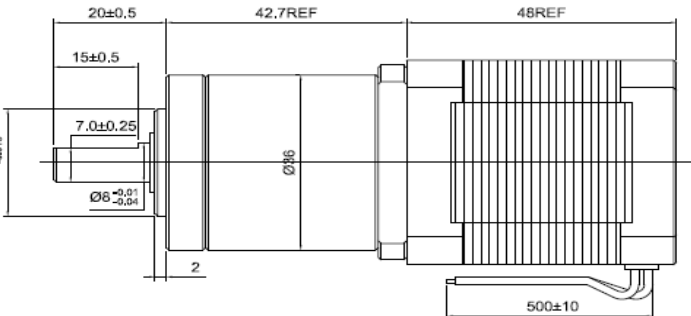
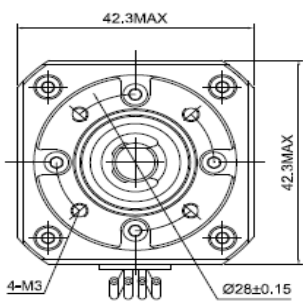
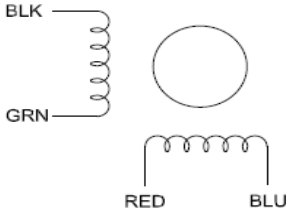

TME. (04 de 08 de 2020). Obtenido de <https://www.tme.eu/es/details/ws2812b/leds-smd-de-colores/worldsemi/?2fa3=2fa3>

Toomanyflash. (17 de 09 de 2021). Obtenido de <https://toomanyflash.com/iluminacion-en-fotografia/#:~:text=Para%20la%20fotograf%C3%ADa%2C%20la%20luz,imprimir%20dramatismo%20u%20ocultar%20figuras.>

VILLAMAR F, X. A. (2016). DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA. En X. A. VILLAMAR F, *DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE ESCANER 3D PARA EL MODELAMIENTO DE OBJETOS EN TRES DIMENSIONES* (pág. 137). Sangolquí.

