

Pregrado

Carrera: Mecánica y Sistemas

Automotrices

Asignatura (UIC):

Trabajo de titulación previo a la obtención del

Título en: Tecnólogo Superior en Mecánica

y Sistemas Automotrices

Tema: Diseño y fabricación de un sistema de frenado funcional en un vehículo a escala, mediante tecnologías

de impresión 3D.

Autor/s: Viteri Carvajal Klever Ramiro

Vilatuña Lahuasi Francisco Javier

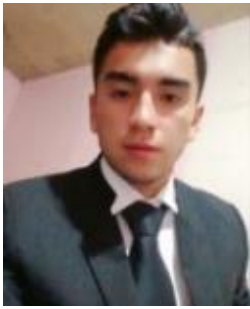
Chango Ordoñez Daniel Alexander

Tutor: Oña Sarmiento Guillermo Iván

Fecha: 27- 08 - 2024



Autor:



Viteri Carvajal Klever Ramiro

Título a obtener: Tecnólogo Superior en Mecánica y
Sistemas Automotrices

Matriz: Sangolquí -Ecuador

Correo electrónico: klever.viteri@ister.edu.ec

Autor:



Vilatuña Lahuasi Francisco Javier

Título a obtener: Tecnólogo Superior en Mecánica y
Sistemas Automotrices

Matriz: Sangolquí -Ecuador

Correo electrónico: francisco.vilatuna@ister.edu.ec

Autor:



Chango Ordoñez Daniel Alexander

Título a obtener: Tecnólogo Superior en Mecánica y
Sistemas Automotrices

Matriz: Sangolquí -Ecuador

Dirigido por:



Oña Sarmiento Guillermo Iván

Título: Ingeniero Mecánico Industrial

Matriz: Sangolquí -Ecuador

Correo electrónico: guillermo.ona@ister.edu.ec

Todos los derechos reservados.

Queda prohibida, salvo excepción prevista en la Ley, cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública y transformación de esta obra para fines comerciales, sin contar con autorización de los titulares de propiedad intelectual. La infracción de los derechos mencionados puede ser constitutiva de delito contra la propiedad intelectual. Se permite la libre difusión de este texto con fines académicos investigativos por cualquier medio, con la debida notificación a los autores.

©2024 Tecnológico Universitario

Rumiñahui SANGOLQUÍ –

ECUADOR

Viteri Carvajal Klever Ramiro

Vilatuña Lahuasi Francisco Javier

Chango Ordoñez Daniel Alexander

***DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UN SISTEMA DE FRENADO
FUNCIONAL EN
UN VEHÍCULO A ESCALA, MEDIANTE TECNOLOGÍAS DE
IMPRESIÓN 3D.***

CARTA DE CESIÓN DE DERECHOS DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

CT-ANX-2025-ISTER-2-2.3

Sangolquí, 27 de agosto del 2025

**MSC. ELIZABETH ORDOÑEZ
DIRECTORA DE DOCENCIA**

**MSC. MÓNICA LOACHAMÍN
COORDINADORA DE TITULACIÓN**

**INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO RUMIÑAHUI CON CONDICIÓN DE
UNIVERSITARIO**

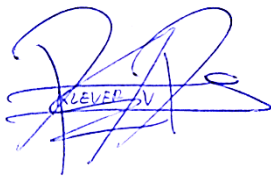
Presente

Por medio de la presente, yo, Viteri Carvajal Klever Ramiro declaro y acepto en forma expresa lo siguiente: Ser autor del trabajo de titulación denominado, DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UN SISTEMA DE FRENADO FUNCIONAL EN UN VEHICULO A ESCALA, MEDIANTE TECNOLOGIAS DE IMPRECION 3D, de la Tecnología Universitaria en Mecánica y Sistemas automotrices; y a su vez manifiesto mi voluntad de ceder al Instituto Superior Tecnológico Rumiñahui con condición de Universitario los derechos de reproducción, distribución y publicación de dicho trabajo de titulación, en cualquier formato y medio, con fines académicos y de investigación.

Esta cesión se otorga de manera no exclusiva y por un periodo indeterminado. Sin embargo, conservo los derechos morales sobre mi obra.

En fe de lo cual, firmo la presente.

Atentamente,



Klever Ramiro Viteri Carvajal
C.I.: 0503905630

CARTA DE CESIÓN DE DERECHOS DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

CT-ANX-2025-ISTER-2-2.3

Sangolquí, 27 de agosto del 2025

**MSC. ELIZABETH ORDOÑEZ
DIRECTORA DE DOCENCIA**

**MSC. MÓNICA LOACHAMÍN
COORDINADORA DE TITULACIÓN**

**INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO RUMIÑAHUI CON CONDICIÓN DE
UNIVERSITARIO**

Presente

Por medio de la presente, yo, VILATUÑA LAHUASI FRANCISCO JAVIER declaro y acepto en forma expresa lo siguiente: Ser autor del trabajo de titulación denominado, DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UN SISTEMA DE FRENADO FUNCIONAL EN UN VEHICULO A ESCALA, MEDIANTE TECNOLOGIAS DE IMPRECION 3D, de la Tecnología Universitaria en Mecánica y Sistemas automotrices; y a su vez manifiesto mi voluntad de ceder al Instituto Superior Tecnológico Rumiñahui con condición de Universitario los derechos de reproducción, distribución y publicación de dicho trabajo de titulación, en cualquier formato y medio, con fines académicos y de investigación.

Esta cesión se otorga de manera no exclusiva y por un periodo indeterminado. Sin embargo, conservo los derechos morales sobre mi obra.

En fe de lo cual, firmo la presente.

Atentamente,



Vilatuña Lahuasi Francisco Javier
C.I.: 1723951362

CARTA DE CESIÓN DE DERECHOS DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

CT-ANX-2025-ISTER-2-2.3

Sangolquí, 27 de agosto del 2025

**MSC. ELIZABETH ORDOÑEZ
DIRECTORA DE DOCENCIA**

**MSC. MÓNICA LOACHAMÍN
COORDINADORA DE TITULACIÓN**

**INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO RUMIÑAHUI CON CONDICIÓN DE
UNIVERSITARIO**

Presente

Por medio de la presente, yo, CHANGO ORDOÑEZ DANIEL ALEXANDER declaro y acepto en forma expresa lo siguiente: Ser autor del trabajo de titulación denominado, DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UN SISTEMA DE FRENADO FUNCIONAL EN UN VEHICULO A ESCALA, MEDIANTE TECNOLOGIAS DE IMPRECION 3D, de la Tecnología Universitaria en Mecánica y Sistemas automotrices; y a su vez manifiesto mi voluntad de ceder al Instituto Superior Tecnológico Rumiñahui con condición de Universitario los derechos de reproducción, distribución y publicación de dicho trabajo de titulación, en cualquier formato y medio, con fines académicos y de investigación.

Esta cesión se otorga de manera no exclusiva y por un periodo indeterminado. Sin embargo, conservo los derechos morales sobre mi obra.

En fe de lo cual, firmo la presente.

Atentamente,



Chango Ordoñez Daniel Alexander
C.I.: 1900478858

**FORMULARIO PARA ENTREGA DE PROYECTOS EN
BIBLIOTECA INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO
RUMIÑAHUI CON CONDICIÓN DE
UNIVERSITARIO**

CT-ANX-2025-ISTER-3

CARRERA:

TECNOLOGÍA UNIVERSITARIA EN MECANICA Y SISTEMAS
AUTOMOTRICES.

AUTOR /ES:

FRANCISCO JAVIER VITAÚÑA , KLEVER RAMIRO VITERI CARVAJAL,
DANIEL ALEXANDER CHANGO ORDOÑEZ.

TUTOR (METODOLÓGICO Y ACADÉMICO):

GUILLERMO IVAN OÑA SARMIENTO

CONTACTO ESTUDIANTE:

Francisco Javier Vilatuña Lahuasi: 0987504189

Klever Ramiro Viteri Carvajal: 0988851293

Daniel Alexander Chango Ordoñez: 0987641873

CORREO ELECTRÓNICO:

Francisco Vilatuña: francisco.vilatuna@ister.edu.ec

Klever Viteri: klever.viteri@ister.edu.ec

Daniel Chango: daniel.chango@ister.edu.ec

TEMA:

DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UN SISTEMA DE FRENADO FUNCIONAL EN UN
VEHICULO A ESCALA, MEDIANTE TECNOLOGIAS DE IMPRECION 3D

OPCIÓN DE TITULACIÓN:

UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

RESUMEN EN ESPAÑOL:

El presente trabajo de titulación aborda el diseño y fabricación de un sistema de frenado funcional aplicado en un vehículo a escala, utilizando herramientas tecnológicas, aplicaciones computarizadas de diseño gráfico y tecnologías de impresión 3d como herramienta principal para la fabricación de los diferentes componentes, los cuales incluyen el sistema de frenos de un vehículo.

Este proyecto parte de la necesidad de dotar de frenos a un vehículo a escala, ámbito en el cual se basa esta investigación, con la finalidad de mejorar la operatividad del mismo, en este ámbito, esta investigación se enmarca dentro del desarrollo de prototipos funcionales que permitan replicar, a una escala reducida, sistemas reales los cuales son utilizados dentro de la industria automotriz. Para ello, el análisis de las diferentes teorías y principios básicos de frenado de un vehículo, así como también la evaluación del tipo de material de impresión 3D, el cual se adapte y soporte las condiciones de funcionamiento del sistema, son de vital importancia dentro de lo que concierne el diseño y fabricación del sistema de frenos.

Así mismo, la metodología empleada para la ejecución del proyecto comprende diferentes etapas de desarrollo de componentes, tales como el diseño digital mediante software 3d y la fabricación asistida de piezas, utilizando filamentos plásticos de alta calidad y resistencia, de manera que la probabilidad de ruptura de los componentes del sistema de frenado sea nula.

De igual forma, la fase experimental y de análisis técnico toma un lugar esencial dentro de este proyecto de titulación, la evaluación de la resistencia del material a la fricción mediante la aplicación de una masa con distintos pesos en la estructura del vehículo a escala, son aspectos fundamentales al momento de determinar la fuerza de frenado, estabilidad y tiempo de reacción del sistema de frenos fabricado, pues tal resultado valida la iniciativa de la aplicación de tecnologías de impresión 3d para la fabricación de componentes y construcción de prototipos mecánicos, como un recurso de enseñanza y aprendizaje didáctico.

PALABRAS CLAVE:

DISEÑO, FABRICACIÓN, SISTEMA DE FRENADO.

ABSTRACT:

This thesis addresses the design and manufacture of a functional braking system applied to a scale vehicle, using technological tools, computerized graphic design applications, and 3D printing technologies as the primary tool for manufacturing the various components, which comprise a vehicle's braking system.

This project is based on the need to equip a scale vehicle with brakes, the area on which this research is based, in order to improve its operation. In this area, this research is part of the development of functional prototypes that allow replicating, on a reduced scale, real systems used in the automotive industry. To this end, the analysis of the different theories and basic principles of vehicle braking, as well as the evaluation of the type of 3D printing material that adapts to and supports the operating conditions of the system, are of vital importance in the design and manufacture of the braking system.

Likewise, the methodology used to execute the project includes different stages of component development, such as digital design using 3D software and assisted part manufacturing, using high-quality, durable plastic filaments, ensuring that the probability of breakage of the braking system components is zero.

Likewise, the experimental and technical analysis phase plays an essential role in this degree project. The evaluation of the material's resistance to friction by applying a mass of different weights to the structure of the scaled vehicle are fundamental aspects when determining the braking force, stability, and reaction time of the manufactured braking system. This result validates the initiative of applying 3D printing technologies to manufacture components and build mechanical prototypes, as a teaching and learning resource.

PALABRAS CLAVE:

Design, Manufacturing, Braking System

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Francisco Vilatuña".

Firma del Estudiante (AUTOR)
Francisco Javier Vilatuña Lahuasi
C.I.: 1723951362

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "KLEVER SV".

Firma del Estudiante (AUTOR)
Klever Ramiro Viteri Carvajal
C.I.: 0503905630

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Daniel".

Firma del Estudiante (AUTOR)
Daniel Alexander Chango Ordoñez
C.I.: 1900478858

SOLICITUD DE PUBLICACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

CT-ANX-2025-ISTER-4

Sangolquí, 27 de agosto del 2025

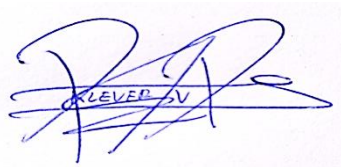
Sres.-

**INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO RUMIÑAHUI CON CONDICIÓN DE
UNIVERSITARIO**

Presente

Yo KLEVER RAMIRO VITERI, con C.I.: 0503905630 alumno de la Carrera TECNOLOGÍA UNIVERSITARIA EN MECANICA Y SISTEMAS AUTOMOTRICES, cedo al INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO RUMIÑAHUI CON CONDICIÓN DE UNIVERSITARIO, los derechos de publicaciones del presente trabajo de Titulación en el Repositorio Institucional para hacer uso de todos los contenidos con fines estrictamente académico o de investigación.

Atentamente,



Firma del Estudiante
Klever Ramiro Viteri Carvajal
C.I.: 0503905630

SOLICITUD DE PUBLICACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

CT-ANX-2025-ISTER-4

Sangolquí, 27 de agosto del 2025

Sres.-

**INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO RUMIÑAHUI CON CONDICIÓN DE
UNIVERSITARIO**

Presente

Yo FRANCISCO JAVIER VILATUÑA LAHUASI, con C.I.: 1723951362 alumno de la Carrera TECNOLOGÍA UNIVERSITARIA EN MECANICA Y SISTEMAS AUTOMOTRICES, cedo al INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO RUMIÑAHUI CON CONDICIÓN DE UNIVERSITARIO, los derechos de publicaciones del presente trabajo de Titulación en el Repositorio Institucional para hacer uso de todos los contenidos con fines estrictamente académico o de investigación.

