



Proyecto Previo a la Obtención del Título de Ingeniera Automotriz

INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

Autor: Katherine Nahomi Chávez Cervantes

Tutor: Ing. Alex Llerena Mena, M.Sc.

**Aplicación de la Ingeniería Inversa para la Digitalización de
Componentes Automotrices Usando un Escáner 3D**

Guayaquil-Ecuador 2025

Certificado de Autoría

Yo, Katherine Nahomi Chávez Cervantes, declaro bajo juramento, que el trabajo aquí escrito es de mi autoría; que no ha sido presentado anteriormente por ningún grado o calificación profesional y que se ha consultado la bibliografía detallada. Cedo mis derechos de propiedad intelectual a la Universidad Internacional del Ecuador, para que sea publicado y divulgado en internet, según lo establecido en la Ley de Propiedad Intelectual, reglamento y leyes.

Katherine Nahomi Chávez Cervantes.

C.I. 0951632835

Aprobación del Tutor

Yo, Alex Fernando Llerena certifico que conozco al autor del presente trabajo siendo responsable exclusivo tanto de su originalidad y autenticidad, como de su contenido.

Alex Llerena Mena, Msc

C.I.: 1804973277

Director del Proyecto

Dedicatoria

Le dedico cada logro alcanzado a mi mamá, quien con su sacrificio y fortaleza ha sido mi apoyo y ejemplo de vida. Mi abuelita, por ser la presencia amorosa que me ha acompañado en este camino, brindándome su cuidado y enseñanzas y a mi papá, que desde el cielo ha sido mi guía y mi inspiración en cada momento de duda y desafío. Hoy, papá, puedo decir que lo logramos juntos, y que este logro también es tuyo.

A cada uno de ustedes, mi eterno agradecimiento por creer en mí siempre.

Katherine Nahomi Chávez Cervantes

Agradecimiento

Primero, quiero agradecer a Dios por permitirme estar aquí, por darme la fortaleza para superar cada obstáculo y seguir avanzando en esta aventura.

A mi pilar, mi mamá, quien ha estado a mi lado desde el inicio de este camino, brindándome su apoyo incondicional y por cada sacrificio que hiciste para que yo pudiera llegar hasta aquí. A mi abuelita, por su amor y por enseñarme, con su ejemplo, a ser la persona que soy hoy.

Agradezco también a mi papá (abuelito) quien fue un padre excepcional y me dio todo su amor, paciencia, consejos y tiempo. Desde el cielo, sé que sigues acompañándome y aun me guías en cada paso que doy.

Gracias a la vida por cruzarme con personas increíbles, como los Ing., quienes me guiaron con su conocimiento y apoyo, y mis amigos, que con sus palabras de aliento me impulsaron a seguir adelante en los momentos difíciles.

Gracias a todos por tener fe en mí.

Katherine Nahomi Chávez Cervantes

Índice General

Certificado de Autoría.....	iii
Aprobación del Tutor	iv
Dedicatoria	vi
Agradecimiento	vii
Índice General	viii
Índice de Tabla.....	xiii
Índice de Figuras.....	xii
Resumen.....	xiv
Abstract	xv
Capítulo I	1
Antecedentes	1
1.1 Tema de Investigación	1
1.2 Planteamiento, Formulación y Sistematización del Problema	1
1.2.1 Planteamiento del Problema.....	1
1.2.2 Formulación del Problema.....	2
1.2.3 Sistematización del Problema	2
1.3 Objetivos de la Investigación	3
1.3.1 Objetivo General.....	3
1.3.2 Objetivos Específicos.....	3
1.4 Justificación y Delimitación de la Investigación.....	3
1.4.1 Justificación Teórica.....	3
1.4.2 Justificación Metodológica	4
1.4.3 Justificación Práctica.....	4
1.4.4 Delimitación Temporal	5
1.4.5 Delimitación Geográfica	5

1.4.6	<i>Delimitación del Contenido</i>	5
	Capitulo II	7
	Marco de Referencia	7
2.1	Marco Teórico.....	7
2.1.1	<i>Escaneo 3D para la Ingeniería Inversa</i>	7
2.1.2	<i>Tecnología de Digitalización</i>	8
2.1.3	<i>Importancia de la Digitalización en la Ingeniería</i>	9
2.1.4	<i>Ingeniería Inversa</i>	9
2.1.5	<i>Programa de Escaneo</i>	10
2.2	Marco Conceptual	12
2.2.1	<i>Digitalización de Elementos Automotrices</i>	12
2.2.2	<i>Escaneado 3D para la Industria Automotriz</i>	12
2.2.3	<i>Escáneres 3D para la Industria Automotriz</i>	12
2.2.4	<i>Digitalización y Desarrollo de Prototipos</i>	13
	Capitulo III.....	15
	Digitalización de Elementos Automotrices	15
3.1	Tipos de Elementos	15
3.2	Elementos Estructurales	15
3.3	Características.....	18
3.4	Precisión y Detalle	19
3.5	Versatilidad en Materiales y Tamaños	19
3.6	Rapidez en la Captura de Datos	19
3.7	Reducción de Costos	20
3.8	Aplicaciones Generales	20
3.9	Ingeniería Inversa.....	21
3.10	Prototipado Rápido.....	22

3.11	Control de Calidad	22
3.12	Consideraciones Técnicas	22
3.13	Detalle del Proceso.....	24
3.14	Preparación del Elemento.....	24
3.15	Configuración del Escáner	25
3.16	Captura de Datos.....	25
3.17	Generación del Modelo 3D	26
3.18	Integración en Software CAD/CAE	26
3.19	Validación y Aplicación.....	26
Capitulo IV.....		28
Flujo de Trabajo Optimizado que Integre el Escaneo 3D		28
4.1	Descripción Detallada de Proceso.....	28
4.2	Análisis Preliminar.....	30
4.3	Beneficios del Flujo de Trabajo Optimizado	31
4.4	Captura de Datos.....	31
4.5	Factores Críticos en la Captura de Datos	31
4.6	Propuesta para Mejorar la Eficiencia del Proceso de Escaneo.....	31
4.7	Innovaciones Tecnológicas	32
4.8	Detalles y Resultados	34
4.9	Aplicaciones Principales	35
4.10	Resultados y Ventajas	36
Conclusiones		39
Recomendaciones.....		41
Bibliografía		42
Anexos		44

Índice de Figura

Figura 1 <i>Delimitación Geográfica</i>	5
Figura 2 <i>Modelado 3D</i>	8
Figura 3 <i>Digitalización y Desarrollo de Prototipos</i>	14
Figura 4 <i>Preparación para Escaneo</i>	15
Figura 5 <i>Chasis Escaneado en 3D</i>	16
Figura 6 <i>Bloque de Motor en 3D</i>	17
Figura 7 <i>Escaneo 3D, Amortiguadores y Resortes</i>	17
Figura 8 <i>Escaneo 3D Sistema Hidráulico</i>	18
Figura 9 <i>Escaneo para Sistema de Airbags</i>	18
Figura 10 <i>Partes o Componentes del Vehículo</i>	19
Figura 11 <i>Componente Automotriz Escaneado</i>	22
Figura 12 <i>Escaneo Completo de la Pieza Automotriz</i>	25
Figura 13 <i>Pieza Escaneada y Diseñada en el Software</i>	26
Figura 14 <i>Propiedades del Escáner</i>	30
Figura 15 <i>Taller Automotriz Utilizando Tecnología Avanzada de Escaneo 3D</i>	34
Figura 16 <i>Ensamble de Scanner 3D Ferret SE</i>	37

Índice de Tabla

Tabla 1 <i>Análisis de Funcionamiento</i>	34
---	----

Resumen

La investigación se enfoca en desarrollar un proceso de digitalización de componentes automotrices mediante escaneo 3D y técnicas de ingeniería inversa. La industria automotriz enfrenta retos de eficiencia en la producción y mantenimiento de piezas, especialmente para vehículos antiguos o discontinuados. Ante esta necesidad, la ingeniería inversa y el escaneo 3D se presentan como soluciones viables para recrear piezas sin planos originales, aunque aún existen barreras en la implementación debido a la falta de estandarización y los costos elevados en empresas de menor escala. Este estudio propone un enfoque metodológico que integra ambas técnicas, optimizando el flujo de trabajo desde la captura de datos hasta la producción. Los objetivos específicos incluyen analizar principios de ingeniería inversa, identificar parámetros críticos de digitalización y establecer un flujo de trabajo eficiente. El proyecto se llevará a cabo en Guayaquil, Ecuador, durante seis meses, y busca contribuir a la competitividad e innovación de la industria automotriz en el contexto de producción de piezas y personalización de componentes.

Palabras Clave: digitalización, escáner 3D, ingeniería inversa, modelado digital, optimización de procesos.

Abstract

The research focuses on developing a process for digitizing automotive components through 3D scanning and reverse engineering techniques. The automotive industry faces efficiency challenges in the production and maintenance of parts, especially for older or discontinued vehicles. Given this need, reverse engineering and 3D scanning are presented as viable solutions to recreate parts without original blueprints, although there are still barriers to implementation due to lack of standardization and high costs in smaller scale companies. This study proposes a methodological approach that integrates both techniques, optimizing the workflow from data capture to production. Specific objectives include analyzing reverse engineering principles, identifying critical digitization parameters and establishing an efficient workflow. The project will be carried out in Guayaquil, Ecuador, for six months, and seeks to contribute to the competitiveness and innovation of the automotive industry in the context of parts production and component customization.

Keywords: digitization, 3D scanner, reverse engineering, digital modeling, process optimization.

Capítulo I

Antecedentes

1.1 Tema de Investigación

Aplicación de un proceso de digitalización de elementos automotrices a través de programa de escaneo 3D utilizado en ingeniería inversa.

1.2 Planteamiento, Formulación y Sistematización del Problema

El escaneo 3D ha emergido como una tecnología clave para abordar este desafío, ya que facilita la captura detallada de datos tridimensionales para su posterior análisis y modelado. No obstante, muchas empresas enfrentan barreras como la falta de conocimiento técnico sobre el uso de equipos de escaneo 3D, la dificultad de acceder a software especializado y la ausencia de procedimientos estandarizados para integrar esta tecnología en los procesos de ingeniería inversa. Estas limitaciones ralentizan los ciclos de desarrollo de productos, aumentan los costos operativos y afectan la capacidad de personalización de los componentes.

Es necesario, por tanto, desarrollar un proceso de digitalización mediante escaneo 3D que permita a las empresas automotrices superar estas barreras, optimizando la precisión, el tiempo y los costos involucrados.

1.2.1 Planteamiento del Problema

En la actualidad, la industria automotriz se enfrenta al reto de mejorar la eficiencia en la fabricación y mantenimiento de componentes, así como de optimizar los tiempos y costos relacionados con la producción de repuestos y piezas específicas. El envejecimiento del parque automotor y la necesidad de piezas que ya no se encuentran en producción, junto con la creciente demanda de personalización, ha generado un desafío significativo para los fabricantes y proveedores de servicios en este sector.

La digitalización de componentes automotrices mediante escaneo 3D en ingeniería inversa carece de un enfoque sistemático. Es necesario establecer protocolos de escaneo,

seleccionar equipos y software adecuados, y definir estándares de calidad para garantizar precisión y fiabilidad en la digitalización. El desafío radica en desarrollar una metodología integral que optimice el proceso, desde la captura de datos hasta su posterior aplicación en diseño y fabricación de elementos automotrices.

