UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE CUENCA

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

DIGITALIZACIÓN DE AUTOPARTES MEDIANTE ESCANEO 3D

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Ingeniero Automotriz

AUTORES: CARLOS ALEXANDER DURÁN SÁNCHEZ

JOHNNY FABIÁN TAPIA FAICÁN

TUTOR: ING. WILSON PATRICIO CALLE GUAMANTARIO, MSc.

Cuenca - Ecuador

2024

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Carlos Alexander Durán Sánchez con documento de identificación N° 0302033840 y Johnny Fabián Tapia Faicán con documento de identificación N° 0302147723; manifestamos que:

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

Cuenca, 29 de julio del 2024

Atentamente,

Carlos Alexander Durán Sánchez

0302033840

Johnny Fabián Tapia Faicán

0302147723

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

Nosotros, Carlos Alexander Durán Sánchez con documento de identificación N° 0302033840 y Johnny Fabián Tapia Faicán con documento de identificación N° 0302147723, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Proyecto técnico: "Digitalización de autopartes mediante escaneo 3D", el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Automotriz, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

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

Cuenca, 29 de julio del 2024

Atentamente,

Carlos Alexander Durán Sánchez

0302033840

Johnny Fabián Tapia Faicán

0302147723

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Wilson Patricio Calle Guamantario con documento de identificación N° 0103551057, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: DIGITALIZACIÓN DE AUTOPARTES MEDIANTE ESCANEO 3D, realizado por Carlos Alexander Durán Sánchez con documento de identificación N° 0302033840 y por Johnny Fabián Tapia Faicán con documento de identificación N° 0302147723, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 29 de julio del 2024

Atentamente,

Ing. Wilson Patricio Calle Guamantario, MSc.

0103551057

DEDICATORIA

El presente proyecto le dedicó de manera muy especial a mis padres Carlos Durán y Martha Sánchez, su apoyo y consejos han sido muy significativos para culminar este proyecto de titulación.

De igual manera le dedico este proyecto a mi querida esposa Jessica y mi hijo Thiago. Quienes han sido mi pilar fundamental para seguir adelante.

A mis Abuelitos, hermanos y demás familiares, siempre creyeron en mí, me han apoyado y me han motivado para no rendirme para lograr mis sueños.

Finalmente, quiero dedicar este proyecto rindiendo homenaje a una persona muy especial en mi vida que ya no está en este mundo, mi tío Edwin, quien siempre creyó en mí y sus palabras de aliento fueron fundamentales para cumplir mis metas, este logro también es suyo.

Carlos Alexander Durán Sánchez

DEDICATORIA

El presente proyecto de titulación lo dedicó con gratitud a mis padres Johnny Tapia y Mercy Faican los que me han apoyado con amor y gratitud a lo largo de todo este sueño tan anhelado. Sus enseñanzas y sus consejos han sido el mejor aliento para seguir adelante en cada uno de los logros obtenidos.

También dedico este logro a mis abuelos y hermanos que siempre han estado ahí presentes apoyándome a seguir adelante dándome consejos para sobresalir y ser una mejor persona de bien, y cada uno de sus consejos han servido de aliento para lograr y culminar este proyecto y sueño tan anhelado.

Johnny Fabián Tapia Faicán

AGRADECIMIENTO

Quiero darle gracias a Dios por guiar mi camino y ayudarme a cumplir mis sueños.

A mis padres Carlos y Martha, por sus consejos y palabras de aliento a lo largo de mi carrera, quienes siempre me han demostrado su apoyo incondicional para cumplir mis sueños.

A mi esposa, quien me ha ayudado en los momentos más difíciles, y quien me ha ayudado a no rendirme en el trascurso de mi profesión.

A mis hermanos y abuelitos quienes me brindaron su apoyo y fueron parte de este bonito camino universitario.

A mi tutor Ing. Wilson Calle, quien ha sido un excelente guía, por brindarnos sus conocimientos y apoyo para realizar el presente proyecto.

Carlos Alexander Durán Sánchez

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a mis padres a los cuales les debo todos mis logros. Su amor incondicional y su incesante apoyo han sido el cimiento de mi desarrollo académico y personal. Cada logro alcanzado es una manifestación de su sacrificio y dedicación.

A mis abuelos y helarnos les, agradezco de todo corazón su apoyo incondicional en los momentos más desafiantes. Sus consejos han sido una guía en mi camino y me han brindado la fuerza para seguir adelante.

A toda mi familia, les estoy agradecido por su fe inquebrantable en mí a lo largo de esta travesía.

Agradezco al ingeniero Wilson Calle, que con sus conocimientos brindados ha sido una guía esencial para lograr este proyecto, la dedicación y apoyo brindado ha sido lo mejor en este nuevo logro obtenido

Johnny Fabián Tapia Faicán

RESUMEN

La presente tesis aborda el problema de la falta de documentación técnica detallada sobre autopartes en los laboratorios de la Carrera de Ingeniería Automotriz de la Universidad Politécnica Salesiana, lo cual limita significativamente el aprendizaje y desarrollo de habilidades prácticas de los estudiantes. Para enfrentar este desafío, se propuso la digitalización de autopartes mediante escaneo 3D como una solución eficaz. El objetivo general del estudio fue digitalizar la geometría de autopartes para mejorar los procesos de análisis y optimización estructural.

Los objetivos específicos incluyeron: analizar la literatura existente sobre técnicas y metodologías de escaneo 3D, establecer un protocolo óptimo para el escaneo de autopartes de distintas geometrías y acabados superficiales, y desarrollar un proceso adecuado para la edición y tratamiento de las nubes de puntos obtenidas.

La metodología empleada combinó enfoques cualitativos y cuantitativos, iniciando con una revisión exhaustiva de la literatura para identificar las mejores prácticas y tecnologías disponibles. Posteriormente, se implementó un protocolo de escaneo utilizando el escáner EinScan Pro 2X Plus y el software EXscan Pro_v3.7.4.0, adaptado a las limitaciones de equipo y personal. El proceso incluyó la calibración del escáner, la limpieza y preparación de las autopartes, el escaneo en modos fijo y manual, y el post-procesamiento de las nubes de puntos para generar modelos 3D precisos. Los resultados mostraron que el protocolo implementado fue efectivo para capturar y procesar con alta precisión la geometría de diversas autopartes. La comparación de los modelos 3D con las piezas físicas demostró una alta fidelidad y exactitud, confirmando la viabilidad de la digitalización mediante escaneo 3D en un entorno académico y profesional.

Palabras Claves: Escaneo 3D, digitalización de autopartes, modelos 3D, ingeniería automotriz, protocolo de escaneo.

ABSTRACT

The present thesis addresses the problem of the lack of detailed technical documentation on auto parts in the laboratories of the Automotive Engineering program at the Universidad Politécnica Salesiana, which significantly limits students' learning and development of practical skills. To tackle this challenge, the digitization of auto parts through 3D scanning was proposed as an effective solution. The general objective of the study was to digitize the geometry of auto parts to improve analysis and structural optimization processes.

The specific objectives included: analyzing the existing literature on 3D scanning techniques and methodologies, establishing an optimal protocol for scanning auto parts with various geometries and surface finishes, and developing an adequate process for editing and processing the obtained point clouds.

The methodology employed combined qualitative and quantitative approaches, beginning with an exhaustive literature review to identify the best practices and available technologies. Subsequently, a scanning protocol was implemented using the EinScan Pro 2X Plus scanner and EXscan Pro_v3.7.4.0 software, adapted to the limitations of equipment and personnel. The process included scanner calibration, cleaning and preparation of the auto parts, scanning in fixed and manual modes, and post-processing of the point clouds to generate precise 3D models. The results showed that the implemented protocol was effective in capturing and processing the geometry of various auto parts with high precision. The comparison of the 3D models with the physical parts demonstrated high fidelity and accuracy, confirming the feasibility of 3D scanning digitization in an academic and professional environment.

Keywords:, 3D scanning, auto parts digitization, 3D models, automotive engineering, scanning protocol.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA VI

AGRADECIMIENTO VII

AGRADECIMIENTO VIII

RESUMEN IX

ABSTRACT X

INTRODUCCIÓN 16

EL PROBLEMA 18

Antecedentes 19

Importancia y alcances 19

Delimitación 20

OBJETIVOS 21

Objetivo General 21

Objetivos Específicos 21

1. CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO REFERENCIAL 21

1.1. Normativas Relacionadas al Proceso de Escaneo 3D 21

1.1.1. ISO 10360-2:2009 - Especificaciones de Evaluación de Rendimiento de Máquinas de Medición de Coordenadas (CMM): 22

1.1.2. ISO 9283:1998 - Robots y Dispositivos Robóticos - Métodos de Evaluación del Rendimiento: 22

1.1.3. ASTM E57 - Estándares de Sistemas de Imágenes 3D: 22

1.1.4. VDI/VDE 2634 - Inspección de Sistemas de Medición Óptica en Coordenadas: 22

1.2. Normas Relacionadas con el Tratamiento de la Información Escaneada 23

1.2.1. ISO 16792:2006 - Documentación Técnica de Productos (TPD) - Representación Digital de Datos de Productos: 23

1.2.2. ISO 9001:2015 - Sistemas de Gestión de la Calidad: 23

1.2.3. ISO/IEC 27001:2013 - Sistemas de Gestión de Seguridad de la Información: 23

1.2.4. ISO 18435 - Integración de Sistemas de Automatización y Control de la Información de Mantenimiento y Producción: 24

1.3. Digitalización 3D 25

1.4. Escaneo 3D 26

1.4.1. Por contacto 27

1.4.2. Sin contacto 27

1.5. Nube de puntos 29

1.6. Conjunto de datos 30

1.7. Importancia y aplicaciones en diversas industrias 31

1.7.1. Medicina y salud 31

1.7.2. Ingeniería y manufactura 31

1.7.3. Arquitectura y construcción 31

1.8. Escaneado 3D de texturas 32

1.8.1. Proceso de captura de texturas 33

1.8.2. Descripción y comparación de diferentes técnicas de escaneo 3D para capturar texturas 35

1.9. Reflejo de las superficies en escaneos 3D 36

1.10. Calibraciones del escáner 37

2. CAPÍTULO II: MARCO METODOLÓGICO 39

2.1. Diseño de Investigación 39

2.2. Tipo de investigación 39

2.3. Datos 40

2.4. Población 40

2.5. Técnicas de recopilación de datos 40

2.6. Técnicas de análisis de datos 41

2.7. Proceso de diseño 41

2.7.1. Generación de la idea 42

2.7.2. Protocolo para el escaneo 3D de autopartes de distintas geometrías y acabados superficiales 42

2.7.3. Preparación de las autopartes 43

2.7.4. Realización del escaneo 44

2.7.5. Procesamiento y mejora de la nube de puntos 45

2.7.6. Validación del proceso 46

3. CAPITULO III: ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS 48

3.1. Descripción General del Proceso de Escaneo 3D 49

3.1.1. Configuración y Preparación para el Escaneo 49

3.1.2. Preparación de las Autopartes 54

3.1.3. Configuración del Escáner y Calibración ..... **¡Error! Marcador no definido.**

3.1.4. Escaneo de las Autopartes 55

3.1.5. Generación de la Nube de Puntos 60

3.1.6. Post-Procesamiento y Mallado 63

3.1.7. Validación del Modelo 3D 64

3.1.8. Desafíos Encontrados y Cómo se Abordaron 65

3.2. Análisis de los Datos Escaneados 66

3.2.1. Precisión del Escaneo ..... **¡Error! Marcador no definido.**

3.2.2. Identificación de Artefactos ..... **¡Error! Marcador no definido.**

3.2.3. Herramientas de Análisis Utilizadas ..... **¡Error! Marcador no definido.**

3.3. Post-Procesamiento de los Escaneos 3D ..... **¡Error! Marcador no definido.**

3.3.1. Alineación y Fusión de Escaneos ..... **¡Error! Marcador no definido.**

3.3.2. Generación del Mallado ..... **¡Error! Marcador no definido.**

3.3.3. Refinamiento del Modelo 3D 66

3.4. Evaluación del Protocolo de Escaneo 66

3.4.1. Análisis del Protocolo 67

3.4.2. Lecciones Aprendidas 68

Conclusiones 69

Recomendaciones 71

BIBLIOGRAFÍA 73

Anexos ..... **¡Error! Marcador no definido.**

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. *Ubicación Universidad Politécnica Salesiana.* 20

Figura 2. *Normativas Relacionadas* 24

Figura 3. *Tipos de escaneo 3D* 28

Figura 4. *Aplicaciones* 32

Figura 5. *Escaneado 3D de Texturas* 34

Figura 6 *Técnicas de recopilación y análisis de Datos* 41

Figura 7. *Proceso de Diseño* 47

Figura 8. *Escáner Usado* 49

Figura 9. *Proceso de preparación de pieza para escaneo* 54

Figura 10. *Calibración de Software* ..... **¡Error! Marcador no definido.**

Figura 11. Nube de puntos ..... **¡Error! Marcador no definido.**

Figura 12. Imagen procesada 63

Figura 13. *Modelo Validado* 64

Figura 14. *Comparativa de medidas* ..... **¡Error! Marcador no definido.**

Figura 15. *Identificación de Artefactos* ..... **¡Error! Marcador no definido.**

Figura 16. *Alineación de Escaneo* ..... **¡Error! Marcador no definido.**

Figura 17. *Mallado* ..... **¡Error! Marcador no definido.**

Figura 18. *Modelo 3d Refinado* 66

Figura 19. *Escaneo Fijo y Manual* 67

INTRODUCCIÓN

La ingeniería automotriz ha sido testigo de una evolución constante, impulsada por la demanda de vehículos más eficientes, seguros y respetuosos con el medio ambiente. En este contexto, la Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca, reconocida por su excelencia académica en el campo de la ingeniería, se enfrenta a un desafío en sus laboratorios de la Carrera de Ingeniería Automotriz: la falta de documentación técnica detallada sobre autopartes de diversos modelos automotrices. Esta carencia limita significativamente la utilidad de las piezas para propósitos académicos, como demostraciones, análisis avanzados y recreación de componentes, obstaculizando así el aprendizaje y desarrollo de habilidades prácticas de los estudiantes.

La complejidad geométrica de algunas autopartes añade una capa adicional de dificultad, dificultando la posibilidad de realizar un modelado 3D preciso en términos de detalles y medidas. Esta situación plantea un obstáculo significativo para la formación integral de los futuros ingenieros automotrices, quienes deben estar preparados para enfrentar los desafíos tecnológicos y las demandas cambiantes de la industria.

No obstante, la implementación de este proceso conlleva desafíos adicionales que deben ser abordados de manera eficiente. Entre estos desafíos se encuentran las dificultades relacionadas con las texturas y los acabados superficiales de las autopartes. La variabilidad en las texturas y los acabados puede influir en la precisión del escaneo, requiriendo una cuidadosa configuración y calibración del escáner 3D para obtener resultados precisos y detallados. El reflejo, especialmente en autopartes con acabados brillantes o reflectantes, puede causar distorsiones en los escaneos 3D. La calibración del escáner se ejecuta para minimizar estos efectos no deseados y obtener resultados precisos y fiables. Estas dificultades, junto con las restricciones de tiempo, recursos y alcance del

proyecto, deben ser cuidadosamente consideradas en el desarrollo e implementación del enfoque para la digitalización de autopartes mediante escaneo 3D.

En respuesta a esta problemática, surge la digitalización mediante escaneo 3D como una solución prometedora. Esta tecnología permite un análisis más profundo, una modificación virtual y una reproducción precisa de las autopartes, superando los desafíos geométricos y dimensionales asociados con la falta de documentación técnica detallada. Sin embargo, implementar correctamente este proceso implica enfrentar desafíos adicionales, como la optimización de los tiempos de modelado y la selección de las técnicas y metodologías más adecuadas.