Atentamente,



Firma del Estudiante

Francisco Xavier Vilatuña Lahuasi

C.I.: 1723951362

SOLICITUD DE PUBLICACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

CT-ANX-2025-ISTER-4

Sangolquí, 27 de agosto del 2025

Sres.-

**INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO RUMIÑAHUI CON CONDICIÓN DE
UNIVERSITARIO**

Presente

Yo DANIEL ALEXANDER CHANGO ORDOÑEZ, con C.I.: 1900478858 alumno de la Carrera TECNOLOGÍA UNIVERSITARIA EN MECANICA Y SISTEMAS AUTOMOTRICES, cedo al INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO RUMIÑAHUI CON CONDICIÓN DE UNIVERSITARIO, los derechos de publicaciones del presente trabajo de Titulación en el Repositorio Institucional para hacer uso de todos los contenidos con fines estrictamente académico o de investigación.

Atentamente,



Firma del Estudiante

Daniel Alexander Chango Ordoñez

C.I.: 1900478858

DEDICATORIA:

Dedico este trabajo de tesis a Dios, a mis padres, por ser el pilar fundamental en mi formación académica, a mi familia y seres queridos, los cuales me apoyaron, aconsejaron y estuvieron conmigo celebrando cada logro con alegría y entusiasmo.

Klever Viteri C.

El presente trabajo va dedicado, a Dios y a mi familia, que fueron el apoyo en todo este proceso. A mi madre que gracias a su amor y sacrificio logré alcanzar una de mis metas más anheladas.

Francisco Vilatuña L.

Dedico el proyecto a mis padres por todo su apoyo que me han brindado en este largo trayecto de aprendizaje.

Daniel Chango O.

AGRADECIMIENTOS:

Agradezco a Dios y a mi familia, de una manera muy especial a mis padres por todo su sacrificio y apoyo incondicional a lo largo de este trayecto de estudios.

KLEVER VITERI C.

Quiero expresar mi gratitud a Dios, a mi familia que es mi mayor fortaleza. A mi madre por su inmenso apoyo y su amor incondicional.

Francisco Vilatuña L.

Agradezco a dios y a mis padres por la ayuda que me brindan.

Daniel Chango O.

RESUMEN:

El presente trabajo de titulación aborda el diseño y fabricación de un sistema de frenado funcional aplicado en un vehículo a escala, utilizando herramientas tecnológicas, aplicaciones computarizadas de diseño gráfico y tecnologías de impresión 3d como herramienta principal para la fabricación de los diferentes componentes, los cuales incluyen el sistema de frenos de un vehículo.

Este proyecto parte de la necesidad de dotar de frenos a un vehículo a escala, ámbito en el cual se basa esta investigación, con la finalidad de mejorar la operatividad del mismo, en este ámbito, esta investigación se enmarca dentro del desarrollo de prototipos funcionales que permitan replicar, a una escala reducida, sistemas reales los cuales son utilizados dentro de la industria automotriz. Para ello, el análisis de las diferentes teorías y principios básicos de frenado de un vehículo, así como también la evaluación del tipo de material de impresión 3D, el cual se adapte y soporte las condiciones de funcionamiento del sistema, son de vital importancia dentro de lo que concierne el diseño y fabricación del sistema de frenos.

Así mismo, la metodología empleada para la ejecución del proyecto comprende diferentes etapas de desarrollo de componentes, tales como el diseño digital mediante software 3d y la fabricación asistida de piezas, utilizando filamentos plásticos de alta calidad y resistencia, de manera que la probabilidad de ruptura de los componentes del sistema de frenado sea nula.

De igual forma, la fase experimental y de análisis técnico toma un lugar esencial dentro de este proyecto de titulación, la evaluación de la resistencia del material a la fricción mediante la aplicación de una masa con distintos pesos en la estructura del vehículo a escala, son aspectos fundamentales al momento de determinar la fuerza de frenado, estabilidad y tiempo de reacción del sistema de frenos fabricado, pues tal

resultado valida la iniciativa de la aplicación de tecnologías de impresión 3d para la fabricación de componentes y construcción de prototipos mecánicos, como un recurso de enseñanza y aprendizaje didáctico.

PALABRAS CLAVES: DISEÑO, FABRICACIÓN, SISTEMA DE FRENADO.

ABSTRACT:

This thesis addresses the design and manufacture of a functional braking system applied to a scale vehicle, using technological tools, computerized graphic design applications, and 3D printing technologies as the primary tool for manufacturing the various components, which comprise a vehicle's braking system.

This project is based on the need to equip a scale vehicle with brakes, the area on which this research is based, in order to improve its operation. In this area, this research is part of the development of functional prototypes that allow replicating, on a reduced scale, real systems used in the automotive industry. To this end, the analysis of the different theories and basic principles of vehicle braking, as well as the evaluation of the type of 3D printing material that adapts to and supports the operating conditions of the system, are of vital importance in the design and manufacture of the braking system.

Likewise, the methodology used to execute the project includes different stages of component development, such as digital design using 3D software and assisted part manufacturing, using high-quality, durable plastic filaments, ensuring that the probability of breakage of the braking system components is zero.

Likewise, the experimental and technical analysis phase plays an essential role in this degree project. The evaluation of the material's resistance to friction by applying a mass of different weights to the structure of the scaled vehicle are fundamental aspects when determining the braking force, stability, and reaction time of the manufactured braking system. This result validates the initiative of applying 3D printing technologies to manufacture components and build mechanical prototypes, as a teaching and learning resource.

KEYWORDS: DESIGN, MANUFACTURING, BRAKING SYSTEM

Tabla de contenido

INTRODUCCIÓN.....	1
Planteamiento del problema	2
Problema científico.....	3
Preguntas científicas o directrices	3
OBJETIVO GENERAL	4
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	4
JUSTIFICACIÓN	4
CAPITULO I.....	6
1.0 MARCO TEÓRICO	6
1.1 FUNDAMENTOS DEL SISTEMA DE FRENADO AUTOMOTRIZ	6
1.1.1 Principio físico del frenado.....	6
1.2 TIPOS DE SISTEMAS DE FRENOS.....	7
1.2.1 Sistema de frenos mecánico	7
1.2.2 Sistema de frenos de tambor.....	8
1.2.3 Sistema de frenos de disco.....	9
1.2.4 Componentes principales del sistema de frenos de disco.....	10
1.2.5 Reparto de las fuerzas de frenado.....	11
1.2.6 Sistema de frenos aplicados a vehículos a escala	12
1.3 TECNOLOGÍA DE IMPRESION 3D – FRABRICACIÓN ADITIVA ..	13
1.3.1 Concepto y evolución de la impresión 3D.....	13
1.3.2 Evolución.....	14

1.4 LA IMPRESIÓN 3D	14
1.4.1 Aplicaciones actuales en el sector automotriz	16
1.4.2 Ventajas y limitaciones en la fabricación de piezas mecánicas.....	17
1.5 MATERIALES UTILIZADOS EN MATERIALES 3D.....	18
1.6 MODELADO Y DISEÑO ASISTIDO POR COMPUTADORA.....	19
1.6.1 Software CAD aplicados al diseño mecánico.....	19
1.7 TEORÍAS	21
1.7.1 Teoría de fricción.....	21
1.7.2 Teoría de conversión de energía.....	22
1.7.3 Principio de Pascal.....	22
1.8 CONTEXTO.....	23
1.9 GLOSARIO DE TERMINOS	24
CAPÍTULO II.....	25
2.0 METODOLOGÍA.....	25
2.1 Tipo de investigación.....	25
2.2 Instrumentos de diseño	25
2.3 Diseño de la investigación.....	26
CAPÍTULO III	28
3.0 DESARROLLO DEL PROYECTO	28
3.1 PROPUESTA DEL DESARROLLO DEL PROYECTO TÉCNICO.....	28
3.1.1 Descripción general del proyecto	28
3.1.2 Descripción de la propuesta.....	29

3.2 ETAPAS DE DESARROLLO DEL PROYECTO TÉCNICO	29
3.2.1 Análisis del sistema a efectuar.....	29
3.2.2 Adopción del mecanismo de accionamiento	30
3.2.3 Elección del material de impresión	30
3.2.4 Diseño de componentes	31
3.2.5 Preparación de archivos impresión 3D	31
3.2.6 Impresión aditiva de componentes	31
3.2.7 Ensamblaje del sistema de frenos	32
3.2.7.1 DISEÑO Y FABRICACIÓN DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA DE FRENOS DE DISCO	33
3.2.7.2 DISEÑO E IMPRESIÓN DE LA BASE DEL CONTROL DE ACCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE FRENOS	38
3.2.8 Fase de pruebas del sistema de frenos	43
3.3 INTEGRACIÓN DEL SISTEMA DE FRENADO CON CIRCUITO ELÉCTRICO	44
CONCLUSIONES.....	46
RECOMENDACIONES	49
BIBLIOGRAFÍA	51
ANEXOS	53

INTRODUCCIÓN

El desarrollo de prototipos a escala se ha convertido en uno de los procesos más importantes dentro de lo que concierne el diseño y experimentación de los diferentes sistemas los cuales conforman el vehículo, pues, la incorporación de tecnologías de impresión 3d, ayuda a la obtención de componentes que posteriormente son utilizados para la creación de diferentes ensamblajes a escala reducida, lo cual corrobora a la evaluación de su funcionamiento, y aspecto real dentro de un modelo original de mayor tamaño o complejidad. *(La Impresión 3D En La Fabricación De Prototipos | AsorCAD, s. f.)*

Entre los diferentes tipos de sistemas que componen el vehículo, el sistema de frenos cumple un papel crucial, ya que garantiza la seguridad, control y estabilidad durante el desplazamiento del automóvil. Sin embargo, la implementación de un sistema de frenos funcional dentro de un prototipo de un vehículo a escala, presenta una serie de retos técnicos y de diseño, para lo cual, la implementación de soluciones innovadores y adaptables al contexto del proyecto, es fundamental dentro del marco de construcción de un sistema de frenado adaptable para un vehículo a escala.

En este sentido, la presente tesis está orientada específicamente al diseño y fabricación de un sistema de frenos mediante diseño gráfico computarizado en Solid Works y tecnologías de impresión 3d, el mismo que sea capaz de detener el desplazamiento del vehículo a escala, considerando diferentes teorías y principios básicos de la dinámica del frenado, así como también el análisis de diferentes sistemas los cuales puedan adaptarse a este prototipo.

A lo largo del desarrollo textual de la actual tesis de titulación se abordarán los diferentes conceptos relacionados al sistema de frenos seleccionado y adaptado al vehículo a escala, así como también la conceptualización del diseño, la selección del

material de impresión, el modelado tridimensional de las piezas y la evaluación de la funcionalidad del sistema de frenos aplicado.

Planteamiento del problema

Dentro del entorno de educación técnica y tecnológica, especialmente en el área de mecánica automotriz, el desarrollo y construcción de prototipos funcionales mediante la aplicación de tecnologías modernas, constituye una de las herramientas fundamentales dentro del proceso de formación académica, pues a través de ello se logra la aplicación práctica de los conocimientos adquiridos de forma teórica.(Cabrera-Frías et al., 2023)

En este marco, al existir dentro de la institución un vehículo a escala destinado a fines académicos, al cual se ha propuesto realizar una serie de modificaciones para simular el funcionamiento real de un vehículo mediante la incorporación de un motor y un sistema de transmisión de movimiento hacia las ruedas, el problema surge en cuanto a la ausencia de un sistema de frenado que cumpla la función principal de detener el desplazamiento del mismo durante las pruebas de funcionamiento, lo cual altera el aprovechamiento del vehículo en simulaciones reales, pues, al estar en movimiento y no tener un mecanismo el cual reduzca su velocidad o frene el movimiento del mismo, su estructura puede estar comprometida, a sufrir daños, además, la falta de este sistema impide directamente la evaluación de los diferentes aspectos mecánicos y de control, de tal manera que reduce el alcance formativo que dicho prototipo puede ofrecer.

Ante esta problemática surge la necesidad de diseñar, e implementar un sistema de frenado el cual se ajuste a las dimensiones del prototipo, sin alterar su estructura y tomando en cuenta los principios básicos del frenado. Para ello se plantea la utilización de tecnologías de impresión 3D como herramienta principal para la obtención de cada uno de los componentes los cuales forman parte del sistema de frenos.

Problema científico

En el ámbito de prototipado de vehículos a escala, tal y como se había mencionado anteriormente uno de los principales desafíos es lograr que un sistema de frenos sea funcional, liviano y adaptable en un tamaño reducido, en este ámbito la ausencia de un mecanismo que permita controlar el movimiento del prototipo escalado dificulta la simulación del funcionamiento real de un vehículo. En este sentido, aunque existen tecnologías de impresión 3D las cuáles permiten la fabricación de piezas personalizadas, pero no siempre se entiende con claridad sus diferentes funciones para poder aprovecharlas correctamente y obtener resultados funcionales posterior a la creación de sistemas mecánicos a escala reducida.

A partir de lo descrito textualmente es este párrafo, surge la siguiente interrogante científica :

¿ Como se podría aplicar los diferentes principios de la ingeniería mecánica de frenado de vehículos y tecnologías de impresión 3d para el diseño de un sistema de frenos funcional adaptable a un vehículo a escala?

Preguntas científicas o directrices

- ¿Cuál es el material apropiado para que se produzca la fricción entre los plásticos?
- ¿De qué manera influye la impresión de piezas en tecnología 3d en el funcionamiento real del sistema de frenado?

OBJETIVO GENERAL

Diseñar y fabricar un sistema de frenado funcional adaptable a un vehículo a escala mediante la utilización de aplicaciones de diseño computarizadas y tecnologías de impresión 3D, que permita detener el prototipo de forma eficiente, segura y de una manera controlada.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar los distintos principios mecánicos y tipos de sistemas de frenado adaptables para vehículos a escala.
- Diseñar los componentes de un sistema de frenado, a través de la utilización de programas de diseño computarizado “SolidWorks”.
- Fabricar un sistema de frenado funcional mediante impresión 3d para su posterior incorporación en un prototipo de vehículo a escala.