La ingeniería inversa, a través de la digitalización de componentes mediante escáneres 3D, ha surgido como una solución viable para replicar y mejorar piezas automotrices sin necesidad de contar con planos originales. Sin embargo, la implementación de este proceso aún enfrenta barreras técnicas y de costos en muchas empresas, especialmente en aquellas de menor escala o en países en vías de desarrollo. Además, existe una falta de estandarización en los procedimientos de digitalización y modelado 3D para la creación de réplicas automotrices precisas, lo que puede derivar en fallos durante la fase de producción o en problemas de compatibilidad con los vehículos originales.

1.2.2 Formulación del Problema

¿Cómo mejorar el proceso de digitalización de componentes automotrices mediante escaneo tridimensional en ingeniería inversa para garantizar precisión y confiabilidad en los modelos digitales, desde la captura inicial de datos hasta su integración en el diseño y fabricación automotriz?

1.2.3 Sistematización del Problema

- ¿Cómo se puede implementar un proceso efectivo de digitalización de elementos automotrices utilizando programas de escaneo 3D en ingeniería inversa?
- ¿Cuáles son los pasos específicos requeridos para llevar a cabo la digitalización de componentes automotrices utilizando escaneo tridimensional?
- ¿Qué desafíos específicos surgen al aplicar programas de escaneo 3D en la digitalización de elementos automotrices en el contexto de la ingeniería inversa?

1.3 Objetivos de la Investigación

1.3.1 Objetivo General

Aplicar un proceso de digitalización de elementos automotrices a través de un programa de escaneo 3D, para el desarrollo de piezas mediante técnicas de ingeniería inversa.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Analizar los principios de la ingeniería inversa aplicados en la digitalización de componentes automotrices.
- Identificar los parámetros críticos para la correcta digitalización de elementos automotrices utilizando escaneo 3D.
- Desarrollar un flujo de trabajo optimizado que integre el escaneo 3D y la ingeniería inversa para la reproducción de componentes automotrices.

1.4 Justificación y Delimitación de la Investigación

La evolución tecnológica en el ámbito automotriz ha impulsado el desarrollo y aplicación de métodos avanzados para la reproducción y mejora de componentes. En este contexto, la ingeniería inversa y las técnicas de digitalización 3D juegan un papel fundamental, permitiendo la reconstrucción precisa de piezas a partir de modelos existentes, lo cual es particularmente útil en la fabricación de repuestos para vehículos antiguos o discontinuados, así como en la mejora de piezas defectuosas.

En la industria automotriz, esta técnica se utiliza para estudiar componentes mecánicos con el fin de replicarlos o mejorarlos. El análisis de los principios que sustentan este proceso es esencial, ya que permite comprender cómo aplicarlos en la digitalización de piezas automotrices.

Esto incluye la reconstrucción precisa de piezas complejas y la posibilidad de hacer modificaciones que mejoren su rendimiento, durabilidad o capacidad de fabricación.

1.4.1 Justificación Teórica

La ingeniería inversa permite, a través de un análisis sistemático, descomponer las piezas

en sus elementos básicos, lo cual es clave para estudiar, optimizar y mejorar los componentes, incrementando su durabilidad y rendimiento. La digitalización 3D, por su parte, garantiza una reconstrucción precisa y eficiente, brindando flexibilidad para realizar modificaciones que optimicen la capacidad de fabricación de las piezas.

El análisis teórico de los principios que sustentan este proceso resulta esencial para establecer métodos precisos y estandarizados, asegurando que la reproducción de componentes automotrices mantenga altos estándares de calidad, funcionalidad y compatibilidad. Así, esta investigación se enmarca en la necesidad de desarrollar un enfoque teórico y práctico que potencie el uso de estas tecnologías para mejorar la eficiencia y competitividad en el sector automotriz.

1.4.2 Justificación Metodológica

La metodología propuesta se justifica en la integración de la ingeniería inversa y la digitalización 3D para la reproducción y mejora de componentes automotrices. La ingeniería inversa permite descomponer las piezas en sus elementos fundamentales, facilitando el análisis detallado de su diseño y funcionalidad, lo que es clave para replicarlas o mejorarlas.

El uso del escaneo 3D garantiza una captura precisa y detallada de las geometrías complejas, reduciendo los tiempos de diseño y optimizando la generación de modelos digitales. La integración de estas técnicas en un flujo optimizado garantiza un proceso eficiente y consistente, abarcando desde la captura de datos hasta la validación y producción de componentes.

1.4.3 Justificación Práctica

La elección de programas de escaneo 3D para la digitalización de componentes automotrices se justifica prácticamente por su eficiencia en el proceso, reducción de costos, mejora en la calidad y precisión de los modelos, mayor capacidad de iteración en el diseño y compatibilidad con tecnologías modernas como la impresión 3D. Esto promueve la innovación,

la competitividad y la mejora continua en la industria automotriz.

1.4.4 Delimitación Temporal

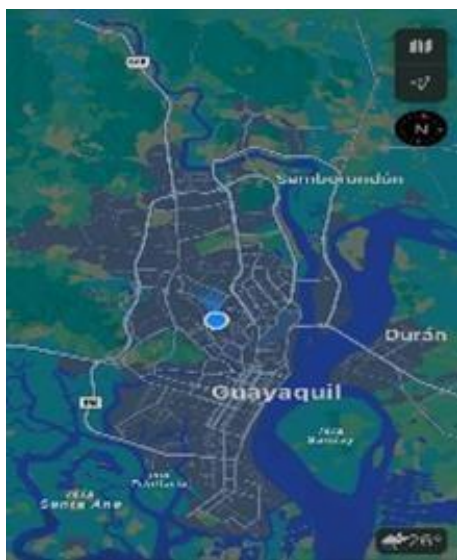
El estudio se lleva a cabo durante un periodo de seis meses, desde octubre de 2024 hasta marzo de 2025, con el objetivo de comprender durante el tiempo para recopilar la información necesaria.

1.4.5 Delimitación Geográfica

La ciudad de Guayaquil, Ecuador, es el centro geográfico de la investigación. Se toma en cuenta la percepción de los usuarios. Este estudio no considerará ninguna otra ciudad o región del país (Figura 1).

Figura 1

Delimitación Geográfica



Tomado de: (Google Maps, 2024).

1.4.6 Delimitación del Contenido

Esta investigación se enfoca en desarrollar un proceso de digitalización de componentes automotrices mediante escaneo 3D en ingeniería inversa, abarcando desde los fundamentos teóricos hasta la implementación práctica. Se estudiarán los principios de la ingeniería inversa en la fabricación de repuestos para vehículos antiguos y las capacidades de los escáneres 3D

para capturar detalles precisos de los componentes. Además, se establecerán parámetros críticos y protocolos de digitalización que aseguren la calidad y compatibilidad de los modelos digitales con herramientas CAD.

Capítulo II

Marco de Referencia

2.1 Marco Teórico

La digitalización de elementos automotrices se refiere al proceso de capturar datos físicos de componentes de un vehículo y convertirlos en modelos digitales. Este proceso es fundamental para la ingeniería inversa, ya que proporciona una representación precisa y detallada de los elementos que se desean analizar o modificar.

2.1.1 *Escaneo 3D para la Ingeniería Inversa*

En la industria manufacturera, se han producido millones de piezas a lo largo de los años, de las cuales solo unas pocas mantienen su relevancia con el tiempo. Estas piezas suelen ser componentes clave de sistemas o conjuntos más amplios, lo que hace que su conservación y reproducción sean esenciales para garantizar el funcionamiento continuo de equipos y vehículos. Sin embargo, con el paso del tiempo, es común que los diseños originales se vuelvan inaccesibles debido a la pérdida de documentación física o la eliminación de archivos digitales, especialmente en el caso de sistemas más antiguos.

La ingeniería inversa, apoyada en la tecnología de escaneo 3D, se presenta como una solución invaluable para enfrentar este desafío. Este proceso permite a los fabricantes recrear un archivo CAD tridimensional a partir de una pieza física existente, brindando la posibilidad de analizar y reproducir componentes con precisión. Esta técnica es particularmente útil en situaciones donde la pieza original fue fabricada por una empresa que ya no opera, o cuando los métodos tradicionales de diseño no están disponibles.

El escaneo 3D facilita la captura detallada de la geometría y características de una pieza física, generando una nube de puntos o una malla digital que sirve como base para el modelo CAD. Este modelo puede ser utilizado para fabricar una réplica exacta del componente, o para realizar mejoras en su diseño con el objetivo de optimizar su rendimiento, adaptarlo a nuevas

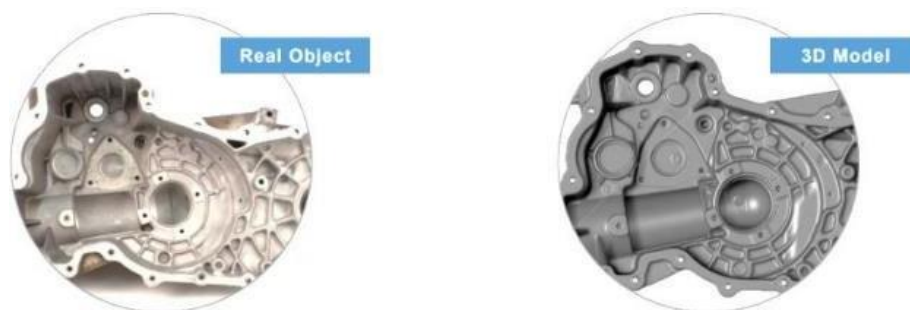
aplicaciones o cumplir con normativas modernas.

Además, la ingeniería inversa basada en escaneo 3D también beneficia a la industria automotriz en la restauración de vehículos clásicos, la producción de repuestos personalizados y la actualización de sistemas obsoletos. Esta tecnología no solo preserva el legado de diseños pasados, sino que también permite integrar innovaciones que mejoran la funcionalidad y la eficiencia de los componentes existentes.

En resumen, el escaneo 3D (Figura 2) aplicado a la ingeniería inversa es una herramienta poderosa que permite a los fabricantes superar las limitaciones de la pérdida de diseños originales. Al trabajar a partir de piezas físicas, esta tecnología asegura la continuidad operativa de sistemas críticos y promueve la innovación en el desarrollo de componentes automotrices (Autodesk.2023).

Figura 2

Modelado 3D



Tomado de: (rinacional.tecnm.mx, 2024).

Este proceso fue fundamental para la recreación de piezas automotrices obsoletas y la mejora de componentes sin la necesidad de contar con diseños originales. La ingeniería inversa permitió analizar componentes físicos, obtener modelos digitales tridimensionales y aplicar mejoras estructurales.

Se emplearon diversas técnicas para optimizar el proceso de escaneo 3D:

- Preparación del Componente: Limpieza exhaustiva para eliminar impurezas y

aplicación de aerosoles antirreflejantes para mejorar la calidad del escaneo.