La presente investigación se enfoca en desarrollar e implementar un enfoque efectivo para la digitalización de autopartes mediante escaneo 3D, dirigido al grupo de investigación GIIT y aquellos en la línea de Diseño Mecánico Automotriz de la Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca. A través de un análisis exhaustivo de la literatura existente, se busca identificar las mejores prácticas en digitalización 3D y establecer un protocolo óptimo adaptado a las limitaciones de tiempo, recursos y alcance del proyecto.

Los resultados de este estudio beneficiarán directamente a los estudiantes y profesionales de la ingeniería automotriz, y también contribuirán al avance de la educación de calidad y la promoción de tecnologías innovadoras en el sector, alineándose así con los Objetivos de Desarrollo Sostenible establecidos por las Naciones Unidas. Además, la aplicación de normativas y estándares relevantes garantizará la calidad y precisión de los procesos de digitalización, promoviendo la colaboración y eficiencia en el desarrollo de actividades académicas y de investigación.

EL PROBLEMA

En los laboratorios de la Carrera de Ingeniería Automotriz de la Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca, se enfrenta un desafío en relación con la documentación y disponibilidad de información técnica detallada sobre las autopartes de diversos modelos automotrices. Esta carencia limita significativamente su utilidad para propósitos académicos, tales como demostraciones, análisis avanzados y recreación de componentes, lo que a su vez afecta el aprendizaje y desarrollo de habilidades prácticas de los estudiantes. Además, la complejidad geométrica de algunas autopartes dificulta aún más la posibilidad de realizar un modelado 3D fiel en términos de detalles y medidas precisas.

Esta falta de documentación técnica detallada y planos específicos obstaculiza el aprovechamiento completo de estas piezas como herramientas pedagógicas, lo que impacta negativamente en la formación integral de los futuros ingenieros automotrices. La necesidad de adaptarse a la evolución tecnológica y las demandas cambiantes de la industria automotriz hace que esta limitación sea aún más significativa, ya que los ingenieros deben estar preparados para enfrentar los desafíos actuales y futuros del campo.

La digitalización mediante escaneo 3D es una solución prometedora para superar estos obstáculos, al permitir un análisis más profundo, modificación virtual y reproducción precisa de las autopartes. Sin embargo, implementar este proceso correctamente implica enfrentar desafíos tanto geométricos como dimensionales, además de recortar los tiempos de modelado para facilitar los procesos de análisis y optimización estructural. Esta situación plantea la necesidad urgente de desarrollar e implementar un enfoque efectivo para la digitalización de autopartes que satisfaga las necesidades

académicas, tecnológicas y profesionales de la Carrera de Ingeniería Automotriz de la Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca.

Antecedentes

La implementación de la digitalización de autopartes mediante escaneo 3D se alinea con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) establecidos por las Naciones Unidas. Específicamente, contribuye al ODS 4 (Educación de Calidad) al mejorar la calidad de la educación a través de la integración de tecnologías avanzadas en el proceso de aprendizaje. Además, apoya el ODS 9 (Industria, Innovación e Infraestructura) al promover la adopción de tecnologías innovadoras en el sector automotriz, lo que a su vez impulsa el desarrollo económico y social sostenible (Organización de las Naciones Unidas, 2023).

Importancia y alcances

La digitalización de autopartes mediante escaneo 3D permitirá enriquecer el proceso de aprendizaje de los estudiantes de la Carrera de Ingeniería Automotriz de la Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca. Proporcionará a los estudiantes acceso a tecnologías de vanguardia, permitiéndoles comprender y analizar autopartes con mayor precisión. Fomenta una formación práctica que refleja los desafíos actuales de la industria automotriz, mejorando las habilidades críticas y creativas de los estudiantes.

La incorporación de técnicas de digitalización mediante escaneo 3D está en consonancia con el Plan de creación de oportunidades, fomentando la innovación y el desarrollo profesional. Prepara a los estudiantes para un mercado laboral competitivo y tecnológico, proporcionándoles las habilidades necesarias para destacarse en la industria automotriz.

El grupo objetivo del proyecto técnico es el grupo de investigación GIIT y aquellos en la línea de Diseño Mecánico Automotriz de la Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca. Estos beneficiarios se centran en avanzar en la ingeniería automotriz mediante las innovaciones propuestas.

Delimitación

El estudio se centra específicamente en el desarrollo e implementación de un enfoque efectivo para la digitalización de autopartes mediante escaneo 3D, dirigido al grupo de investigación GIIT y aquellos en la línea de Diseño Mecánico Automotriz de la Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca. Se delimita a la identificación de técnicas, metodologías y procesos óptimos para la digitalización de autopartes, así como la evaluación de su viabilidad dentro de las limitaciones de tiempo, recursos y alcance del proyecto.

El presente proyecto, se llevará a cabo en la Provincia del Azuay, Ciudad de Cuenca, ubicada al sur del Ecuador, la cual tiene una altitud de 2500 m.s.n.m, una extensión de 70.59 km2 y una población aproximada de 580000 habitantes.

Figura 1.

Ubicación Universidad Politécnica Salesiana.

Google Maps.

OBJETIVOS

Objetivo General

Digitalizar la geometría de autopartes mediante escaneo 3D para mejorar los procesos de análisis y optimización estructural.

Objetivos Específicos

- Analizar la literatura existente sobre técnicas, metodologías de escaneo 3D y el tratamiento posterior de la información, considerando las restricciones de tiempo y recursos del proyecto, para comprender las mejores prácticas en la digitalización de autopartes mediante el análisis de diferentes softwares relacionados con el tema.
- Establecer un protocolo óptimo para el escaneo 3D de autopartes de distintas geometrías y acabados superficiales adaptado a las limitaciones de equipo y personal disponibles, para la obtención de la nube de puntos adecuada.
- Establecer un proceso adecuado para la edición y tratamiento de las nubes de puntos obtenidas mediante software especializado para la edición de los modelos 3D resultantes del escaneado final dentro de los recursos y tiempo establecidos para el proyecto.

1. CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

1.1. Normativas Relacionadas al Proceso de Escaneo 3D

La digitalización de autopartes mediante escaneo 3D es un proceso que implica capturar la geometría de un objeto físico para crear su representación digital. Este proceso debe cumplir con ciertas normativas y estándares que garantizan la precisión, la calidad y la seguridad de los datos obtenidos. A continuación, se detallan algunas de las normativas más relevantes en este campo:

1.1.1. ISO 10360-2:2009 - Especificaciones de Evaluación de Rendimiento de Máquinas de Medición de Coordenadas (CMM):

- Esta norma internacional especifica los métodos para la evaluación de la precisión de las máquinas de medición por coordenadas, que son fundamentales en el proceso de escaneo 3D. Las CMM se utilizan para asegurar que las mediciones tridimensionales sean precisas y reproducibles.

1.1.2. ISO 9283:1998 - Robots y Dispositivos Robóticos - Métodos de Evaluación del Rendimiento:

Aunque esta norma está más orientada a robots, incluye especificaciones para la evaluación de dispositivos de escaneo que pueden ser montados en brazos robóticos. Esto es crucial para aplicaciones automatizadas de escaneo 3D en la industria automotriz.

1.1.3. ASTM E57 - Estándares de Sistemas de Imágenes 3D:

Los estándares ASTM E57 abarcan una variedad de especificaciones técnicas para sistemas de imágenes 3D, incluyendo la metodología de captura de datos y la calibración de escáneres. Esto ayuda a mantener la calidad y la integridad de los datos escaneados.

1.1.4. VDI/VDE 2634 - Inspección de Sistemas de Medición Óptica en Coordenadas:

Esta normativa alemana establece procedimientos para la evaluación de sistemas de medición óptica que se usan en el escaneo 3D. Es particularmente relevante para la validación de equipos y la comparación de resultados de medición.

1.2. Normas Relacionadas con el Tratamiento de la Información Escaneada

El tratamiento de la información obtenida mediante escaneo 3D implica una serie de procesos que deben seguir normativas específicas para asegurar la calidad de los datos, la protección de la información y la interoperabilidad de los sistemas. A continuación, se presentan algunas de las normas más importantes en este ámbito:

1.2.1. ISO 16792:2006 - Documentación Técnica de Productos (TPD) - Representación Digital de Datos de Productos:

Esta norma proporciona directrices sobre cómo deben gestionarse y representarse digitalmente los datos de productos, incluyendo los obtenidos mediante escaneo 3D. Asegura que los datos sean completos, precisos y utilizables en diversas aplicaciones de ingeniería.

1.2.2. ISO 9001:2015 - Sistemas de Gestión de la Calidad:

Aunque no es específica para el tratamiento de datos de escaneo 3D, la ISO 9001:2015 establece un marco para la gestión de la calidad en procesos industriales, incluyendo la digitalización y el procesamiento de datos. Garantiza que los procesos estén controlados y que los productos finales cumplan con los requisitos de los clientes.

1.2.3. ISO/IEC 27001:2013 - Sistemas de Gestión de Seguridad de la Información:

Esta norma es crucial para la protección de la información escaneada. Establece los requisitos para un sistema de gestión de la seguridad de la información, asegurando que los datos escaneados sean protegidos contra accesos no autorizados y manipulaciones.

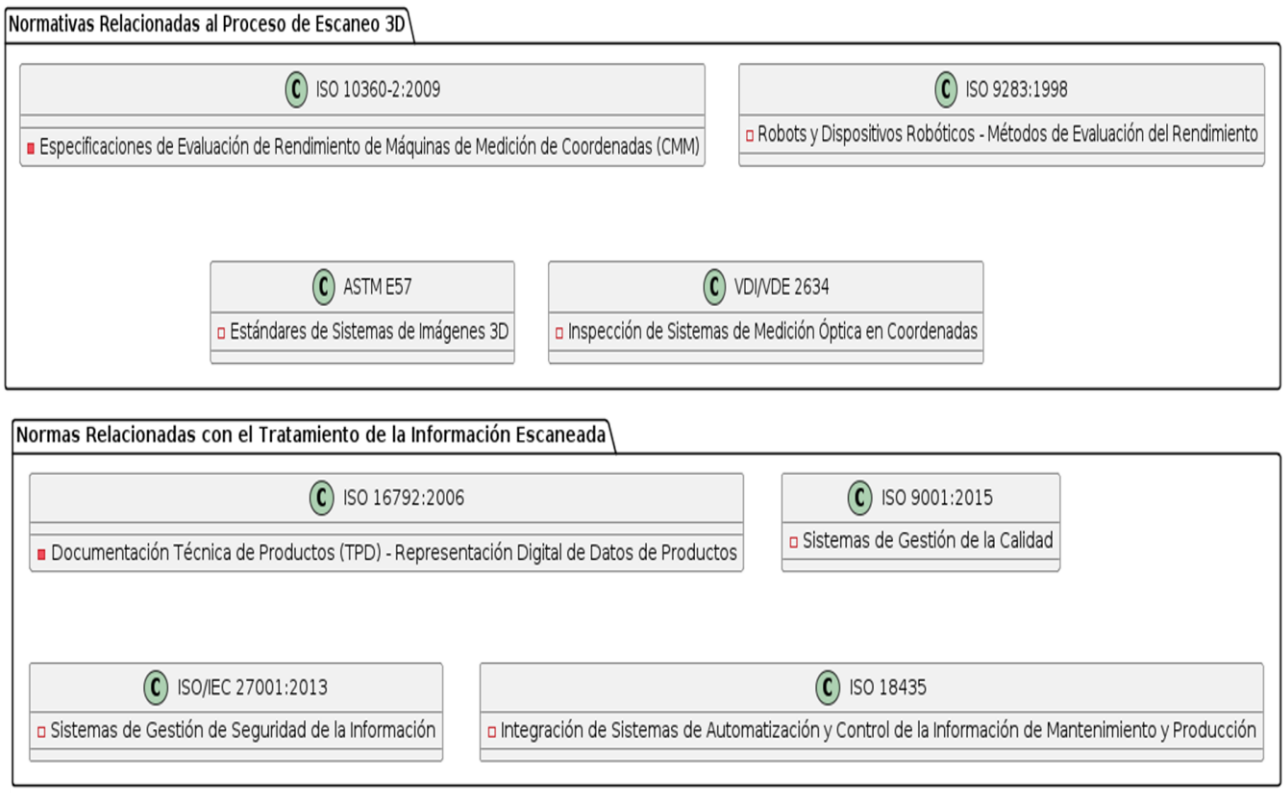
1.2.4. ISO 18435 - Integración de Sistemas de Automatización y Control de la Información de Mantenimiento y Producción:

Esta serie de normas proporciona directrices para la integración y el intercambio de información entre sistemas de control de producción y mantenimiento, lo que incluye el tratamiento de datos obtenidos por escaneo 3D para su uso en procesos de manufactura y monitoreo.

Estas normativas y estándares son fundamentales para garantizar la precisión, calidad, seguridad y eficiencia en el proceso de escaneo 3D de autopartes y el tratamiento de la información obtenida. Cumplir con estas regulaciones asegura que los datos escaneados sean confiables y útiles para su aplicación en diversas fases del diseño y la manufactura automotriz.

Figura 2.

Normativas Relacionadas



Elaboración propia 2024

1.3. Digitalización 3D

El escaneado 3D es un método de recopilación de datos e información de objetos y superficies del mundo real para crear un modelo tridimensional. Existen varias técnicas para obtener y procesar esta información, como el modelado 3D por ordenador, el escaneado 3D, la fotogrametría y la generación asistida por IA (Cao et al., 2024).

El software de modelado gráfico es un conjunto de herramientas utilizado con la finalidad de crear modelos 3D por computadora, los cuales pueden utilizarse para proyectos que incluyan animaciones, efectos visuales, aplicaciones 3D interactivas, entre otros. Dentro del campo de los gráficos por computadora, el modelado 3D es el proceso de generar una representación matemática de una superficie u objeto en tres dimensiones mediante la utilización de software. Este proceso consiste en manipular vértices, bordes y superficies poligonales en un espacio tridimensional simulado, logrando así representar un objeto tridimensional utilizando un conjunto de vértices interconectados y formando figuras geométricas que conforman a los modelos (Cao et al., 2024).

De acuerdo con lo que indica Munguia (2021), la digitalización actual no solo se restringe a la automatización de datos, la información de pacientes y las bases de datos electrónicas, sino que abarca la captura, recolección, mantenimiento y procesamiento de información médica en forma de imágenes, conjuntos de datos e incluso archivos/ficheros con información tridimensional. Esto conlleva la exigencia de un perfil profesional distinto, capacitado y con destreza en el manejo de estas herramientas, lo que ha sido denominado como "Digital literacy".

La triangulación se produce cuando dos líneas o planos se cruzan en 3D. Parece fácil, pero hay que configurar bien las cámaras y los proyectores para que las ecuaciones

del modelo estenopeico puedan reconstruir con precisión el objeto 3D a partir de los píxeles de la imagen. Para calibrar un sistema proyector/cámara básico, basta con utilizar una cámara calibrada para observar un objeto plano con marcas impresas y un modelo geométrico proyectado. El tamaño de la placa ayuda a estimar el tamaño del área escaneada. El modelo de escáner viene con diferentes patrones y hasta tres modos de captura de superficies (Santolaria, 2022).

1.4. Escaneo 3D

El escaneado 3D es un proceso que captura la forma y el aspecto de un objeto físico y lo convierte en datos digitales tridimensionales. Para ello se utilizan dispositivos especializados, como los escáneres 3D, que emplean distintas tecnologías, como la luz estructurada, el láser o la fotogrametría, para recopilar la información necesaria. Una vez capturados los datos, pueden procesarse y utilizarse en diversas aplicaciones útiles como el diseño, la fabricación, la inspección de calidad, el análisis forense y muchas otras. Es fascinante ver cómo el escaneado 3D se utiliza ampliamente en campos como la ingeniería, la medicina, la arquitectura, el diseño industrial y el entretenimiento. Es increíble cómo la tecnología avanza continuamente y mejora nuestras vidas de tantas maneras (De La Cruz Muenala, 2022).

