

Sistema automatizado para escaneo de extremidades

Paula Barrios, Dr.-Ing. José Leal
Departamento de Ingeniería Biomédica
bar20062@uvg.edu.gt, jaleal@uvg.edu.gt

RESUMEN

El escaneo 3D permite la recreación digital precisa de las dimensiones y características de un objeto físico. Esto ha facilitado un mejor entendimiento de la anatomía humana mediante modelos tridimensionales, que tradicionalmente se creaban con moldes de yeso o medidas antropométricas. En la última década, el uso de escáneres 3D ha incrementado en el ámbito de la medicina, especialmente para el tratamiento personalizado de pacientes que requieren dispositivos médicos como prótesis. Sin embargo, el escaneo manual presenta desafíos que pueden afectar la precisión del modelo. En este proyecto, después de realizar pruebas preliminares que establecieron los parámetros óptimos de escaneo (20 cm de distancia y un tiempo mínimo de escaneo de 60 segundos), se diseñó un primer prototipo cuyo desempeño alcanzó errores relativos menores al 4%. Además, se desarrolló un sistema automatizado final capaz de realizar el escaneo de extremidades, con errores relativos menores al 4% entre las dimensiones del modelo generado y las de la extremidad real.

OBJETIVOS

General

- Desarrollar una armazón que permita la movilidad con un patrón rotatorio de un escáner 3D para el escaneo tridimensional preciso, rápido y sin intervención manual de extremidades humanas.

Específicos

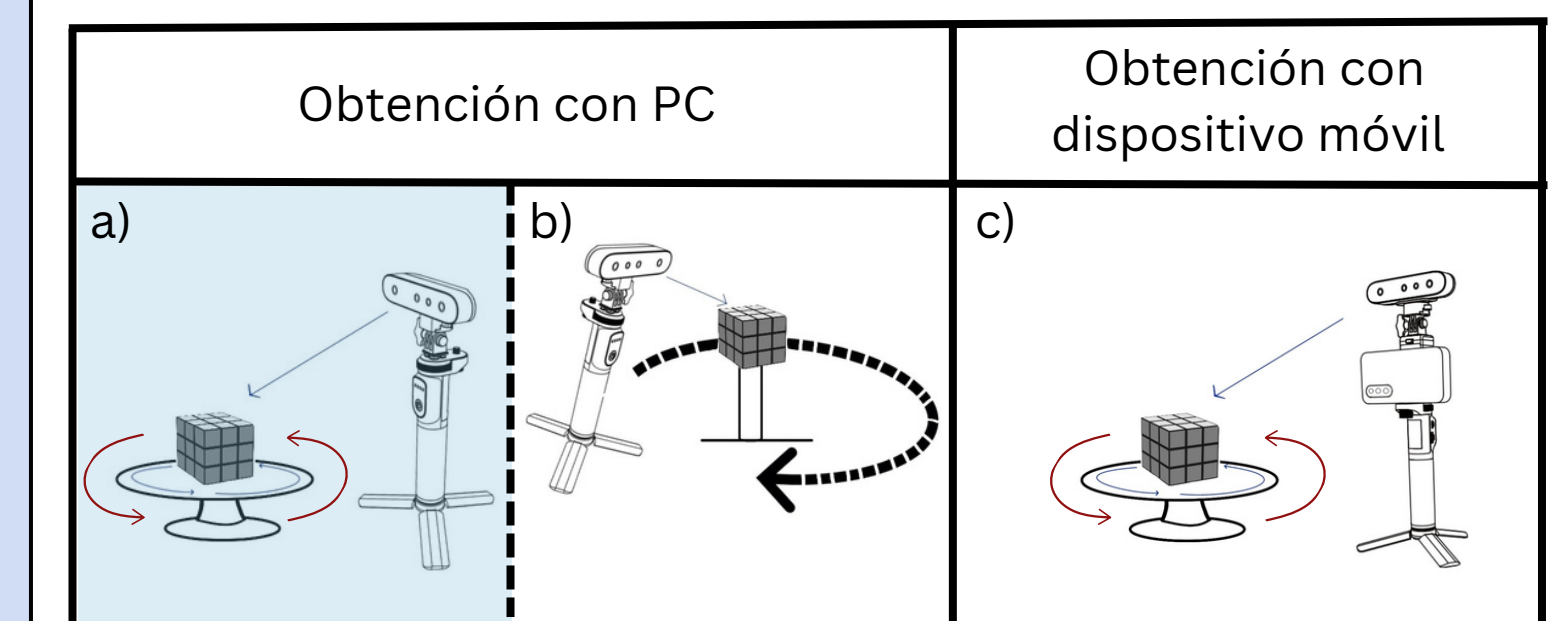
- Definir capacidades del scanner 3D - Ferret de Creality con respecto a su resolución, área de trabajo, y facilidad de uso en base a la velocidad de movimiento del scanner.
- Diseñar y fabricar un prototipo a escala del sistema de escaneo rotatorio de al menos 30x30x30 cm³ y evaluar su funcionalidad con al menos 3 objetos con distintas geometrías y tamaños.
- Diseñar y fabricar un prototipo de tamaño real del sistema de escaneo rotatorio con dimensiones apropiadas para el escaneo de un pie y mano humanas.
- Validar la funcionalidad del sistema de escaneo rotatorio comparando las dimensiones reales de sujetos de prueba con los modelos obtenidos con el sistema.