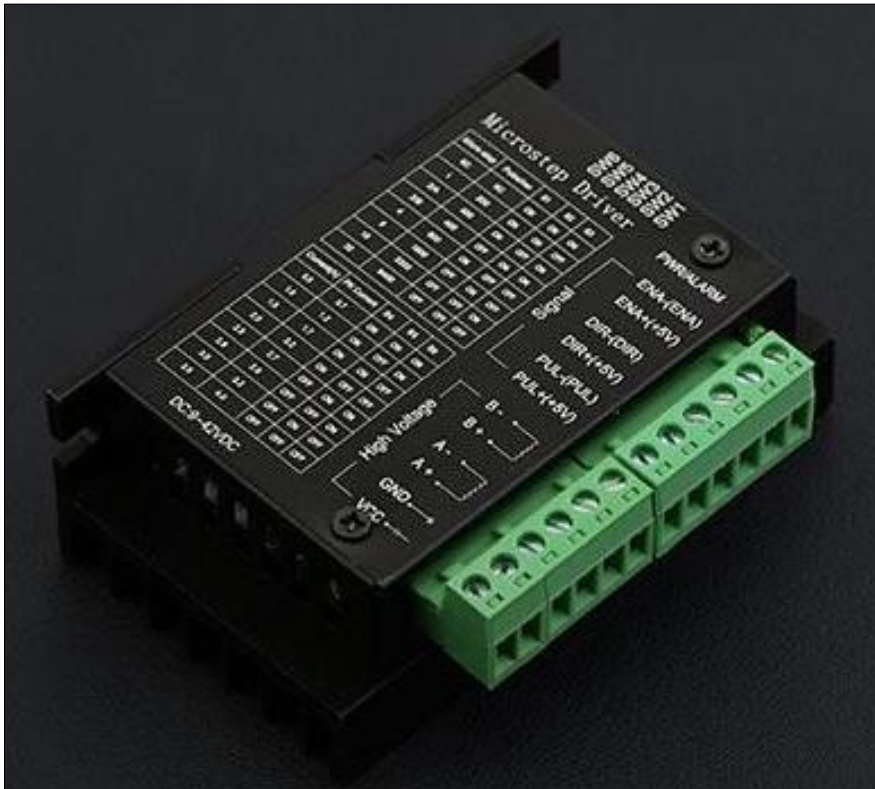
# ANEXOS

## ANEXO A: MOTOR A PASOS REDUCTOR 1:100 – NEMA 17

<h1 style="margin: 0;">Nema 17 Planetary Geared Stepper Motor</h1>				Rev: A																															
				Date:																															
<h3>COMMON RATINGS</h3> <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 33%;">Step angle : 1.8°</td> <td style="width: 33%;">Dielectric strength : 500VAC</td> <td style="width: 33%;"></td> </tr> <tr> <td>Positional accuracy : ±5%</td> <td>Insulation resistance : 100Mohm(500VDC)</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Number of Phase : 2</td> <td>Ambient Temperature : -10°C~50°C</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Temperature rise : 80°C MAX</td> <td>Insulation class : B</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Rotor Inertia : 68gcm<sup>2</sup></td> <td>Weight : 0.6Kg</td> <td></td> </tr> </table>					Step angle : 1.8°	Dielectric strength : 500VAC		Positional accuracy : ±5%	Insulation resistance : 100Mohm(500VDC)		Number of Phase : 2	Ambient Temperature : -10°C~50°C		Temperature rise : 80°C MAX	Insulation class : B		Rotor Inertia : 68gcm <sup>2</sup>	Weight : 0.6Kg																	
Step angle : 1.8°	Dielectric strength : 500VAC																																		
Positional accuracy : ±5%	Insulation resistance : 100Mohm(500VDC)																																		
Number of Phase : 2	Ambient Temperature : -10°C~50°C																																		
Temperature rise : 80°C MAX	Insulation class : B																																		
Rotor Inertia : 68gcm <sup>2</sup>	Weight : 0.6Kg																																		
<h3>SPECIFICATIONS</h3> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th style="width: 15%;">Holding Torque Before Gearbox (N.cm)</th> <th style="width: 15%;">Rated Current/Phase (Amps DC)</th> <th style="width: 15%;">Phase Resistance (ohms) ±10%</th> <th style="width: 15%;">Rated Voltage/Phase (V DC)</th> <th style="width: 15%;">Phase Inductance (mH) ±20%(1KHz) Typical</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>44.0</td> <td>1.68</td> <td>1.65</td> <td>2.8</td> <td>2.8</td> </tr> </tbody> </table>					Holding Torque Before Gearbox (N.cm)	Rated Current/Phase (Amps DC)	Phase Resistance (ohms) ±10%	Rated Voltage/Phase (V DC)	Phase Inductance (mH) ±20%(1KHz) Typical	44.0	1.68	1.65	2.8	2.8																					
Holding Torque Before Gearbox (N.cm)	Rated Current/Phase (Amps DC)	Phase Resistance (ohms) ±10%	Rated Voltage/Phase (V DC)	Phase Inductance (mH) ±20%(1KHz) Typical																															
44.0	1.68	1.65	2.8	2.8																															
<h3>DIMENSIONS unit=mm</h3> <div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div>																																			
<h3>CONNECTIONS</h3> 			<h3>GEARBOX</h3> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <td style="width: 70%;">Gear Ratio</td> <td>99 <sup>104</sup>/<sub>2057</sub></td> </tr> <tr> <td>Efficiency</td> <td>73%</td> </tr> <tr> <td>Backlash at No-load</td> <td>≤ 1°</td> </tr> <tr> <td>Max. Permissible Torque(Nm)</td> <td>4.0</td> </tr> <tr> <td>Moment Permissible Torque(Nm)</td> <td>6.0</td> </tr> <tr> <td>Shaft Maximum Axial Load(N)</td> <td>50.0</td> </tr> <tr> <td>Shaft Maximum Radial Load(N)</td> <td>100.0</td> </tr> </table>		Gear Ratio	99 <sup>104</sup> / <sub>2057</sub>	Efficiency	73%	Backlash at No-load	≤ 1°	Max. Permissible Torque(Nm)	4.0	Moment Permissible Torque(Nm)	6.0	Shaft Maximum Axial Load(N)	50.0	Shaft Maximum Radial Load(N)	100.0																	
Gear Ratio	99 <sup>104</sup> / <sub>2057</sub>																																		
Efficiency	73%																																		
Backlash at No-load	≤ 1°																																		
Max. Permissible Torque(Nm)	4.0																																		
Moment Permissible Torque(Nm)	6.0																																		
Shaft Maximum Axial Load(N)	50.0																																		
Shaft Maximum Radial Load(N)	100.0																																		
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;"></td> <td style="width: 15%;"></td> <td style="width: 15%;"></td> <td style="width: 15%;"></td> <td style="width: 15%;"></td> <td style="width: 15%;"></td> </tr> <tr> <td>标记</td> <td>处数</td> <td>分区</td> <td>更改文件号</td> <td>签名</td> <td>日期</td> </tr> <tr> <td>设计</td> <td></td> <td></td> <td>标准化</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>审核</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>工艺</td> <td></td> <td></td> <td>批准</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>										标记	处数	分区	更改文件号	签名	日期	设计			标准化			审核						工艺			批准			<p>17HS19-1684S-PG100</p> <p>技术规格书</p>  <p>www.OMC-StepperOnline.com</p>	
标记	处数	分区	更改文件号	签名	日期																														
设计			标准化																																
审核																																			
工艺			批准																																
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;"></td> <td style="width: 15%;"></td> <td style="width: 15%;"></td> <td style="width: 15%;"></td> <td style="width: 15%;"></td> <td style="width: 15%;"></td> </tr> <tr> <td>阶段标记</td> <td>重量</td> <td>比例</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>共张</td> <td>第张</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>										阶段标记	重量	比例										共张	第张												
阶段标记	重量	比例																																	
共张	第张																																		

## ANEXO B: DRIVER DEL MOTOR

### TB6600 Stepper Motor Driver User Guide



Versión: V1.2

#### Electrical Specification:

Input Current	0~5.0A
Output Current	0.5-4.0A
Power (MAX)	160W
Micro Step	1, 2/A, 2/B, 4, 8, 16, 32
Temperature	-10 ~ 45°C
Humidity	No Condensation
Weight	0.2 kg
Dimension	96*56*33 mm

### INPUT & OUTPUT:

Signal Input:

PUL+ Pulse +

PUL- Pulse -

DIR+ Direction +

DIR- Direction -

EN+ Off-line Control Enable+

EN- Off-line Control Enable -

### Motor Machine Winding:

A+ Stepper motor A+

A- Stepper motor A-

B+ Stepper motor B+

B- Stepper motor B-

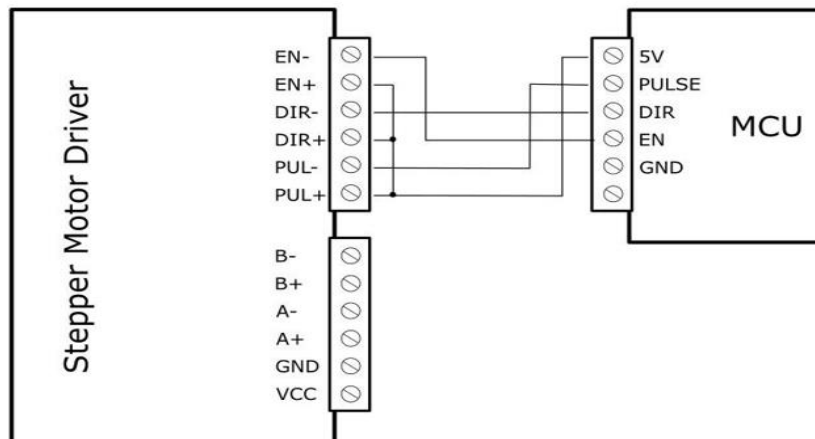
### Power Supply:

VCC VCC (DC9-42V)