JUSTIFICACIÓN

Uno de los aspectos más relevantes en el diseño de los vehículos sin importar su escala es el mecanismo que hace que el automóvil pueda detenerse controladamente. Originalmente y en la vida real “el sistema de frenos forma parte de uno de los sistemas de mayor importancia. Sin este estaríamos ante un auto capaz de viajar, pero no de detenerse a tiempo”. (*Importancia de los frenos | Servifreno La Seguridad Requiere Calidad*, s. f.).

En este sentido, tal y como argumenta el autor, es un aspecto de vital importancia, que cobra relevancia en el desarrollo del proyecto, en el caso de los vehículos a escala este tipo de control es totalmente nulo ya que este tipo de prototipos solamente están diseñados para moverse libremente, en nuestro caso, al ser un vehículo, al que se propone realizar diferentes modificaciones para que este pueda moverse mediante el impulso de un motor

para simular el funcionamiento real de un automóvil, la ausencia de este sistema limita el rendimiento del modelo al momento de realizar pruebas de funcionamiento simulando condiciones reales.

En este contexto, el presente trabajo se justifica por la necesidad de diseñar un sistema de frenos para un vehículo a escala, lo cual implica pensar en la fabricación de componentes que funcionen correctamente y que se ajusten a las dimensiones estructurales del mismo, sin comprometer los demás sistemas de impulso del prototipo. Para ello se propone la utilización de tecnologías de impresión 3d como una de las herramientas base para la fabricación de las diferentes piezas, pues, “la impresión 3D es un tipo de tecnología que te permite crear un objeto tridimensional a partir de un diseño digital”, lo cual permite la creación de piezas personalizadas y ajustables de acuerdo a los requerimientos estructurales del prototipo. (*Cultura tecnológica: ¿Qué es una Impresora 3D?*, s. f.)

Además, este proyecto no solamente busca resolver un problema práctico, sino también demostrar una vez más que la impresión 3d puede ser una de las alternativas viables para la fabricación de componentes que no realizan mayor esfuerzo en un vehículo de tamaño real. Adicional a esto, el uso de esta tecnología fomenta el aprendizaje autónomo, el pensamiento creativo y la aplicación directa de conocimientos de diseño mecánico computarizado y de análisis para la creación de sistemas funcionales a partir de una estructura ya creada.

CAPITULO I

1.0 MARCO TEÓRICO

1.1 FUNDAMENTOS DEL SISTEMA DE FRENADO AUTOMOTRIZ

1.1.1 Principio físico del frenado

El sistema de frenos es uno de los sistemas más imprescindibles de seguridad activa existente dentro del automóvil.

Por lo general, el sistema de frenos de un vehículo funciona a partir de la aplicación de una fuerza desde una pieza fija sobre una que se encuentra realizando un movimiento rotacional. Esta acción permite que exista la presencia de fricción entre dos superficies, lo cual desenlaza la disminución de la velocidad y detención del desplazamiento del vehículo (Albornoz, s. f.).

En otras palabras, el principio de funcionamiento de un sistema de frenado vehicular se basa en un fenómeno físico llamado fricción, generada a partir del contacto físico de una superficie fija con otra que está en movimiento, provocando que la resistencia ocasionada por el contacto de superficies, disminuya la velocidad de rotación hasta detener el vehículo completamente.

Dentro del contexto real del funcionamiento de un sistema de frenos, esta fricción ocurre entre las pastillas y el disco (frenos de disco), y entre las zapatas y el tambor (frenos de tambor), pues dicha fricción se genera al momento en que el conductor acciona el pedal de freno.(*Cuáles son los principios de frenado - Conocimiento*, s. f.)

En este contexto, esta interacción es esencial para lograr un control adecuado del movimiento del automóvil. El sistema de frenos, aunque simple en su concepto, requiere que su diseño técnico sea preciso, asimismo, lleva consigo diversos factores los cuales se deben tomar en cuenta al momento de su fabricación, así como los materiales a utilizar

, la superficie de contacto y la manera por la cual se va a disipar, los cuales son aspectos esenciales para que el mecanismo funcione de una manera eficiente.

Así mismo, en esa misma línea y haciendo adición a lo planteado anteriormente, el proceso de frenado de un vehículo, también se basa en principios básicos fundamentales de transformación de energía. Un vehículo al estar en movimiento continuo trae consigo una cierta cantidad de energía cinética, misma energía que posteriormente se convierte en energía térmica la misma que se disipa al ambiente, después de que se haya producido la fricción por el proceso de frenado para detener el vehículo. *(Cuáles son los principios de frenado - Conocimiento, s. f.)*

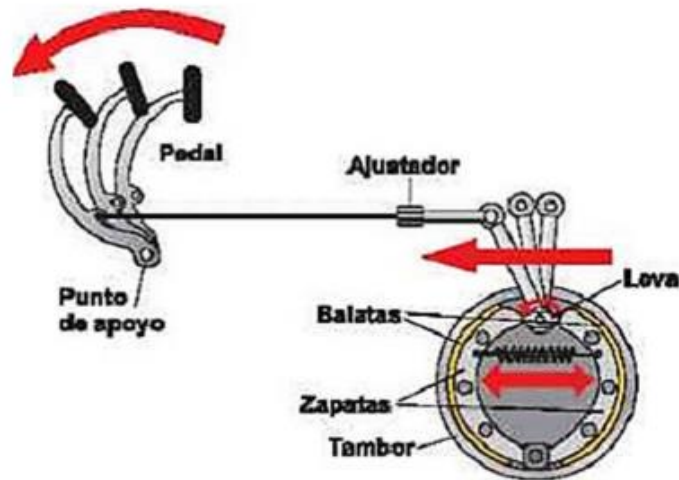
De la misma manera, es trascendental considerar que el frenado no solamente implica detener el vehículo, sino también hacerlo de una manera controlada y estable, estableciendo un equilibrio entre la fuerza de fricción, el movimiento y el peso del vehículo.

1.2 TIPOS DE SISTEMAS DE FRENOS.

1.2.1 Sistema de frenos mecánico

Dentro de lo que concierne un sistema de frenos mecánico, la fuerza que se aplica sobre el pedal es transmitida hacia las zapatas de freno de las ruedas del vehículo mediante varillas o cables que permiten la transmisión de la fuerza para que la leva de se accione. De esta manera, se logra abrir las zapatas las cuales al entrar en contacto con la superficie interna del tambor permitirá que el vehículo disminuya su velocidad de desplazamiento por la fricción generada entre las superficies. Posterior a esta acción, las zapatas vuelven a su posición original mediante la ayuda de un resorte retráctil incorporado en el sistema. *(Velasategui Carrillo, s. f.)*

Figura 1
Accionamiento del freno de tambor mecánico



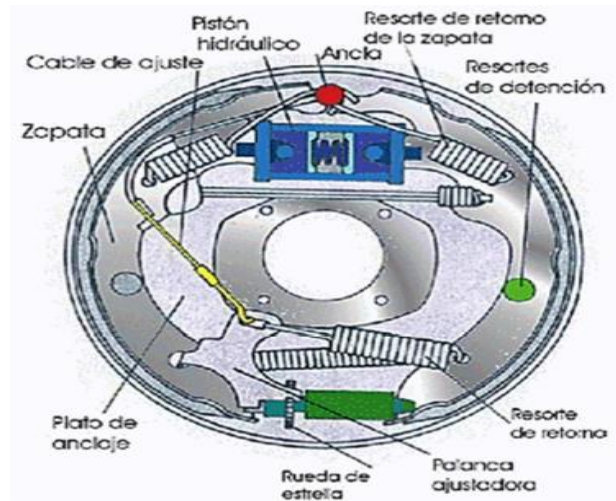
Fuente: Albornoz. (s. f.). *FUERZAS DESARROLLADAS EN EL FRENADO DE VEHÍCULOS.*

1.2.2 Sistema de frenos de tambor

Este sistema es también conocido como freno de campana, funciona a base de un par de zapatas, las mismas que al momento del accionamiento del pedal de freno del vehículo se expanden hacia afuera, permitiendo el contacto con la superficie interna del tambor. Este tambor está acoplado al eje de o a la rueda del automóvil y gira conjuntamente con ellos. Al momento que las zapatas entran en contacto con el tambor, se genera la fricción necesaria para disminuir y frenar completamente la velocidad de desplazamiento del coche. *(Qué es el freno de tambor y para qué sirve, s. f.)*

En ese sentido, así mismo, una de las características más importantes de este sistema es la capacidad que tiene el mismo para alojar todos los elementos que lo conforman, lo cual los protege de elementos exteriores como el polvo y la humedad, los mismos pueden ser perjudiciales y dañen el sistema. En comparación con los frenos de disco, presenta ciertas desventajas, al ser un sistema verdicadamente serrado la disipación térmica o de calor va a ser menor y se concentra principalmente en el tambor, lo que desenlaza en una pérdida de eficiencia en situaciones de frenado prolongado.

Figura 2
Freno de tambor



Fuente: Alborno. (s. f.). *FUERZAS DESARROLLADAS EN EL FRENADO DE VEHÍCULOS.*

1.2.3 Sistema de frenos de disco

Los frenos de disco son un sistema de frenado comúnmente incorporado en las ruedas delanteras o motrices de los automóviles, debido a su eficacia y su capacidad para disipar el calor durante el proceso de frenado. Este sistema cuenta con un caliper o pinza flotante sobre el cual se apoyan las pastillas y se activa mediante un solo pistón, el cual presiona una de las pastillas contra la superficie del disco, dicho de otra manera, esta acción genera una fuerza de reacción que desplaza la pinza, permitiendo que la pastilla del lado opuesto logre hacer contacto con el disco por el lado contrario haciendo que las ruedas del vehículo puedan frenarse. (Guzmán Valle Alma Mater del Magisterio Nacional FACULTAD TECNOLOGÍA et al., 2023)

Comprender este principio es fundamental en el diseño de un sistema de frenos a escala, ya que permite aplicar criterios reales de ingeniería en miniatura. Reproducir correctamente la dinámica entre pistón, caliper, pastillas y disco es clave para que el prototipo responda de manera funcional y segura ante las pruebas de frenado.

1.2.4 Componentes principales del sistema de frenos de disco

Este sistema de frenado automotriz está conformado por una serie de elementos los cuales trabajan de manera conjunta para lograr una desaceleración progresiva y controlada del automotor. Cada uno de los elementos cumplen una función principal dentro del Sistema y su correcto funcionamiento garantiza la eficiencia del frenado y la seguridad de los ocupantes del vehículo.

Pastillas: Las pastillas de frenado son elementos de fricción que se encuentran en el cáliper. Después de presionar el pedal, estas pastillas se contraen en el disco para reducir la velocidad del automóvil debido a la fricción.

Disco de freno: Este es un componente preciado dentro del sistema de freno, el cual está proyectado para generar fricción y minimizar la velocidad. Su diseño incorpora cualidades importantes, como el espesor, orificios de ventilación y superficies. Estos predominan en el rendimiento y en como disipan el calor generado. Su funcionamiento radica en la presión de las pastillas de frenado contra la superficie, estableciendo fricción los cuales detiene al automotor. Los discos se encuentran confeccionados de varios componentes tales como, el hierro fundido, combinado de carbono y cerámico.

Bomba: La bomba es considerado el pulmón del sistema de frenos hidráulicos, pues este se activa al momento en que el conductor del vehículo acciona el pedal de freno, de esta manera es posible transformar la fuerza mecánica ejercida en el pedal de frenos a presión hidráulica, de esta manera se puede enviar el fluido a través de líneas hidráulicas con la presión suficiente para que las ruedas puedan detenerse.

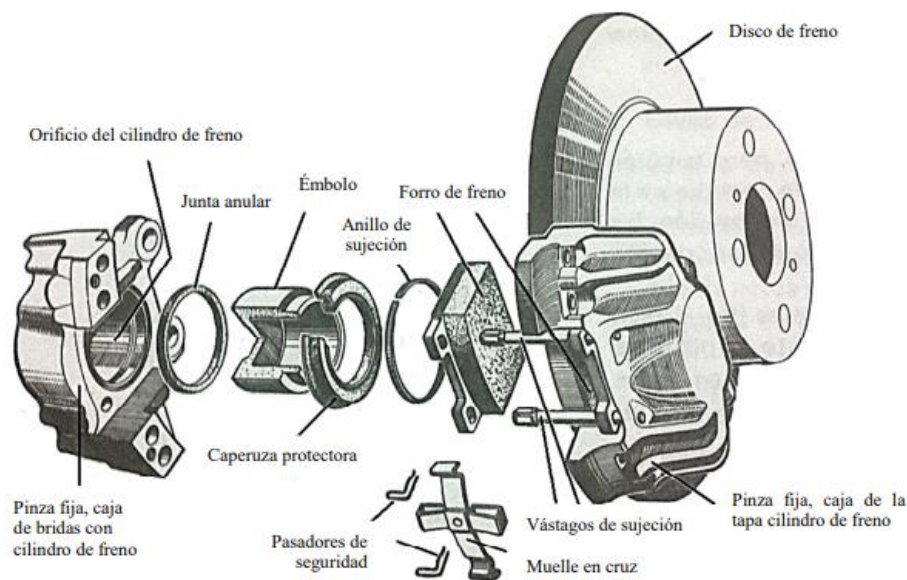
Líneas Hidráulicas: Dentro del sistema de frenos de disco hidráulicos, las líneas hidráulicas, son las encargadas de transportar el fluido desde la bomba hacia los cilindros receptores de cada una de las ruedas, así pues estos conductos deben ser resistentes a la presión y el calor, y estar libre de cualquier tipo de fuga y ruptura, ya que de esta manera

se puede evitar la fuga del fluido y de presión, los cuales son dos factores esenciales para que el sistema funcione de manera correcta y segura.