Hay formas más sencillas de crear modelos 3D que utilizando programas informáticos. Uno de los métodos más populares hoy en día es el escaneado 3D. Esta técnica utiliza luz láser o infrarroja para crear un modelo digital de un objeto midiendo la distancia al objeto y la variación de luz en su superficie. Así se crea un modelo realmente detallado, ideal para mostrar formas complejas. Este método puede ser bastante caro debido al coste del equipo (Cao et al., 2024).

El escaneado 3D es un proceso que da vida a objetos del mundo real en 3D. Debe planificarse y ejecutarse cuidadosamente, sobre todo en el caso de objetos complejos. Para realizarlo, es necesario colocar al menos tres pegatinas en la superficie del objeto. El software del escáner utiliza estas pegatinas como referencia fija para crear un escaneado cohesivo. Este proceso crea una matriz de transformación que da al objeto sus coordenadas. Es un requisito voltear el objeto para escanear la superficie inferior y escanear el borde para asegurarse de que ambas caras encajan correctamente y están a la misma distancia (Pérez-Hernández et al., 2022).

Actualmente, existen diferentes tecnologías de digitalización 3D, algunas de las cuales se resumen a continuación:

1.4.1. Por contacto

Destacan las máquinas MMC (Máquina de Medición por Coordenadas), las cuales disponen de un palpador que recorre toda la superficie del objeto, posibilitando una gran precisión en el registro de las coordenadas XYZ en relación con un origen de la geometría del mismo. Pueden estar integradas en brazos articulados o máquinas CNC, aunque es un proceso lento y no compatible con formas orgánicas complejas, presentando un alto riesgo de dañar la pieza con rasguños, arañazos o manchas dependiendo del material (Velasco y Hernández, 2022).

1.4.2. Sin contacto

1.4.2.1. Activos

El método de tiempo de vuelo consiste en determinar el tiempo que tarda un haz de luz láser en alcanzar la superficie de un objeto y ser detectado por el sensor. Al tratarse de una constante, la velocidad de la luz permite calcular la distancia entre el emisor láser y la pieza. Este tipo de escáner resulta especialmente efectivo para distancias largas,

siendo comúnmente utilizado en el escaneo de edificios o formaciones rocosas (Garay, 2022).

El método de triangulación láser es la proyección de un haz láser sobre la pieza, mientras que el sensor de una cámara detecta la ubicación del punto donde impacta dicho haz. Recibe su nombre debido a que el emisor del láser, el punto incidente y la cámara forman un triángulo. Aunque este método tiene una distancia más limitada, se logra una mayor precisión, siendo más común utilizar una línea en lugar de un único punto para agilizar la toma de datos (Garay, 2022).

La técnica de diferencia de fase consiste en medir el desfase entre la luz continua que se emite y la que se recibe para estimar la distancia hasta la pieza escaneada. Esta técnica se sitúa en un rango intermedio entre las técnicas de tiempo de vuelo y las de triangulación láser, logrando una precisión similar a esta última.

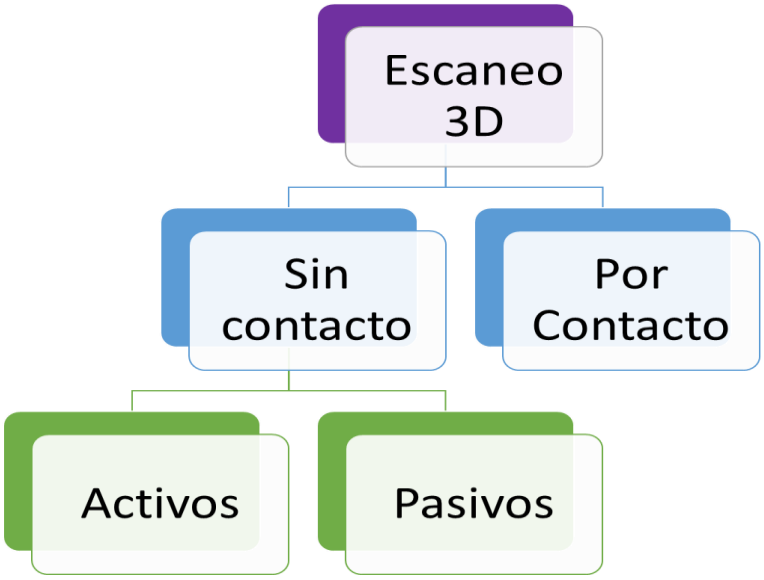
La técnica de luz estructurada implica el uso de un patrón de luz estroboscópica que se proyecta sobre la superficie del objeto a escanear. Estos patrones de luz rebotan en los sensores del escáner, que detectan las distorsiones del patrón y las transforman en una representación digital. Este método ofrece una velocidad y precisión aceptables, ya que varios puntos se escanean en cada movimiento (Perez-Monte et al., 2023).

1.4.2.2. Pasivos

Los escáneres pasivos son dispositivos que no emiten radiación, sino que detectan la radiación reflejada del entorno en los objetos. Utilizan sensores que emplean cámaras digitales, son económicos, pero su precisión es baja, lo que requiere un considerable esfuerzo computacional para el tratamiento de las imágenes (Santolaria, 2022).

Figura 3.

Tipos de escaneo 3D



Elaboración propia 2024

1.5. Nube de puntos

La nube de puntos es un conjunto de datos tridimensionales que representan la superficie exterior de un objeto escaneado. Se compone de una gran cantidad de puntos tridimensionales, cada uno definido por coordenadas X, Y y Z. Estos puntos se obtienen mediante la digitalización del objeto utilizando técnicas como el escaneo láser o la fotogrametría (Tomás et al., 2020).

La creación de la nube de puntos es un paso en el proceso de escaneo 3D. Una vez que se recopilan los datos, se generan miles o incluso millones de puntos que describen la forma y la textura del objeto escaneado. Cada punto de la nube de puntos representa una posición en el espacio tridimensional, y la densidad de estos puntos determina la precisión y el nivel de detalle del modelo final (Torres-Sánchez et al., 2022).

El LiDAR es una herramienta muy sofisticada capaz de capturar grandes cantidades de datos mediante un rayo láser pulsado. Es famoso por su capacidad de generar una nube de puntos 3D del terreno a gran velocidad, con una precisión excepcional y a distancias considerables. Por el contrario, las técnicas de fotogrametría

digital, como el método Structure from Motion (SfM), ofrecen un enfoque alternativo para generar nubes de puntos 3D. Se trata de resolver ecuaciones de colinealidad a partir de un gran número de puntos conjugados identificados durante una fase de correlación automática de un conjunto de imágenes superpuestas adquiridas de forma no estructurada (Mahecha, 2023).

Las nubes de puntos 3D obtenidas por las técnicas descritas aportan información geométrica de la superficie externa de los taludes. Además, algunos equipos LiDAR proporcionan para cada punto la intensidad, que determina la cantidad de energía reflejada por la superficie del objeto. Toda esta información resulta de gran utilidad en mecánica de rocas, dado que permite identificar la orientación, el número, el espaciado, la persistencia, la rugosidad y otras propiedades de las discontinuidades que afectan a los macizos rocosos. Los parámetros obtenidos del análisis de las nubes de puntos 3D pueden a su vez emplearse para caracterizar el macizo rocoso haciendo uso de clasificaciones geomecánicas y evaluar su estabilidad a través de análisis cinemáticos o de estabilidad (Sanz, 2022).

1.6. Conjunto de datos

Un conjunto de datos es un término utilizado para referirse a una colección de datos, información o elementos que se agrupan juntos. En el contexto de la nube de puntos, el conjunto de datos se refiere a la agrupación de puntos tridimensionales que representan la superficie exterior de un objeto o una escena (Sabater et al., 2020).

La nube de puntos son un conjunto de datos tridimensionales que representa la forma de la mano. En este caso, el conjunto de datos se utiliza como referencia para evaluar el desempeño de los algoritmos. La relación entre el conjunto de datos y la nube de puntos es que los datos tridimensionales se obtienen a partir de los puntos del contorno

de la mano que se han convertido en vértices de la nube de puntos. Cada punto en la nube de puntos contiene información espacial tridimensional que se utiliza para representar la forma y la estructura de la mano. Un conjunto de datos es una colección de información o elementos que se agrupan juntos (García-Herrera et al., 2023).

1.7. Importancia y aplicaciones en diversas industrias

El escaneado 3D se ha convertido en una herramienta en diversas industrias debido a su capacidad para capturar y recrear modelos tridimensionales de objetos y entornos. Algunas de las áreas más importantes donde el escaneado 3D ha demostrado ser esencial son:

1.7.1. Medicina y salud

El escaneado 3D ha revolucionado la medicina y la salud, permitiendo la creación de modelos anatómicos precisos para diagnósticos, planificación de cirugías, prótesis y ortopedia. También se utiliza en la creación de dispositivos médicos personalizados y la realización de estudios de movimiento y ergonomía (Munguia, 2021).

1.7.2. Ingeniería y manufactura

En la industria, el escaneado 3D se utiliza para el diseño y la ingeniería. Se utiliza para la ingeniería inversa, la inspección de calidad, la creación de prototipos, el control de procesos y la documentación de patrimonio. Asimismo, se ha convertido en un recurso valioso para la creación y el mantenimiento de componentes y maquinaria (Pérez et al., 2020).

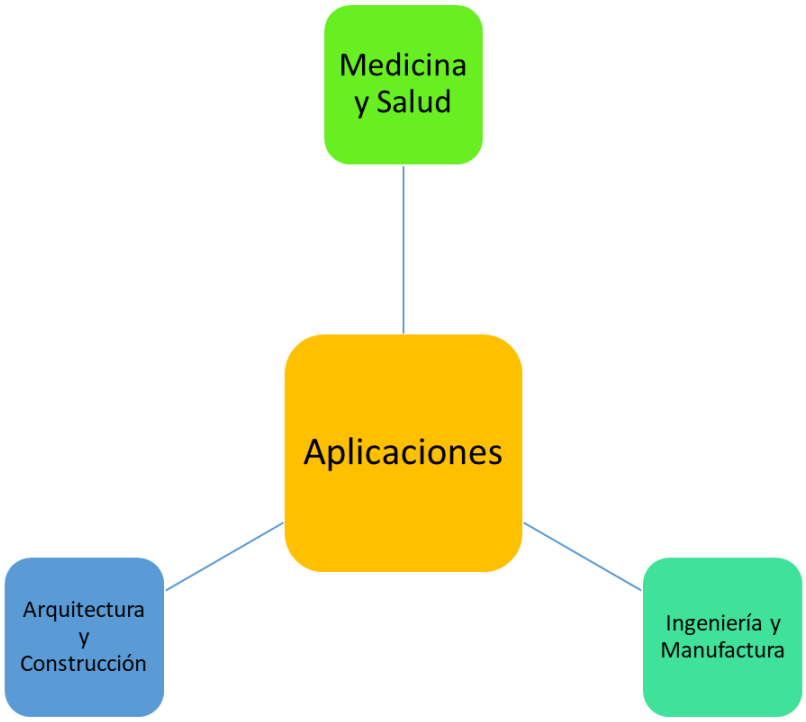
1.7.3. Arquitectura y construcción

El escaneado 3D se emplea para la documentación y el análisis de sitios, la evaluación estructural, la preservación del patrimonio, la creación de modelos BIM

(Building Information Modeling) y la planificación de la construcción. Es importante para capturar la geometría precisa de edificios y estructuras (López, 2023).

Figura 4.

Aplicaciones



Elaboración propia 2024

1.8. Escaneado 3D de texturas

El escaneado 3D de texturas es una técnica que permite capturar no solo la geometría de un objeto, sino también su apariencia superficial, texturas y colores. Esto se logra mediante la proyección de patrones de luz sobre la superficie del objeto y la detección de cómo estos patrones se deforman en función de la topología y la rugosidad de la superficie (Lescano et al., 2020).

El escaneado 3D es un proceso que implica la captura de la forma y la apariencia de un objeto en tres dimensiones. Se utilizan diferentes tecnologías, como el láser, la luz estructurada o la fotogrametría, cada una con sus ventajas y desventajas. Sin embargo, en el escaneado 3D como texturas, la captura del color y las texturas superficiales se vuelve fundamental (Lescano et al., 2020).

1.8.1. Proceso de captura de texturas

El proceso de captura de texturas implica la utilización de escáneres 3D que integran sistemas de captura de imágenes de alta resolución. Estos escáneres proyectan patrones de luz sobre la superficie del objeto y utilizan cámaras para capturar la deformación de estos patrones, creando así una representación digital del color y la textura de la superficie del objeto (Quispe, 2023).

Existen varias tecnologías que permiten el escaneado 3D como texturas:

1.8.1.1. Luz estructurada

Se utiliza un patrón de luz estroboscópica proyectada sobre el objeto. Las cámaras del escáner capturan la deformación de este patrón, lo que permite la generación de una representación digital del color y la textura del objeto (Labrone et al., 2023).

1.8.1.2. Fotogrametría

De acuerdo con Altes (2023), la fotogrametría es un método utilizado en el escaneado 3D que consiste en capturar imágenes desde diferentes ángulos y correlacionarlas para reconstruir la forma y la textura del objeto. Este proceso se basa en la geometría y la trigonometría para determinar las dimensiones y las relaciones espaciales de los objetos a partir de las imágenes capturadas. La fotogrametría se basa en dos principios. El primero, la triangulación, consiste en la medición de la distancia y la

forma de un objeto a través de la formación y la medición de triángulos. En la fotogrametría, esto se logra tomando fotos del objeto desde diferentes ángulos y luego correlacionando los puntos comunes en las imágenes para determinar la posición exacta en el espacio de cada punto.

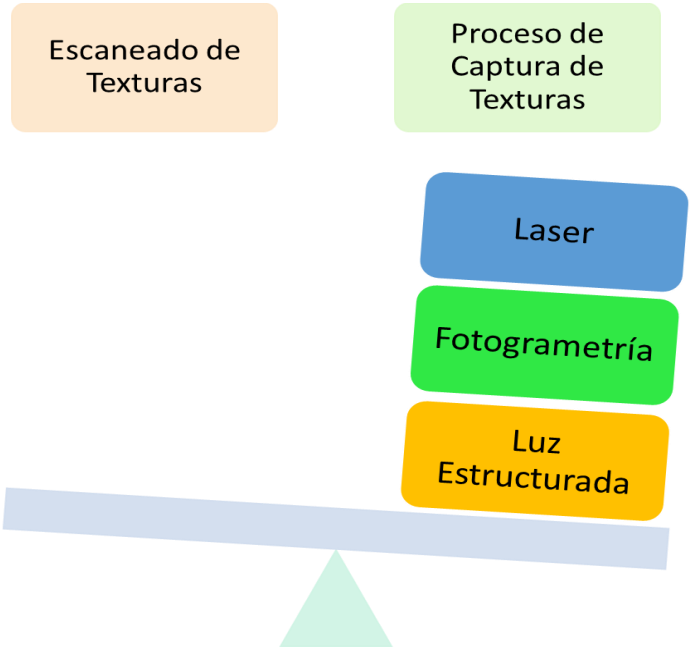
1.8.1.3. Láser

Algunos escáneres láser también pueden capturar texturas. Proyectan un haz láser sobre la superficie del objeto y miden la distancia y el color en cada punto. Esto permite la generación de modelos tridimensionales con texturas precisas.

La principal ventaja del escaneado 3D como texturas es la capacidad de capturar no solo la geometría, sino también el color y la textura del objeto. Esto lo hace ideal para aplicaciones como la animación, la arquitectura, el diseño industrial y la preservación del patrimonio. Sin embargo, los desafíos incluyen la necesidad de escáneres y cámaras de alta resolución, así como el procesamiento de grandes cantidades de datos (López, 2023).

Figura 5.