- Configuración del Escáner: Ajustes de calibración inicial, selección de modo de escaneo según el tipo de superficie y configuración de la resolución.
- Captura de Datos: Registro de nubes de puntos desde diferentes ángulos, asegurando la cobertura total del componente.
- Procesamiento de Datos: Limpieza de datos, alineación de nubes de puntos y generación de modelos 3D en software CAD.
- Validación: Comparación del modelo digital con el componente físico para garantizar la precisión dimensional.

El uso del SR-SCAN FERRET SE permitió:

- Reducción del Tiempo de Desarrollo: Hasta un 50% menos en comparación con métodos tradicionales.
- Ahorro en Costos Operativos: Reducción del 30% en gastos asociados a pruebas destructivas y prototipos físicos.
- Mejor Precisión en Modelos Digitales: Alta resolución que facilitó la detección de defectos y la mejora de diseños.
- Flexibilidad en el Diseño: Capacidad para realizar modificaciones rápidas y precisas en modelos CAD.

2.1.2 Tecnología de Digitalización

- Escaneo 3D: Consiste en el uso de dispositivos especializados, como escáneres láser o sistemas de fotogrametría, para capturar la geometría tridimensional de los componentes automotrices.

2.1.3 Importancia de la Digitalización en la Ingeniería

- **Diseño y Desarrollo de Productos:** Permite a los ingenieros obtener información detallada sobre los componentes existentes para mejorar su diseño, realizar análisis de tolerancia, y facilitar la integración de nuevos sistemas.
- **Mantenimiento y Reparación:** Facilita la identificación de piezas defectuosas, la fabricación de repuestos personalizados y la planificación de procesos de mantenimiento preventivo.

2.1.4 Ingeniería Inversa

La ingeniería inversa se ha convertido en una herramienta crucial para las empresas que necesitan recuperar el diseño de componentes electrónicos obsoletos, como placas de circuito impreso (PCB) y tarjetas de conexión que ya no se fabrican. Esto es especialmente relevante cuando los fabricantes originales han cerrado, han dejado de producir las piezas o ya no tienen disponible la documentación técnica asociada.

Este proceso permite que las empresas preserven, reproduzcan o incluso mejoren estos componentes, asegurando la continuidad operativa de equipos o sistemas críticos que dependen de ellos.

En muchas ocasiones, la ingeniería inversa representa la única forma de obtener el diseño de productos que llevan décadas fuera de producción. Los planos originales suelen haberse extraviado con el tiempo, y los fabricantes ya no están disponibles para proporcionar soporte técnico o información adicional.

Por esta razón, la ingeniería inversa permite a las empresas reconstruir minuciosamente los productos a partir de sus piezas físicas. Este procedimiento puede implicar el desmontaje cuidadoso del componente, ya sea separándolo capa por capa en el caso de las PCB multicapa, o pieza por pieza en sistemas más complejos, para extraer detalles sobre su diseño, materiales y

funcionamiento.

El proceso de ingeniería inversa no solo se limita a recuperar componentes electrónicos antiguos, sino que también se aplica a una amplia gama de sectores, incluidos los sistemas mecánicos, eléctricos y arquitectónicos. Las empresas suelen recurrir a esta técnica cuando las piezas de recambio de los fabricantes de equipos originales (OEM, por sus siglas en inglés) ya no están disponibles o resultan prohibitivamente costosas.

En estos casos, la ingeniería inversa permite no solo replicar los componentes, sino también identificar posibles áreas de mejora para optimizar su rendimiento, durabilidad o adaptabilidad a nuevas tecnologías.

Además, la ingeniería inversa no se limita a componentes físicos. En el ámbito del software, se utiliza para analizar programas obsoletos o vulnerables, con el objetivo de comprender su funcionamiento, corregir errores, mejorar su seguridad o adaptar su funcionalidad a nuevas plataformas. Este enfoque también es habitual en sistemas complejos, como maquinaria industrial o vehículos, donde los fabricantes buscan soluciones para integrar nuevas tecnologías con sistemas heredados.

En resumen, la ingeniería inversa no solo representa una solución frente a la obsolescencia de componentes, sino que también es una herramienta estratégica que permite a las empresas innovar y mantener su competitividad en mercados cambiantes. Su capacidad para descomponer y analizar productos existentes abre la puerta a la personalización, optimización y prolongación del ciclo de vida de tecnologías clave en diversas industrias.

2.1.5 Programa de Escaneo

El interés por las tecnologías de escaneo tridimensional (3D) ha crecido de manera significativa en los últimos años, impulsado por innovaciones que han reducido el tamaño de los escáneres, mejorado su portabilidad y aumentado su potencia y precisión. Este desarrollo, combinado con la diversidad de aplicaciones en sectores como la automoción, la salud, la

arquitectura y la manufactura, ha consolidado al escaneo 3D como una herramienta esencial en la era digital.

Los escáneres 3D actuales emplean tecnologías avanzadas como láseres y luz estructurada para capturar las dimensiones y características de objetos físicos y convertirlas en modelos digitales tridimensionales. Cada tipo de escáner está diseñado para satisfacer requisitos específicos.

Por ejemplo, algunos modelos son ideales para digitalizar objetos pequeños y detallados a corta distancia, mientras que otros están optimizados para capturar estructuras más grandes desde distancias medias o largas. Esta adaptabilidad permite que los escáneres 3D sean útiles tanto para tareas de precisión milimétrica como para aplicaciones que requieren abarcar grandes superficies.

Además, los escáneres varían en términos de resolución, velocidad y precisión, lo que los hace adecuados para diferentes niveles de detalle según la necesidad del usuario. Muchos dispositivos vienen acompañados de software propietario que facilita el procesamiento de los datos capturados.

Estos programas suelen ser compatibles con formatos estándar de diseño asistido por computadora (CAD), lo que permite la integración fluida de los modelos digitalizados en flujos de trabajo industriales o creativos.

El creciente uso de estas tecnologías no solo ha mejorado la eficiencia en procesos como la ingeniería inversa, la inspección de calidad y la personalización de productos, sino que también ha abierto nuevas oportunidades en campos como la conservación del patrimonio cultural, la medicina personalizada y la creación de prototipos. La versatilidad de los escáneres 3D, combinada con su creciente accesibilidad, asegura que seguirán siendo una herramienta clave en la transformación digital de múltiples industrias (Dey, S. (2021).

2.2 Marco Conceptual

2.2.1 Digitalización de Elementos Automotrices

La digitalización de elementos automotrices comprende la conversión de objetos físicos en modelos digitales tridimensionales. Este proceso se realiza mediante técnicas de escaneo 3D que capturan la geometría y características físicas de los componentes automotrices.

2.2.2 Escaneado 3D para la Industria Automotriz

Los diseñadores de automóviles y los ingenieros de producción trabajan juntos para lograr el diseño perfecto del vehículo, lo que requiere una combinación armoniosa de requisitos estéticos y funcionales. A menudo lleva años traducir un concepto de diseño para un automóvil nuevo en un producto real en el mercado.

Una amplia gama de OEM y proveedores de autopartes están involucrados en el diseño, desarrollo y fabricación de vehículos. Se enfrentan al desafío de diseñar automóviles en un corto período de tiempo para satisfacer el rápido crecimiento del mercado. Buscan revolucionar la industria automotriz con tecnologías de punta como el escaneado 3D.

2.2.3 Escáneres 3D para la Industria Automotriz

Desde el diseño y la creación rápida de prototipos hasta la ingeniería inversa y la inspección de calidad, los escáneres 3D se han convertido en parte integral de las herramientas tecnológicas de los fabricantes de automóviles.

Permiten a los fabricantes de automóviles capturar datos 3D precisos y mensurables de cualquier pieza o componente, desde diminutos hasta muy grandes.

El escaneo 3D permite a los fabricantes de automóviles no solo acelerar la productividad diaria, sino también acortar los ciclos de vida del desarrollo de productos y facilitar la fabricación de vehículos de alto rendimiento sin comprometer la seguridad ni los estándares de calidad (Artec3d.com, 2024).

Ya sea la restauración de un automóvil clásico o un prototipo de automóvil completamente nuevo, los escáneres ultrarrápidos brindan datos de superficie 3D de alta precisión en cada paso de su flujo de trabajo de diseño, creación de prototipos, ingeniería o fabricación.

2.2.4 Digitalización y Desarrollo de Prototipos

El mercado está cambiando e históricamente casi todos los componentes de automoción bien sean de inyección de plástico o de estampación metálica, eran verificados dimensionalmente por medio de galgas de control por atributos y en ocasiones por medio de galgas de posicionamiento se medían en CMM fijas de laboratorio.

Esta tendencia está cambiando rápidamente debido a la aparición del escáner 3D de última generación ligados a los avances en la informática que nos permiten realizar captaciones masivas de puntos en muy poco tiempo. Por ello, los grandes fabricantes de coches cada vez nos exigen más que la verificación de sus componentes se realice por medio de escaneado 3D.

El “color-mapping” de las nubes de puntos permite visualizar el 100% de la información dimensional de la pieza a la vez que se crea un histórico de calidad de la geometría de todos sus componentes.

En Vector 0 Metrología contamos con los medios humanos y materiales para la digitalización 3D de cualquier componente de automoción con el fin de validar las exigencias del fabricante, aumentando la eficiencia y disminuyendo el tiempo de trabajo.

Esta tecnología nos permite realizar la verificación y detección de defectos, actualización de geometrías, control de calidad y diseño tanto para piezas de vehículos, ensamblajes como a vehículos completos (Figura 3).

Figura 3

Digitalización y Desarrollo de Prototipos



Tomado de: (Vector0metrologia.com, 2024).

Capítulo III

Digitalización de Elementos Automotrices

3.1 Tipos de Elementos

Los tipos de elementos digitalizados en ingeniería inversa de automoción se clasifican en función de su finalidad e importancia en el diseño y funcionamiento del vehículo cuando se utilizan tecnologías de digitalización de escaneado 3D (Figura 4).

Figura 4

Preparación para Escaneo



Tomado de: (CIEC.com,2024).

3.2 Elementos Estructurales

Los elementos estructurales representan las partes fundamentales de un vehículo, encargadas de proporcionar soporte mecánico y resistencia a diversas fuerzas que actúan durante su operación. Estos componentes incluyen el chasis, el marco, los subchasis, las torres de suspensión y otras estructuras que forman el esqueleto del vehículo, sobre las cuales se ensamblan y soportan todos los demás sistemas y componentes.

Dada su importancia crítica, la digitalización de estos elementos requiere un nivel excepcional de precisión. Cualquier desviación en sus dimensiones o forma puede comprometer la seguridad y el rendimiento del vehículo, afectando aspectos como la estabilidad, la resistencia

al impacto y la durabilidad general. Por ejemplo, en caso de reparaciones o mejoras, una reproducción precisa del chasis es esencial para garantizar que el vehículo mantenga sus propiedades originales de diseño y funcionamiento.

Además, la ingeniería inversa aplicada a los elementos estructurales permite evaluar su desempeño bajo diferentes condiciones de carga y estrés, facilitando el diseño de estructuras más livianas y resistentes. Esto no solo contribuye a mejorar la eficiencia energética del vehículo, sino que también reduce los costos de producción mediante la optimización del uso de materiales (Dey, S. 2021).