Líquido de frenos: Es un líquido utilizado en frenos hidráulicos, esto permite que al pisar el pedal transmitir, la fuerza necesaria para mover efectivamente al cilindro presionado las pastillas de freno contra el disco de freno. (*Análisis termodinámico de frenos de disco ebook*, s. f.)

Figura 3

Despiece de los componentes del sistema de frenos de disco



Fuente: Albornoz. (s. f.). *FUERZAS DESARROLLADAS EN EL FRENADO DE VEHÍCULOS.*

1.2.5 Reparto de las fuerzas de frenado

Dentro del contexto real de diseño automotriz, cuando un vehículo está en reposo, su masa se reparte entre el eje delantero y trasero, proporcionalmente al diseño original del vehículo. En vehículos comerciales actuales, en la parte delantera existe mayor concentración de peso, esto se debe a que, en este punto del automóvil, se alojan componentes más pesados, tales como el motor y la caja de cambios.

Esta diferencia de peso entre ambos ejes obliga que se considere la distribución correcta de las fuerzas de frenado. En este sentido, si el sistema no se encuentra correctamente equilibrado, existe el riesgo de que las ruedas traseras se bloqueen repentinamente durante el frenado, lo cual compromete la estabilidad del automóvil en situaciones de frenado de emergencia. (Albornoz, s. f.).

En el contexto de este proyecto de tesis es fundamental tener en cuenta este principio de transferencia de masas. Aunque las condiciones y magnitudes son distintas, la correcta distribución de las fuerzas tendrá mucha influencia en el comportamiento dinámico de frenado del prototipo. Por lo tanto, para el diseño del sistema de frenado para el vehículo a escala, se debe contemplar estas variaciones, para lograr un frenado eficiente y controlado del prototipo.

1.2.6 Sistema de frenos aplicados a vehículos a escala

Al diseñar un sistema de frenado para un vehículo a escala, se enfrentan diferentes desafíos técnicos derivados directamente desde la reducción de tamaño, lo cual requiere la adopción de soluciones adaptables a la estructura ya creada del prototipo. En modelos escalados, en comparación con vehículos reales, las fuerzas involucradas son menores, y por lo tanto los componentes los cuales conforman el sistema también son de tamaño reducido, por lo tanto, el uso de componentes comerciales existentes en el mercado es nulo. Por lo tanto, se deben diseñar piezas pequeñas con un material resistente, el cual soporte la tensión y fricción del frenado, especialmente en las pastillas de freno. (*Pastilla de freno - Wikipedia, la enciclopedia libre*, s. f.)

Aunque el calor generado en un sistema a escala es menor, la masa reducida de fabricación de los componentes puede calentarse rápidamente, ocasionando un desgaste prematuro, haciendo que se pierda la eficiencia del sistema y no se cumpla con el propósito para el cual fue creado.

La impresión 3d a través de la fundición de un filamento presenta variaciones específicas en cuanto a la precisión y tolerancia, esto se debe especialmente a fenómenos como la contracción del filamento y fluencia de calor, variaciones que pueden afectar la eficacia del sistema de frenado. Es por ello que el ajuste preciso del nivel de impresión es esencial al momento de fabricar determinadas piezas y componentes. (*Cómo prevenir la fluencia de calor en la impresión 3D: una guía completa - Goldsupplier, s. f.*)

Además, en miniatura, la tribología cobra especial importancia, pues, la presencia de pequeñas imperfecciones puede provocar que el desgaste de un determinado componente aumente y reduzca la eficacia del frenado. (*Tribología - Wikipedia, la enciclopedia libre, s. f.*)

1.3 TECNOLOGÍA DE IMPRESIÓN 3D – FABRICACIÓN ADITIVA

1.3.1 Concepto y evolución de la impresión 3D

La impresión 3D, también llamada construcción aditiva, es una práctica que crea piezas en tres dimensiones en función de un esquema digital. A causa de su manejo para elaborar piezas dificultosas con exactitud, facilitando la adaptabilidad en masa, y minorar costes y sobrantes. Esta es una tecnología acomodada que opera con varios recursos como plásticos, metales y tejidos biológicos, lo que la ha potenciado para su aplicación en sectores como en la industria automotriz (*Vista de la impresión 3D: la nueva revolución industrial, s. f.*).

Desde su invención, se ha probado que la impresión 3D ha tenido un importante crecimiento. Desde su origen, esta tecnología costosa e intangible es utilizada primordialmente para la confección de bosquejos y prototipos en sectores industriales técnicos. No obstante, con el pasar del tiempo, esta tecnología 3D ha prosperado en términos de coste y cualidades técnicas. En la actualidad se ha cambiado en un implemento sustancial para la elaboración de piezas en una gran diversidad de

industrias.*(Investigadores de Harvard ayudan a la impresión 3D a dar el siguiente paso*
— *Harvard Gazette*, s. f.)

1.3.2 Evolución

Esta tecnología, posibilita la optimización en entornos como la medicina, la industria aeroespacial y la automoción. Por ejemplo, un estudio en el sector de la automoción demuestra que la impresión 3D ha agilitado el progreso de invención de figuras, concediendo a que las empresas puedan demostrar y optimizar sus proyecciones con mayor valía. Uno de los avances con mayor notoriedad de la impresión 3D, es de la incorporación de técnicas más modernas, como la impresión 3D de metales y la impresión, que es utilizada para crear estructuras biológicas. Estos conceptos están cambiando abruptamente la manera de elaborar y conceptualizar prototipos*(Investigadores de Harvard ayudan a la impresión 3D a dar el siguiente paso*
— *Harvard Gazette*, s. f.).

Un gran avance, es el mejoramiento de la definición y la exactitud de la impresión 3D, lo que concede confeccionar piezas con más precisión. Esto es fundamentalmente importante en aplicaciones como la micro fabricación, donde cada micrómetro es importante. De igual manera, la velocidad en la que imprime ha incrementado sustancialmente, menorando los tiempos de espera para la elaboración de piezas y elementos finales. Por otro lado, otro avance es el de la creación de software más optimizado para el diseño y la simulación en 3D, permitiendo mejorar los diseños y así obtener resultados óptimos(Safali et al., 2023).

1.4 LA IMPRESIÓN 3D

Etapa 1: Prototipo rápido

El prototipado rápido es de los más renombrados, los modelos de trabajo y los conceptos de los modelos se crean con la ayuda de las impresoras 3D. Los modelos son

esquemas más básicos y práctico para modernos productos. Por el contrario, los bocetos prácticos, son más modernos y conceden determinar el tamaño, la forma y la utilidad de cada elemento del artículo previo a su fabricación. Por otro lado, la impresión 3D es idónea para elaborar diseños funcionales y patrones abstractos en unas pocas horas o días, en función del artículo. Con ello tenemos las ventajas de reserva dinero y tiempo, lo que concederá vender los artículos terminados con optimizaciones en la repetibilidad del proceso. (Erick Durazo et al., s. f.).

Etapas 2: Producción de moldes y otras herramientas

Los moldes, plantillas y diversos equipos de confección se crean a través de la impresión 3D. Para que los materiales se empleen en los elementos del artículo final, se necesita utilizar la técnica habitual del desarrollo de producción. En el momento de que las impresoras 3D se incorpore en el progreso de confección habitual se alcanzara beneficios fundamentales en condiciones de tiempo y coste. Así también, a las instalaciones de fabricación se les permite elaborar un conjunto mayor de artículos y variar sus bocetos con mayor velocidad. (Erick Durazo et al., s. f.).

Etapas 3: Manufactura digital directa

La impresión 3D se encuentra ya empleada en ciertos segmentos para la fabricación de piezas finales, la fabricación digital directa es una tecnología novedosa que está ganando terreno en varios campos, como el de la moda, el automovilístico y el aeroespacial. Este modelo tiene la capacidad de fabricar rectamente recursos que la tecnología no puede confeccionar, es por esto que se caracteriza siendo el más notables(Erick Durazo et al., s. f.).

Etapas 4: Fabricación personal

Detalla las condiciones en las que un individuo o grupo fabrican artículos u objetos de manera autónoma, evitando así la necesidad de adquirir algo que tendrá su inicio en una

fábrica. Aunque en años anteriores esta tecnología no existía, varios individuos hacían adquisición de esta en casa. A finales del 2014, ya se encontraban más de 100 distintivos de impresoras 3D, varias de ellas ejemplares de alta condición que podían plasmar diversas cosas. El mercado de las impresoras 3D se está extendiendo rápidamente.(Erick Durazo et al., s. f.).

1.4.1 Aplicaciones actuales en el sector automotriz

Con la implementación de la impresión 3D en la automoción, todo ha cambiado. En la actualidad se presentan bosquejos de modelos acoplados con proporciones exactas y resistencias rigurosas. Para poder hacerse de su primer modelo de trabajo, también es posible seleccionar una gran diversidad de insumos. Entre los beneficios que aporta no sólo se presenta la exactitud del diseño, sino que también la elasticidad. Por todo ello, la impresión 3D es muy fundamental para el crecimiento de los productos.(Durazo et al., s. f.).

Un ejemplo de esto, es la empresa estadounidense General Motors la cual ha consumado una determinante apuesta por la capacidad de la impresión 3D. La empresa afirma ser la primera organización en aplicar este software de diseño para confeccionar sus automotores. Con la implementación de este software, se logrará mejorar las condiciones mecánicas y el peso ligero de sus automotores vigentes, con lo que es capaz de menguar el consumo de combustible(*General Motors apuesta por la impresión de piezas en 3D*, s. f.).

Por otro lado, la empresa francesa Michelin es en efecto un intérprete importante dentro del campo automovilístico. Debido a su trascendencia se encuentra trazando novedosas maneras de optimizar sus artículos y elaborarlos cada vez más apropiados para un planeta más sustentable. Es por eso que Michelin se ha puesto en marcha con un nuevo proyecto, un neumático sin aire impreso en 3D y elaborado con componentes amigables

con el medio ambiente. Estos neumáticos dispondrán de bandas de rodadura cambiables, lo que le concederá adecuarse a la carretera y a sus diferentes condiciones. (*En Michelin sueñan con una rueda sin aire impresa en 3D a partir de materiales biodegradables*, s. f.).

1.4.2 Ventajas y limitaciones en la fabricación de piezas mecánicas

Sin duda la industria del automóvil es uno de los campos que más se ha favorecido de la tecnología de la impresión 3D. Debido a que es un sector, el cual tiene que innovar con nuevos prototipos cada año y en la cual se deben adaptar a la competencia. La creación de prototipos de piezas es la principal área, donde la impresión 3D ha favorecido a los fabricantes de los automóviles.

Al poder comprobar y acoplar el artículo terminado de manera inmediata, se ahorra tiempo. Así también, es posible confeccionar componentes de coches antiguos los cuales ya no se fabrican. De igual manera, se confeccionan piezas más livianas y perdurable empleando la mínima porción de material con las características adecuadas gracias a un complejo software(*La fabricación aditiva en la Industria 4.0. Impresión 3D*, s. f.)

Los problemas determinantes que se deben resolver para que esta tecnología se utilice de manera global, son los costes de los componentes y de su protocolo. La producción aditiva aún no se encuentra prevista para la productividad en masa. Para ello es fundamental la modernización que se está implementando precisamente para solucionar a las demandas de elementos de automoción. Las piezas empleadas en la producción de automóviles deben acatar una serie de especificaciones detalladas totalmente eficaz y acatar con las leyes nacionales(*CUPRA utiliza la avanzada tecnología de impresión 3D para producción de piezas*, s. f.).

1.5 MATERIALES UTILIZADOS EN MATERIALES 3D

PLA: El filamento PLA (Acido polilactico) es uno de los tipos de filamento más utilizados en la impresión de impresoras 3D y familiar con el medio ambiente.

El PLA, muy diferente de un material plástico con producción tradicional o contaminación fuerte, es un filamento más ecológico, porque no requiere recursos como el petróleo.

Proporciona buenas funciones que combinan una alta velocidad de impresión con bordes muy definidos y materiales de enfriamiento precisos. Además, los modelos impresos tienen muy baja deformación. Este tipo de tema tiene al menos 12 meses de uso, si se guarda de 15 a 25 grados, por lo que es adecuado para el almacenamiento.

Su origen se encuentra en materias primas como almidón de maíz, papa o raíces de caña de azúcar. Entre estos almidones y productos, la resina ambiental y regenerada, en ciertas condiciones de temperatura y humedad, puede ser biodegradable. Por supuesto, aunque esto no es un producto de la contaminación, es importante usarla de manera responsable, porque el uso de una serie puede afectar la cadena de suministro de alimentos. Este saldo se controla comprando el dinero, por lo que jugar se puede usar de manera segura en la impresión 3D. (*¿Qué es el PLA en impresión 3D y para qué se utiliza?* | Sicnova, s. f.)

ABS: El ABS o acrilonitrilo butadieno estireno es un polímero termoplástico muy popular en uso industrial. Es especialmente conocido por su alta inmunidad, bajas temperaturas e iluminación. Además, el plástico ABS también es muy popular en el mercado de impresión 3D, porque es uno de los materiales más utilizados del PLA.

Aunque se puede encontrar con más frecuencia en 3D FDM también llamada fabricación con filamento fundido, está disponible en forma de plástico, lo que permite que se use en métodos ópticos. En la próxima administración, analizaremos los ABS en

profundidad, incluidos la producción y los bienes raíces, el proceso de impresión 3D, la aplicación, el fabricante principal y el precio.

El ABS es uno de los primeros plásticos utilizados en las impresoras 3D industriales y se desarrolló alrededor de 1990.

Este polímero termoplástico es una combinación de "tanques térmicos", es decir, un polímero que se ha sintetizado a partir de tres monómeros diferentes. En la mayoría de los casos, se obtiene mediante el uso de acrilonitrilo y se prolonga con la presencia de polibutadieno, según lo prescrito, 20% de acrilonitrilo, 25% de butadieno y 55% estireno, dándole el nombre de ABS. Además, estas proporciones pueden cambiar las propiedades del material. (*Guía completa: El filamento de ABS en la impresión 3D - 3Dnatives*, s. f.)