GND GND

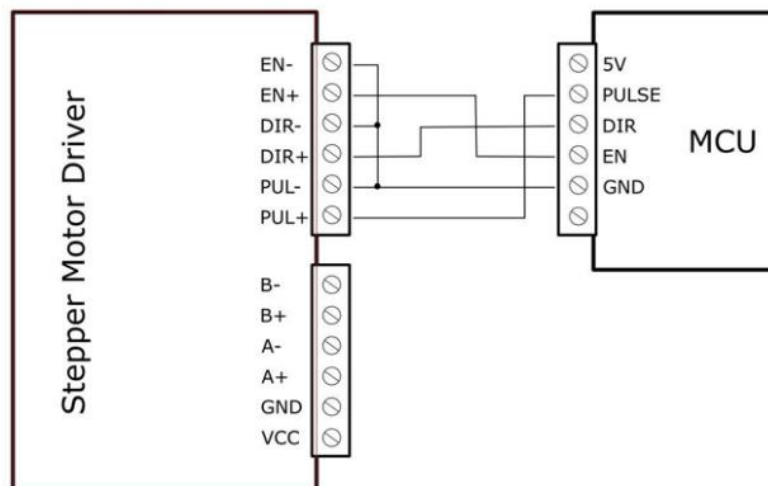
### Common-Anode Connection:

Connect PUL +, DIR + and EN + to the power supply of the control system. If the power supply is + 5V, it can be directly connected. If the power supply is more than +5V, the current limiting resistor R must be added externally. To ensure that the controller pin can output 8 ~ 15mA current to drive the internal optocoupler chip. Pulse signal connects to PUL-; direction signal connects to Dir- ; Enable signal connects to EN- . As shown below:



### Common-Cathode Connection:

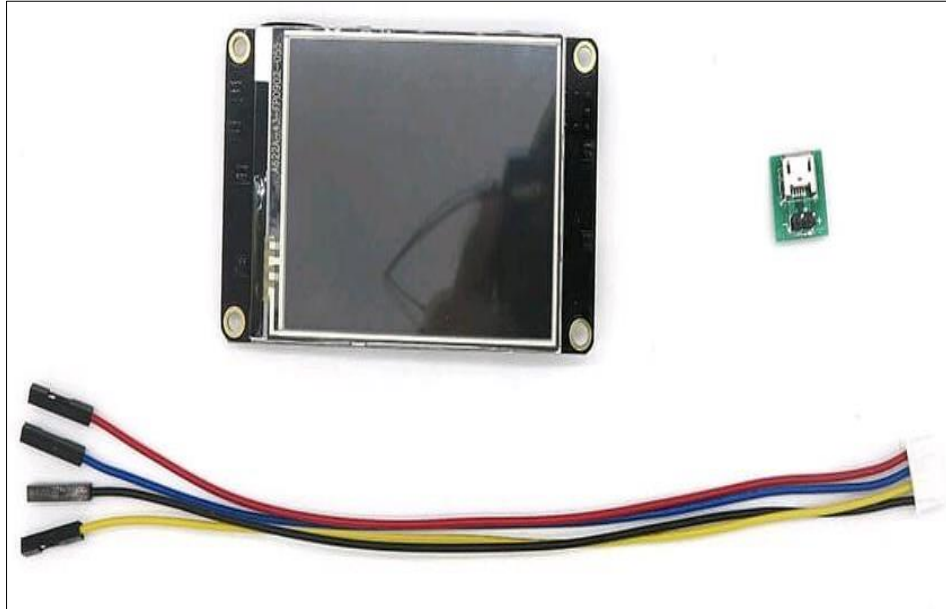
Connect PUL -, DIR - and EN - to the ground terminal of the control system. Pulse signal connects to PUL-; direction signal connects to Dir- ; Enable signal connects to EN-. As shown below:



## ANEXO C: PANTALLA TACTIL NX3224K028

### NX3224K028

#### Nextion Models



Nextion Type	Enhanced Series
Nextion Models	NX3224K024_011N (N: No touch) NX3224K024_011R (R: Resistive touchscreen)

#### Specifications

	Data	Description
Color	64K 65536 colors	16 bit 565, 5R-6G-5B
Layout size	85(L)×49.8(W)×4.35(H)	NX3224K028_011N
	85(L)×49.8(W)×5.55(H)	NX3224K028_011R
Active Area (A.A.)	70.20mm(L)×49.80mm(W)	
Visual Area (V.A.)	57.60mm(L)×43.20mm(W)	
Resolution	320×240 pixel	Also, can be set as 240×320
Touch type	Resistive	
Touches	> 1 million	
Backlight	LED	
Backlight lifetime (Average)	>30,000 Hours	
Brightness	200nit (NX3224K028_011N)	0% to 100%, the interval of adjustment is 1%

## Electronic Characteristics

	Test Conditions	Min	Typical	Max	Unit
Operating Voltage		4.75	5	7	V
Operating Current	VCC=+5V, Brightness is 100%	–	65	–	mA
	SLEEP Mode	–	15	–	mA
Power supply recommend : 5V, 500mA, DC					

## Working Environment & Reliability Parameter

	Test Conditions	Min	Typical	Max	Unit
Working Temperature	5V, Humidity 60%	-20	25	70	°C
Storage Temperature		-30	25	85	°C
Working Humidity	25°C	10%	60%	90%	RH

## Interfaces Performance

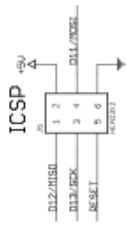
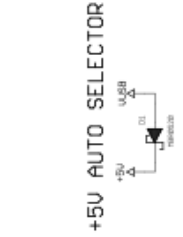
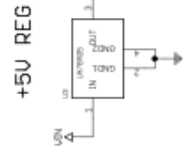
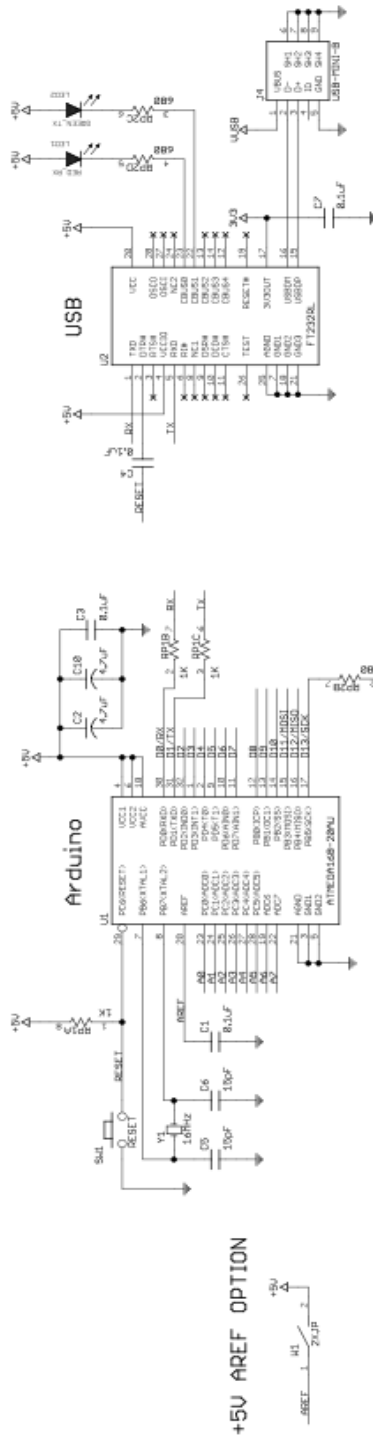
	Test Conditions	Min	Typical	Max	Unit
Serial Port Baudrate	Standard	2400	9600	115200	bps
Output High Voltage	IOH=-1mA	3.0	3.2		V
Output Low Voltage	IOL=1mA		0.1	0.2	V
Input High Voltage		2.0	3.3	5.0	V
Input Low Voltage		-0.7	0.0	1.3	V
Serial Port Mode	TTL				
Serial Port	4Pin_2.54mm				
USB interface	NO				
SD card socket	Yes (FAT32 format), support maximum 32G Micro SD Card* microSD card socket is exclusively used to upgrade Nextion firmware /HMI design				
Extended IO	8 Digital extended GPIO				
	IO0-IO7 support input, output and component binding event				
	IO4-IO7 support PWM				
RTC	built-in RTC support (Battery type: CR1220)				