La digitalización mediante escaneo 3D también resulta indispensable en la restauración de vehículos antiguos o clásicos, donde los planos originales de diseño pueden haber desaparecido (Figura 5). Con esta tecnología, es posible recrear con exactitud las características geométricas de las piezas estructurales, garantizando una integración perfecta con otros componentes:

- Chasis: Base estructural que soporta el motor, la transmisión y la carrocería. Su escaneo es esencial para detectar deformaciones o realizar modificaciones.

Figura 5

Proceso de Impresión 3D



Fuente: Creativo 3D

Tomado de: (repositorio.uide.edu.ec, 2024).

- Motores y Bloques de Cilindros: La digitalización permite inspeccionar dimensiones internas y diseñar mejoras en componentes críticos (Figura 6).

Figura 6

Bloque de Motor en 3D

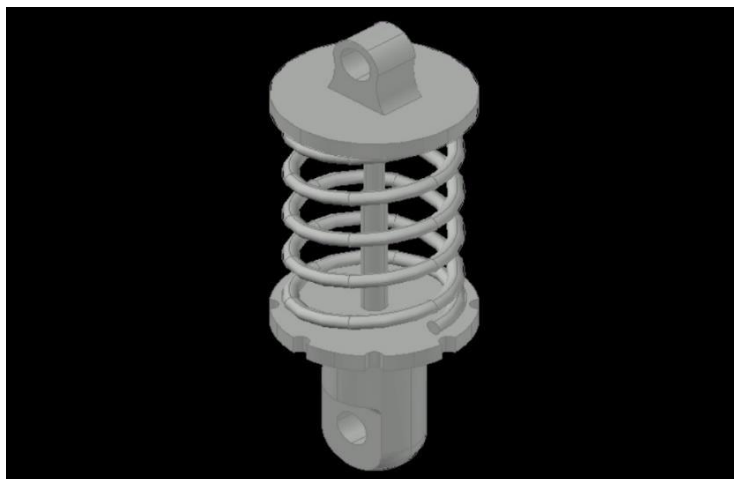


Tomado de: (turbosquid.com, 2015)

- Amortiguadores y Resortes: El escaneo 3D ayuda a modelar su interacción con otros componentes para optimizar la suspensión (Figura 7).

Figura 7

Escaneo 3D, Amortiguadores y Resortes



Tomado de: (bibliocad.com, 2018)

- Sistema de Dirección: Se digitalizan para analizar la eficiencia del diseño y prever desgastes (Figura 8).

Figura 8*Escaneo 3D Sistema Hidráulico*

Tomado de: (free3d.com, 2019)

- Frenos (ABS): Su digitalización garantiza el correcto diseño de discos y sensores.
- Airbags y Pretensores: El escaneo permite verificar la geometría y compatibilidad con sistemas electrónicos (Figura 9).

Figura 9*Escaneo para Sistema de Airbags*

Tomado de: (hexagon.com, 2017)

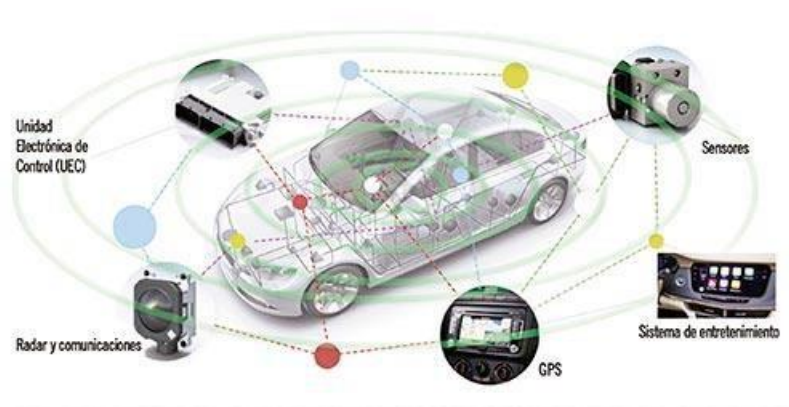
3.3 Características

El proceso de digitalización de elementos automotrices mediante escaneo 3D presenta características específicas que lo convierten en una herramienta eficaz para la ingeniería inversa. Estas características se dividen en aspectos técnicos, funcionales y económicos, asegurando un

análisis integral del proceso (Figura 10).

Figura 10

Partes Destacadas del Vehículo



Tomado de: (dewesoft.com, 2019)

3.4 Precisión y Detalle

La digitalización mediante escaneo 3D se destaca por la capacidad de capturar geometrías complejas con alta precisión, logrando tolerancias de hasta micras en componentes críticos. Esto es esencial para garantizar la compatibilidad y funcionalidad de los elementos automotrices, especialmente en piezas del tren motriz y sistemas de suspensión. (Zhang, J., & Yu, H. (2019))

3.5 Versatilidad en Materiales y Tamaños

Los sistemas de escaneo 3D son versátiles, ya que permiten digitalizar elementos de diferentes tamaños y materiales, desde plásticos hasta metales. Esta adaptabilidad es crucial en la industria automotriz, donde los componentes varían significativamente en sus propiedades físicas y químicas. (Kumar, R., & Singh, A.2020)

3.6 Rapidez en la Captura de Datos

El proceso de escaneo 3D es considerablemente más rápido que los métodos tradicionales de medición, como el uso de calibradores y micrómetros. En minutos, se pueden obtener datos tridimensionales completos de un componente, lo que reduce significativamente

los tiempos de desarrollo. (Ganta, P. R., & Singh, R.2021)

3.7 Reducción de Costos

Aunque la inversión inicial en equipos de escaneo y software puede ser alta, los costos a largo plazo se reducen considerablemente al minimizar errores en el diseño, disminuir tiempos de producción y mejorar la eficiencia operativa. (Brown, T.2021)

3.8 Aplicaciones Generales

La digitalización mediante escaneo 3D ha revolucionado la industria automotriz, permitiendo un avance significativo en múltiples áreas gracias a su capacidad de capturar, analizar y reproducir elementos automotrices con altos niveles de precisión y eficiencia. Este enfoque ha demostrado ser una herramienta versátil y eficaz, integrándose en diversos procesos clave dentro del ciclo de vida de los componentes y sistemas automotrices.

En el ámbito del diseño, el escaneo 3D ha facilitado el desarrollo de prototipos digitales que pueden ser analizados y perfeccionados antes de pasar a la etapa de fabricación. Esto reduce drásticamente el tiempo de diseño y permite la implementación de modificaciones rápidas y precisas en respuesta a las demandas del mercado o las necesidades específicas de los clientes. También ofrece la posibilidad de realizar análisis estructurales avanzados, como simulaciones de esfuerzo y deformación, asegurando que los componentes cumplan con los estándares de calidad y seguridad.

Durante el proceso de fabricación, la digitalización permite una inspección dimensional precisa de las piezas producidas, comparándolas directamente con los modelos CAD originales. Esto asegura que los componentes cumplan con las especificaciones y tolerancias requeridas, minimizando errores y desperdicios. Además, el escaneo 3D es esencial para el control de calidad, especialmente en la producción en masa, donde la consistencia entre piezas es fundamental.

En el ámbito del mantenimiento y la reparación, la tecnología de escaneo 3D se utiliza

para evaluar el estado de componentes desgastados o dañados. Esto permite la creación de réplicas exactas de piezas que ya no están disponibles en el mercado, lo que es particularmente útil en vehículos antiguos o personalizados. Además, facilita la personalización y modificación de componentes existentes para adaptarse a necesidades específicas o mejorar el rendimiento general del vehículo.

Otro uso destacado es la integración de tecnologías de ingeniería inversa, que permite a los fabricantes rediseñar componentes existentes con el objetivo de mejorar su funcionalidad, reducir costos o adaptar piezas a nuevas aplicaciones. Esto es especialmente relevante en la actualización de sistemas automotrices para cumplir con normativas modernas de seguridad o eficiencia energética.

La digitalización mediante escaneo 3D también ha encontrado aplicaciones en el ámbito educativo y de formación, proporcionando a los ingenieros y técnicos herramientas avanzadas para el aprendizaje y la práctica en entornos digitales. Esto fomenta la innovación y mejora la comprensión de los sistemas automotrices complejos.

En resumen, las aplicaciones generales de la digitalización mediante escaneo 3D en la industria automotriz son amplias y diversas, abarcando desde el diseño inicial hasta el mantenimiento a largo plazo. Su capacidad para optimizar procesos, mejorar la precisión y reducir costos la convierte en una tecnología indispensable para enfrentar los desafíos actuales y futuros del sector automotriz.

3.9 Ingeniería Inversa

El escaneo 3D permite reproducir piezas automotrices existentes cuando no se dispone de planos o diseños originales. Esta técnica es particularmente útil para:

- Recuperar componentes obsoletos o descatalogados.
- Mejorar diseños existentes mediante modificaciones basadas en análisis.

3.10 Prototipado Rápido

Los datos obtenidos a través de escaneo 3D se integran en procesos de impresión 3D o mecanizado para crear prototipos funcionales. Este enfoque permite:

- Reducir los tiempos de desarrollo de nuevos modelos.
- Evaluar la viabilidad y funcionalidad de los diseños antes de la producción en masa.

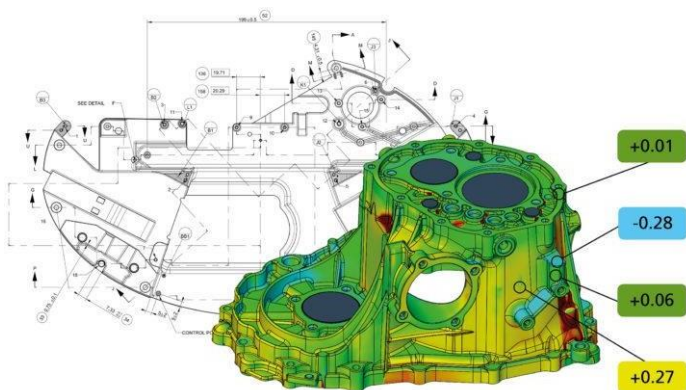
3.11 Control de Calidad

El escaneo 3D se utiliza para comparar componentes fabricados con los diseños CAD originales, detectando desviaciones o defectos. Esto asegura:

- Cumplimiento de especificaciones técnicas.
- Reducción de desperdicios y retrabajos en la línea de producción (Figura 11).

Figura 11

Componente Automotriz Escaneado



Tomado de: (maquinasdemedicionporcoordenadas.com, 2019)

3.12 Consideraciones Técnicas

La implementación de la digitalización mediante escaneo 3D en la industria automotriz implica abordar una serie de consideraciones técnicas esenciales que aseguran la precisión, eficiencia y viabilidad del proceso. Estas consideraciones se dividen en aspectos tecnológicos, operativos y materiales, los cuales deben ser cuidadosamente gestionados para obtener resultados óptimos.

El entorno donde se lleva a cabo el escaneo también juega un papel fundamental. Las condiciones de iluminación, la temperatura y la estabilidad del área de trabajo pueden influir significativamente en la calidad de los datos capturados. Por ejemplo, superficies altamente reflectantes o translúcidas pueden requerir el uso de tratamientos especiales, como espráis antirreflejantes, para evitar distorsiones en las mediciones. Asimismo, se debe garantizar un entorno libre de vibraciones para evitar errores en la captura de datos.