PETG: El poliéster de glicol es un termoplástico reconocido en el enfoque suplementario, que fusiona la capacidad de impresión con PLA con la fiabilidad del filamento ABS.

Es un plástico desproporcionado, que puede reciclarse a un 100% oportuno para el proceso, y tiene componentes químicos similares a él tereftalato de polietileno mejor conocido por sus siglas PET. Se ha añadido glicol para mermar su exterior frágil y alargar su resistencia.

Para los parámetros impresos, PETG tiene una temperatura flotante de 220 ° a 260 ° C y debe usarse para calentar la bombilla, puede estar dentro de los 75-90 ° C. La velocidad de impresión perfecta es de 40-60 mm/s. El soporte de PETG no debe usarse, ya que se puede observar demasiado, lo que evita que se elimine después de la impresión. (*El plástico PETG en la impresión 3D - 3Dnatives*, s. f.)

1.6 MODELADO Y DISEÑO ASISTIDO POR COMPUTADORA

1.6.1 Software CAD aplicados al diseño mecánico

El diseño asistido por computadora CAD es una de las herramientas claves dentro del sector automotriz, ya que permiten la creación de prototipos de manera tridimensional

con una alta precisión estructural. Entre los programas más utilizados se encuentran AutoCAD, Fusión 360 y una de las más importantes como lo es Solid Works. En este sentido, estas herramientas tecnológicas no solo permiten el diseño de piezas individuales además permite la modificación, corrección y creación de ensamblajes completos, lo que permite al diseñador tener una noción más clara en un ángulo de visualización 360 del sistema ensamblado. Esta característica es fundamental en proyectos como el diseño de un sistema de frenos, donde cada componente debe encajar con precisión para garantizar su operatividad.

Por su parte Solid Works al ser un software de diseño asistido por computadora ofrece una amplia interfaz de herramientas para el diseño de piezas y ensamblajes sistemáticos, además de la posibilidad de creación de planos, simulación de movimientos y de visualización de componentes en diferentes vistas. *(Los mejores softwares CAD para todos los niveles - 3Dnatives, s. f.)*

Figura 4
Interfaz de inicio de SolidWorks



Fuente: Elaboración propia

En el desarrollo de sistemas mecánicos, como el sistema de frenado funcional de un vehículo a escala Solid Works permite el diseño de los diferentes componentes los cuales intervienen en el sistema, con medidas adaptables y precisión de construcción estructural

coherente, pues dentro de este sistema la creación de un ensamblaje previo a impresiones 3D, es fundamental cuando se habla de garantizar el funcionamiento eficiente en un entorno real, de ahí el propósito del este proyecto, investigar, y comprobar la factibilidad de utilizar tecnologías de impresión 3d para crear prototipos de diferentes sistemas mecánicos, automotrices.

1.7 TEORÍAS

1.7.1 Teoría de fricción

Dentro de lo que concierne el presente proyecto de tesis, una de las teorías fundamentales la cual involucra el funcionamiento del sistema de frenado es la “Teoría de Fricción”, pues, esta teoría se basa en el roce o resistencia que se produce al momento que dos superficies tienen contacto entre sí. En este sentido, existen dos tipos de fricción: Estática y dinámica. La fricción estática está presente cuando el vehículo se encuentra detenido, pues este tipo de fricción evita que el automóvil se desplace involuntariamente. La fricción Dinámica está presente cuando el vehículo está en movimiento y se desea frenar o detener el mismo. (*¿Qué es la fricción? (artículo) | Khan Academy, s. f.*)

Esta teoría tiene relación directa con el proyecto en cual está siendo descrito teóricamente en este documento, ya que el sistema de frenado a escala depende precisamente del contacto entre dos superficies (las pastillas y el disco) diseñadas y fabricadas mediante impresión 3D para que el prototipo de vehículo a escala pueda detenerse, pues, el diseño de los componentes debe garantizar que la fricción sea la suficiente para detener el movimiento sin dañar las piezas.

1.7.2 Teoría de conversión de energía

La teoría de conversión de energía es otra de las teorías aplicables dentro de este proyecto. Según esta, la energía no se pierde, sino que se transforma. (*Conversión de energía: una visión general* | *Temas de ScienceDirect*, s. f.)

En el caso del frenado la energía cinética del vehículo en movimiento se convierte en energía térmica, en el momento en que el sistema de frenos entra en funcionamiento para detener el automóvil.

Esta transformación de energía es clave en el diseño del sistema, pues, se debe considerar que, al trabajar con un prototipo a escala, la energía generada y la velocidad de movimiento va a ser menor que un vehículo real, no deja de ser relevante la manera por la cual se va a disipar el calor. Este es uno de los factores más críticos, debido a las dimensiones del sistema y el tipo de material utilizado para la impresión. Por lo tanto, es indispensable adoptar un diseño que permita disipar rápidamente el calor generado por la fricción durante el frenado, para poder evitar un desgaste prematuro en los componentes, la deformación y la ruptura de las piezas que conforman el sistema.

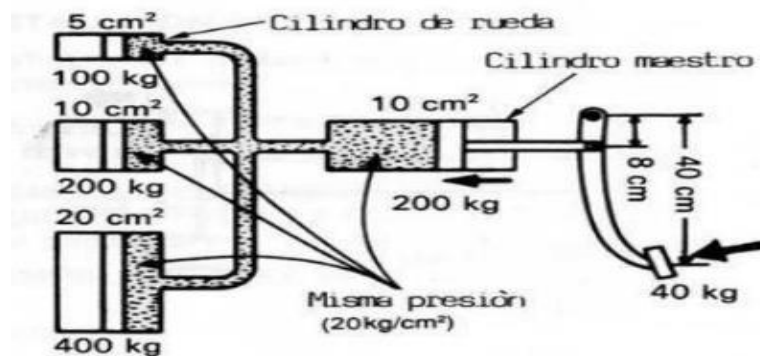
1.7.3 Principio de Pascal

El principio de Pascal tiene un rol muy importante dentro del diseño de varios tipos de sistemas de frenos, especialmente en los hidráulicos. Este principio señala que todo fluido contenido en el interior de un recipiente cerrado al aplicar una fuerza hará presión. De manera que el fluido existente en el cilindro maestro se propagará a los demás cilindros con la misma presión existente en el cilindro principal. (Albornoz, s. f.).

En el contexto de este proyecto de tesis este principio es uno de los más relevantes. Se propone incorporar un sistema de tipo hidráulico mediante mangueras y jeringas de tamaño reducido, esto permitirá crear mecanismo hidráulico el cual hará que el sistema

de frenos fabricado entre en funcionamiento, de manera que al aplicar presión en el sistema las pastillas entren en contacto con el disco de frenos.

Figura 5
Principio de Pascal



Fuente: Albornoz. (s. f.). *FUERZAS DESARROLLADAS EN EL FRENADO DE VEHÍCULOS.*

1.8 CONTEXTO

En los últimos años, el avance de la ciencia y de tecnologías digitales ha permitido la incorporación de nuevas herramientas en el diseño y fabricación de prototipos funcionales. Uno de los recursos más accesibles en este ámbito en este ámbito ha sido la impresión 3d. Esta tecnología permite desarrollar componentes personalizados, sobre todo en modelos a escala donde se requiere un nivel de diseño preciso, ligero y funcional.

Este proyecto se sitúa en el presente, donde la ingeniería automotriz no solamente está enfocada en la creación de vehículos reales, sino también en el desarrollo de sistemas mecánicos funcionales a escala, con el objetivo de evaluar el diseño y funcionamiento de un sistema específico, para posteriormente proceder a su fabricación en un tamaño real, en otras palabras, el diseño en tamaños reducidos permite la experimentación de soluciones prácticas a problemas reales mediante la utilización de materiales menos costosos en tiempos de fabricación más cortos. En este escenario, la propuesta del desarrollo de un sistema de frenos a escala adaptable a un prototipo vehicular, representa un elemento crítico, pues, a través de ello, se hace posible visualizar, entender y analizar

de manera práctica el comportamiento de un vehículo en condiciones semejantes a la realidad.

El proyecto se desarrolla dentro de un espacio académico, en el que se plantea adaptar un sistema de frenos aun prototipo de un vehículo a escala, objeto en el cual se va a trabajar para ensamblar dicho sistema que permitirá controlar el movimiento del vehículo en las diferentes pruebas de funcionamiento.

El contexto de este trabajo no solo responde a una necesidad puntual dentro del modelo, sino también está marcado por la tendencia actual de integrar conocimientos teóricos con habilidades prácticas, promoviendo el uso de herramientas tecnológicas en proyectos de aplicación real.

1.9 GLOSARIO DE TERMINOS

Frenado: Proceso mecánico, por el cual un vehículo reduce su velocidad mediante la fricción de dos superficies en contacto.

Sistema de frenos: Conjunto de componentes hidráulicos y mecánicos encargados de frenar un vehículo

Vehículo a escala: Modelo reducido, de tamaño pequeño replicado de un vehículo real.

Impresión 3D: Tecnología de fabricación aditiva que permite la creación de objetos físico a partir de programas de diseño computarizado.

Solid Works: Programa de diseño gráfico computarizado que permite el diseño de piezas y el ensamble de diferentes estructuras y sistemas automotrices.

Prototipo: Modelo funcional diseñado con la finalidad de evaluar la condición de funcionamiento de un determinado sistema antes de ser aplicado de manera definitiva, permitiendo realizar ajustes y mejoras.

Adaptabilidad: Capacidad que tiene un objeto para ajustarse a un espacio específico.

Desgaste: Pérdida de material de un determinado objeto o componente por fricción.

CAPÍTULO II

2.0 METODOLOGÍA

2.1 Tipo de investigación

Teniendo en cuenta que se permite desarrollar estudios objetivos de los datos referentes a la utilidad del sistema de frenado diseñado y elaborado para un automóvil a escala, se decidió optar por la investigación cuantitativa para el enfoque del presente proyecto. Esta metodología es el más apropiado, puesto que tiene presente variables como el tiempo de respuesta, la solidez del modelo al frenar y la resistencia de los componentes impresos en 3D. Los ensayos técnicos y las evaluaciones que emiten resultados apreciables y comprobables logran emplearse para cualificar cada uno de estos principios.

De igual manera, la metodología cuantitativa favorece a la resolución precisa de la ejecución de los objetivos propuestos del proyecto, particularmente en lo que refiere a la efectividad del sistema de frenado. Esta estrategia también admite relacionar diversas configuraciones de prototipos para concluir cual es la que brinda una rentabilidad adecuada en cuanto a solidez y efectividad de frenado. El uso de este modelo de investigación favorece asimismo a la toma de resoluciones técnicas, dado que la información compilada en las verificaciones concede desarrollar variaciones minuciosas en los materiales o en el boceto con el fin de llevar al máximo el rendimiento total del sistema.

2.2 Instrumentos de diseño

Para llevar a cabo el desarrollo del mencionado proyecto de tesis, sobre el diseño y fabricación de un sistema de frenado adaptable a un vehículo a escala se hizo necesario la utilización de diferentes instrumentos, los cuales facilitaron el proceso de diseño y modelado de cada uno de los componentes. Estos instrumentos fueron seleccionados con

base a su utilidad práctica y su adaptabilidad en la fabricación de componentes a escala reducida, tal y como exige este proyecto.

El primer lugar, se empleó el software de diseño asistido por computadora SolidWorks, el cual constituyó una de las bases más fundamentales en el diseño de componentes, pues, este software permitió modelar todas las piezas del sistema en tres dimensiones, haciendo posible la visualización de la geometría y el ajuste de medidas, así también facilitó verificar que el encaje de componentes en el ensamble sea preciso, de esta manera, SolidWorks favoreció a la creación de un diseño coherente ajustable y adaptable al prototipo a escala.

Así también, posterior a lo descrito en el párrafo anterior, se utilizó el software de laminado, el cual permite la conversión de archivos CAD a diseños que puede leer la impresora 3D, en este software es posible la configuración de diferentes parámetros de impresión, tales como la temperatura del extrusor, el tipo de material que se va a utilizar para la impresión, entre otros, permitiendo crear un equilibrio entre resistencia mecánica y ahorro del material aditivo o filamento.

Otro de los instrumentos insignias de vital importancia en el desarrollo de este proyecto es la impresora 3D, la misma que facilita la fabricación física de las piezas con materiales aditivos de diferentes tipos. En esta línea, esta impresora permitió la obtención de piezas bien detalladas para ensamblar el sistema de frenos, cuidando aspectos como la tolerancia entre elementos móviles y la calidad de las superficies de contacto

2.3 Diseño de la investigación

El desarrollo del presente proyecto se llevó a cabo mediante una serie de etapas técnicas y metodológicas las cuales permitieron adoptar, diseñar y fabricar un sistema de frenado funcional acoplado a la estructura de un vehículo a escala. El proyecto inicia con

un previo análisis de los diferentes tipos de sistemas de frenado y su posible adaptación al modelo del vehículo a escala, tomando en cuenta los principios físicos del frenado.

Una vez identificadas las características más adecuadas para el prototipo, se procedió al diseño de los componentes del sistema de frenos utilizando el software SolidWorks. En esta etapa se modelaron todas las piezas necesarias, como las mordazas, los soportes, las bases de fijación, el mecanismo de control de frenos y los elementos que interactúan con las ruedas. Además, se planificó la distribución del sistema hidráulico, el cual estaría compuesto por jeringas y mangueras delgadas que simulan el funcionamiento de un freno hidráulico tradicional.

Con el diseño completado, se inició el proceso de impresión 3D de cada una de las piezas utilizando filamento ABS. Durante esta fase se consideraron aspectos como el espesor, la orientación de las capas y la precisión dimensional, para asegurar que las piezas ensamblaran correctamente y soportaran las tensiones mecánicas del frenado. Una vez impresas, las partes fueron limpiadas, ajustadas y ensambladas de forma manual en el chasis del vehículo a escala.