Escaneado 3D de Texturas



Elaboración propia 2024

1.8.2. Descripción y comparación de diferentes técnicas de escaneo 3D para capturar texturas

Existen diversas técnicas de escaneo 3D que se utilizan para capturar texturas de objetos con diferentes niveles de precisión y eficiencia. Entre las principales técnicas se encuentran la fotogrametría, el escaneo con luz estructurada, el escaneo con láser y la digitalización por tiempo de vuelo (Menendez et al., 2021).

La fotogrametría es un método utilizado para capturar texturas mediante la toma de imágenes desde múltiples ángulos, luego, a partir de estas imágenes, se correlacionan los puntos comunes para determinar la posición exacta en el espacio de cada punto, reconstruyendo así la forma y la textura del objeto (Altes, 2023)

El escaneo con luz estructurada implica proyectar patrones de luz sobre la superficie del objeto y medir la deformación del patrón, lo que permite capturar con precisión la textura de la superficie.

El escaneo con láser, por otro lado, se basa en el principio de tiempo de vuelo, donde se calcula el tiempo que demora un haz de luz láser en tocar la superficie de un objeto y ser detectado por el sensor, lo que permite capturar texturas con alta precisión y rapidez.

La digitalización por tiempo de vuelo se basa en medir el desfase entre la luz continúa emitida y la que se recibe para estimar la distancia hasta la pieza escaneada, ofreciendo una precisión similar a la triangulación láser.

Cada técnica tiene sus ventajas y desventajas en términos de precisión, velocidad y costo, y la elección de la técnica de escaneo 3D para capturar texturas dependerá de los requisitos específicos del proyecto y el objeto a escanear.

1.9. Reflejo de las superficies en escaneos 3D

El reflejo de las superficies en el escaneo 3D se refiere a la capacidad del escáner para capturar y representar con precisión las propiedades reflectantes de los objetos. Esta dirección es para lograr una reproducción fiel de la apariencia visual de un objeto en el modelo 3D resultante (de Souza et al., 2020).

El reflejo de las superficies se refiere a la capacidad del dispositivo para capturar la información sobre cómo la luz incide y se refleja en la superficie del objeto. Esta capacidad no solo es relevante para la apariencia visual del modelo 3D, sino también para el análisis de la superficie y la textura de los objetos escaneados (Santolaria, 2022).

Para lograr la representación adecuada del reflejo de las superficies, se utilizan diferentes técnicas de escaneo 3D, como la fotogrametría, el escaneo con luz estructurada, el escaneo con láser y la digitalización por tiempo de vuelo. Cada una de estas técnicas tiene sus propias ventajas y desventajas en términos de captura de reflejos de superficies (Edison, 2022)

El reflejo de superficies en el escaneo 3D es un fenómeno que presenta desafíos notables en la captura precisa y fidedigna de la geometría tridimensional de un objeto. Cuando se capturan superficies mediante tecnologías de escaneo 3D, los reflejos pueden distorsionar la información recopilada, lo que resulta en datos inexactos o incompletos. Entender y abordar este fenómeno es para obtener resultados precisos en el escaneo 3D (Santolaria, 2022).

La modificación de la iluminación es un enfoque común para minimizar los reflejos. La luz estructurada modulada implica la modulación de la intensidad de la fuente de luz. Cambiar la intensidad y la forma de la luz puede reducir los reflejos. Asimismo, utilizar múltiples fuentes de luz desde diferentes ángulos puede minimizar los reflejos, ya que estos no ocurren en la misma dirección para todas las fuentes de luz. Además, la luz polarizada ayuda a reducir los reflejos al escanear objetos reflectantes (Muñoz et al., 2023).

Implementar algoritmos de posprocesamiento que detecten y eliminen reflejos no deseados del modelo 3D es una parte del proceso de escaneo. La fusión de datos también es útil; consiste en combinar datos de múltiples escaneos tomados desde diferentes ángulos para compensar los reflejos. Utilizar software que pueda detectar automáticamente áreas con reflejos y tomar medidas para minimizar su impacto es otra opción. La segmentación de datos es un método que permite identificar áreas afectadas por reflejos y tratarlas específicamente (Escoto, 2021).

Se pueden aplicar métodos relacionados con materiales y recubrimientos. Por ejemplo, la aplicación de recubrimientos especiales a la superficie del objeto puede reducir la reflectividad. También, utilizar material opaco es una solución eficaz para minimizar los reflejos.

1.10. Calibraciones del escáner

La calibración del escáner es un factor en el escaneo 3D, ya que juega un papel crucial en la precisión y la fiabilidad de los datos capturados. La importancia de la calibración radica en garantizar que el escáner 3D registre la geometría de los objetos con la mayor exactitud posible. Sin una calibración adecuada, los resultados del escaneo

podrían contener errores significativos, lo que afectaría negativamente la calidad del modelo 3D generado (Garcia, 2022).

Existen dos tipos principales de calibración de escáneres 3D: intrínseca y extrínseca. La calibración intrínseca se refiere a la configuración interna del escáner, que comprende los parámetros ópticos y geométricos, como la distancia focal de la cámara, la resolución del sensor y la distorsión radial. Este tipo de calibración se utiliza para corregir cualquier distorsión inherente al sistema de escaneo y para garantizar mediciones precisas y consistentes (Cando et al., 2022).

La calibración extrínseca se centra en la relación espacial entre el escáner y el objeto que se está escaneando. Se trata de determinar la posición y orientación relativas del escáner con respecto al objeto. La calibración extrínseca asegura que los datos capturados se registren en el sistema de coordenadas correcto y con la alineación adecuada. Así para la integración precisa de múltiples escaneos y para la alineación de escaneos individuales en un único marco de referencia (Tiscareño-Félix et al., 2024).

Ambos tipos de calibración se requieren para el proceso de escaneo 3D. La calibración intrínseca garantiza la precisión de los datos capturados por el escáner, corrigiendo las distorsiones ópticas y geométricas, mientras que la calibración extrínseca asegura la correcta alineación espacial entre el escáner y el objeto escaneado.

2. CAPÍTULO II: MARCO METODOLÓGICO

2.1. Diseño de Investigación

Para abordar la digitalización de autopartes mediante escaneo 3D en la Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca, se empleó un enfoque de investigación mixto que combina tanto métodos cualitativos como cuantitativos. Este enfoque permite una comprensión más amplia y profunda del problema, integrando datos numéricos y la interpretación contextual de los hallazgos. Las autopartes trabajadas incluyen emblemas, retrovisores, rines, faros, y manijas, abarcando una variedad de componentes vehiculares representativos para su digitalización tridimensional.

La metodología de enfoque mixto es un enfoque de investigación que combina elementos tanto cualitativos como cuantitativos en un solo estudio. Se recopilan y analizan datos de diversas fuentes y utilizando diferentes técnicas, con el objetivo de proporcionar una comprensión más completa y profunda del fenómeno estudiado. Se pueden utilizar tanto métodos cualitativos, como entrevistas, observaciones o análisis de contenido, que permiten explorar y comprender las percepciones, experiencias y significados de los participantes (Faneite, 2023).

2.2. Tipo de investigación

El enfoque de la investigación será explicativo. Este tipo de enfoque se centra en identificar las causas y efectos de la falta de documentación técnica detallada sobre autopartes y cómo la implementación de tecnologías de escaneo 3D puede mitigar estos problemas. A través del análisis de las técnicas de escaneo 3D y su aplicación en el entorno académico, se explicarán los beneficios y desafíos asociados con su adopción.

El enfoque explicativo en la investigación busca comprender las relaciones de causa y efecto entre las variables estudiadas. A diferencia de otros enfoques que se centran

en describir fenómenos o en establecer correlaciones entre variables, el enfoque explicativo se concentra en determinar por qué ocurre un fenómeno y cómo se relacionan las diferentes variables para causar ese fenómeno. La intención es identificar y analizar los mecanismos subyacentes que explican las relaciones entre las variables (Condori-Ojeda, 2020),

2.3. Datos

Las fuentes de datos para esta investigación son:

Primarias: Datos obtenidos directamente del proceso de escaneo 3D de las autopartes en los laboratorios de la Universidad Politécnica Salesiana.

Secundarias: Revisión de literatura existente sobre técnicas de escaneo 3D, estudios de casos similares, y documentación técnica de fabricantes de equipos de escaneo.

2.4. Población

La población de estudio está conformada por:

Autopartes: Diversas piezas de vehículos disponibles en los laboratorios de la Carrera de Ingeniería Automotriz de la Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca.

Estudiantes y profesores: Participantes involucrados en la digitalización y análisis de las autopartes, incluyendo el grupo de investigación GIIT y aquellos en la línea de Diseño Mecánico Automotriz.

2.5. Técnicas de recopilación de datos

Para la recopilación de datos se utilizan las siguientes técnicas:

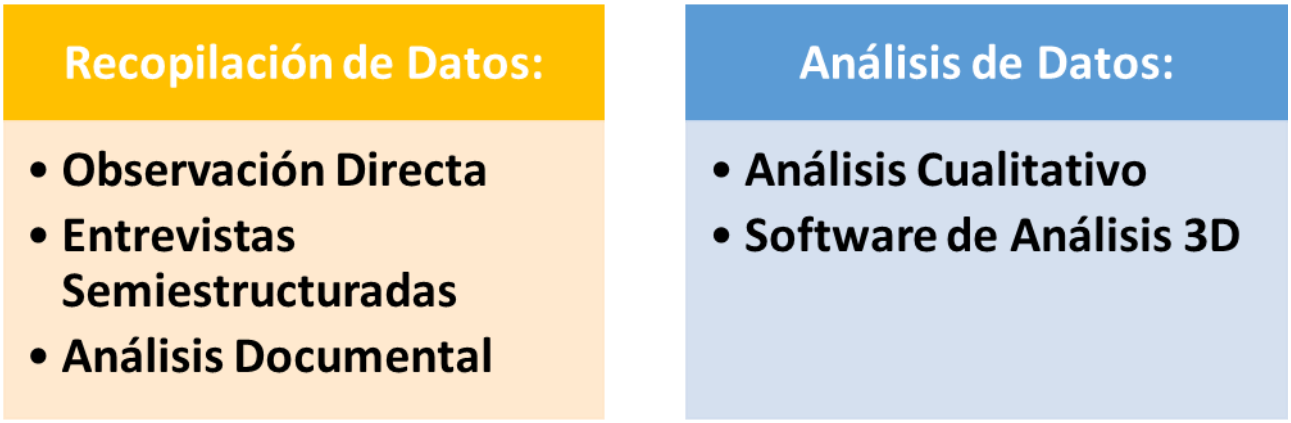
Observación directa: Registro del proceso de escaneo 3D y sus resultados.

Entrevistas semiestructuradas: Recopilación de opiniones y experiencias de estudiantes y profesores sobre la implementación del escaneo 3D.

Análisis documental: Revisión de manuales, protocolos técnicos y estudios previos sobre digitalización 3D.

Figura 6

Técnicas de recopilación y análisis de Datos



Elaboración propia 2024

2.6. Técnicas de análisis de datos

Las técnicas de análisis de datos son:

Análisis cualitativo: Interpretación de las entrevistas y observaciones para identificar fortalezas y áreas de mejora en el proceso de digitalización.

Software de análisis 3D: Utilización de herramientas especializadas para el tratamiento y edición de nubes de puntos.

2.7. Proceso de diseño

El proceso de diseño para la digitalización de autopartes mediante escaneo 3D se divide en varias etapas que aseguran la obtención de modelos 3D precisos y útiles para el

análisis y la optimización estructural. Este proceso integra los objetivos específicos previamente establecidos y se adaptará a las limitaciones de tiempo, recursos y personal disponibles.

2.7.1. Generación de la idea

La generación de la idea para ejecutar la digitalización de autopartes mediante escaneo 3D en la Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca comenzó con la identificación de una necesidad crítica en los laboratorios de la Carrera de Ingeniería Automotriz. Durante las clases prácticas y proyectos de investigación, se observó que la falta de documentación técnica detallada sobre las autopartes limitaba la capacidad de los estudiantes para realizar análisis avanzados, demostraciones precisas y la recreación de componentes esenciales para su formación. Esta problemática fue discutida en reuniones con profesores y estudiantes, donde se destacó la necesidad de contar con representaciones digitales precisas de las autopartes para mejorar la calidad del aprendizaje y la investigación.

Para abordar esta necesidad, se exploraron diversas tecnologías y metodologías que pudieran ofrecer una solución efectiva. La digitalización mediante escaneo 3D emergió como una opción prometedora debido a su capacidad para capturar con precisión la geometría y detalles de las autopartes, permitiendo su uso en simulaciones y análisis estructurales.

2.7.2. Protocolo para el escaneo 3D de autopartes de distintas geometrías y acabados superficiales

El establecimiento de un protocolo óptimo para el escaneo 3D de autopartes implicó una serie de pasos cuidadosamente planificados que garantizan la obtención de

nubes de puntos precisas y de alta calidad, adaptándose a las limitaciones de equipo y personal disponibles.

En la fase de evaluación y selección del equipo, se llevó a cabo un análisis de las autopartes disponibles en los laboratorios de la Carrera de Ingeniería Automotriz. Este análisis implicaba clasificar las autopartes según su complejidad geométrica y acabados superficiales, considerando aspectos como la textura, el brillo y la reflectividad. Una vez completada esta clasificación, se procedió a la selección del tipo de escáner 3D más apropiado para las diferentes categorías de autopartes. Se consideraron diversos factores, como la precisión requerida, el tamaño y la complejidad de las piezas, así como la variabilidad en los acabados superficiales.

Se determinó que los escáneres de luz estructurada serían ideales para piezas con detalles finos y texturas variadas, mientras que los escáneres láser podrían ser más adecuados para piezas de mayor tamaño y geometría compleja. Una vez seleccionado el tipo de escáner adecuado, se procedió a la configuración de los parámetros del equipo. Esto incluía ajustar la resolución, la velocidad de captura y los modos de escaneo para optimizar la captura de datos de acuerdo con las características específicas de las autopartes. Este proceso aseguraba que se obtuvieran nubes de puntos de alta calidad que representaran con precisión la geometría y los detalles de las piezas escaneadas, incluso en casos de superficies con acabados variados.

2.7.3. Preparación de las autopartes

En la etapa de Preparación de las Autopartes, se llevó a cabo una serie de actividades para asegurar que las piezas estuvieran en condiciones para el escaneo 3D. Primero, se llevó a cabo la limpieza meticulosa de las autopartes, garantizando que

estuvieran libres de polvo, suciedad o residuos de aceite que pudieran afectar la calidad del escaneo.

Esta limpieza se realizó utilizando productos adecuados y herramientas no abrasivas para evitar dañar las superficies. Posteriormente, se abordó el tratamiento de las superficies reflectantes, aplicando sprays de recubrimiento mate o polvos temporales para reducir el reflejo y mejorar la captación de datos por parte del escáner 3D. Esta medida era especialmente importante para autopartes con acabados altamente reflectantes, como cromados o pulidos.

En caso de que el escáner requiriera puntos de referencia para alinear las capturas de diferentes ángulos, se colocaron marcadores de referencia en las autopartes para facilitar este proceso. Estos marcadores garantizaban una alineación precisa de las diferentes vistas escaneadas, asegurando la coherencia y precisión del modelo final. Este proceso de preparación meticulosa garantizaba la obtención de datos de escaneo de alta calidad y la generación de modelos 3D precisos y detallados de las autopartes.

2.7.4. Realización del escaneo

Se llevaron a cabo una serie de actividades meticulosas para garantizar la captura precisa de los datos 3D de las autopartes. En primer lugar, se procedió a configurar el entorno de escaneo, estableciendo condiciones controladas para evitar variaciones de iluminación y vibraciones que pudieran afectar la calidad de los resultados. Se tomaron medidas para minimizar cualquier interferencia externa que pudiera distorsionar los datos obtenidos por el escáner 3D.