En cuanto a las propiedades de los elementos a digitalizar, se deben considerar factores como el tamaño, la complejidad geométrica y el material del componente. Objetos con geometrías intrincadas o detalles pequeños pueden requerir escáneres de alta resolución, mientras que componentes de gran tamaño pueden necesitar sistemas de escaneo con rangos ampliados. Además, materiales oscuros, brillantes o translúcidos presentan desafíos específicos que deben ser abordados con técnicas especializadas para garantizar la precisión en la captura de datos. Otro aspecto importante es la gestión de los datos obtenidos. La gran cantidad de información generada durante el proceso de escaneo debe ser procesada y optimizada para facilitar su integración con herramientas de diseño asistido por computadora (CAD). Esto incluye la limpieza de nubes de puntos, la reducción de ruido y la generación de modelos tridimensionales que sean funcionales y precisos.

Finalmente, la capacitación del personal técnico es esencial para garantizar un uso adecuado del equipo y el software asociado. La comprensión de las capacidades y limitaciones de la tecnología, junto con la capacidad de interpretar y manejar los datos obtenidos, es clave para maximizar los beneficios del escaneo 3D en la industria automotriz.

En resumen, las consideraciones técnicas abarcan una amplia gama de factores que deben ser evaluados y gestionados con precisión. Solo a través de un enfoque integral que contemple la tecnología, el entorno y las características de los elementos a digitalizar se puede garantizar el éxito en la implementación de la digitalización 3D en el sector automotriz.

3.13 Detalle del Proceso

El proceso de digitalización de elementos automotrices mediante escaneo 3D es una secuencia estructurada que permite transformar componentes físicos en modelos tridimensionales digitales de alta precisión. Este procedimiento implica una serie de etapas interdependientes que comienzan con la preparación del componente, donde se asegura que la pieza esté limpia, libre de residuos y adecuadamente posicionada para evitar interferencias durante la captura de datos. a aplicación de la ingeniería inversa en la digitalización de componentes automotrices mediante el uso del escáner 3D SR-SCAN FERRET SE. Este proceso fue fundamental para la recreación de piezas automotrices obsoletas y la mejora de componentes sin la necesidad de contar con diseños originales. La ingeniería inversa permitió analizar componentes físicos, obtener modelos digitales tridimensionales y aplicar mejoras estructurales.

El proceso comenzó con la preparación de los componentes automotrices, asegurando que estuvieran libres de impurezas que pudieran afectar la calidad del escaneo. Posteriormente, se utilizó el escáner SR-SCAN FERRET SE para capturar la geometría de las piezas desde diferentes ángulos, generando nubes de puntos que representan con precisión la superficie de los objetos. Estos datos fueron procesados en software especializado para limpiar, alinear e integrar las nubes de puntos, permitiendo la creación de modelos CAD tridimensionales precisos. A través de este enfoque, fue posible identificar áreas de mejora en los diseños originales, optimizando tanto la funcionalidad como la eficiencia estructural de los componentes.

3.14 Preparación del Elemento

En esta etapa, el componente a escanear es preparado para asegurar una captura óptima:

- Limpieza: Elimina suciedad, grasa o residuos que puedan interferir con el escaneo.
- Tratamiento de la superficie: Superficies reflectantes o transparentes se matizan con

aerosoles específicos para mejorar la captura de datos.

3.15 Configuración del Escáner

El equipo de escaneo 3D se configura según las características del componente:

- Selección del tipo de escáner: Escáneres de luz estructurada, láser o tomográficos según el tamaño, material y nivel de detalle requerido.
- Parámetros de resolución: Ajustes para capturar detalles específicos o globales del objeto.

3.16 Captura de Datos

Se realiza el escaneo del componente utilizando el equipo configurado:

- Posicionamiento del objeto: Si el escáner es fijo, el objeto debe ser rotado y alineado en diferentes posiciones.
- Generación de nubes de puntos: Se obtiene una representación tridimensional basada en millones de puntos digitales (Figura 12).

Figura 12

Escaneo Completo de la Pieza Automotriz



Tomado de: (vector0metrologia.com, 2022)

3.17 Generación del Modelo 3D

El modelo tridimensional es generado a partir de la nube de puntos:

- Malla poligonal: Se crea una superficie continua que representa el objeto.
- Texturización: Se aplica color o textura para una visualización más realista, si es necesario.

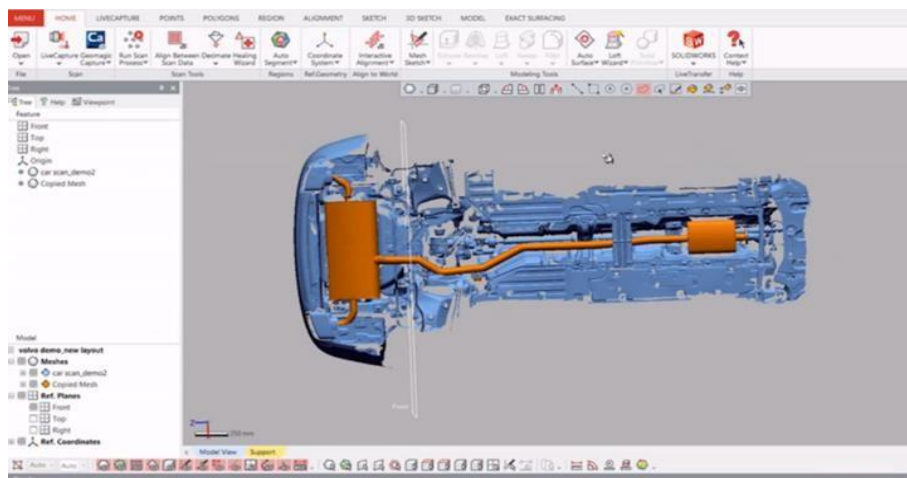
3.18 Integración en Software CAD/CAE

El modelo 3D procesado se exporta a formatos compatibles para su uso en ingeniería:

- Análisis geométrico: Validación de dimensiones y tolerancias.
- Diseño y simulación: Evaluación del rendimiento del componente en diferentes condiciones (Figura 13).

Figura 13

Pieza Escaneada y Diseñada en el Software



Tomado de: (artec3d.com, 2024)

3.19 Validación y Aplicación

El modelo digital final se valida y se utiliza en diversas aplicaciones:

- Fabricación aditiva (impresión 3D).
- Sustitución o reparación de componentes.
- Mejora de diseños existentes.

Capítulo IV

Flujo de Trabajo Optimizado que Integre el Escaneo 3D

4.1 Descripción Detallada de Proceso

El proceso de digitalización de elementos automotrices mediante escaneo 3D representa un avance significativo en la industria automotriz, integrando tecnología de vanguardia para capturar, procesar y transformar componentes físicos en modelos tridimensionales digitales con alta precisión y versatilidad. Este procedimiento no solo optimiza el diseño y fabricación de piezas, sino que también impulsa la innovación en áreas como la ingeniería inversa, la personalización y la inspección de calidad. A continuación, se describe en detalle este complejo proceso, desde su inicio hasta su aplicación final.

El primer paso crítico es la preparación del componente automotriz, una etapa que asegura que el objeto esté en condiciones óptimas para el escaneo. Esto incluye una limpieza exhaustiva de la superficie para eliminar cualquier residuo que pueda interferir con la captura de datos. En el caso de superficies reflectantes o translúcidas, se aplica un recubrimiento temporal, como espray matificantes, para garantizar una correcta captación de detalles. Asimismo, el objeto debe ser fijado en una posición estable utilizando soportes o estructuras que eviten movimientos durante la digitalización, ya que incluso pequeñas vibraciones pueden comprometer la precisión del modelo final.

Una vez preparado el componente, se procede a la captura de datos tridimensionales utilizando escáneres 3D avanzados. La selección del tipo de escáner depende de varios factores, como el tamaño del objeto, la complejidad de sus geometrías y el nivel de detalle requerido. Por ejemplo, los escáneres de luz estructurada son ideales para piezas de tamaño moderado con detalles finos, mientras que los escáneres láser o la fotogrametría se emplean para componentes más grandes o complejos. Durante esta etapa, el objeto se escanea desde múltiples ángulos para garantizar una cobertura completa, capturando incluso las áreas de difícil acceso. Los datos

recolectados se almacenan en forma de nubes de puntos, que representan millones de coordenadas espaciales que detallan la superficie del objeto.

El siguiente paso es el procesamiento de la nube de puntos, una fase crucial para transformar los datos brutos en un modelo digital utilizable. Este proceso comienza con la limpieza de la nube de puntos para eliminar artefactos, ruido y datos redundantes que puedan haber sido capturados durante el escaneo. Luego, las nubes de puntos obtenidas desde diferentes ángulos se alinean utilizando algoritmos de registro, unificando todas las vistas en un único sistema de coordenadas. Una vez alineadas, las nubes se fusionan para formar una representación continua del objeto. En esta etapa, se utilizan técnicas avanzadas de interpolación para rellenar huecos en áreas donde los datos pudieron ser insuficientes, asegurando así la integridad del modelo.

Con la nube de puntos procesada, se pasa a la generación del modelo digital tridimensional, donde la nube se convierte en una malla poligonal compuesta por pequeños triángulos interconectados que recrean la superficie del objeto. Este modelo se optimiza para reducir su complejidad, eliminando polígonos innecesarios sin comprometer el nivel de detalle. Una vez finalizado, el modelo digital puede ser exportado en formatos estándar como STL, OBJ o STEP, que son compatibles con software de diseño asistido por computadora (CAD) y herramientas de manufactura asistida por computadora (CAM).

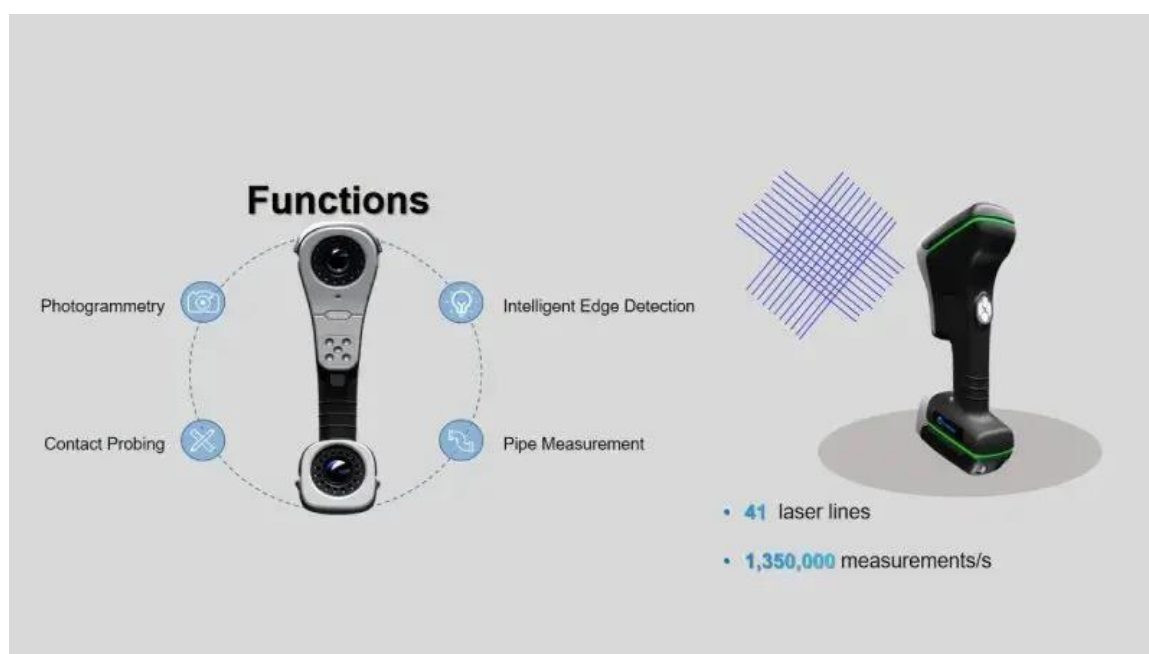
Finalmente, el modelo digital es sometido a un proceso de validación y aplicación, en el cual se verifica su precisión mediante la comparación directa con el objeto físico original. Esta validación puede incluir la superposición del modelo digital con los datos escaneados para identificar discrepancias o deformaciones. Una vez validado, el modelo se utiliza en una variedad de aplicaciones, como análisis estructurales, simulaciones virtuales, prototipado rápido o fabricación de piezas mediante impresión 3D o fresado CNC.