En la etapa de pruebas experimentales, se aplicaron distintos pesos sobre el vehículo para simular cargas reales, y se activó el sistema de frenos accionando la jeringa hidráulica. La recolección de estos datos permitió analizar el rendimiento del sistema aplicado al vehículo a escala.

Finalmente, los resultados obtenidos fueron interpretados en función del comportamiento real del prototipo durante las pruebas. Se evaluó si el sistema cumplía con los objetivos propuestos, si respondía de manera controlada y si era capaz de detener el vehículo de forma segura sin comprometer su estructura.

CAPÍTULO III

3.0 DESARROLLO DEL PROYECTO

3.1 PROPUESTA DEL DESARROLLO DEL PROYECTO TÉCNICO

3.1.1 Descripción general del proyecto

El presente proyecto tiene como finalidad, elaborar y diseñar un sistema de frenado adaptado a la estructura de un vehículo a escala, que logre frenar el movimiento del mismo, mediante la combinación de elementos mecánicos e hidráulicos conjuntamente con un mecanismo de seguridad eléctrico que detiene el motor del vehículo al momento de accionar el freno.

El sistema de frenos adoptado para el desarrollo de este proyecto es el también conocido como sistema de frenos de disco, el cual consta de diferentes componentes, los mismos que para su diseño y fabricación se utiliza programas de software computarizado como SolidWorks. La principal técnica de elaboración de esta idea es la impresión en 3D, la cual facilita la elaboración de componentes acoplables al tamaño del modelo.

Así también, como parte del sistema de frenos se incorpora un mecanismo de control y accionamiento constituido por un pedal de frenos, el mismo que al accionarlo frena el movimiento del prototipo. Esto se hace posible gracias a la transmisión de fuerza aplicada en el pedal a través de las diferentes líneas hidráulicas, las cuales constan de varias jeringas y mangueras plásticas contenidas en su interior con líquido de frenos.

Este proyecto no solo se establece en solucionar una problemática puntual (frenar un vehículo a escala), sino que de igual manera se enfoca en reforzar de conocimientos obtenidos a lo largo de nuestra formación educativa. Por medio del desarrollo de este proyecto se pretende incorporar aptitudes en campos como el diseño, el modelado 3D, y la investigación técnica, estableciendo así un hábito educativo integral y práctico.

3.1.2 Descripción de la propuesta

El sistema de freno que se lleva a cabo, se encuentra fundamentado en la base del frenado hidráulico. Los componentes esenciales del sistema de frenado, se elaboran y se representan por medio de este conjunto de elementos impresos en la tecnología 3D.

Para certificar una adaptación adecuada y un desempeño ideal, cada una de estas partes se configuraron digitalmente tomando en cuenta las consideraciones de la impresora 3D.

3.2 ETAPAS DE DESARROLLO DEL PROYECTO TÉCNICO

Para asegurar el desarrollo eficiente y práctico del sistema de frenado, se han dispuesto diversas fases técnicas para el cumplimiento de este proyecto.

3.2.1 Análisis del sistema a efectuar

En un análisis técnico se determinaron las particularidades, funcionalidad, adoptabilidad y capacidad de aceptabilidad de los diferentes modelos de sistemas de frenado existentes, como el de disco y de tambor. Con lo cual se seleccionó un sistema de frenos de disco por su reducido volumen, su validez de frenado y la factibilidad de la impresión 3D para producir sus piezas.

Se Exploraron las siguientes cuestiones:

- Capacidad de frenado
- Solidez de los materiales
- Facilidad de fabricación
- Adoptabilidad en relación con la disposición del vehículo a escala

Se concluyó que el sistema de frenos de disco era la alternativa más práctica en virtud de su tamaño y potencial para su generación con equipos de impresión 3D.

3.2.2 Adopción del mecanismo de accionamiento

Paralelamente al diseño del sistema de frenos, se planteó la necesidad de la creación de un sistema que permita la transmisión de la fuerza aplicada por elemento humano hacia las líneas hidráulicas. Para ello, se optó por diseñar y construir una estructura base de tamaño reducido, en la cual se pueda acoplar un pedal de frenos a escala, pues este, forma parte del mecanismo de control y accionamiento del sistema de frenos adoptado de acuerdo a las necesidades del proyecto, de manera que en esta estructura se albergaría la jeringa principal sobre la cual se ejercerá presión con el pedal para que los frenos se activen.

De acuerdo a lo mencionado en el párrafo anterior, este sistema estará conformando por los siguientes elementos:

- Estructura base del sistema
- Pedal de frenos
- Pasador

3.2.3 Elección del material de impresión

Para el desarrollo del presente proyecto de titulación se llevó a cabo un análisis previo del tipo de material o filamento a utilizar para la elaboración de los diferentes componentes los cuales forman parte del sistema de frenos adoptado para el vehículo a escala.

En este contexto este análisis consta de la investigación de los diferentes tipos de filamentos utilizados en la tecnología de impresión 3d analizado su resistencia al rozamiento y la fricción, estos aspectos son claves para el buen desempeño y rendimiento del proyecto.

Por ello, se optó por el filamento de tipo ABS, pues, este material cumple con todos los requerimientos indispensables para efectuar la fabricación de las distintas piezas,

además su durabilidad permite que se mantengan sus características de funcionamiento a lo largo del tiempo, sin importar su uso constante.

Otro factor esencial que influyó para la elección de este material, fue su versatilidad gracias a sus propiedades, facilita la perforación y lijado de componentes si comprometer integridad, de esa manera se evita rupturas de su estructura

3.2.4 Diseño de componentes

Esta fase corresponde al diseño de todas las piezas necesarias para el ensamblaje general de todo el sistema de frenado, con medidas adaptadas a la estructura del vehículo a escala . Utilizando el programa de diseño computarizado SolidWorks como base fundamental de diseño, a través del cual, se logra crear el diseño tridimensional de todas las piezas.

3.2.5 Preparación de archivos impresión 3D

Una vez que se diseñó los modelos digitalmente, se procede a exportar los archivos en un formato STL para posteriormente poder procesarlos dentro de la aplicación denominada como “Creality Print”. Este software, permite ajustar parámetros clave como las capas de relleno, posición de impresión de las piezas, tipo de material de impresión, patrón de relleno etc, buscando un equilibrio general entre la resistencia y tiempo de fabricación.

3.2.6 Impresión aditiva de componentes

En esta parte del proceso del desarrollo de este proyecto de tesis, se llevó a cabo la impresión 3D de los diferentes componentes diseñados anteriormente utilizando filamento ABS como material base para la fabricación de todas las piezas que conforman el sistema de frenos.

La impresión de las piezas se llevó a cabo en una impresora 3D de la marca “Creality”, para lo cual es importante seguir las diferentes recomendaciones del fabricante para el uso de esta impresora.

3.2.7 Ensamblaje del sistema de frenos

Esta parte de desarrollo del proyecto se refiere al ensamblaje de todos los componentes anteriormente fabricados del sistema de frenos, acoplando fijamente el conjunto, disco y mordaza a la estructura del vehículo, garantizando su correcta alineación con la rueda en la que se instaló el sistema.

Posteriormente, se instaló la estructura del mecanismo de control control, que incluye el pedal y su mecanismo de soporte. En esta fase también se procedió a la colocación de las jeringas y las mangueras plásticas que conforman el circuito hidráulico, por donde circula el fluido de freno. Además, se ajustó con precisión el recorrido del pedal para asegurar una respuesta eficiente en el accionamiento.

Finalmente, se integró el interruptor eléctrico, encargado de interrumpir la alimentación de corriente eléctrica del motor cuando se acciona el freno, logrando así que el vehículo a escala se detenga tanto mecánica como eléctricamente.

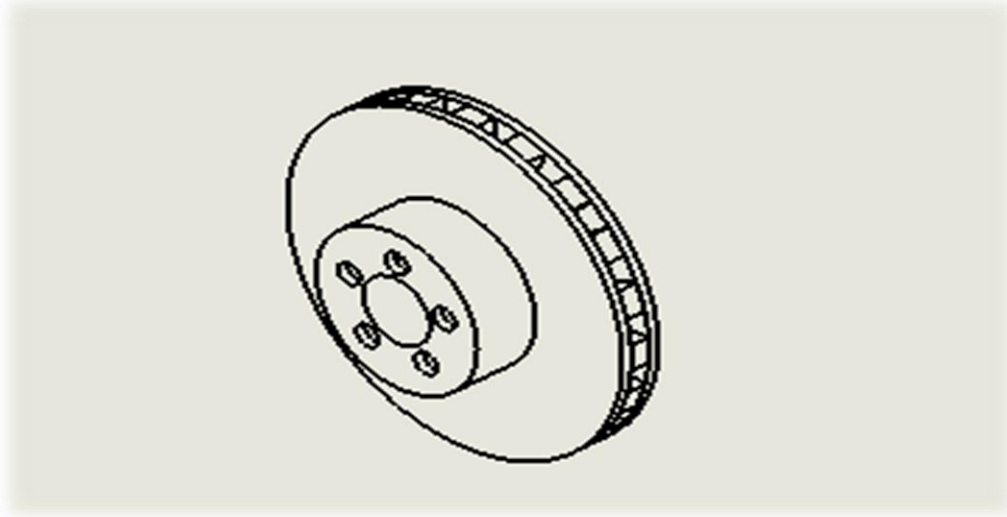
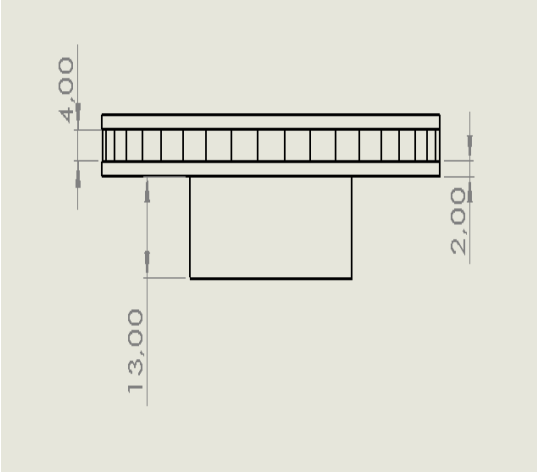
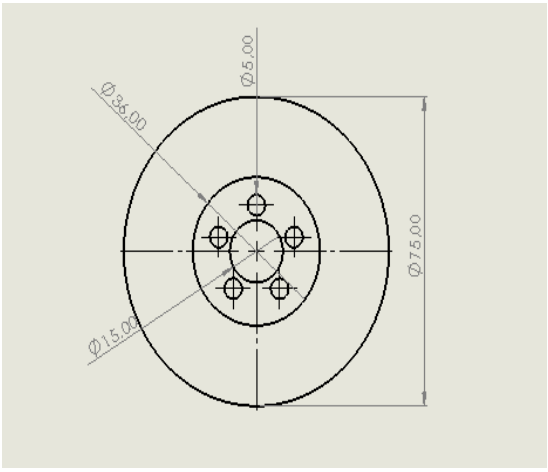
3.2.7.1 DISEÑO Y FABRICACIÓN DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA DE FRENOS DE DISCO

Disco de freno

Elaborado en filamento ABS mediante la impresión 3D, con medidas adecuadas al diámetro de la llanta del automotor a escala.

Tabla 1

Disco de freno - Dimensiones – Diseño en SolidWorks

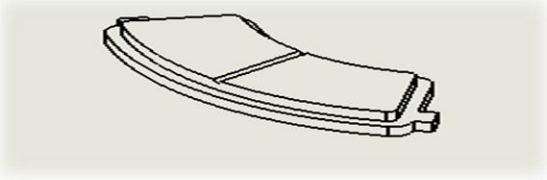
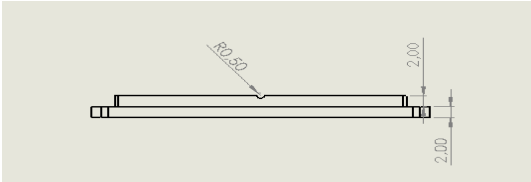
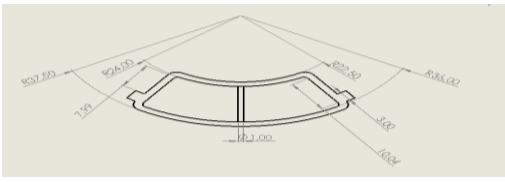
DIMENSIONES	
	
	

Fuente: Elaboración propia

Pastillas de freno

Proyectadas para adaptarse a la mordaza y que estas se adecuen a una superficie de contacto pareja sobre el disco.

Tabla 2
Pastillas de freno - Dimensiones– Diseño en SolidWorks

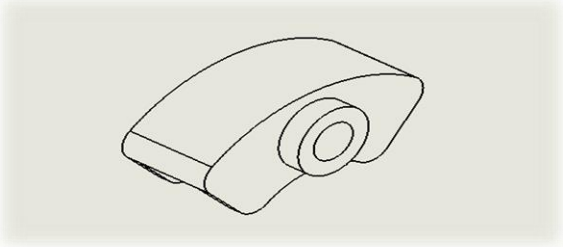
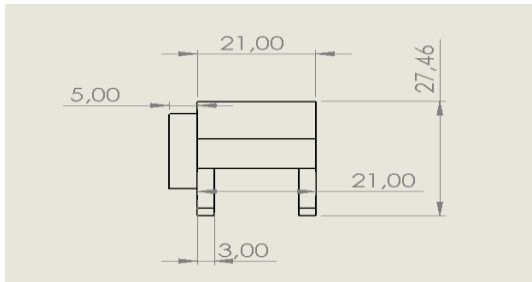
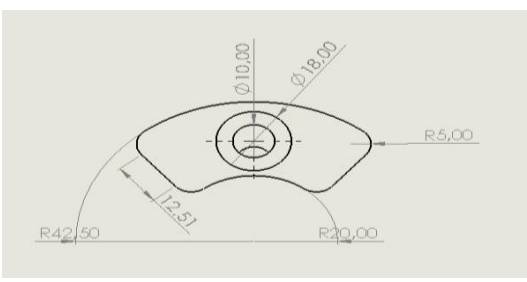
DIMENSIONES	
	
	

Fuente: Elaboración propia

Mordaza (Cáliper)

Realizada en la impresión 3D, bosquejada para acoger las pastillas y admita el movimiento de empuje por acción hidráulica.