Seguidamente, se realizó un escaneo inicial de prueba, durante el cual se ajustaron los parámetros del escáner para optimizar la captura de datos y asegurar que se capturaran

todos los detalles necesarios de las autopartes. Este escaneo de prueba sirvió para verificar la configuración del equipo y realizar ajustes si fuera necesario.

Una vez completado el escaneo de prueba, se procedió al escaneo completo de cada autoparte. Se garantizó una cobertura total de la superficie de cada pieza, capturando múltiples ángulos si era necesario para obtener una representación completa y detallada. Este proceso se llevó a cabo con meticulosidad y atención al detalle, asegurando la calidad y precisión de los datos capturados para la generación de los modelos 3D finales.

2.7.5. Procesamiento y mejora de la nube de puntos

Se llevaron a cabo una serie de actividades para garantizar la calidad y precisión de los modelos 3D generados a partir de los datos escaneados. En primer lugar, se utilizó software especializado para realizar filtrado y limpieza de la nube de puntos, eliminando cualquier ruido o artefacto que pudiera haberse introducido durante el proceso de escaneo. Se aplicaron algoritmos y técnicas avanzadas para asegurar que la nube de puntos resultante fuera lo más precisa y libre de errores posible.

Posteriormente, se procedió a la alineación y fusión de las diferentes nubes de puntos capturadas desde diferentes ángulos. Se utilizó software de alineación para garantizar que todas las capturas estuvieran correctamente alineadas y se fusionaran de manera coherente para crear un modelo 3D completo y preciso de la autoparte escaneada. Finalmente, se aplicaron técnicas de refinamiento, como el suavizado y la eliminación de imperfecciones, para mejorar aún más la calidad y la precisión del modelo 3D final.

Estas actividades se llevaron a cabo con meticulosidad y atención al detalle, asegurando que los modelos generados fueran de la más alta calidad y utilidad para su uso en aplicaciones posteriores.

2.7.6. Validación del proceso

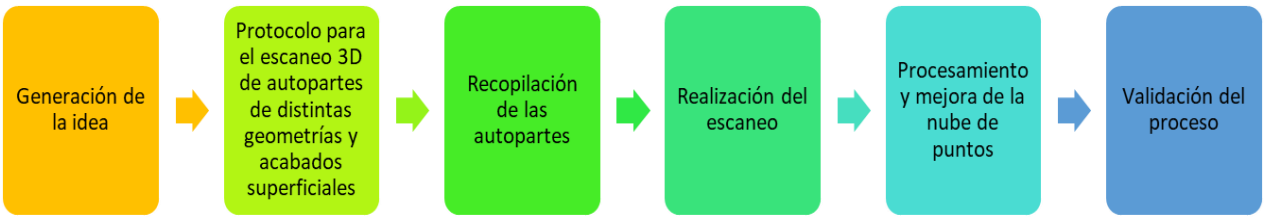
Se ejecutaron a cabo una serie de actividades para garantizar la precisión y utilidad de los modelos 3D generados a partir de las nubes de puntos escaneadas. Se compararon los modelos 3D con las medidas físicas reales de las autopartes, utilizando herramientas de análisis dimensionales para evaluar la precisión y fidelidad de los modelos. Esta comparación permitió identificar cualquier discrepancia o error entre los modelos virtuales y las autopartes reales, lo que facilitó la realización de ajustes y correcciones necesarias.

Simultáneamente, se recopiló feedback de los usuarios, incluyendo profesores y estudiantes que utilizaron los modelos 3D en sus proyectos o prácticas. Este feedback proporcionó información valiosa sobre la precisión y utilidad de los modelos generados, así como cualquier problema o limitación identificada durante su uso. Basándose en este feedback, se realizaron ajustes en el protocolo de escaneo y procesamiento de las nubes de puntos, si fuera necesario, con el objetivo de mejorar la calidad y utilidad de los modelos en futuras aplicaciones.

Este proceso de validación continuo permitió garantizar que los modelos 3D cumplieran con los estándares de precisión y utilidad requeridos para su aplicación en proyectos de investigación, enseñanza y desarrollo de productos en la Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca.

Figura 7.

Proceso de Diseño



Elaboración propia 2024

3. CAPITULO III: ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

La digitalización de autopartes mediante escaneo 3D es un proceso que involucra diversas etapas para asegurar la obtención de modelos tridimensionales precisos y útiles. Los objetivos específicos de este proyecto fueron analizar la literatura existente sobre técnicas y metodologías de escaneo 3D, establecer un protocolo óptimo para el escaneo de autopartes con diversas geometrías y acabados superficiales, y desarrollar un proceso adecuado para la edición y tratamiento de las nubes de puntos obtenidas. Estos objetivos se alinearon con las limitaciones de equipo y personal disponibles, buscando siempre la optimización de recursos y tiempo.

La metodología aplicada incluyó una revisión exhaustiva de la literatura para identificar las mejores prácticas y tecnologías disponibles, la clasificación y selección de equipos de escaneo adecuados, y la implementación de un protocolo detallado para la captura y procesamiento de los datos. Cada etapa fue diseñada para garantizar la máxima precisión y calidad de los modelos 3D generados.

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos a lo largo del proyecto. Se describirán los hallazgos principales de la revisión literaria, las especificaciones del protocolo de escaneo desarrollado, y los resultados del procesamiento y edición de las nubes de puntos. Además, se incluirán ejemplos de los modelos 3D generados y se discutirán las validaciones realizadas para asegurar su precisión y utilidad. Este capítulo ofrece una visión completa del trabajo realizado y los logros alcanzados en el ámbito de la digitalización de autopartes mediante escaneo 3D en la Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca.

3.1. Descripción General del Proceso de Escaneo 3D

3.1.1. Configuración y Preparación para el Escaneo

El proceso de escaneo 3D de autopartes en la Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca se llevó a cabo utilizando el escáner 3D EinScan Pro 2X, una herramienta avanzada y versátil diseñada para capturar con precisión detalles complejos y diversas geometrías de las piezas. La configuración y preparación para el escaneo incluyeron varias etapas clave para garantizar la calidad y precisión de los datos obtenidos.

Figura 8.

Escáner Usado

Nota: Foto tomada por el Autor

En primer lugar, se seleccionó y preparó el espacio de trabajo, asegurando un entorno controlado con condiciones de iluminación constantes y mínimas vibraciones que

pudieran afectar la captura de datos. Se instaló el software de escaneo correspondiente y se calibró el escáner según las especificaciones del fabricante, ajustando parámetros como la resolución y la velocidad de captura para optimizar el rendimiento del equipo.

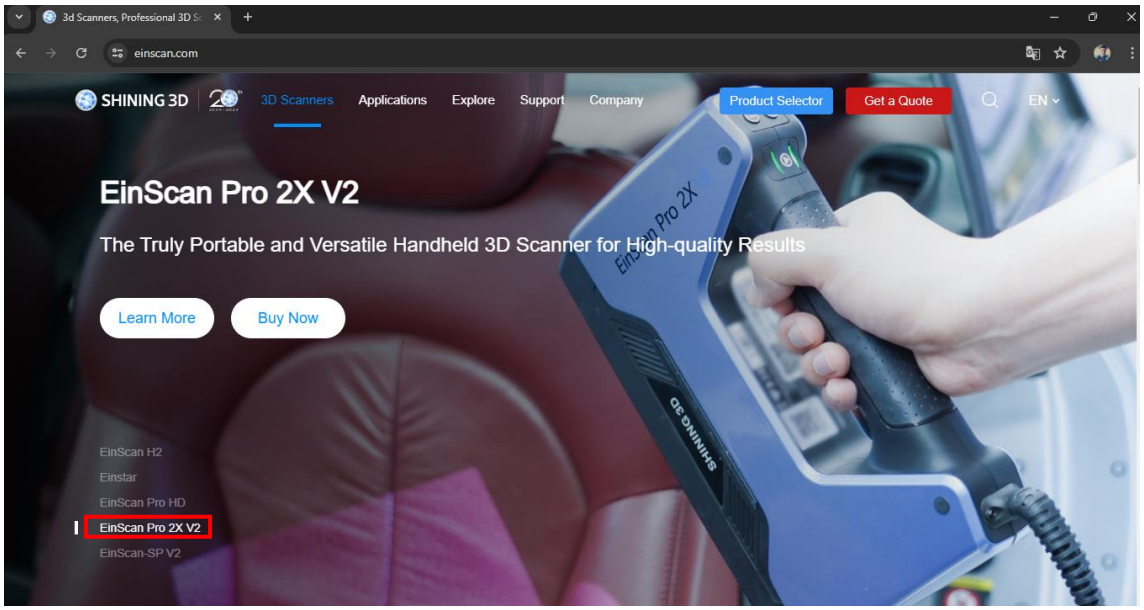
Cada autoparte se sometió a un proceso de limpieza meticuloso para eliminar polvo, suciedad y residuos de aceite que pudieran interferir con la captura de datos. Las superficies reflectantes de las autopartes fueron tratadas con sprays de recubrimiento mate o polvos temporales para reducir el reflejo y mejorar la captación de datos por parte del escáner. En los casos en que se necesitaban puntos de referencia para alinear las capturas desde diferentes ángulos, se colocaron marcadores en las autopartes para facilitar este proceso.

1. **Seleccion área de trabajo:** se seleccionó y preparó el espacio de trabajo, asegurando un entorno controlado con condiciones de iluminación constantes y mínimas vibraciones que pudieran afectar la captura de datos.
2. **Instalacion el software:** ingresamos a la pagina oficial de EIN SCAN y se procede a instalar el software de escaneo correspondiente seleccionando el escaner a ser utilizado en este caso EINSCAN PRO 2X PLUS. (https://www.einscan.com).

   Una vez instalado se obtiene el software del escáner EXScan Pro_v3.7.4.0, necesario para el escaneo.

Figura 9.

Instalación de Software



Nota: Software de sacan pro instalado

3. **Calibración del escáner:** Una vez instalado el software, conectamos el escáner y como primer paso se procede a calibrar el escáner siguiendo los parámetros que nos da el software y usando la placa de calibración.

Figura 10.

Calibración de escanner

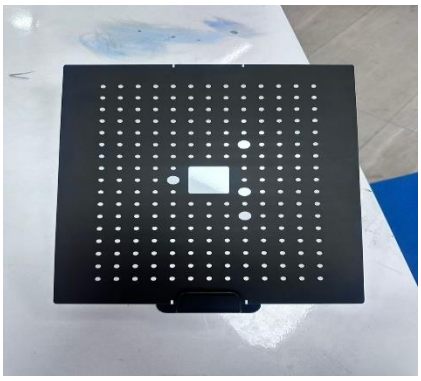
Nota: Calibración de escaner, Elaboración propia 2024

Pasos para la calibración del escáner:

1. Colocamos la placa de calibración como nos indica el software, teniendo en cuenta la posición de los 4 círculos de ubicación.

Figura 11.

Placa de calibración

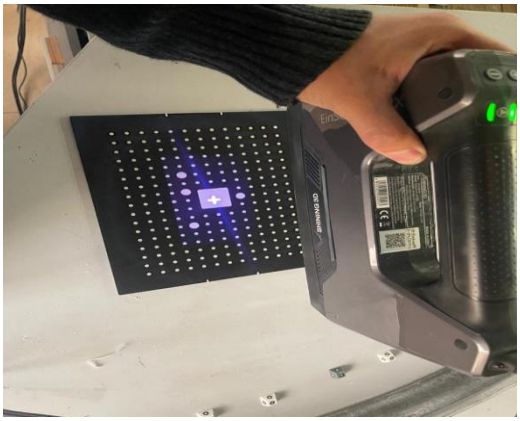


Nota: Elaboración propia 2024

2. Con el escáner apuntamos al centro de la placa de calibración, ajustando la cruz al centro del cuadrado blanco central de la placa.

Figura 12.

Calibración manual del escaner



Nota: Elaboración propia 2024

3. En el escáner hacer clic para capturar imágenes.

Figura 13.

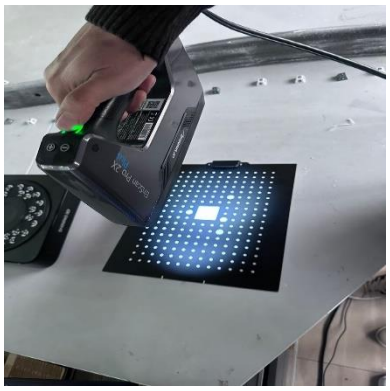
Botón de captura

Nota: Elaboración propia 2024

4. Sosteniendo el escáner, realizando un movimiento de abajo hacia arriba de forma constante hasta que el escáner obtenga las imágenes para su calibración y detecte las medidas correspondientes, para ello vemos que cada casilla que nos indica software se marque con un visto.

Figura 14.

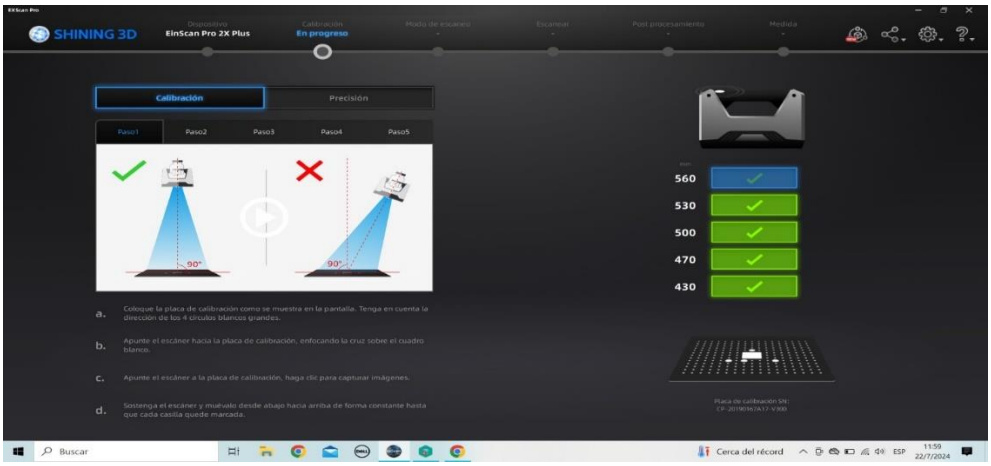
Obtención de imágenes con el Escáner



Nota: Elaboración propia 2024

Figura 15.

Instrucciones para escaneo en el programa instalado



Nota: Elaboración propia 2024

5. Una vez ya calibrada en esa posición de la placa, colocamos en la siguiente posición la placa de calibración como nos indica en la pantalla y repetimos los pasos 1,2,3 y 4. Hasta calibrar el escáner en todas las posiciones que nos indica el software

Realizado estos pasos vamos a obtener calibrado el escáner de una manera óptima y listo para realizar el escaneo de las piezas.

3.1.2. Preparación de las Autopartes

La preparación de las autopartes es una fase crucial para asegurar la calidad del escaneo. Este paso incluye la limpieza meticulosa de las piezas para eliminar polvo, suciedad y residuos que puedan interferir con la captura de datos. Además, se aplican tratamientos temporales a superficies reflectantes utilizando sprays de recubrimiento mate o polvos, para reducir reflejos y mejorar la captación de datos.

Figura 16. *Proceso de preparación de pieza para escaneo*

Nota: Proceso de limpieza y tratamiento de las superficies de las autopartes antes del escaneo. Elaboración propia 2024

3.1.3. Escaneo de las Autopartes

El proceso de escaneo se realiza en dos modos principales: escaneo rápido manual y escaneo fijo. En el modo manual, se escanean las autopartes en 360 grados para capturar todos los detalles. En el modo fijo, se utiliza una base giratoria para escanear la pieza en diferentes posiciones, asegurando una cobertura completa.