El proceso de digitalización mediante escaneo 3D se enriquece constantemente gracias

a los avances tecnológicos, como la incorporación de inteligencia artificial para optimizar el procesamiento de datos y la automatización de tareas repetitivas. Además, su flexibilidad permite adaptarlo a diferentes necesidades de la industria automotriz, desde la reproducción de componentes complejos hasta la personalización de piezas en proyectos a medida. Este enfoque integrado y detallado garantiza resultados de alta calidad, consolidando al escaneo 3D como una herramienta indispensable para la modernización y competitividad en el sector automotriz (Figura 14).

Figura 14

Propiedades del Escáner



Tomado de: (hexagon.com, 2019).

4.2 Análisis Preliminar

Antes de iniciar el proceso, se realiza un análisis de los objetivos y requisitos específicos del proyecto:

- Identificación de componentes clave: Determinar los elementos a escanear según su importancia funcional.
- Evaluación del entorno: Condiciones de trabajo como iluminación y estabilidad

térmica se ajustan para garantizar la calidad del escaneo.

4.3 Beneficios del Flujo de Trabajo Optimizado

- Reducción de tiempos: Procesos sincronizados disminuyen el tiempo total de digitalización.
- Precisión elevada: Uso de herramientas avanzadas minimiza errores.
- Flexibilidad: Posibilidad de adaptar el flujo a diferentes aplicaciones, como prototipado, ingeniería inversa y restauración.

4.4 Captura de Datos

La captura de datos es una etapa clave en el proceso de escaneo 3D que consiste en registrar la geometría y características superficiales de un objeto físico para transformarlas en un modelo digital tridimensional. Este proceso implica el uso de tecnologías avanzadas que permiten obtener datos precisos y detallados en forma de nubes de puntos o mallas poligonales.

4.5 Factores Críticos en la Captura de Datos

- Resolución del escáner: Determina el nivel de detalle en la representación digital.
- Condiciones de iluminación: La luz ambiental o excesivamente brillante puede interferir con los sensores del escáner.
- Tiempo de escaneo: Objetos más complejos requieren más tiempo para obtener una captura completa y precisa.

4.6 Propuesta para Mejorar la Eficiencia del Proceso de Escaneo

El escaneado 3D es una técnica de vanguardia que permite digitalizar con gran precisión elementos físicos y resulta esencial en campos como la fabricación avanzada, el diseño de prototipos y la ingeniería inversa. Este método se utiliza en la industria del automóvil para optimizar diseños, analizar el desgaste y reproducir piezas complejas. Sin embargo, el proceso puede encontrar dificultades de tiempo, precisión y coste, lo que hace necesario el uso de soluciones para aumentar su eficacia.

Aparte de los avances tecnológicos, el elemento humano sigue siendo crucial. Es crucial formar a los miembros del personal para que comprendan y utilicen plenamente las capacidades de hardware y software disponibles. La formación en métodos sofisticados de tratamiento de datos y escaneado reduce los errores y garantiza que los operarios puedan hacer frente a las dificultades particulares que presenta cada proyecto. Además de mejorar los resultados técnicos, la inversión en formación y certificación profesional aumenta la confianza y la moral del equipo, afirma Brown (2021).

4.7 Innovaciones Tecnológicas

El sector de la digitalización mediante escaneo 3D está experimentando transformaciones significativas debido a la integración de tecnologías avanzadas, especialmente la inteligencia artificial (IA). Estas innovaciones están redefiniendo la forma en que se capturan, procesan y utilizan los datos tridimensionales, ofreciendo beneficios tangibles en términos de precisión, velocidad y eficiencia operativa.

La incorporación de la IA en los equipos de escaneo 3D ha sido un avance clave. Los algoritmos de aprendizaje automático y procesamiento de datos permiten no solo capturar información tridimensional con mayor precisión, sino también analizarla y procesarla en tiempo real. Esto reduce significativamente la intervención humana en tareas repetitivas y minimiza los errores, lo que resulta en una mayor consistencia en los resultados. Por ejemplo, sistemas de escaneo equipados con IA pueden identificar automáticamente áreas problemáticas en un componente automotriz, como deformaciones o desgastes, y generar informes detallados de inspección en cuestión de minutos.

Otro aspecto revolucionario es la automatización avanzada que permite la IA, la cual no solo facilita inspecciones rápidas y precisas, sino que también optimiza el flujo de trabajo completo. Equipos de escaneo 3D con capacidades de autoajuste pueden calibrarse automáticamente según las características del objeto a digitalizar, lo que elimina la necesidad de

configuraciones manuales y acelera significativamente el proceso. Además, la IA permite la toma de decisiones en tiempo real, como ajustar la resolución del escaneo o sugerir estrategias para captar detalles complejos, maximizando así la eficiencia operativa.

En paralelo, el desarrollo de escáneres 3D de alta velocidad ha permitido una captura de datos más eficiente, reduciendo el tiempo requerido para digitalizar piezas complejas. Estos dispositivos pueden procesar millones de puntos por segundo, lo que es crucial en entornos de fabricación donde el tiempo de inactividad debe minimizarse. Su integración en líneas de producción automatizadas permite realizar inspecciones continuas sin interrumpir los flujos de trabajo, mejorando tanto la productividad como la calidad de los productos finales.

Además, la combinación de la IA con tecnologías de escaneo de alta resolución está dando lugar a nuevos niveles de detalle en los modelos digitales. Esto es particularmente importante en la industria automotriz, donde incluso pequeñas imprecisiones pueden tener un impacto significativo en la funcionalidad y seguridad de los componentes. Los sistemas modernos son capaces de capturar no solo las geometrías externas, sino también características internas a través de técnicas como el escaneo por tomografía computarizada, expandiendo así las posibilidades de análisis y diseño.

Finalmente, la convergencia de estas tecnologías con herramientas de nube y conectividad está transformando aún más el panorama. Los datos capturados pueden ser procesados y almacenados en plataformas en la nube, lo que permite a los equipos de ingeniería acceder a modelos digitales desde cualquier lugar del mundo. Esto no solo mejora la colaboración, sino que también facilita la integración de los datos de escaneo en sistemas de manufactura avanzados, como la impresión 3D y la fabricación sustractiva.

En conclusión, las innovaciones tecnológicas lideradas por la inteligencia artificial y los escáneres 3D de alta velocidad están marcando un cambio de paradigma en la digitalización de elementos automotrices. Estas tecnologías no solo optimizan los procesos existentes, sino que

también abren nuevas posibilidades para el diseño, la inspección y la fabricación, posicionando al escaneo 3D como una herramienta esencial en la modernización de la industria automotriz (Figura 15).

Figura 15

Taller Automotriz Utilizando Tecnología Avanzada de Escaneo 3D



Tomado de: (cidipuebla.mx, 2018).

4.8 Detalles y Resultados

El primer paso consiste en preparar el componente del vehículo para garantizar que el proceso de digitalización sea preciso y eficaz. Esto implica realizar una limpieza a fondo para deshacerse de cualquier residuo, escombros o grasa que pueda obstruir la captura de datos. Es necesario aplicar materiales como aerosoles o polvos especializados que minimicen los reflejos y garanticen una captura de datos uniforme en el caso de superficies brillantes o reflectantes.

El siguiente paso es elegir el escáner 3D adecuado en función de las características de la pieza y el nivel de detalle requerido. Estas herramientas pueden incluir escáneres láser, que destacan por su capacidad para trabajar en condiciones de poca luz o con piezas de gran tamaño; luz estructurada, perfecta para captar pequeños detalles en objetos pequeños; y técnicas de fotogrametría, que combinan múltiples imágenes para reconstruir con precisión modelos tridimensionales. El tamaño, la forma y la textura de la pieza, así como el objetivo final del

modelo digital, influyen en la elección del escáner.

El dispositivo registra millones de puntos de datos que describen la superficie del objeto durante el escaneado. Estos datos se generan en forma de nubes de puntos que representan con extrema precisión la geometría tridimensional de la pieza.

Los escáneres avanzados pueden ajustar automáticamente la alineación de las nubes de puntero a medida que se captura cada sección para evitar incoherencias en el modelo final.

Una vez recompilados todos los datos, se transfieren a un software de procesamiento especializado. Durante esta fase, se llevan a cabo una serie de tareas críticas, como limpiar los datos para eliminar el desorden o los puntos innecesarios, alinear varias capturas para ofrecer una representación completa de la pieza e integrar las nubes de puntos en un único modelo. Es posible exportar este modelo en formatos compatibles con herramientas CAD (diseño asistido por ordenador) para su uso posterior.

El modelo digital resultante se somete a verificaciones para garantizar su precisión y correspondencia con la pieza original. Estas comprobaciones pueden incluir la comparación con mediciones físicas, la evaluación de tolerancias geométricas y la identificación de posibles discrepancias. Una vez validado, el modelo digital está disponible para una amplia gama de aplicaciones, desde simulaciones virtuales para análisis de diseño y pruebas de resistencia hasta la fabricación de reproducciones físicas mediante impresiones 3D o mecánicas.

Este enfoque, basado en el escaneado 3D y la ingeniería inversa, no sólo permite documentar y reproducir piezas de vehículos con gran precisión, sino que también abre la puerta a innovaciones en el diseño y la personalización de componentes, optimizando tanto los procesos de desarrollo como los de mantenimiento en el sector automotriz.

4.9 Aplicaciones Principales

- Ingeniería inversa: Al permitir analizar y reproducir piezas sin necesidad de diseños originales, la digitalización facilita la creación de componentes modificados o

descatalogados.

- Inspección de calidad: Para detectar defectos, desgaste o deformaciones en componentes de automóviles, los modelos digitales son cruciales para elevar los estándares de calidad y reducir los gastos de mantenimiento.
- Creación rápida de prototipos: Los ciclos de diseño y desarrollo se aceleran y se ahorran recursos y tiempo utilizando la impresión 3D para convertir los modelos digitales en prototipos tangibles.
- Restauración y modificación: La tecnología se aplica tanto a la modificación de piezas de automóviles modernos como a las operaciones de restauración de automóviles antiguos.