Tabla 3
Mordaza - Dimensiones– Diseño en SolidWorks

DIMENSIONES	
	
	

Fuente: Elaboración propia

Sistema hidráulico de accionamiento

Compuesto por jeringas de accionamiento manual, mangueras flexibles y fluido de frenos, que transmiten la presión ejercida en la jeringa maestra hacia la mordaza.

El sistema se basa en el traslado del fluido que se encuentra contenido en una manguera herméticamente, el fluido es impulsado por medio de la manguera, la cual interviene como línea de freno en el momento en que se ejerce presión a la jeringa, esta actúa como cilindro maestro. La fuerza que es ejercida a la jeringa, que se encuentra modificada y acoplada a una base, se traslada de forma inmediata y pareja por este fluido. Las pastillas trabajan por la ayuda de este movimiento, el cual es semejante al del pistón en un sistema de frenos actual.

La labor de las pastillas es importante, debido a que aplican una fuerza de rozamiento a las zonas del disco de freno cuando estas son impulsadas por el embolo de la jeringa. Por consiguiente, la rueda del modelo a escala del automotor gira más pausadamente como efecto de esta fricción generada.

PROCEDIMIENTO DE MONTAJE DEL SISTEMA DE FRENADO

Preparación de las piezas y el circuito

El disco, la pinza, las pastillas de freno y la base de montaje se encontraban entre los componentes impresos en 3D que se inspeccionaron minuciosamente antes de comenzar el proceso de montaje. Este primer paso era esencial para garantizar que no hubiera defectos ni residuos del material de soporte que pudieran poner en peligro el funcionamiento del sistema. Las superficies de fricción de las pastillas de freno se lijaron con especial cuidado y se examinó el interior de la pinza para asegurarse de que fuera lo suficientemente liso como para permitir que el pistón de la jeringa se moviera libremente. Una vez completados los componentes, se cortaron las mangueras a la longitud adecuada

y se fijaron a las jeringas para garantizar un ajuste perfecto y evitar fugas de líquido, preparando así el circuito hidráulico.

Una vez que las piezas y las conexiones estuvieron listas, se realizó una purga exhaustiva para garantizar que el sistema estuviera lleno exclusivamente de líquido de frenos y libre de aire. Este proceso comenzó llenando la jeringa que actuaría como bomba y expulsando el aire atrapado. Posteriormente, se conectó la jeringa que funcionaría como pistón y se repitió el proceso de purgado para eliminar cualquier burbuja de aire restante. Esta etapa era esencial para garantizar que la fuerza aplicada se transmitiera de manera eficiente a través del líquido, lo que permitía un frenado preciso y oportuno.

Instalación en el vehículo a escala

Una vez preparadas las piezas y purgado el sistema hidráulico, se procedió a la instalación en el vehículo a escala. En primer lugar, la base de montaje de la abrazadera se fijó firmemente al chasis con tornillos para garantizar que pudiera soportar las fuerzas de frenado sin ceder. A continuación, se montó el disco de freno impreso en 3D en el eje de la rueda, verificando que pudiera girar libremente sin obstrucciones y que su posición estuviera perfectamente centrada con respecto al espacio de la pinza. Este paso era esencial para garantizar que las pastillas de freno pudieran entrar en contacto con la superficie del disco de manera uniforme.

Por último, se integraron los componentes del sistema de frenado en la pinza. Las pastillas de freno se insertaron en sus ranuras correspondientes y la jeringa del pistón, ya conectada al circuito hidráulico, se fijó en su posición dentro de la pinza. Se realizaron comprobaciones finales para garantizar que el movimiento del émbolo de la jeringa ejercía presión directa sobre las pastillas y que, al expandirse, estas friccionaban uniformemente contra el disco. Con esto, el sistema quedó completamente montado y

listo para la prueba funcional, que validó la viabilidad del diseño y del proceso de fabricación mediante impresión 3D.

Pruebas de funcionamiento

Una vez que el sistema se montó y limpió por completo, se realizaron pruebas funcionales para confirmar que el diseño y la fabricación habían sido satisfactorios. En primer lugar, se accionó la jeringa como si fuera una bomba y se observó que el pistón de la jeringa dentro de la abrazadera se movía. Cuando las pastillas de freno se cerraron y aplicaron la presión prevista al disco, deteniendo su rotación, este evento demostró que el fluido hidráulico transmitía la fuerza de manera eficaz.

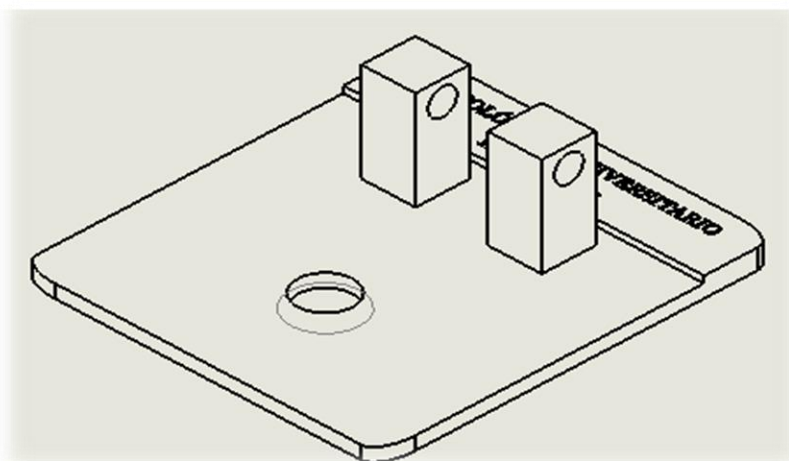
A continuación, se realizaron pruebas de frenado a baja velocidad para evaluar la fiabilidad y la consistencia del sistema. El circuito hidráulico se observó constantemente durante estas pruebas con el fin de detectar posibles fugas en las jeringas o en las conexiones de las mangueras. Al finalizar esta fase, el sistema estaba completamente operativo, lo que nos permitió confirmar la hipótesis principal del proyecto: que es posible utilizar la tecnología de impresión 3D para diseñar y producir un mecanismo de frenado hidráulico para un modelo de coche a escala.

3.2.7.2 DISEÑO E IMPRESIÓN DE LA BASE DEL CONTROL DE ACCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE FRENOS

El diseño e impresión de un mecanismo que permita la activación del sistema de frenos adaptado al vehículo a escala es de suma importancia, en este contexto, uno de los elementos principales el cual es parte fundamental de este mecanismo es la base del pedal de freno. Esta base cumple una función esencial, ya que no solo sostiene el pedal de accionamiento del sistema de frenado, sino que también actúa como soporte estructural de todo el sistema de control, en el que también se integra un orificio de soporte para la colocación de una jeringa.

Imagen 5

Base de control de accionamiento del sistema de frenos – Diseño en SolidWorks



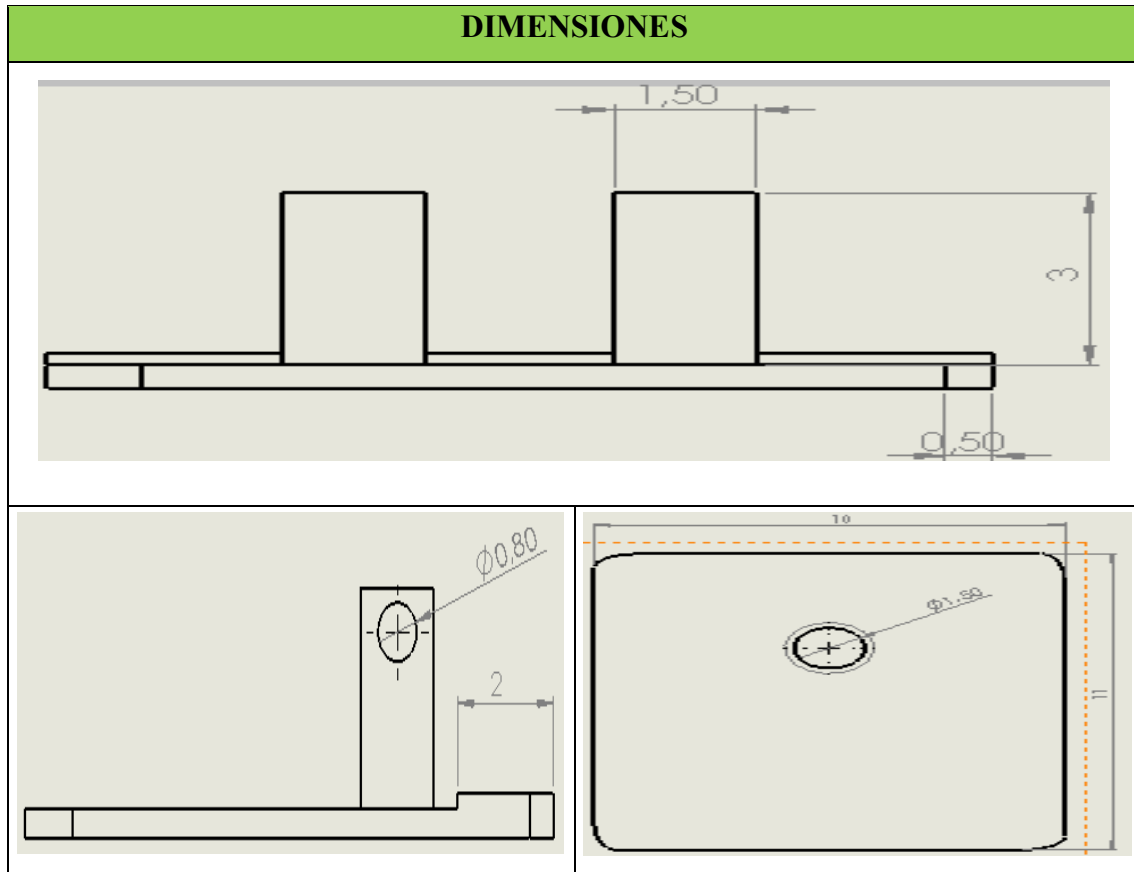
Fuente: Elaboración propia

Para la realización previa del diseño de esta base, se hace indispensable la utilización de programas de diseño gráfico computarizado. En este sentido, tal y como se había mencionado anteriormente, como parte de los instrumentos de diseño, se utilizó el programa SolidWorks, con el cual se trazó una estructura simple pero funcional, adaptada a las medidas adecuadas para el apoyo de los demás instrumentos, cuidando detalles como el grosor de la base de control, la ubicación del orificio de apoyo de la jeringa y el espacio en el cual se va a ubicar el pedal de accionamiento del sistema de frenos, asegurando que

la estructura de la base sea resistente a la fuerza que se aplique a la misma durante el accionamiento del sistema.

Tabla 4

Base de control de accionamiento del sistema de frenos- Dimensiones – Diseño en SolidWorks



Fuente: Elaboración propia

PASADOR DE APOYO DEL PEDAL DE FRENOS

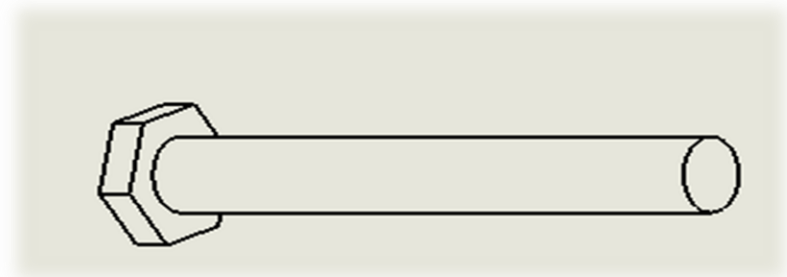
Así también, como parte de la estructura de la base del control de accionamiento, se diseña un pasador que sostiene el pedal de freno. Esta pieza actúa, como un eje de rotación, permitiendo que el pedal de freno se mueva de arriba hacia abajo de manera controlada al ser accionado por el elemento humano. En esta línea es importante mencionar que, dentro del contexto real de funcionamiento del control, el pedal de freno vuelve a su posición original mediante la retracción y la expansión de un resorte

incorporado en el interior de la jeringa. De esta manera, se planea que el retroceso del pedal de frenos se realice de manera automática y controlada.

Con la finalidad de que el pasador sea altamente resistente a la fuerza que se va a ejercer sobre el mismo, previo a su impresión se configura un porcentaje de relleno alto, de esta manera se garantiza que la pieza sea resistente a la fuerza aplicada sobre ella.

Imagen 6

Pasador – Diseño en SolidWorks



Fuente: Elaboración propia

Una vez finalizada la impresión del elemento y habiendo cumplido todo el proceso de diseño y fabricación, se prueba su colocación en las bases ensambladas sobre la estructura de control, verificado que la pieza anteriormente mencionada ingrese correctamente y sin trabas en los orificios de las bases realizadas. Esta pieza, aunque pequeña, es de suma importancia, ya que sirve como un sistema de apoyo del pedal de freno, pues, sobre este pasador el pedal realiza su movimiento.

Tabla 5

Pasador - Dimensiones– Diseño en SolidWorks

DIMENSIONES	

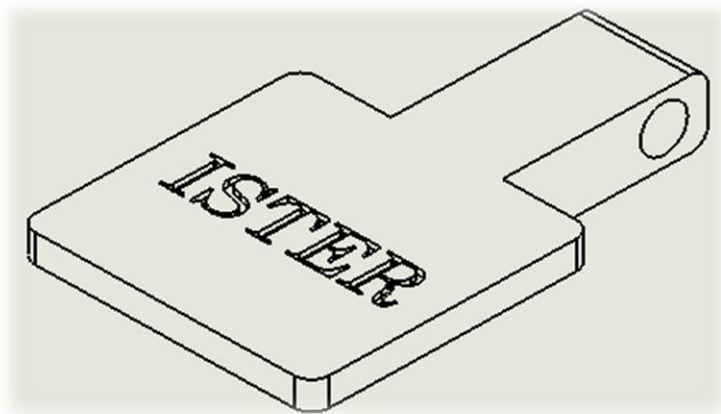
Fuente: Elaboración propia

DISEÑO E IMPRESIÓN DEL PEDAL DE FRENO

Después de la base de control, este elemento forma parte de una de las piezas principales que constituye el control del sistema de frenos adaptado al vehículo a escala. Mediante el accionamiento de esta pieza apoyado sobre una jeringa, es posible la transmisión de fuerza aplicada por el elemento humano con el dedo, hacia los demás actuadores hidráulicos, (jeringas contenidas en su interior con líquido de frenos) para la activación del conjunto mordaza y pastillas sobre el disco de frenos, permitiendo tener el control sobre el movimiento de las ruedas del vehículo a escala.