## Memory Features

Memory Type	Test Conditions	Min	Typical	Max	Unit
FLASH Memory	Store fonts and images			16	MB
User Storage	EEPROM			1024	BYTE
RAM Memory	Store variables			3584	BYTE
Instruction Buffer	Instruction Buffer			1024	BYTE

# Arduino Nano Schematic

Copyright 2008 under the Creative Commons Attribution Share-Alike 2.5 License  
<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/2.5/>



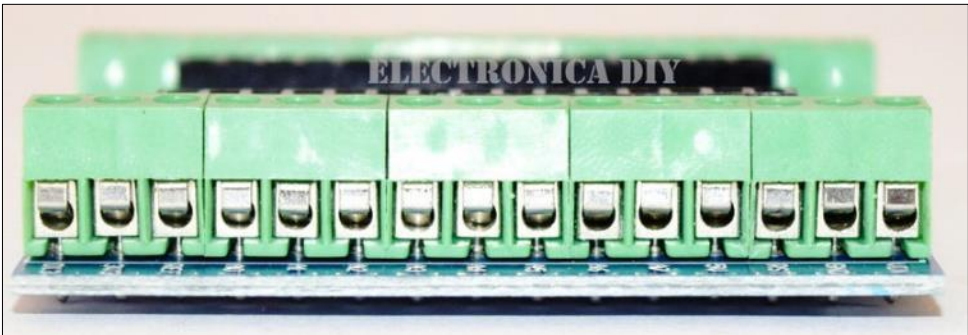
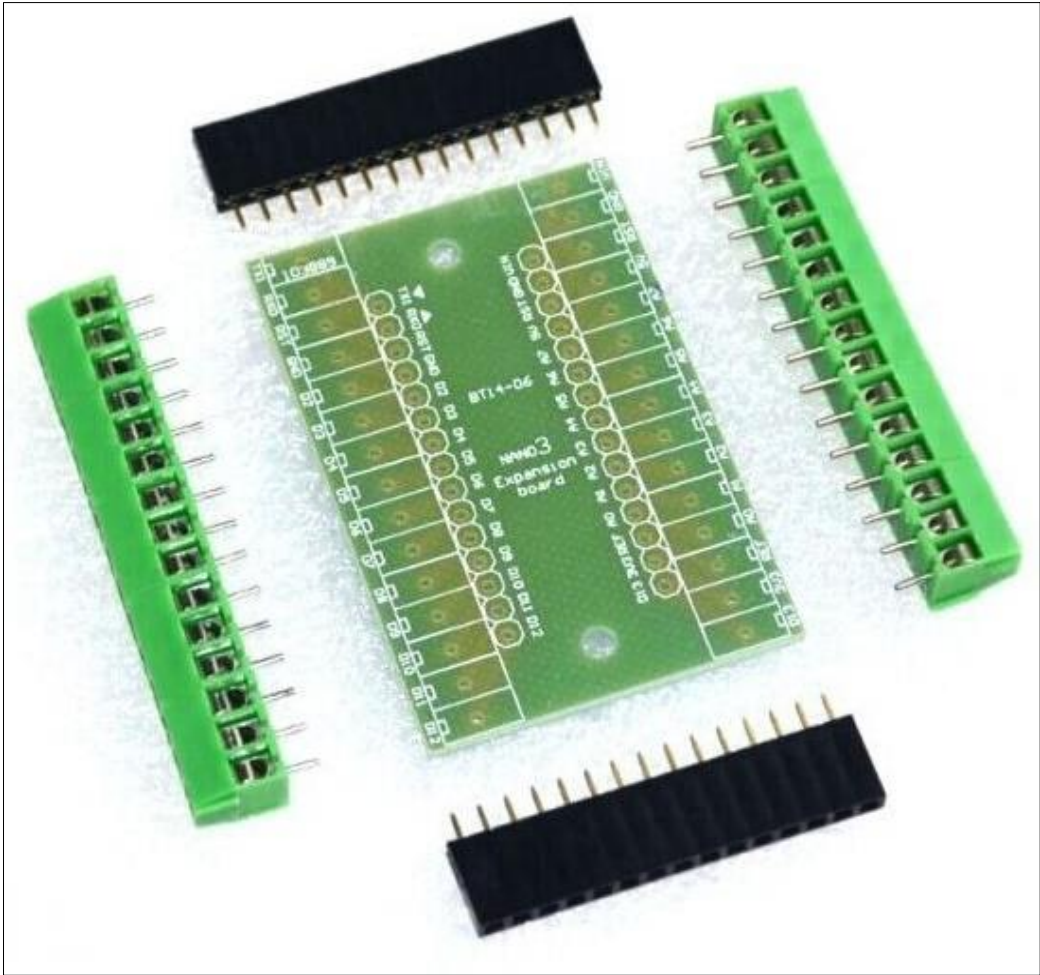
NOT USED  
1k