MÉTODOS

1. Pruebas preliminares

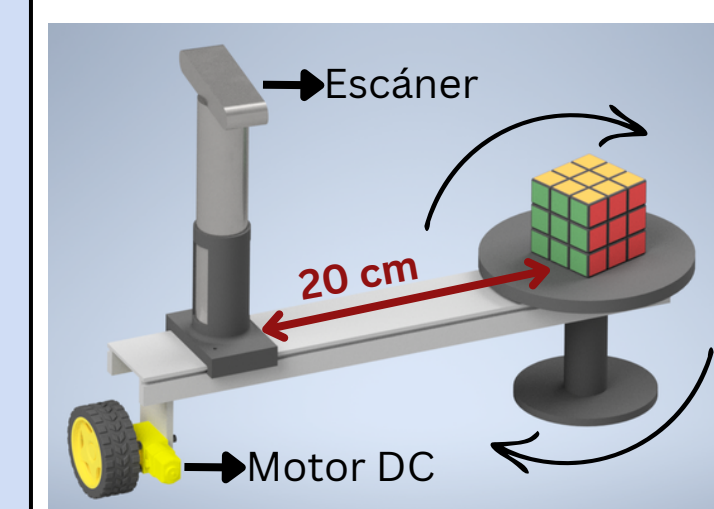
En todas las pruebas se utilizó el escáner Creality Ferret y programa CrealityScan tanto para el escaneo como para el postprocesamiento (eliminación de áreas capturadas no deseadas).

- Método de obtención:** tres montajes, cubo Rubik giratorio, cubo estático y cubo giratorio utilizando dispositivo móvil.
- Distancia de escaneo:** 10, 20 y 30 cm entre el cubo y el escáner para establecer distancia óptima.
- Tiempo de escaneo:** 15, 35 y 60 s para dar un giro completo alrededor del cubo para establecer tiempo mínimo.



a) Montaje cubo Rubik sobre base giratoria. b) Montaje cubo estático. c) Montaje cubo sobre base giratoria escaneado con dispositivo móvil.

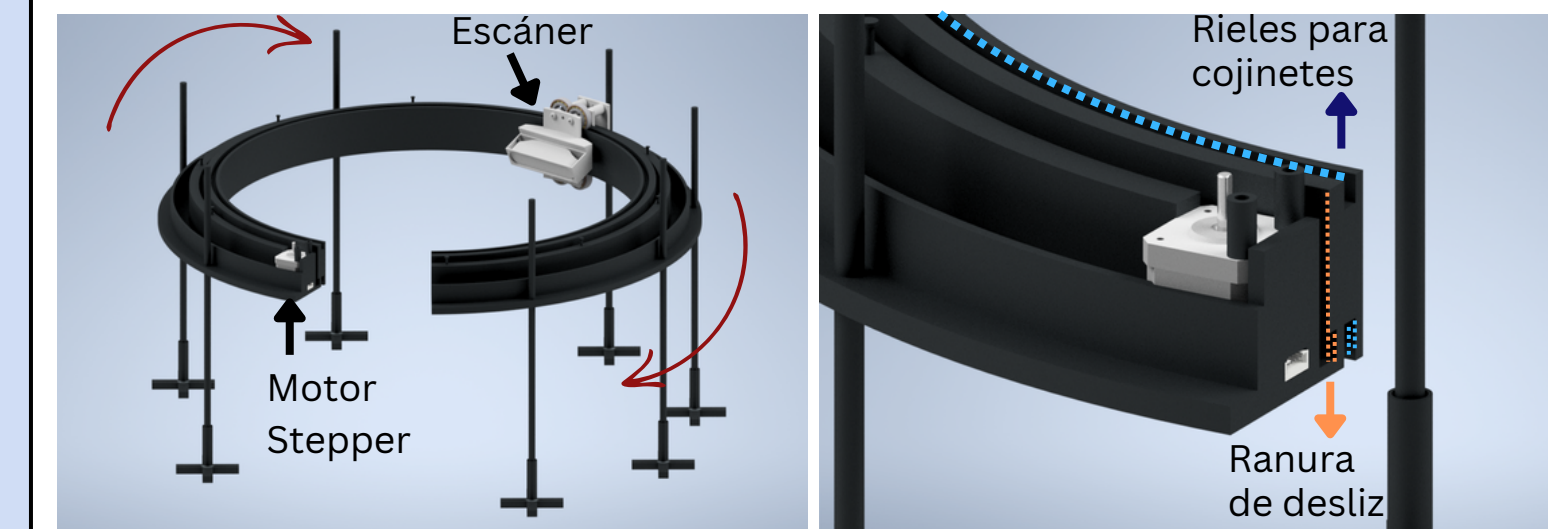
2. Prototipo



Partes de prototipo, distancia de escaneo y dirección de giro.