4.10 Resultados y Ventajas

El uso del escáner 3D SR-SCAN FERRET SE ha revolucionado los procesos de diseño, fabricación y validación de componentes en la industria del automóvil. Comparando este dispositivo con los métodos tradicionales, ha demostrado ser una herramienta esencial para maximizar el tiempo y los recursos gracias a su gran precisión y capacidad para capturar detalles complejos.

Las empresas que han utilizado este escáner informan de reducciones significativas del tiempo de desarrollo, hasta un 50% menos que los métodos tradicionales que se basan en procesos manuales que requieren mucha mano de obra o en largas pruebas físicas. Este ahorro de tiempo se debe a la capacidad del SR-SCAN FERRET SE para digitalizar componentes de forma rápida y eficaz, proporcionando nubes de puntos detalladas y modelos de listas tridimensionales para su análisis en cuestión.

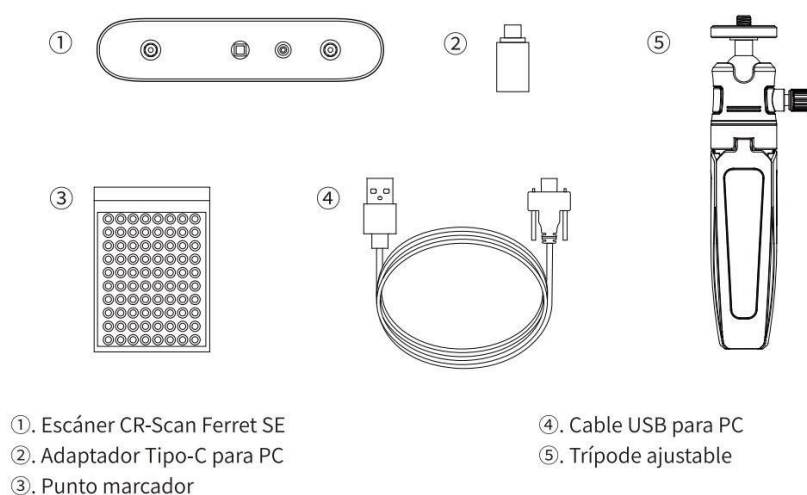
Además, el escáner permite reducir la dependencia de los prototipos físicos, que suelen ser caros y requieren varias iteraciones para lograr el diseño ideal. Mediante el uso de modelos digitales creados por el SR-SCAN FERRET SE, las pruebas virtuales pueden sustituir a una

parte significativa de las pruebas destructivas, lo que supone una reducción del 30% de los gastos operativos relacionados. De este modo, no sólo se reducen los costes, sino que también se acorta el plazo de comercialización de los productos.

Otra ventaja importante del SR-SCAN FERRET SE es su efecto en la flexibilidad del diseño. Los ingenieros pueden realizar ajustes rápidos y precisos en los modelos digitales gracias a la alta resolución y precisión del escáner. Esto aumenta la competitividad de las empresas al facilitar la personalización de los componentes según las necesidades específicas de los clientes o las demandas del mercado. Además, la posibilidad de integrar directamente los datos de escáner en el software CAD permite a los equipos de diseño trabajar de forma más rápida y cooperativa (Figura 16).

Figura 16

Ensamble de Escanner 3D Ferret SE



Tomado de: (creality.com, 2024)

Además, al detectar posibles defectos en las primeras fases del desarrollo, el SR-SCAN FERRET SE mejora la calidad de los productos finales. Por último, la portabilidad y facilidad de uso del SR-SCAN FERRET SE lo convierten en una solución versátil para diversas aplicaciones de automoción, desde la ingeniería inversa de piezas hasta la validación de moldes y ensamblajes. Su capacidad para funcionar en diversos entornos de trabajo y su compatibilidad

con herramientas de software de vanguardia lo convierten en un aliado esencial para las empresas que buscan mantenerse a la vanguardia de la innovación tecnológica en la industria de la automoción.

En conclusión, el SR-SCAN FERRET SE no sólo revoluciona los procesos tradicionales, sino que establece un nuevo punto de referencia en términos de eficiencia.

4.11 Flujo de Trabajo Optimizado para la Integración del Escaneo 3D y la Ingeniería Inversa en la Reproducción de Componentes Automotrices

La combinación de escaneo 3D e ingeniería inversa permite la reproducción precisa de componentes automotrices, optimizando tiempos y costos en procesos de manufactura y reparación. A continuación, se presenta un flujo de trabajo optimizado para esta integración.

4.11.1 Preparación y Configuración del Escaneo 3D

- Selección del Escáner 3D: Elegir el tipo de escáner adecuado según la precisión requerida (ej. escáner de luz estructurada o escáner láser).
- Preparación del Componente: Limpieza de la pieza, aplicación de spray matificante (si es necesario) y posicionamiento estable.
- Configuración del Escaneo: Ajuste de resolución y parámetros según el tamaño y material del componente.

Figura 17

Preparación del Componente



Tomado de: (mahle-aftermarket.com,2020)

4.11.2 Captura y Procesamiento de Datos del Escaneo 3D

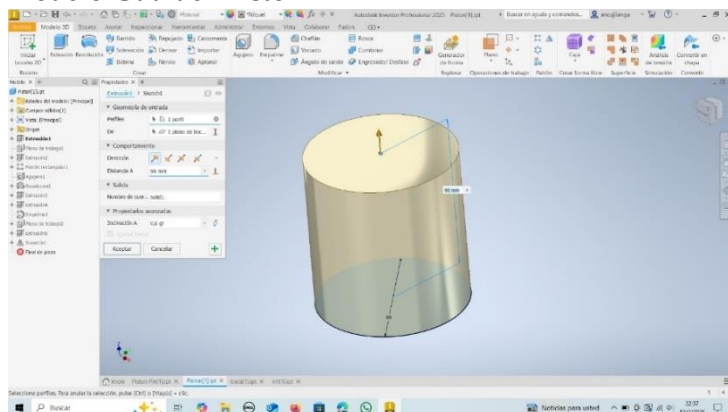
- Escaneo Completo: Captura de la geometría desde múltiples ángulos para garantizar una cobertura total.
- Fusión de Nubes de Puntos: Alineación y combinación de los escaneos individuales en un solo modelo digital.
- Generación de la Malla STL: Limpieza, eliminación de ruido y optimización del archivo para la ingeniería inversa.

4.11.3 Ingeniería Inversa y Modelado CAD

- Conversión de Malla a Modelo CAD: Uso de software como Geomagic, SolidWorks o Autodesk Fusion 360 para transformar la malla en un modelo paramétrico.
- Análisis de Tolerancias y Ajustes: Comparación con datos originales y corrección de defectos.
- Generación del Modelo 3D Final: Creación de superficies y optimización para manufactura aditiva o mecanizado CNC.

Figura 18

Modelo Cad del Pistón



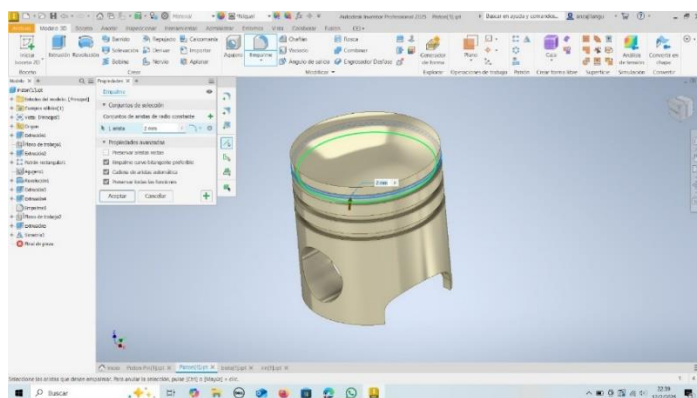
4.11.4 Validación y Fabricación del Componente

- Simulación y Análisis Estructural: Evaluación de resistencia y ajuste de materiales si es necesario.
- Prototipado Rápido: Impresión 3D o fabricación preliminar para verificar

dimensiones y ensamblaje.

- Producción Final: Fabricación mediante mecanizado CNC, moldeo por inyección o impresión 3D en materiales definitivos.

Figura 19
Diseño Estructural del Pistón



5. Implementación y Control de Calidad

- Inspección Dimensional: Comparación entre el componente fabricado y el modelo digital.
- Pruebas Funcionales: Evaluación en condiciones de uso para garantizar desempeño y durabilidad.
- Documentación y Optimización: Registro del proceso y mejora continua para futuras aplicaciones.

Figura 20
Impresión de pistón 3D



Tomado de: (istockphoto.com, 2019)

Conclusiones

El análisis de los principios de la ingeniería inversa aplicada a la digitalización de componentes automotrices revela su enorme potencial para la mejora y optimización de procesos en la industria automotriz. Al utilizar tecnologías como el escaneo 3D, se pueden obtener modelos digitales detallados de piezas y componentes, incluso cuando no se dispone de los planos originales. Este enfoque permite la reproducción exacta de piezas obsoletas, la mejora de diseños y la creación de prototipos sin necesidad de partir de los diseños originales. En el ámbito automotriz, esto resulta fundamental para la conservación de partes que ya no se producen, la personalización de piezas y la reducción de costos de producción, a la vez que facilita el desarrollo de nuevos productos y la adaptación de componentes existentes. Así, la ingeniería inversa aplicada a la digitalización de componentes automotrices no solo asegura la eficiencia en la reproducción de piezas, sino que también abre oportunidades para la innovación y mejora continua en el diseño y fabricación de vehículos.

La identificación de los parámetros críticos para la correcta digitalización de elementos automotrices mediante escaneo 3D es fundamental para asegurar la precisión y efectividad en el proceso de digitalización. La calidad del escaneo depende de factores como la resolución del escáner, la precisión dimensional, la capacidad de capturar detalles complejos y la adaptabilidad del equipo a diferentes materiales y geometrías. Además, la correcta alineación y la calibración del escáner 3D, junto con una adecuada iluminación y el control de variables ambientales, son esenciales para obtener un modelo digital exacto y fiable. Estos parámetros no solo garantizan la fidelidad del modelo digital, sino que también optimizan el uso de estos datos en aplicaciones posteriores, como la ingeniería inversa, el control de calidad o la creación de prototipos. En el contexto automotriz, donde la precisión y la funcionalidad son cruciales, estos parámetros son determinantes para asegurar el éxito en la digitalización de componentes y la mejora de procesos productivos.

Desarrollar un flujo de trabajo optimizado que integre el escaneo 3D y la ingeniería

inversa para la reproducción de componentes automotrices es crucial para maximizar la eficiencia y precisión en la fabricación de piezas. Un flujo de trabajo bien estructurado permite una transición fluida desde el escaneo de un componente físico hasta la creación de un modelo digital detallado, que puede ser utilizado para la reproducción, mejora o adaptación del diseño. La integración del escaneo 3D con la ingeniería inversa no solo facilita la recuperación de componentes obsoletos, sino que también ofrece oportunidades para realizar mejoras en el diseño, optimizando el rendimiento y la funcionalidad. Este enfoque reduce tiempos de desarrollo, costos de producción y mejora la calidad del producto final. En la industria automotriz, un flujo de trabajo optimizado garantiza una mayor precisión en la fabricación de piezas, lo que resulta en una mayor fiabilidad y competitividad en el mercado.