Espacio para la Imagen:

Nota: Imagen del escaneo de una autoparte utilizando el modo fijo con la base giratoria. Elaboración propia 2024

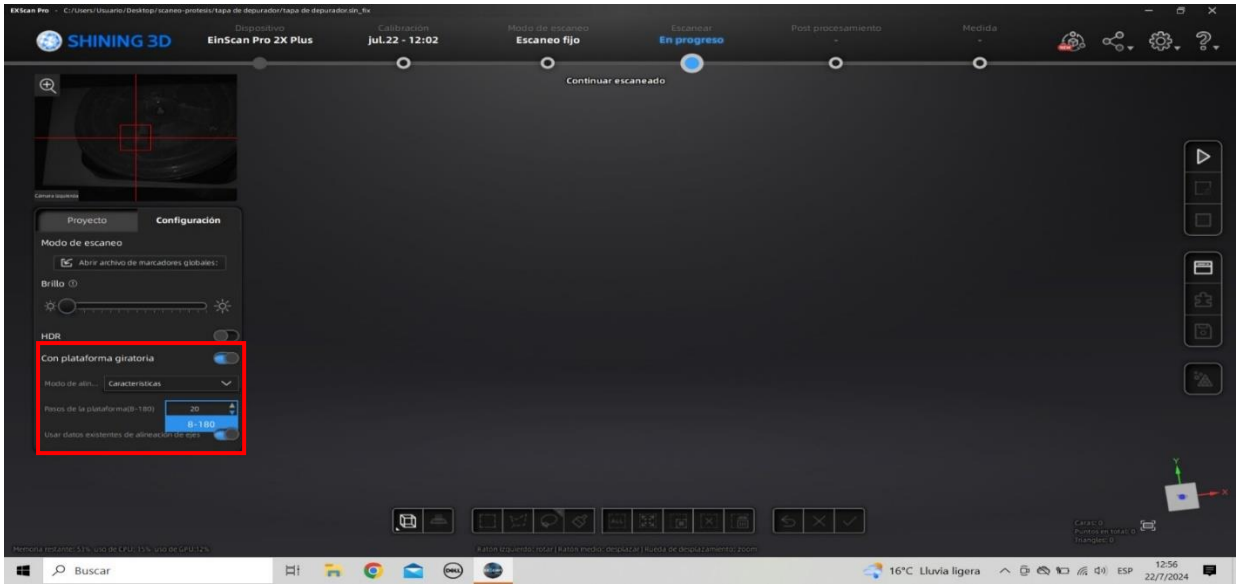
Figura 17. *Plataforma giratoria (shining 3D)*

Nota: Plataforma giratoria para escáner fijo. Elaboración propia 2024

1. Centramos la autoparte a ser escaneada, activamos la opción (con plataforma giratoria) y seleccionamos en cuantos pasos deseamos que se realice el escaneo.

Figura 18.

Interfaz de escaneo con plataforma Giratoria

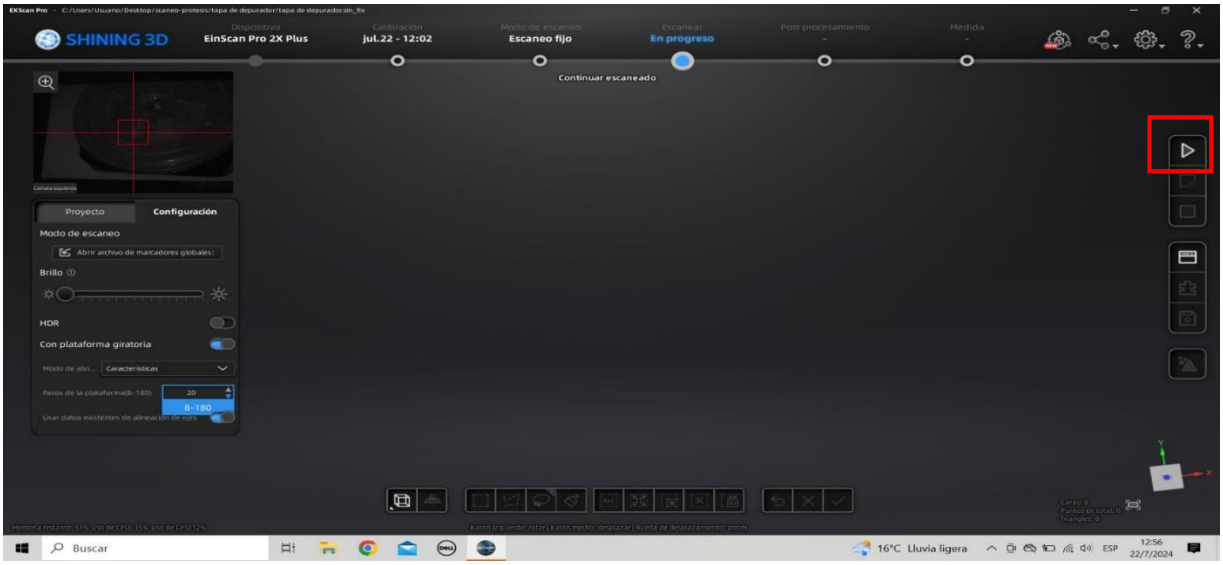


Nota: Elaboración propia 2024

2. Damos click en iniciar escaneo.

Figura 19.

Inicio de Escaneo en el Programa

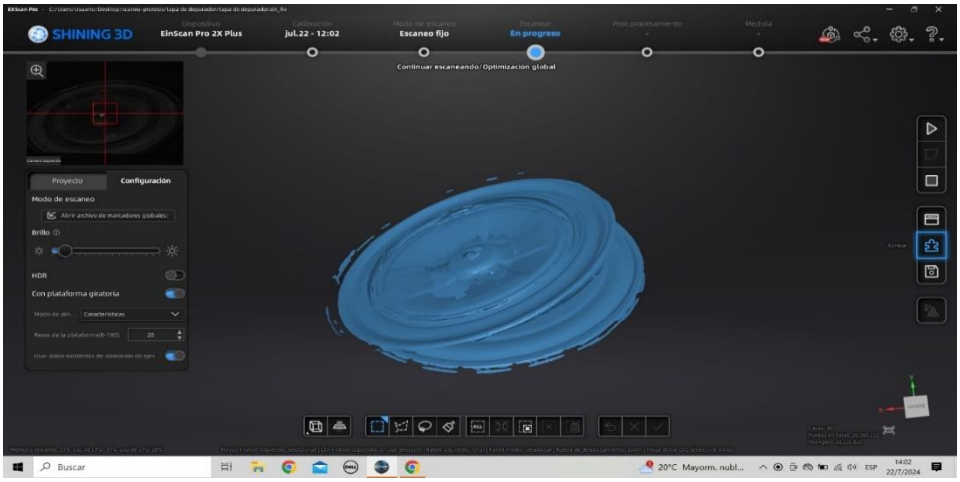


Nota: Elaboración propia 2024

3. Escaneamos la autoparte primero de una vista, y luego de la parte posterior (Segunda vista)

Figura 20.

Resultado de Escaneo de Vistas de la autoparte

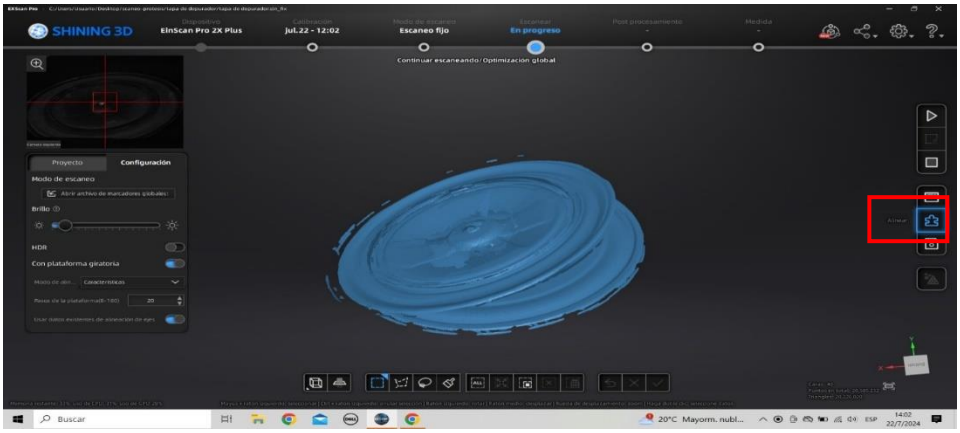


Nota: Elaboración propia 2024

4. Obtenemos la autoparte escaneada, pero nos va a salir una vista sobre la otra, para ello utilizamos la opción alinear para obtener la autoparte en un solo conjunto.

Figura 21.

Resultados con vistas sobrepuestas

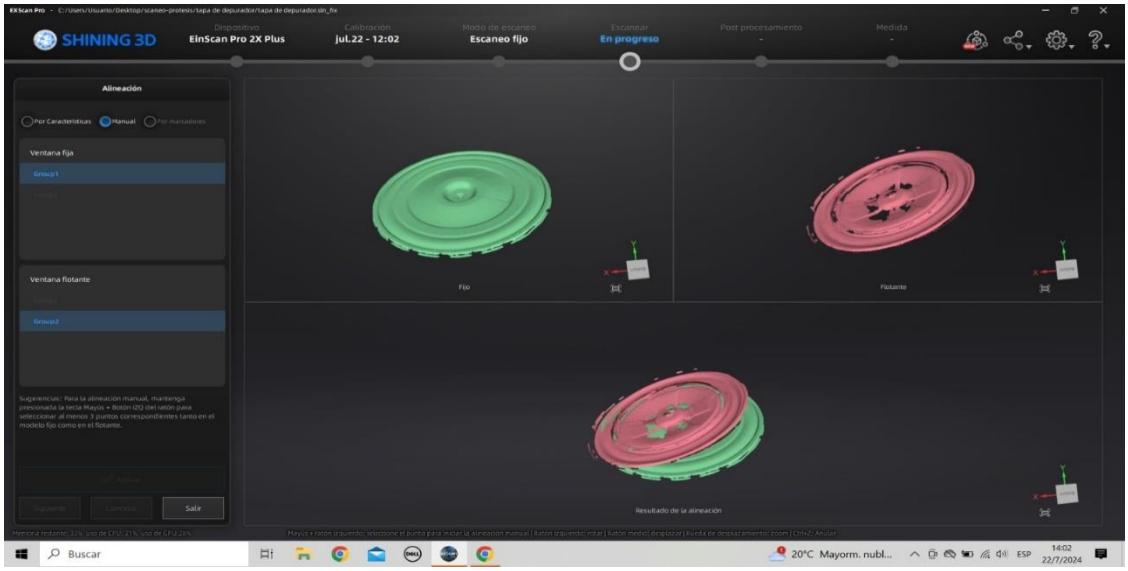


Nota: Elaboración propia 2024

5. Dando click en el icono de alineación nos deberá salir la siguiente ventana.

Figura 22.

Ventana de Alineación

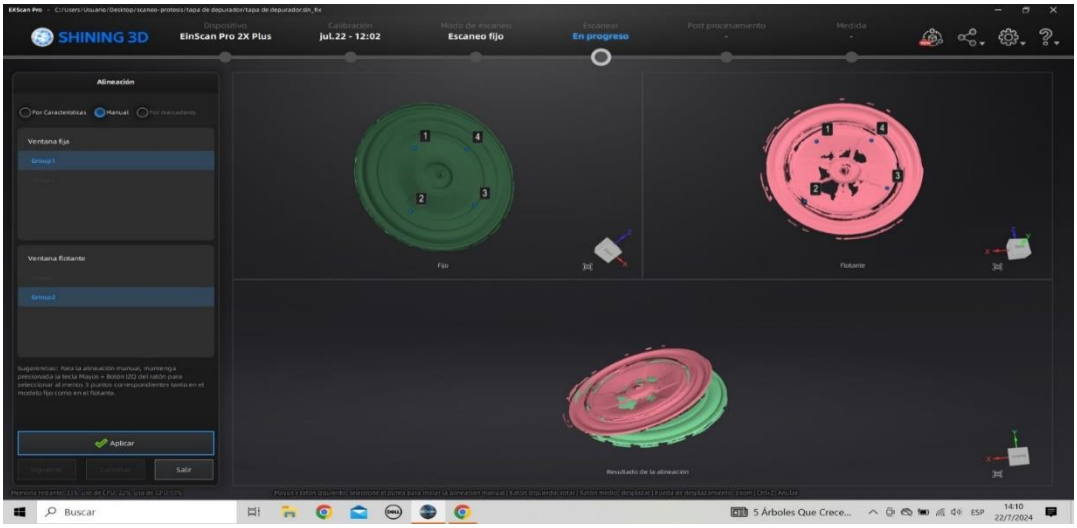


Nota: Elaboración propia 2024

6. Para alinear de una manera óptima seleccionamos la opción de alineación manual, mantenemos presionado la tecla shift y en cada grupo de escaneo seleccionamos puntos de ubicación para que se alinee de una mejor manera.

Figura 23.

Proceso de Alineación Manual

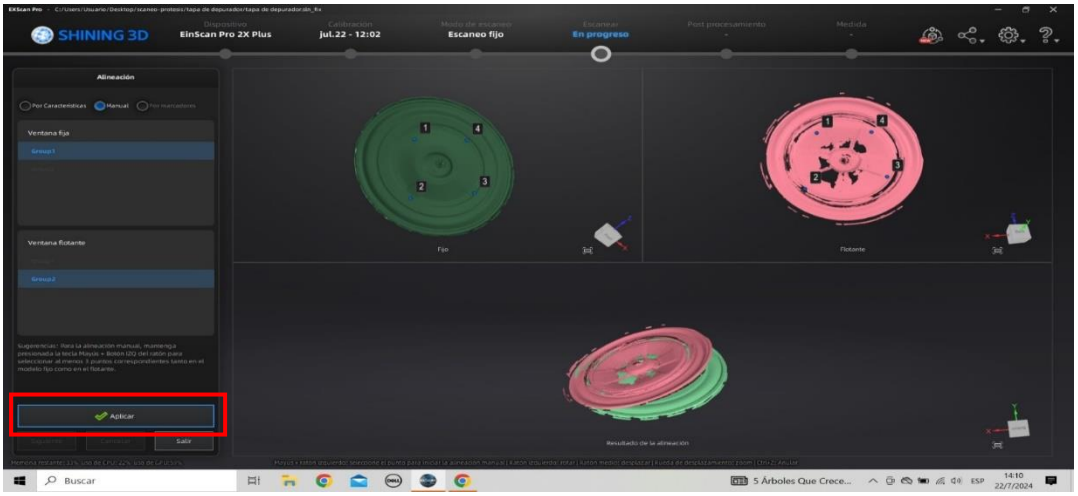


Nota: Elaboración propia 2024

7. Hacer click en aplicar.

Figura 24.

Aplicación de alineación en el programa

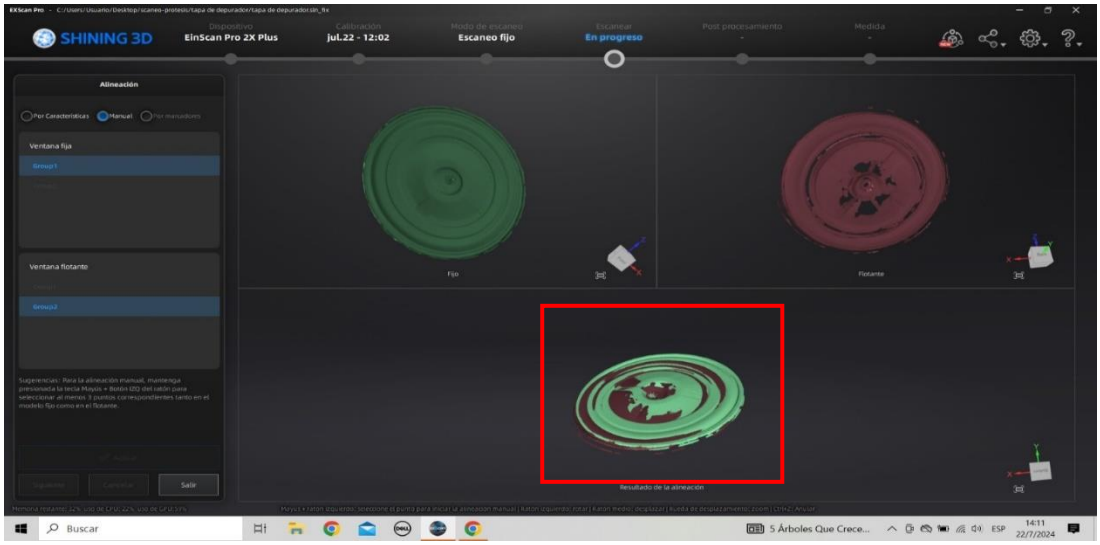


Nota: Elaboración propia 2024

8. De los dos grupos de escaneo se obtiene un solo conjunto, es decir se obtiene el escaneo de la pieza en 360 grados.

Figura 25.