3. Sistema final

El sistema final automatizado, fabricado en PLA, utiliza el mismo principio de giro del prototipo, con la diferencia que utiliza un motor Stepper y el acople del escáner se desliza en una ranura.



Partes del sistema final y dirección de giro.

RESULTADOS

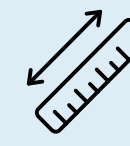
1. Parámetros óptimos de escaneo de objetos



Método de obtención: PC



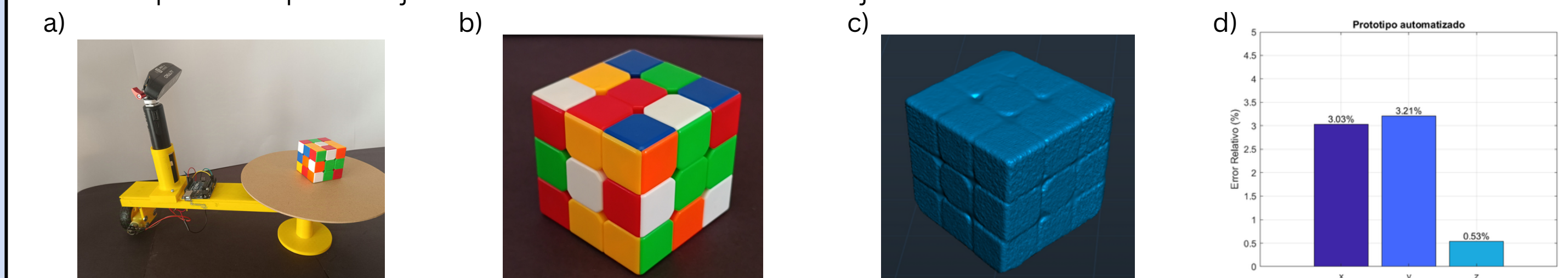
Tiempo mínimo de escaneo: 60 s



Distancia óptima de escaneo: 20 cm

2. Prototipo

Teniendo en cuenta variables como la vibración por la superficie e iluminación, el escaneo con el prototipo demostró ser efectivo al presentar porcentajes de error menores al 4% en los 3 ejes.

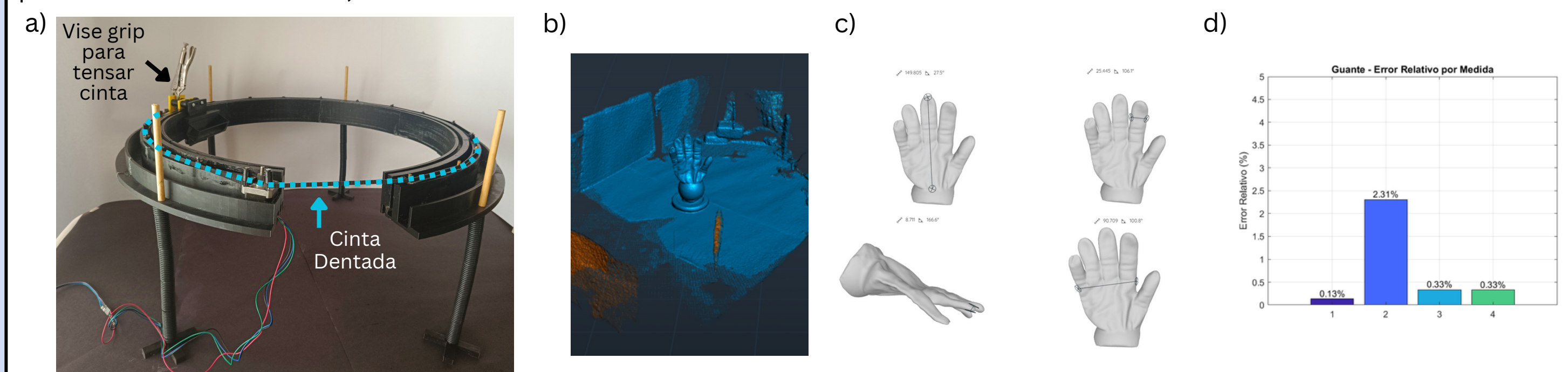


a) Prototipo físico impreso en PLA. b) Cubo físico. c) Modelo de cubo generado. d) Porcentajes de error en cada eje entre dimensiones de cubo real vs modelo generado con prototipo automatizado.