v2.3 - Modify FT232RL to use +5V
TITLE: Arduino Nano
Document Number:
REV: 2.3

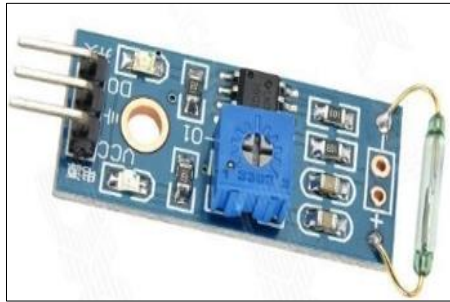


**ANEXO E: SHIELD**

**ESQUEMA EN PCB**



## ANEXO F: SENSOR MÁGNETICO



### Descripción

Interruptor magnético modelo G123-08 (G12308). Está formado por dos láminas metálicas flexibles. En ausencia de campo magnético están separadas, pero al acercarlas a un imán la magnética se dobla y hace contacto con la otra, cerrando el circuito y permitiendo el paso de la corriente. Este tipo de sensores son conocidos bajo el nombre de «magnetic reed».

Los inconvenientes de estos sensores, en comparación con los sensores magnéticos de tipo hall, es que son «lentos» (<20ms) y su vida es limitada (unos cuantos miles de actuaciones). Estas cifras, si bien son modestas en comparación con los sensores hall, son adecuadas para muchísimas aplicaciones. Son ampliamente usados por su bajo coste, su fiabilidad y su sencillez de uso.

- Utiliza el integrado comparador LM393
- Alimentación: 3.3 - 5 V
- Salida digital
- Dimensiones: 32 x 19x 7 mm

Conexiones:

- D0: A la entrada digital D2 del Arduino
- GND: A la masa de Arduino (GND)
- Pin (+): A la salida de 5V de Arduino.

Código de ejemplo:

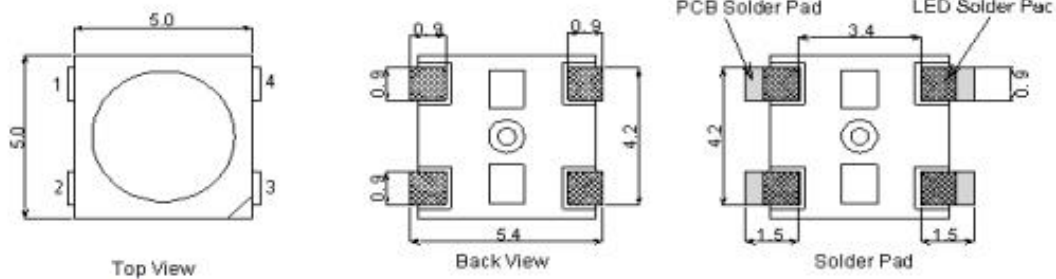
```
// *** CONFIGURACIÓN ***
void setup () {
  pinMode (2, INPUT); // Entrada digital (señal D0 del sensor)
  Serial.begin(9600); // Monitor serie
}
// *** CÓDIGO PRINCIPAL ***
void loop () {
  Serial.print(" Pin digital: ");
  // Muestra el valor del pin digital (D0 del sensor)
  if (digitalRead(2) == HIGH) { Serial.println("HIGH"); }
  else { Serial.println("LOW"); }
  delay(250); // Repite el proceso cada 250ms (4 veces por segundo)
}
```



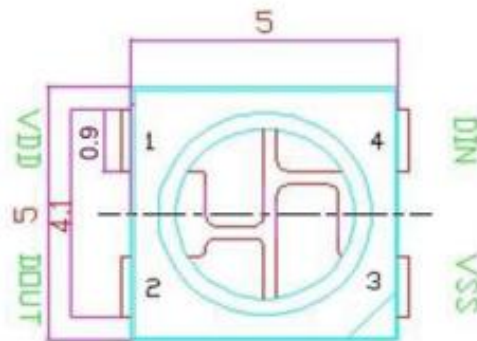
# WS2812B

Intelligent control LED  
integrated light source

## Mechanical Dimensions



## PIN configuration



## PIN function

NO.	Symbol	Function description
1	VDD	Power supply LED
2	DOUT	Control data signal output
3	VSS	Ground
4	DIN	Control data signal input

## Absolute Maximum Ratings

Parameter	Symbol	Ratings	Unit
Power supply voltage	$V_{DD}$	+3.5~+5.3	V
Input voltage	$V_I$	-0.5~ $V_{DD}+0.5$	V
Operation junction temperature	$T_{opt}$	-25~+80	°C
Storage temperature range	$T_{stg}$	-40~+105	°C

Electrical Characteristics ( $T_A=-20\sim+70^{\circ}\text{C}$ ,  $V_{DD}=4.5\sim 5.5\text{V}$ ,  $V_{SS}=0\text{V}$ , unless otherwise specified)