Resultado de la pieza en 360°



Nota: Elaboración propia 2024

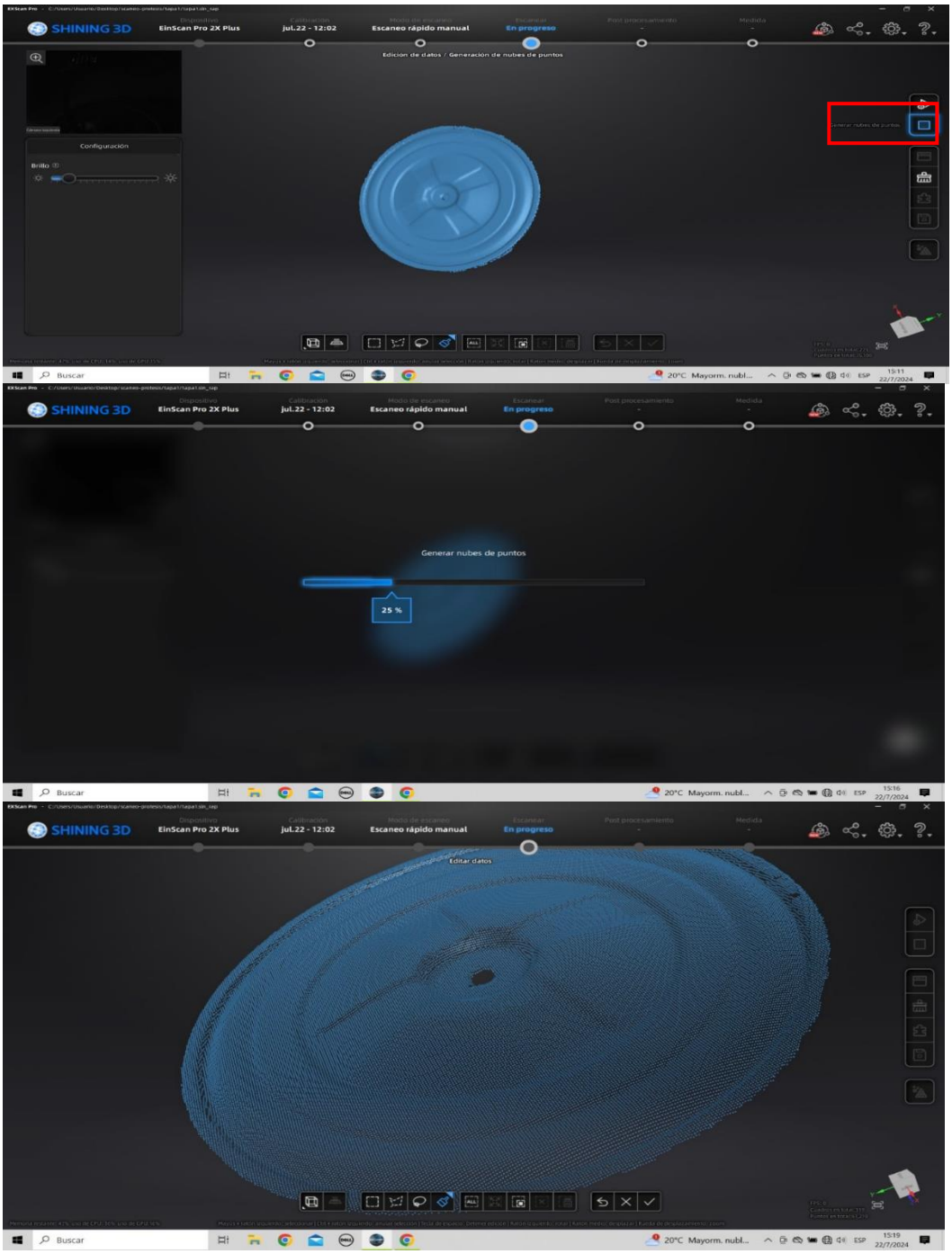
3.1.4. Generación de la Nube de Puntos

Una vez completado el escaneo, se genera una nube de puntos que representa la superficie de la autoparte. Este paso implica la eliminación de excesos y artefactos, dejando únicamente la pieza necesaria para el análisis y post-procesamiento.

Damos click en generar nubes de puntos.

Figura 26.

Nube de Puntos



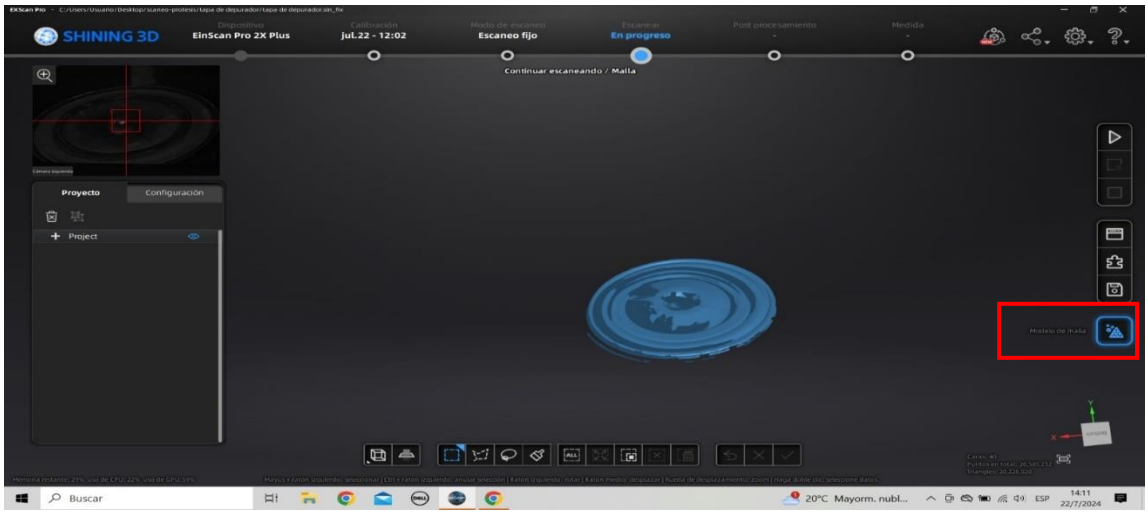
Nota: Elaboración propia 2024

6. **Post Procedimiento y mallado:** El post-procesamiento de la nube de puntos incluye realizar ajustes y optimizaciones en la malla, alisando superficies, eliminando piezas flotantes pequeñas y llenado de agujeros.

1. Hacer click en la opción modelo de malla, para generar el mallado de la pieza.

Figura 27.

Generación de mallado de pieza

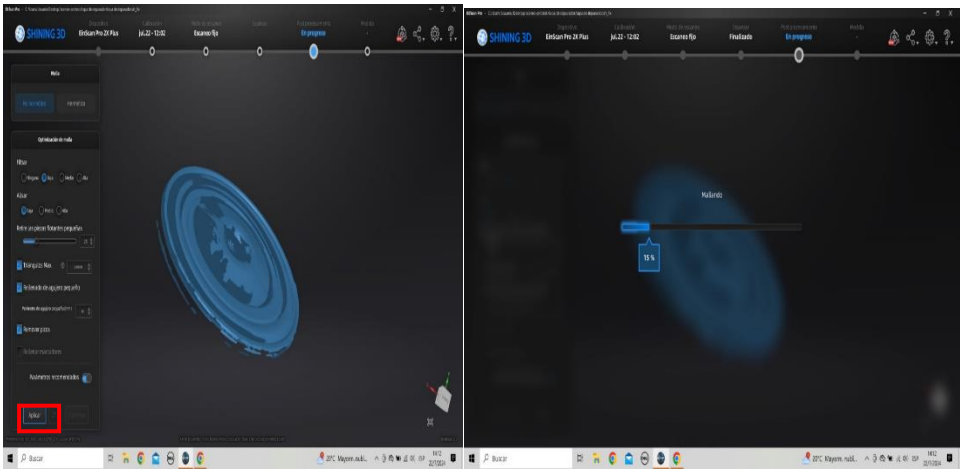


Nota: Elaboración propia 2024

2. Nos saldrá una ventana para optimizar el mallado, una vez ajustado las opciones para optimizar el mallado, damos click en la opción aplicar.

Figura 28.

Optimización de mallado

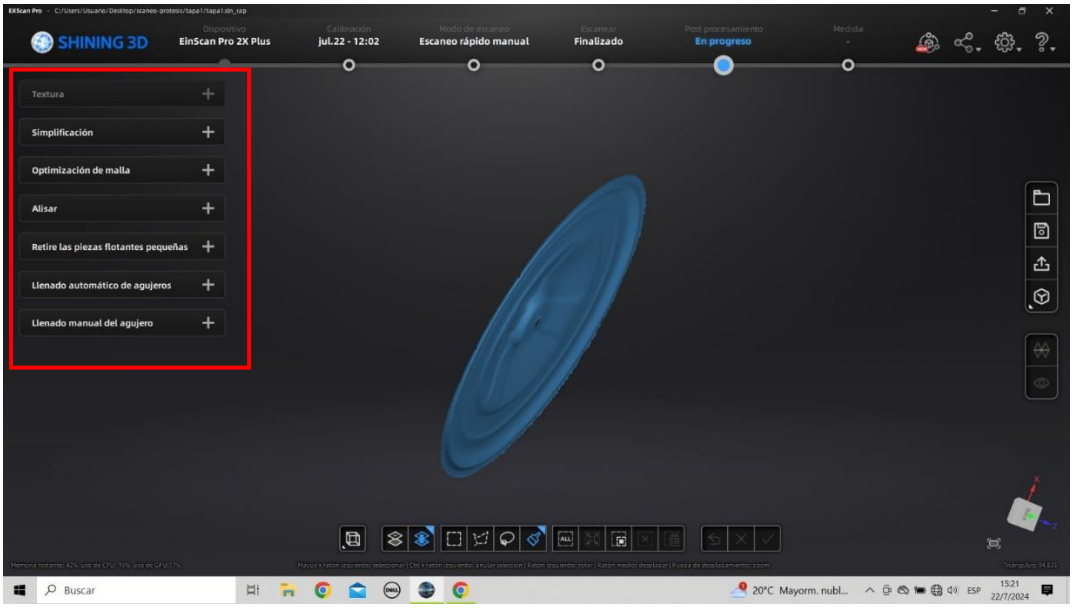


Nota: Elaboración propia 2024

3. Una vez generada la malla editamos la autoparte escaneada para obtener de manera óptima utilizamos las opciones: Textura, simplificación, obtimizacion de malla, alisar, relleno de agujeros, retiro de piezar flotantes y llenado automatico de agujeros

Figura 29.

Ajustes finales en Mallado



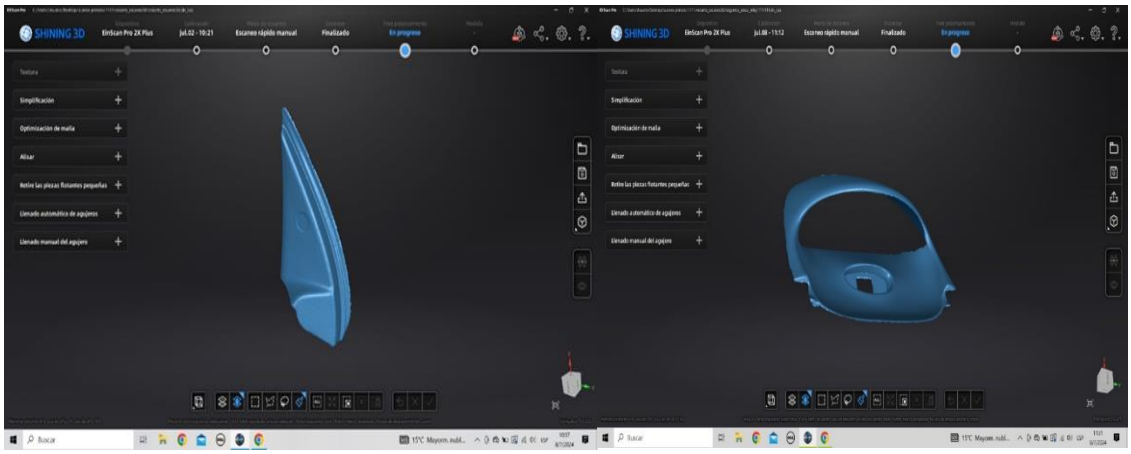
Nota: Elaboración propia 2024

4. Este proceso convierte la nube de puntos en un modelo 3D y la autoparte lista para poder ser procesada en un software CAD en caso de ser necesario

3.1.5. Post-Procesamiento y Mallado

El post-procesamiento de la nube de puntos incluye la limpieza, alineación y fusión de los escaneos. Utilizando el software EXscan Pro, se realizan ajustes y optimizaciones en la malla, alisando superficies, eliminando piezas flotantes pequeñas y llenando agujeros. Este proceso convierte la nube de puntos en un modelo 3D cohesivo y preciso.

Figura 30. Imagen procesada



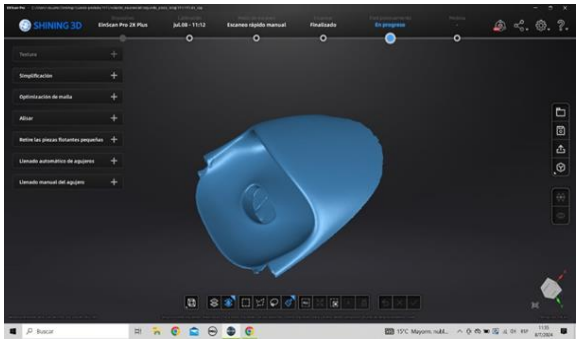
Nota: *Imagen luego de proceso de post-procesamiento y mallado en el software EXscan Pro.*

3.1.6. Validación del Modelo 3D

El modelo 3D final es validado mediante su comparación con las medidas físicas de las autopartes. Se utilizan herramientas de análisis dimensional en el software para evaluar la precisión y fidelidad del modelo, asegurando que se ajuste a las especificaciones requeridas.

Figura 31.

Modelo Validado



Nota: modelo 3D validado junto a la pieza física.

Este proceso detallado de digitalización mediante escaneo 3D asegura que se obtengan modelos precisos y de alta calidad, listos para ser utilizados en diversas aplicaciones, desde análisis estructurales hasta impresión 3D.

3.1.7. Desafíos Encontrados y Cómo se Abordaron

Durante el proceso de escaneo, se encontraron varios desafíos que requirieron soluciones específicas para asegurar la calidad y precisión de los modelos 3D. Uno de los principales desafíos fue la variabilidad en las geometrías y acabados superficiales de las autopartes. Piezas con geometrías complejas y acabados altamente reflectantes presentaron dificultades en la captura precisa de datos. Para abordar este desafío, se utilizó una combinación de técnicas de preparación de superficies y ajustes en los parámetros del escáner, como la modificación de la resolución y la velocidad de captura, así como el uso de tratamientos temporales en superficies reflectantes.