Recomendaciones

Es esencial que los profesionales implicados en la digitalización de componentes de automoción cuenten con formación especializada sobre los fundamentos de la ingeniería inversa y su aplicación práctica. Esto les permitirá aprovechar al máximo el potencial del escaneado 3D para el análisis, rediseño y optimización de componentes, promoviendo la innovación continua en la industria del automóvil.

Se aconseja establecer protocolos claros para la configuración y calibración de los equipos, así como para la preparación de las superficies de los objetos para la digitalización, con el fin de garantizar resultados precisos y fiables. Además, sería beneficioso realizar auditorías rutinarias del rendimiento de los escáneres, asegurándose de que se mantienen en condiciones óptimas de funcionamiento.

Las empresas automovilísticas deben proporcionar manuales prácticos y directrices que describan cada paso del flujo de trabajo optimizado, desde la captura inicial hasta la integración con herramientas CAD. Esta estandarización no solo hará que el proceso sea más repetible, sino que garantizará la transferencia de conocimientos entre los equipos y mejorará la eficiencia operativa en futuros proyectos.

Bibliografía

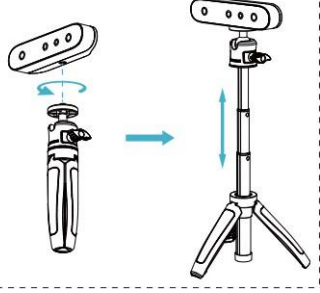
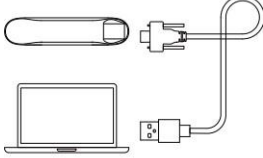
- Anderson, M. (2020). *Cost Reduction Strategies with 3D Scanning in Automotive Design*. Industrial Applications Journal
- ARO Technologies. (2023). *High-Precision 3D Scanning Solutions for Automotive Applications*.
- Autodesk. (2023). *Reverse Engineering with 3D Scanning*.
- Balletti, C., Ballarin, M., & Guerra, F. (2017). 3D printing: *State of the art and future perspectives*. Journal of Cultural Heritage, 26, 172-182.
- Bartolo, P.J., & Jorge, A.M. (2017). *3D Printing and Digital Manufacturing: Implications for Industrial Processes*. Springer.
- Brown, T. (2021). *Innovations in 3D Scanning for Vehicle Maintenance*. Automotive Design Journal.
- Chen, L., & Wang, P. (2020). *Optimized Workflows for Low-Cost 3D Scanning*. Procedia Manufacturing
- Creaform. (2023). *Optimizing workflows with 3D scanning and reverse engineering*.
- David Myszka (2012). *Machines and Mechanisms: Applied Kinematic Analysis*. Pearson.
- Davies, R. (2021). *The impact of 3D scanning on the automotive sector*. Automotive World.
- Dey, S. (2021). *3D Scanning and Reverse Engineering in the Automotive Industry*. Journal of Manufacturing Processes.
- Geng, X. et al. (2016). *A review on industrial 3D scanning*. Journal of Manufacturing Systems.
- Hexagon. (2023). *Integrating 3D Scanning and Reverse Engineering for Improved Production*.
- Innovmetric. (2022). *Best Practices in 3D Scanning for Automotive Applications*.
- Myszka, D. (2012). *Machines & Mechanisms: Applied Kinematic Analysis*. Pearson Education.
- Pérez, R., García, M., & Martínez, J. (2021). *Impacto de la Digitalización en el Proceso de Diseño Automotriz*. Revista de Innovación Tecnológica en Ingeniería Automotriz.

- PolyWorks. (2023). *Streamlining Automotive Manufacturing with 3D Scanning*.
- Potosí Torres, G. P., Condor Pisuña, J. I., & Pincha Guilcaso, D. S. (2024). *Diseño y fabricación de componentes vehiculares mediante ingeniería inversa con impresión 3D analizando comportamientos de tres diferentes materiales técnicos*.
- Revopoint. (2023). *SR-SCAN FERRET SE User Manual*.
- Shih, R. H. (2018). *Parametric Modeling with Autodesk Fusion 360*. SDC Publications.
- Siemens Digital Industries. (2023). *Digital Twin Technology in Automotive Manufacturing*.
- Smith, D., & Johnson, K. (2021). *Affordable 3D Scanning Solutions for Small Businesses*. Journal of Industrial Technology.
- Tepezila García, J. C. (2022). *Scanner 3D para la fabricación de componentes mecánicos mediante ingeniería inversa* [Tesis de licenciatura, Instituto Tecnológico Superior de Martínez de la Torre]. Tecnológico Nacional de México.
- Varady, T., Martin, R.R., & Cox, J. (1997). *Reverse Engineering of Geometric Models – An Introduction*. Computer-Aided Design.
- Vermeulen, B. & Goossens, R. (2018). *Engineering Reverse Modeling: Applications in the Automotive Industry*. International Journal of Engineering Science.
- Wong, C., et al. (2019). *Applications of reverse engineering in the automotive industry*.
- Zhang, J., & Yu, H. (2019). *Advances in 3D Scanning for Automotive Suspension Systems*. Engineering Applications.
- Zhang, Y., & Li, H. (2019). *Leveraging Open-Source Tools in 3D Scanning Workflows*. Journal of Manufacturing Engineering.

Anexos

Guía Práctica

LABORATORIO O TALLER		GUIA PRÁCTICA N°	NOMBRE DE LA PRÁCTICA
		01	Funcionamiento del Escaner 3D CR-Scan Ferret SE
1.	OBJETIVO GENERAL		
	• Aplicar un proceso de digitalización de elementos automotrices a través de un programa de escaneo 3D, para el desarrollo de piezas mediante técnicas de ingeniería inversa.		
2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS		
	• Analizar los principios de la ingeniería inversa aplicados en la digitalización de componentes automotrices. • Identificar los parámetros críticos para la correcta digitalización de elementos automotrices utilizando escaneo 3D. • Desarrollar un flujo de trabajo optimizado que integre el escaneo 3D y la ingeniería inversa para la reproducción de componentes automotrices.		
3.	RECURSOS		
EQUIPOS		MATERIALES	INSUMOS

• CR – Scan Ferret SE	• Control de a/c para escaneo • Cubo de Rubik para pruebas de escaneo	
4. DESARROLLO DE LA PRÁCTICA		
Escaner SR-Scan Ferret SE		
Se revisó previamente el manual del escáner para comprender su ensamblaje y funcionamiento.	Instalación del trípode  Conexión al PC 	

Preparación del Escáner

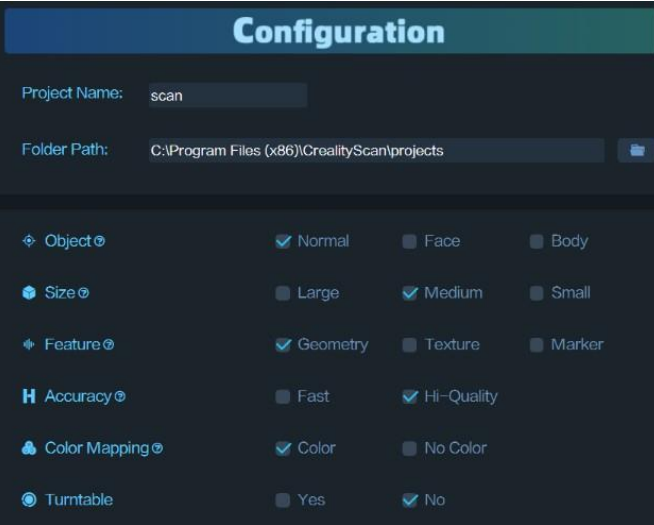
- Revisión del equipo: Verifica que todas las piezas del escáner estén presentes en el paquete, incluyendo el dispositivo principal, cables, software y accesorios.
- Zona de trabajo: Asegurarnos de contar con un área limpia e iluminada uso del escáner.



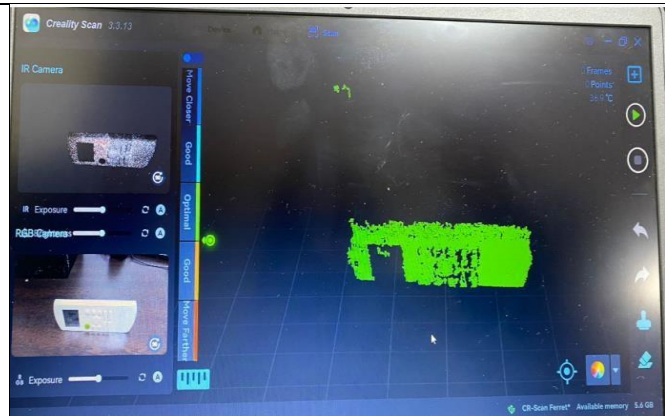
Descarga e instalación: Descargar el software proporcionado por el fabricante desde su sitio oficial e instálalo en tu computadora o dispositivo compatible ya sea ANDROID O IOS.



Creality Scan

Configuración Inicial • Calibración inicial: Realiza un proceso de calibración siguiendo las instrucciones del software para garantizar la precisión del escáner. • Selección de modo: Configurar el escáner en el modo adecuado para el tipo de objeto que se va a digitalizar como: Textura, tamaño, entre otros.	
Posicionamiento: Coloca el objeto dentro del área de escaneo, visible desde todos los ángulos requeridos. Se ejecuta el escaneo desde el software o el dispositivo anfitrión, siguiendo las instrucciones en pantalla.	
Revisión de la captura: Verifica la calidad de la nube de puntos generada en el software, corrigiendo posibles errores de alineación. Generación del modelo: Convierte la nube de puntos en una malla poligonal y se optimiza según los requerimientos	

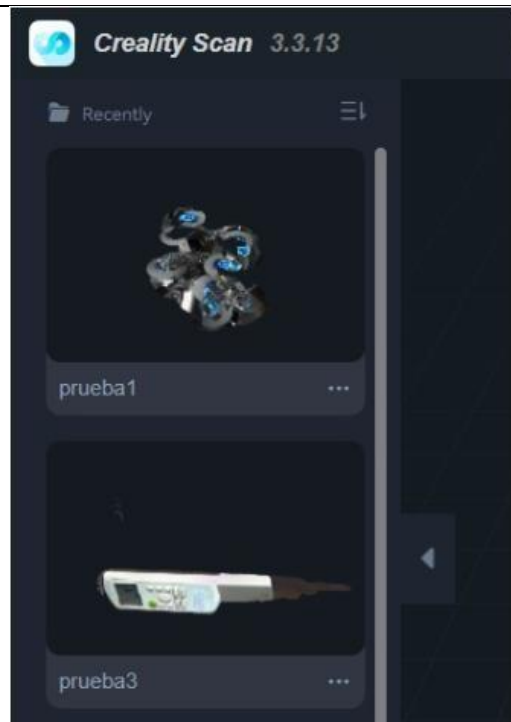
del proyecto.



Utilización y exportación de archivo

Formato de archivo: Guarde el modelo en un formato que funcione con software CAD o CAM.

Validación: Verifica la precisión antes del uso o la fabricación comparando el modelo digital con las especificaciones del objeto físico.



Este flujo asegura que el escáner SR-SCAN FERRET SE funcione de manera óptima y que los datos capturados sean precisos y confiables.