## ANEXO H: PROGRAMACIÓN

### ARDUINO MAESTRO

```
#include "Nextion.h"
#include <Adafruit_NeoPixel.h> // importa librería
Adafruit_NeoPixel tira = Adafruit_NeoPixel(180, 10, NEO_GRB + NEO_KHZ800); // creacion de objeto
"tira"
Adafruit_NeoPixel tira1 = Adafruit_NeoPixel(60, 3, NEO_GRB + NEO_KHZ800); // creacion de objeto
"tira1"
#include <Stepper.h>
//#include "Wire.h" //incluye libreria i2c
//SoftwareSerial S2(11,10);
NexButton bpos = NexButton(1, 1, "bpos");
NexButton btn1 = NexButton(1, 2, "btn1");
NexButton btn2 = NexButton(1, 3, "btn2");
NexButton btn3 = NexButton(1, 4, "btn3");
NexButton bon = NexButton(1, 5, "bon");
NexButton boff = NexButton(1, 6, "boff");
NexButton btr = NexButton(1, 7, "btr");
NexButton btrv = NexButton(1, 8, "btrv");
NexButton btna = NexButton(1, 9, "btna");
NexButton btnm = NexButton(1, 10, "btnm");
NexButton btnam = NexButton(1, 11, "btnam");
NexButton btnc = NexButton(1, 12, "btnc");
NexButton btnon1 = NexButton(2, 5, "btnon1");
NexButton btnoff1 = NexButton(2, 6, "btnoff1");
NexButton btnon2 = NexButton(2, 14, "btnon2");
NexButton btnoff2 = NexButton(2, 15, "btnoff2");
NexSlider slidervel = NexSlider(2, 1, "slidervel");
NexSlider sliderr = NexSlider(2, 7, "sliderr");
NexSlider sliderv = NexSlider(2, 10, "sliderv");
NexSlider slidera = NexSlider(2, 12, "slidera");
NexSlider sliderb = NexSlider(1, 18, "sliderb");
NexButton btr2 = NexButton(3, 1, "btr2");
NexButton btrv2 = NexButton(3, 2, "btrv2");
NexButton btna2 = NexButton(3, 3, "btna2");
NexButton btnm2 = NexButton(3, 4, "btnm2");
NexButton btnam2 = NexButton(3, 5, "btnam2");
NexButton btnc2 = NexButton(3, 6, "btnc2");
NexButton btbn2 = NexButton(3, 21, "btbn2");
NexButton bon3 = NexButton(3, 9, "bon3");
NexButton boff3 = NexButton(3, 10, "boff3");
NexSlider sliderr2 = NexSlider(3, 15, "sliderr2");
NexSlider sliderv2 = NexSlider(3, 16, "sliderv2");
NexSlider slidera2 = NexSlider(3, 17, "slidera2");
NexSlider sliderb2 = NexSlider(3, 7, "sliderb2");
uint32_t valvel = 0;
uint32_t valr = 0;
uint32_t valv = 0;
uint32_t vala = 0;
uint32_t valbrillo = 0;
uint32_t valr2 = 0;
uint32_t valv2 = 0;
uint32_t vala2 = 0;
uint32_t valbrillo2 = 0;
int numled = 180;
int numled1 = 60;
int brillo = 0;
int brillo2 = 0;
#define REED_IN_PIN 11
int magneticPresence = LOW;
const int pasosPorRevolucion = 310;
Stepper motor (pasosPorRevolucion, 8, 9);
NexTouch *nex_listen_list[] =
{
```



```

    tira.show(); // muestra datos en pixel
    delay(5); // breve demora de medio segundo
}
tira1.clear(); // restablece todos los pixeles en apagado
tira1.setBrightness(brillo); // brillo global para toda la tira
for (int i = 0; i < numled1; i++) { // bucle para recorrer posiciones 0 a 7
    tira1.setPixelColor(i, 255, 255, 255); // cada pixel en color azul (posicion,R,G,B)
    tira1.show(); // muestra datos en pixel
    delay(5); // breve demora de medio segundo
}
}
void off() {
    tira.clear();
    tira.show(); // muestra datos en pixel
    tira1.clear();
    tira1.show(); // muestra datos en pixel
}
void rojo() {
    sliderb.getValue(&valbrillo);
    brillo = (valbrillo * 1.5);
    tira.clear(); // restablece todos los pixeles en apagado
    tira.setBrightness(brillo); // brillo global para toda la tira
    for (int i = 0; i < numled; i++) { // bucle para recorrer posiciones 0 a 7
        tira.setPixelColor(i, 255, 0, 0); // cada pixel en color azul (posicion,R,G,B)
        tira.show(); // muestra datos en pixel
        delay(5); // breve demora de medio segundo
    }
    tira1.clear(); // restablece todos los pixeles en apagado
    tira1.setBrightness(brillo); // brillo global para toda la tira
    for (int i = 0; i < numled1; i++) { // bucle para recorrer posiciones 0 a 7
        tira1.setPixelColor(i, 255, 0, 0); // cada pixel en color azul (posicion,R,G,B)
        tira1.show(); // muestra datos en pixel
        delay(5); // breve demora de medio segundo
    }
}
void verde() {
    sliderb.getValue(&valbrillo);
    brillo = (valbrillo * 1.5);
    tira.clear(); // restablece todos los pixeles en apagado
    tira.setBrightness(brillo); // brillo global para toda la tira
    for (int i = 0; i < numled; i++) { // bucle para recorrer posiciones 0 a 7
        tira.setPixelColor(i, 0, 255, 0); // cada pixel en color azul (posicion,R,G,B)
        tira.show(); // muestra datos en pixel
        delay(5); // breve demora de medio segundo
    }
    tira1.clear(); // restablece todos los pixeles en apagado
    tira1.setBrightness(brillo); // brillo global para toda la tira
    for (int i = 0; i < numled1; i++) { // bucle para recorrer posiciones 0 a 7
        tira1.setPixelColor(i, 0, 255, 0); // cada pixel en color azul (posicion,R,G,B)
        tira1.show(); // muestra datos en pixel
        delay(5); // breve demora de medio segundo
    }
}
void azul() {
    sliderb.getValue(&valbrillo);
    brillo = (valbrillo * 1.5);
    tira.clear(); // restablece todos los pixeles en apagado
    tira.setBrightness(brillo); // brillo global para toda la tira
    for (int i = 0; i < numled; i++) { // bucle para recorrer posiciones 0 a 7
        tira.setPixelColor(i, 0, 0, 255); // cada pixel en color azul (posicion,R,G,B)
        tira.show(); // muestra datos en pixel
        delay(5); // breve demora de medio segundo
    }
    tira1.clear(); // restablece todos los pixeles en apagado
    tira1.setBrightness(brillo); // brillo global para toda la tira
    for (int i = 0; i < numled1; i++) { // bucle para recorrer posiciones 0 a 7