Otro desafío significativo fue la alineación y fusión de las diferentes nubes de puntos capturadas desde múltiples ángulos. Las autopartes con formas complejas y múltiples detalles requirieron una atención especial en la colocación de marcadores de referencia y el uso de software avanzado para la alineación y fusión de las capturas. El equipo utilizó técnicas de alineación manual y automática para asegurar que las diferentes vistas escaneadas se integraran de manera coherente y precisa.

Además, la limpieza de los datos capturados fue otro desafío crítico. Durante el escaneo, se generaron artefactos y ruidos en la nube de puntos que podían comprometer la calidad del modelo 3D final. Para mitigar este problema, se emplearon herramientas de software especializadas en el filtrado y limpieza de la nube de puntos, eliminando cualquier ruido y artefacto no deseado.

3.2. Análisis de los Datos Escaneados

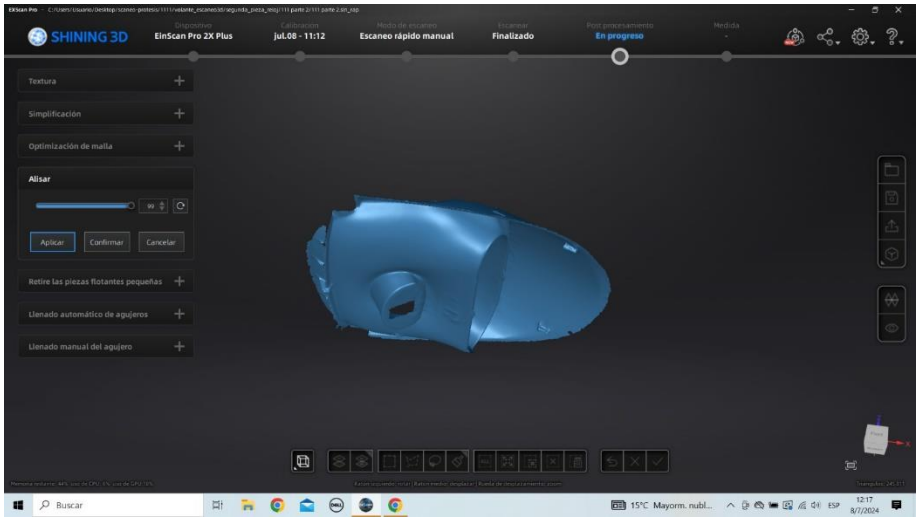
En este apartado, se analizarán los datos obtenidos del proceso de escaneo 3D de las autopartes. A continuación se detallan las características de las nubes de puntos generadas, la precisión de los escaneos, y cualquier artefacto o ruido presente en los datos.

3.2.1. Refinamiento del Modelo 3D

El modelo 3D generado fue refinado para asegurar la mayor calidad y precisión posible. Este refinamiento incluyó la eliminación de cualquier imperfección restante y la optimización de la malla para su posterior uso en aplicaciones como la impresión 3D o el análisis estructural.

Figura 32.

Modelo 3d Refinado



Nota: Imagen del software mostrando el modelo 3D final después del proceso de refinamiento y optimización.

3.3. Evaluación del Protocolo de Escaneo

En esta sección se evaluará el protocolo de escaneo 3D utilizado en el proyecto. Se analizará la efectividad del protocolo en términos de precisión, eficiencia y aplicabilidad

a diferentes tipos de autopartes. Además, se discutirán las lecciones aprendidas y las recomendaciones para futuras implementaciones.

3.3.1. Análisis del Protocolo

El protocolo de escaneo desarrollado empleó el escáner EinScan Pro 2X Plus y el software EXscan Pro_v3.7.4.0. Este protocolo incluyó la calibración del escáner, el escaneo en modos fijo y manual, y el post-procesamiento de las nubes de puntos.

Figura 33.

Escaneo Fijo y Manual

Nota: Elaboración propia 2024

Nota: Imagen que muestra el proceso de calibración y configuración del escáner EinScan Pro 2X Plus en el software EXscan Pro_v3.7.4.0.

La configuración del brillo y otros parámetros específicos para cada tipo de superficie resultó fundamental para capturar datos precisos. La preparación de las autopartes, que incluyó la limpieza y el tratamiento de superficies reflectantes, contribuyó significativamente a la calidad del escaneo.

3.3.2. Lecciones Aprendidas

Durante la implementación del protocolo, se aprendieron varias lecciones clave:

Importancia de la Calibración: Una calibración precisa del escáner es crucial para obtener resultados exactos. Utilizar la placa de calibración específica del escáner garantizó mediciones consistentes y precisas.

Preparación de las Superficies: La limpieza adecuada y el tratamiento de superficies reflectantes con sprays mate o polvos temporales mejoraron significativamente la captura de datos.

Alineación y Fusión de Escaneos: La correcta colocación de marcadores de referencia y el uso de herramientas de alineación fueron esenciales para unir diferentes vistas de las autopartes, especialmente para piezas con geometrías complejas.

Conclusiones

La presente tesis ha abordado el desafío de digitalizar autopartes mediante escaneo 3D, un proceso que se ha convertido en una herramienta esencial para mejorar los procesos de análisis y optimización estructural en la ingeniería automotriz. A través de la implementación de un protocolo detallado y el uso de tecnologías avanzadas, se ha logrado capturar y procesar de manera efectiva la geometría de diversas autopartes. A continuación, se presentan las conclusiones derivadas de cada uno de los objetivos específicos planteados en esta investigación.

El primer objetivo de esta tesis fue analizar la literatura existente sobre técnicas y metodologías de escaneo 3D, así como el tratamiento posterior de la información, para comprender las mejores prácticas en la digitalización de autopartes. La revisión exhaustiva de la literatura permitió identificar las principales tecnologías y software utilizados en el campo del escaneo 3D. Se descubrió que el uso de técnicas como la luz estructurada, el escaneo láser y la fotogrametría, combinadas con software especializado como EXscan Pro, son esenciales para lograr una digitalización precisa y eficiente. Las restricciones de tiempo y recursos fueron consideradas, permitiendo seleccionar metodologías que se adaptan a estos límites sin comprometer la calidad de los resultados.

El segundo objetivo se centró en establecer un protocolo óptimo para el escaneo 3D de autopartes de distintas geometrías y acabados superficiales. La implementación del protocolo involucró la calibración cuidadosa del escáner EinScan Pro 2X Plus y la preparación meticulosa de las autopartes. Este protocolo se adaptó a las limitaciones de equipo y personal, asegurando la obtención de nubes de puntos de alta calidad. La configuración del brillo y otros parámetros específicos para cada tipo de superficie resultó fundamental para capturar datos precisos. La preparación adecuada de las piezas,

incluyendo la limpieza y el tratamiento de superficies reflectantes, fue crucial para el éxito del proceso de escaneo.

El tercer objetivo fue establecer un proceso adecuado para la edición y tratamiento de las nubes de puntos obtenidas. Utilizando el software EXscan Pro_v3.7.4.0, se desarrolló un flujo de trabajo eficiente que incluyó la limpieza, alineación y fusión de las nubes de puntos. Las herramientas del software permitieron optimizar la malla, alisar superficies y eliminar artefactos, generando modelos 3D precisos y coherentes. Este proceso de post-procesamiento fue esencial para transformar las nubes de puntos en modelos utilizables para diversas aplicaciones, garantizando que se cumplieran los requisitos de precisión y calidad dentro de los límites de tiempo y recursos del proyecto.

En conclusión, esta tesis ha demostrado que la implementación de un protocolo de escaneo 3D bien estructurado y adaptado a las condiciones específicas del proyecto puede superar las limitaciones técnicas y de recursos, permitiendo la digitalización precisa y eficiente de autopartes. Los resultados obtenidos no solo mejoran la capacidad de análisis y optimización estructural en la ingeniería automotriz, sino que también contribuyen al avance de la educación y la investigación en este campo, proporcionando a los estudiantes y profesionales herramientas modernas y efectivas para su formación y desarrollo.

Recomendaciones

A partir de las conclusiones obtenidas en esta tesis, se presentan las siguientes recomendaciones para mejorar y optimizar futuros proyectos de digitalización mediante escaneo 3D en el campo de la ingeniería automotriz. Estas recomendaciones están dirigidas tanto a investigadores como a profesionales del sector, con el objetivo de maximizar la eficiencia y precisión en los procesos de escaneo y tratamiento de modelos 3D.

Es recomendable que los futuros proyectos continúen con una revisión exhaustiva y actualizada de la literatura sobre técnicas y metodologías de escaneo 3D. Mantenerse informado sobre los avances tecnológicos y las nuevas herramientas disponibles en el mercado puede proporcionar mejores prácticas y técnicas más eficientes. Además, es esencial considerar las restricciones de tiempo y recursos desde el inicio, seleccionando metodologías que se adapten a estos límites sin comprometer la calidad.

Para mejorar el protocolo de escaneo, se recomienda realizar calibraciones periódicas del escáner y actualizaciones de software para asegurar la precisión y eficiencia del proceso. Además, la preparación de las autopartes debe incluir una limpieza meticulosa y el tratamiento adecuado de superficies reflectantes para mejorar la calidad de los datos capturados. Se sugiere documentar detalladamente cada paso del protocolo y realizar pruebas piloto para ajustar los parámetros específicos antes de iniciar el escaneo completo.

Es recomendable utilizar software especializado y mantenerse actualizado con las últimas versiones y herramientas disponibles para el post-procesamiento de nubes de puntos. Implementar un flujo de trabajo estandarizado para la limpieza, alineación y fusión de escaneos puede aumentar la consistencia y calidad de los modelos 3D. Además, se sugiere

capacitar al personal en el uso de estas herramientas y técnicas avanzadas para optimizar el proceso de edición y tratamiento de las nubes de puntos, asegurando que los modelos resultantes sean precisos y útiles para diversas aplicaciones.

En conclusión, adoptar estas recomendaciones permitirá a futuros proyectos de digitalización mediante escaneo 3D alcanzar niveles superiores de precisión y eficiencia. Mantenerse actualizado con las tecnologías emergentes, implementar protocolos detallados y capacitar adecuadamente al personal son claves para el éxito en la digitalización de autopartes y otras aplicaciones relacionadas.

BIBLIOGRAFÍA

Altes, M. (2023). El santuario paleolítico de la Cova de la Font Major: fotogrametría y escáner 3D en el análisis de autorías de grabados rupestres. . *INAPH Colección petracos, 12*(93).

Cando, A., Loor, J., y Valladares, C. (2022). *Diseño de un escáner 3D de código abierto para la elaboración de órtesis personalizadas.*

Cao, A., Dapoto, S., Thomas, P., y Pesado, P. (2024). Digitalización 3D para aplicaciones móviles con realidad virtual y realidad aumentada. *XXIX Congreso Argentino de Ciencias de la Computación (CACIC)(Luján, 9 al 12 de octubre de 2023)*.

Condori-Ojeda, P. (2020). *Niveles de investigación.*

De La Cruz Muenala, A. (2022). *Estudio de aplicaciones que convierten cuerpos sólidos en objetos 3D para su aplicación en realidad aumentada.*

de Souza, I., Rosenmann, G., Foggiatto, J., Catapan, M., y Okimoto, M. (2020). Escaneo tridimensional de objetos a través de materiales transparentes. . *Revista de Ciencia y Tecnología: RECyT, 34*(1), 37-44.

Edison, O. (2022). *Precisión del método de impresión digital intraoral en 3D para prótesis parcial fija.*

Escoto, L. (2021). *Reconstrucción y digitalización tridimensional del rostro humano usando análisis de franjas y por desplazamiento de fase.*

Faneite, S. (2023). Los enfoques de investigación en las Ciencias Sociales. *Revista Latinoamericana Ogmios, 3*(8), 82-95.

Garay, C. (2022). *Reconstrucción 3D de objetos.*

Garcia, M. (2022). *Diseño de la estructura de soporte, puesta a punto y metodología de uso de un escáner 3D.*

García-Herrera, C., González-Miranda, R., Sánchez-Espinoza, J., y Jaime-González, A. (2023). Renderizado de imágenes 3D mediante una computadora de alto rendimiento. . *Pädi Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías del ICBI, 10*(20), 61-68.

Labrone, S., Sokol, O., y Colasurdo, M. (2023). *Arqueología en 3D: Creación de modelos tridimensionales: Análisis comparativo del uso de fotogrametría y escáner de luz estructurada.*

Lescano, N., Barnet, Y., y Santillan, A. (2020). Captura de datos 3D para virtualizar el patrimonio cultural. *Campus, 25*(30).

López, H. (2023). *Cálculo de volúmenes de acopios mediante láser escáner 3D en una concretera.*

Mahecha, C. (2023). *Evaluación de la tecnología lidar terrestre (detección y rango de imágenes por medio de láser), para su posible implementación en la integridad de las tuberías para el transporte de Hidrocarburos.*

Menendez, L., Somonte, M., y Escudero, M. (2021). Escáneres ópticos 3D de mano en ingeniería inversa. . *Proyecta56, an Industrial Design Journal, 1*, 8-19.

Munguia, J. (2021). Digitalización en la medicina: implicaciones para el diseño, innovación y la ingeniería. . *Revista Colombiana De Materiales, 17*, 46-52.

Muñoz, Ó., Moga, E., y Ortiz, A. (2023). Estrategias innovadoras mediante escáner de luz estructurada para la digitalización en situaciones complejas de modelos anatómicos didácticos. . *Ge-conservación, 23*, 53-64.

Organización de las Naciones Unidas. (2023). *Objetivo 9: Construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización sostenible y fomentar la innovación*. Objetivos de desarrollo sostenible: https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/infrastructure/

Pérez, E., Espitia, J., Alvarez, J., Baeza, G., y Garibay, A. (2020). Implementación de laboratorio de ingeniería inversa para la manufactura de piezas mecánicas. *Pistas Educativas, 42*(137).

Pérez-Hernández, G., Ojeda-Rosas, J., González-Guevara, M., Gallegos-Ortega, O., López-Vázquez, P., y Capilla-González, G. (2022). Uso de escaneo 3D y manufactura aditiva para el prototipado de ortesis. . *Jóvenes En La Ciencia, 16*, 1-9.

Perez-Monte, C., Piccoli, M., Luciano, C., Vargas, G., Cremaschi, F., Abraham, J., y Chiavazza, H. (2023). Optimización del Almacenamiento para un Sistema de Visualización Científico Inmersivo Colaborativo de Objetos 3D. *Memorias de las JAIIO, 9*(12).

Quispe, O. (2023). *Evaluación comparativa de modelos 3D craneofaciales utilizando dispositivos móviles y fotogrametría.*

Sabater, C., Maiorano, L., y Molina, J. (2020). *Desarrollo y uso de herramientas TIC interactivas y modelos por impresión 3D en el aprendizaje a nivel universitario del enlace atómico.*

Santolaria, J. (2022). *Caracterización de técnicas de digitalización 3D y reconstrucción CAD mediante ingeniería inversa de una pieza industrial.*

Sanz, P. (2022). *Más allá de las nubes de puntos 3d: análisis de flecha en forjados de madera.*

Tiscareño-Félix, J., Albajez-García, J., y Santolaria-Mazo, J. (2024). Análisis de la influencia de tres métodos diferentes de calibración de cámaras en un sistema de medición cámara-proyector. *DYNA-Ingeniería e Industria, 99*(2).

Tomás, R., Riquelme, A., Cano, M., Pastor, J., Pagán, J., Asensio, J., y Ruffo, M. (2020). Evaluación de la estabilidad de taludes rocosos a partir de nubes de puntos 3D obtenidas con un vehículo aéreo no tripulado. *Revista de Teledetección, 55*, 1-15.

Torres-Sánchez, J., Ramírez Pérez, P., León Gutiérrez, J., Jiménez-Brenes, F., y López, F. (2022). *Estimación de crecimiento vegetativo en viñedo: análisis de nubes de puntos 3D procedentes de imágenes-UAV.*

Velasco, Á., y Hernández, N. (2022). *Diseño y fabricación de máquina para elaboración de tapabocas quirúrgicos.*