3. Sistema final

3.1 Prueba manual

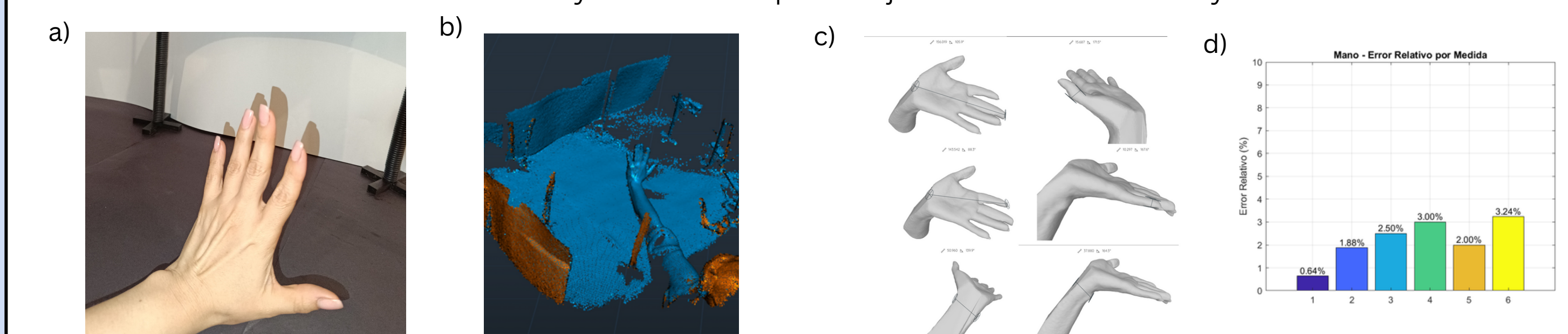
Aumentando el trabajo de post procesamiento del modelo, el escaneo manual con el sistema demostró ser óptimo para un guante como objeto de prueba. Los porcentajes de error de diferentes medidas realizadas tanto para el guante físico como para el modelo (3DViewer), fueron menores a 3%.



a) Sistema final impreso en PLA. b) Modelo sin procesar. c) Mediciones de modelo generado. d) Porcentajes de error entre cada medición del modelo y dimensiones de guante real.

3.2 Prueba automatizada

Agregando variables a controlar como la posición y control de movimiento de la extremidad, el escaneo de una extremidad con el sistema automatizado demostró ser eficaz y detallado. Los porcentajes de error entre la mano y el modelo fueron menores a 4%.



a) Mano física. b) Modelo sin procesar. c) Mediciones de modelo generado. d) Porcentajes de error entre cada medición del modelo y dimensiones de mano real.

CONCLUSIONES

- El escáner es capaz de capturar modelos detallados con una precisión de hasta 0.1 mm y una resolución mínima de 0.16 mm, siempre que se respeten las condiciones óptimas: objetos de hasta 30x30x30 cm³, iluminación homogénea, una distancia de 20 cms al objeto, y un tiempo de escaneo mínimo de 40 segundos.
- Se desarrolló un prototipo que optimiza la distancia, tiempo de escaneo, y estabilidad del sistema, logrando modelos con un error relativo menor al 4% respecto a las dimensiones reales del objeto.
- Se diseñó y fabricó un sistema funcional que escanea con precisión toda la superficie de una mano sin necesidad de reposicionarla. Las dimensiones y estructura del prototipo garantizan detalles anatómicos precisos, con un margen de error inferior al 4%.
- Las pruebas comparativas entre las dimensiones reales de los objetos escaneados y los modelos generados confirmaron la alta precisión de los sistemas desarrollados.

TRABAJO FUTURO

- Reemplazar el método de impresión mediante extrusión a impresión en resina para obtener piezas con un acabado más detallado y superficies más uniformes para facilitar tanto el ensamble como el movimiento mecánico del sistema.
- Implementar el movimiento vertical de la base para poder realizar escaneo de extremidades a lo largo del eje Z. Realizar el diseño reemplazando las varillas de soporte por varillas metálicas roscadas y utilizar, por lo menos, 2 motores Stepper sincronizados para girarlas y levantar la estructura, basarse en el funcionamiento de los motores de una impresora 3D para realizar el desplazamiento en el eje Z del extrusor.

REFERENCIAS

- A. Haleem, et al. Clinical Epidemiology and Global Health. 2019.
- K. Bartol, et al. IEEE Access. 2021.
- OMS. Normas de ortoprotésica de la OMS. 2017
- N. Tukur, et al. Research Journal of Pharmacy and Technology. 2008.

VIDEO FUNCIONAMIENTO