```

```

    tira1.setPixelColor(i, 0, 0, 255); // cada pixel en color azul (posicion,R,G,B)
    tira1.show(); // muestra datos en pixel
    delay(5); // breve demora de medio segundo
}
}
void magenta() {
    sliderb.getValue(&valbrillo);
    brillo = (valbrillo * 1.5);
    tira.clear(); // restablece todos los pixeles en apagado
    tira.setBrightness(brillo); // brillo global para toda la tira
    for (int i = 0; i < numled; i++) { // bucle para recorrer posiciones 0 a 7
        tira.setPixelColor(i, 255, 0, 128); // cada pixel en color azul (posicion,R,G,B)
        tira.show(); // muestra datos en pixel
        delay(5); // breve demora de medio segundo
    }
    tira1.clear(); // restablece todos los pixeles en apagado
    tira1.setBrightness(brillo); // brillo global para toda la tira
    for (int i = 0; i < numled1; i++) { // bucle para recorrer posiciones 0 a 7
        tira1.setPixelColor(i, 255, 0, 128); // cada pixel en color azul (posicion,R,G,B)
        tira1.show(); // muestra datos en pixel
        delay(5); // breve demora de medio segundo
    }
}

void amarillo() {
    sliderb.getValue(&valbrillo);
    brillo = (valbrillo * 1.5);
    tira.clear(); // restablece todos los pixeles en apagado
    tira.setBrightness(brillo); // brillo global para toda la tira
    for (int i = 0; i < numled; i++) { // bucle para recorrer posiciones 0 a 7
        tira.setPixelColor(i, 255, 255, 0); // cada pixel en color azul (posicion,R,G,B)
        tira.show(); // muestra datos en pixel
        delay(5); // breve demora de medio segundo
    }
    tira1.clear(); // restablece todos los pixeles en apagado
    tira1.setBrightness(brillo); // brillo global para toda la tira
    for (int i = 0; i < numled1; i++) { // bucle para recorrer posiciones 0 a 7
        tira1.setPixelColor(i, 255, 255, 0); // cada pixel en color azul (posicion,R,G,B)
        tira1.show(); // muestra datos en pixel
        delay(5); // breve demora de medio segundo
    }
}

void cian() {
    sliderb.getValue(&valbrillo);
    brillo = (valbrillo * 1.5);
    tira.clear(); // restablece todos los pixeles en apagado
    tira.setBrightness(brillo); // brillo global para toda la tira
    for (int i = 0; i < numled; i++) { // bucle para recorrer posiciones 0 a 7
        tira.setPixelColor(i, 0, 255, 255); // cada pixel en color azul (posicion,R,G,B)
        tira.show(); // muestra datos en pixel
        delay(5); // breve demora de medio segundo
    }
    tira1.clear(); // restablece todos los pixeles en apagado
    tira1.setBrightness(brillo); // brillo global para toda la tira
    for (int i = 0; i < numled1; i++) { // bucle para recorrer posiciones 0 a 7
        tira1.setPixelColor(i, 0, 255, 255); // cada pixel en color azul (posicion,R,G,B)
        tira1.show(); // muestra datos en pixel
        delay(5); // breve demora de medio segundo
    }
}

void convelocidad() {
    slidervel.getValue(&valvel);
    while (valvel > 0) {
        int t = -2.0202*valvel + 202.02;
        t=round(t/2);
        motor.setSpeed(500);
        motor.step(32);
    }
}

```

```

    delay(t);
    motor.step(32);
    delay(t);
    slidervel.getValue(&valvel);
}
}
void coffvelocidad() {
    motor.setSpeed(90);
    motor.step(0);
}
void conluces() {
    sliderr.getValue(&valr);
    sliderv.getValue(&valv);
    slidera.getValue(&vala);
    sliderb.getValue(&valbrillo);
    brillo = (valbrillo * 1.5);
    tira.clear(); // restablece todos los pixeles en apagado
    tira.setBrightness(brillo); // brillo global para toda la tira
    for (int i = 0; i < numled; i++) { // bucle para recorrer posiciones 0 a 7
        tira.setPixelColor(i, valr, valv, vala); // cada pixel en color azul (posicion,R,G,B)
        tira.show(); // muestra datos en pixel
        delay(5); // breve demora de medio segundo
    }
    tira1.clear(); // restablece todos los pixeles en apagado
    tira1.setBrightness(brillo); // brillo global para toda la tira
    for (int i = 0; i < numled1; i++) { // bucle para recorrer posiciones 0 a 7
        tira1.setPixelColor(i, valr, valv, vala); // cada pixel en color azul (posicion,R,G,B)
        tira1.show(); // muestra datos en pixel
        delay(5); // breve demora de medio segundo
    }
}
}
void blanco2() {
    sliderb2.getValue(&valbrillo2);
    brillo2 = round(valbrillo2*0.63);
    PORTC=1; //ENVIA COLOR
    delay(10);
    //while(1)
    PORTC=brillo2;
    delay(100);
    PORTC=0;
}
void off2() {
    PORTC=8; //ENVIA COLOR
    delay(10);
}
void rojo2() {
    sliderb2.getValue(&valbrillo2);
    brillo2 = round(valbrillo2*0.63);
    PORTC=2; //ENVIA COLOR
    delay(10);
    //while(1)
    PORTC=brillo2;
    delay(100);
    PORTC=0;
}
void verde2() {
    sliderb2.getValue(&valbrillo2);
    brillo2 = round(valbrillo2*0.63);
    PORTC=3; //ENVIA COLOR
    delay(10);
    //while(1)
    PORTC=brillo2;
    delay(100);
    PORTC=0;
}
}
void azul2() {
    sliderb2.getValue(&valbrillo2);
}

```



```

brillo2 = round(valbrillo2*0.63 );
PORTC=4; //ENVIA COLOR
delay(10);
//while(1)
PORTC=brillo2;
delay(100);
PORTC=0;
}
void magenta2() {
sliderb2.getValue(&valbrillo2);
brillo2 = round(valbrillo2*0.63 );
PORTC=5; //ENVIA COLOR
delay(10);
//while(1)
PORTC=brillo2;
delay(100);
PORTC=0;
}
void amarillo2() {
sliderb2.getValue(&valbrillo2);
brillo2 = round(valbrillo2*0.63 );
PORTC=6; //ENVIA COLOR
delay(10);
//while(1)
PORTC=brillo2;
delay(100);
PORTC=0;
}
void cian2() {
sliderb2.getValue(&valbrillo2);
brillo2 = round(valbrillo2*0.63 );
PORTC=7 ; //ENVIA COLOR
delay(10);
PORTC=brillo2;
delay(100);
PORTC=0;
}
void conluces2() {
sliderr2.getValue(&valr2);
sliderv2.getValue(&valv2);
slidera2.getValue(&vala2);
sliderb2.getValue(&valbrillo2);
brillo2 = round(valbrillo2*0.63 );
valr2=round(valr2/4);
valv2=round(valv2/4);
vala2=round(vala2/4);
PORTC=9; //METODO COMBINACION DE LUCES
delay(10);
PORTC=brillo2;
delay(50);
PORTC=valr2;
delay(50);
PORTC=valv2;
delay(50);
PORTC=vala2;
delay(100);
PORTC=0;
}
void setup() {
pinMode(13,OUTPUT);
digitalWrite(13,LOW);
DDRC=255;
PORTC=0;
nxtInit();
tira.begin(); // inicializacion de la tira
tira.show(); // muestra datos en pixel
tira1.begin(); // inicializacion de la tira

```

```

tira1.show(); // muestra datos en pixel
bpos.attachPop(posicion);
btn1.attachPop(opc1);
btn2.attachPop(opc2);
btn3.attachPop(opc3);
bon.attachPop(on);
boff.attachPop(off);
btnr.attachPop(rojo);
btnv.attachPop(verde);
btna.attachPop(azul);
btm.attachPop(magenta);
btam.attachPop(amarillo);
btnc.attachPop(cian);
btnon1.attachPop(convelocidad);
btncoff1.attachPop(coffvelocidad);
btnon2.attachPop(conluces);
btncoff2.attachPop(off);
bon3.attachPop(conluces2);
boff3.attachPop(off2);
btnc2.attachPop(blanco2);
btnr2.attachPop(rojo2);
btnv2.attachPop(verde2);
btna2.attachPop(azul2);
btm2.attachPop(magenta2);
btam2.attachPop(amarillo2);
btnc2.attachPop(cian2);
}
void loop() {
  nexLoop(nex_listen_list);
}

```

## ARDUINO ESCLAVO

```

#include <Adafruit_NeoPixel.h> // importa libreria
#include <SoftwareSerial.h> // Incluimos la libreria SoftwareSerial
int tipo=0; //tipo de trama, primer bit recibido por serial
int brillo=0;
int r=0;
int g=0;
int b=0;
Adafruit_NeoPixel tira = Adafruit_NeoPixel(120, 10, NEO_GRB + NEO_KHZ800); // creacion de objeto
"tira"
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  tira.begin(); // inicializacion de la tira
  tira.show();
  DDRC=0; //PUERTO C ENTRADAS
}
void loop() {
  if (PINC==1) //evalua bit1
  {
    Serial.println(PINC);
    delay(25);
    brillo=(PINC/0.63);
    Serial.println(brillo);
    delay(100);
    tira.clear();
    tira.setBrightness(brillo);
    for (int i = 0; i < 120; i++)
    { // bucle para recorrer posiciones 0 a 7
      tira.setPixelColor(i, 255, 255, 255); // cada pixel en color azul (posicion,R,G,B)
      tira.show(); // muestra datos en pixel
      delay(5); // breve demora de medio segundo
    }
  }
  else if (PINC==2) // ROJOOO
  {
    Serial.println(PINC);

```

```

delay(25);

brillo=(PINC/0.63);
Serial.println(brillo);
delay(100);
tira.clear();
tira.setBrightness(brillo);
for (int i = 0; i < 120; i++)
{ // bucle para recorrer posiciones 0 a 7
  tira.setPixelColor(i, 255, 0, 0); // cada pixel en color azul (posicion,R,G,B)
  tira.show(); // muestra datos en pixel
  delay(5); // breve demora de medio segundo
}
}
else if (PINC==3) // VERDE
{
  Serial.println(PINC);
  delay(25);
  brillo=(PINC/0.63);
  Serial.println(brillo);
  delay(100);
  tira.clear();
  tira.setBrightness(brillo);
  for (int i = 0; i < 120; i++)
  { // bucle para recorrer posiciones 0 a 7
    tira.setPixelColor(i, 0, 255, 0); // cada pixel en color azul (posicion,R,G,B)
    tira.show(); // muestra datos en pixel
    delay(5); // breve demora de medio segundo
  }
}
else if (PINC==4) // AZUL
{
  Serial.println(PINC);
  delay(25);
  brillo=(PINC/0.63);
  Serial.println(brillo);
  delay(100);
  tira.clear();
  tira.setBrightness(brillo);
  for (int i = 0; i < 120; i++)
  { // bucle para recorrer posiciones 0 a 7
    tira.setPixelColor(i, 0, 0, 255); // cada pixel en color azul (posicion,R,G,B)
    tira.show(); // muestra datos en pixel
    delay(5); // breve demora de medio segundo
  }
}
else if (PINC==5) // MAGENTA
{
  Serial.println(PINC);
  delay(25);
  brillo=(PINC/0.63);
  Serial.println(brillo);
  delay(100);
  tira.clear();
  tira.setBrightness(brillo);
  for (int i = 0; i < 120; i++)
  { // bucle para recorrer posiciones 0 a 7
    tira.setPixelColor(i, 255, 0, 128); // cada pixel en color azul (posicion,R,G,B)
    tira.show(); // muestra datos en pixel
    delay(5); // breve demora de medio segundo
  }
}
else if (PINC==6) // AMARILLO
{
  Serial.println(PINC);
  delay(25);
  brillo=(PINC/0.63);

```

```

Serial.println(brillo);
delay(100);
tira.clear();
tira.setBrightness(brillo);
for (int i = 0; i < 120; i++)
  { // bucle para recorrer posiciones 0 a 7
    tira.setPixelColor(i, 255, 255, 0); // cada pixel en color azul (posicion,R,G,B)
    tira.show(); // muestra datos en pixel
    delay(5); // breve demora de medio segundo
  }
}
else if (PINC==7) // CIAN
{
Serial.println(PINC);
delay(25);
brillo=(PINC/0.63);
Serial.println(brillo);
delay(100);
tira.clear();
tira.setBrightness(brillo);
for (int i = 0; i < 120; i++)
  { // bucle para recorrer posiciones 0 a 7
    tira.setPixelColor(i, 0, 255, 255); // cada pixel en color azul (posicion,R,G,B)
    tira.show(); // muestra datos en pixel
    delay(5); // breve demora de medio segundo
  }
}
else if (PINC==8) // APAGADO
{
tira.clear();
tira.show();
}
else if (PINC==9) // COMBINACIÓN
{
Serial.println(PINC);
delay(25);

brillo=(PINC/0.63);
Serial.println(brillo);
delay(55);
r=PINC*4+1;
delay(55);
g=PINC*4+1;
delay(55);
b=PINC*4+1;
tira.clear();
tira.setBrightness(brillo);
for (int i = 0; i < 120; i++)
  { // bucle para recorrer posiciones 0 a 7
    tira.setPixelColor(i, r, g, b); // cada pixel en color azul (posicion,R,G,B)
    tira.show(); // muestra datos en pixel
    delay(5); // breve demora de medio segundo
  }
}
}
}

```