Imagen 7

Pedal de freno – Diseño en SolidWorks



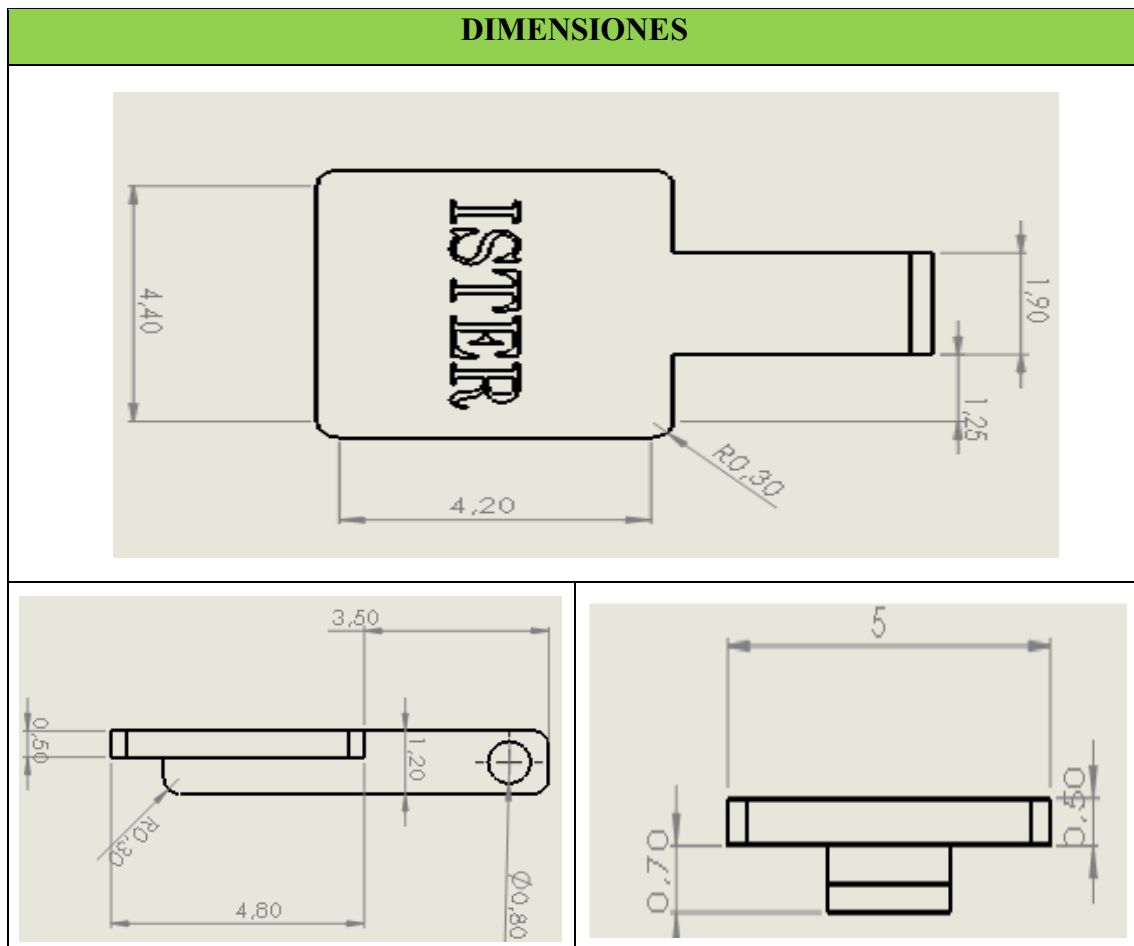
Fuente: Elaboración propia

Previo a la realización de su diseño, se buscó que su estructura sea semejante a la de un pedal de frenos real, pero adaptado a las medidas de la base de control ya realizado y fabricado, de esta manera este pedal contaría con una estructura alargada con vértices redondeados, asegurando el fácil contacto con los dedos de la persona la cual opere el sistema. Del mismo modo, se agrega un pequeño soporte en la parte inferior del pedal, el cual permite asegurar la jeringa de manera más eficiente, evitando que este elemento se desprenda de su estructura durante su funcionamiento.

En el diseño también se contempló el espacio exacto para que el pasador pudiera atravesar el pedal sin causar fricción excesiva, pero al mismo tiempo permitiendo una rotación suave. La distancia entre el eje de giro y el punto de contacto con la jeringa fue calculada para generar una palanca eficiente, logrando una buena transmisión de fuerza sin necesidad de aplicar demasiada presión.

Tabla 6

Pedal de freno – Dimensiones – Diseño en SolidWorks



Fuente: Elaboración propia

3.2.8 Fase de pruebas del sistema de frenos

Con el sistema de frenado completamente ensamblado, una vez verificado su correcto funcionamiento mecánico, eléctrico e hidráulico se procede a la ejecución de diferentes pruebas de funcionamiento.

El objetivo principal de esta fase, es validar de manera practica la eficacia del sistema de frenos a través de la aplicación de diferentes cargas sobre la estructura del vehículo a escala, así mismo, también se evalúa la respuesta del motor frente a la aplicación de un peso adicional.

Este procedimiento lleva consigo, efectuar el movimiento en el vehículo a escala de manera controlada sobre una superficie plana, accionando de manera repetitiva el sistema de frenos en diferentes condiciones de carga, de esta manera se hace posible obtener un registro detallado acerca de la efectividad del sistema de frenos, observado una variación de la potencia del motor del vehículo durante el transporte de la ultima carga aplicada en su estructura.

Tabla 7
Registro de pruebas del sistema de frenos

CARGA APLICADA	COMPORTAMIENTO DEL SISTEMA DE FRENOS	RESPUESTA DEL MOTOR
Sin carga	Frenado efectivo	El motor no presenta variaciones
0.45 kg	Frenado efectivo	El motor mantiene su régimen y velocidad de giro
0.68 kg	Frenado efectivo	Breve disminución de su potencia.
1.04 kg	El vehículo alcanza una menor velocidad – Frenado efectivo.	El motor presenta una reducción significativa de su torque provocando que el vehículo se mueva demasiado lento.

Fuente: Elaboración propia

Los resultados demuestran la efectividad del sistema de frenos basado en el accionamiento hidráulico y corte de corriente eléctrica del motor, pues este sistema, garantiza la detención controlada del vehículo a escala en los diferentes escenarios evaluados, con cargas de hasta 0.45 el sistema de frenos actúa correctamente deteniendo el desplazamiento del prototipo, pues, durante la ejecución de la prueba no se evidencia ninguna variación del torque del motor instalado en el vehículo. Sin embargo al aplicar cargas de 0,68 y 1.04 kg el motor presenta variaciones en su régimen de giro por lo que el torque del mismo disminuye significativamente haciendo que el prototipo se desplace mas lento de lo normal, en virtud de lo cual, es importante especificar que esta variación existente no afecta el funcionamiento del sistema de frenos pues este funciona correctamente, por lo tanto se hace efectiva la propuesta de desarrollo de este proyecto de tesis ya que cumple con las proyecciones planteadas al inicio del proyecto.

3.3 INTEGRACIÓN DEL SISTEMA DE FRENADO CON CIRCUITO ELÉCTRICO

Para asegurar que el sistema de frenado se desempeñe de una manera adecuada en nuestro vehículo a escala, es imprescindible que la acción de las jeringas genere la detención del micro motor. Esto lo hemos logrado por medio de un diseño de un circuito, que en el momento de accionamiento del freno este corte el suministro de energía al micro motor, así provocando la parada del vehículo a escala.

La finalidad de la integración de este circuito, es que detenga el flujo de corriente hacia el micro motor tan pronto se active el freno. Para el frenado, incorporamos el pulsador en la línea de alimentación del micro motor.

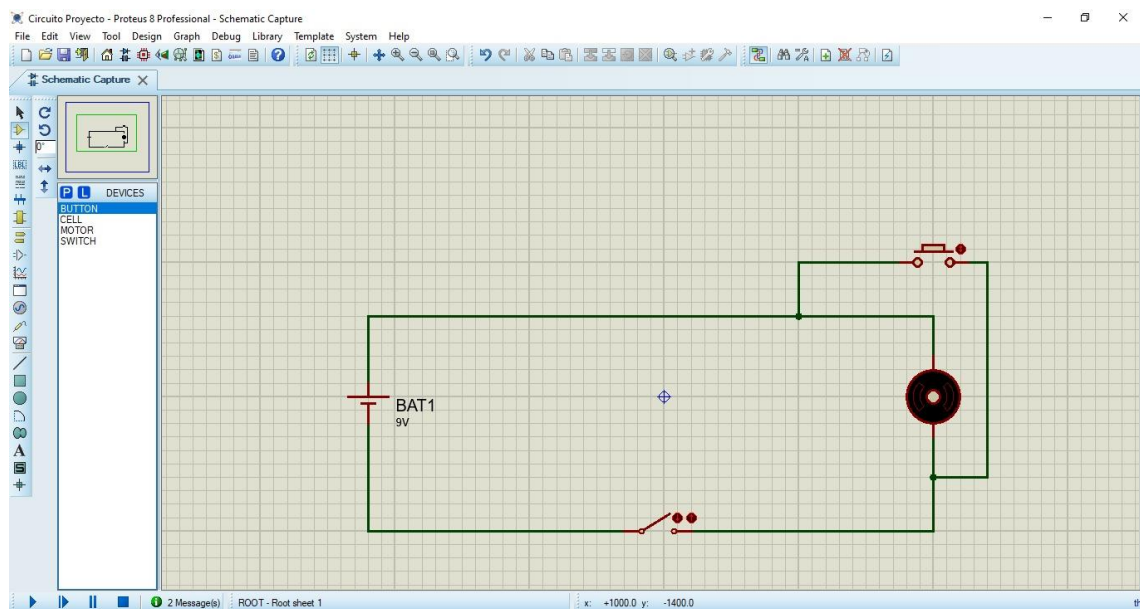
El vehículo a escala lograra mantenerse en movimiento debido a que el botón pulsador se encuentre en su estado de reposo, lo que se traduce a que el circuito estará cerrado y el

flujo de electricidad vaya desde la batería a través del interruptor principal, el botón pulsador y el micromotor.

Tan pronto como la jeringa se accione, hará contacto con el pulsador haciendo que el pulsador habrá su circuito, interrumpiendo el flujo de la corriente hacia el micro motor. Por consiguiente, el micro motor dejará de recibir energía y el vehículo se detendrá.

Figura 6

Diagrama Eléctrico de la conexión eléctrica realizada para el corte de corriente



Fuente: Elaboración propia.

CONCLUSIONES

En conclusión, se puede decir que al desarrollar y crear un sistema de frenos para un automóvil con tecnologías de impresiones 3D, enfatizando la importancia de la integración de la teoría y la práctica con la investigación académica.

La experiencia demostró que los aprendizajes más valiosos surgen cuando los estudiantes pueden interactuar con prototipos físicos que, aunque sean a menor escala, reflejan las condiciones y principios de un sistema real. Uno de los logros más destacados fue descubrir que la impresión 3D es una herramienta excelente para diseñar y construir sistemas mecánicos complejos.

Cabe señalar que, aunque el sistema de frenos de desarrollo ha cumplido con las expectativas también se han demostrado las limitaciones para la resistencia de los materiales utilizados en la prensa.

Se utiliza el plástico, aunque son adecuados para prototipos altos, no proporcionan la durabilidad o las propiedades mecánicas necesarias para grandes aplicaciones. Esta limitación, muy diferente de la incómoda, se ha convertido en una motivación para reflejar la selección de materiales disponibles para la tecnología de impresión y la capacidad de combinar los componentes hechos en 3D, con otros ingredientes desarrollados a partir de procesos convencionales.

De esta manera, el proyecto no solo se usa para enseñar mecánica, sino que también comprende las consecuencias de la importancia del desarrollo y la producción de productos.

Durante la creación del prototipo, se logró ensamblar un conjunto de componentes que, al unirse correctamente, replicaron el mecanismo fundamental de un sistema de frenado. Este ejercicio no solo mejoró la comprensión sobre la fricción, la transmisión de fuerzas y la interacción entre diferentes materiales, sino que también motivó a los

estudiantes a pensar en los factores que afectan la eficiencia de un freno en situaciones reales, como el coeficiente de fricción, la disipación de calor y la resistencia estructural.

Además, el trabajo permitió identificar las limitaciones de la fabricación aditiva en el sector automotriz, Aunque un sistema de frenos realiza su función educativa, está claro que los materiales plásticos utilizados no son resistentes a aplicaciones reales.

Sin embargo, esta limitación se convierte en la capacidad de estudiar porque hace que los estudiantes piensen en elegir documentos, un proyecto optimizado y un futuro posible.

Los experimentos seguros y de bajo medio se convierten en una herramienta que facilita la comprensión de los conceptos técnicos sin riesgo de trabajar directamente con sistemas de alto complejo.

El aspecto principal merece ser asignado es la forma en que tales proyectos contribuyen a la integración de futuros expertos. Al combinar la teoría con la práctica, se alienta significativamente la capacitación, incluido el conocimiento que ya no está simplemente aislado y se convierte en herramientas útiles para resolver problemas reales.

Además, el comando, la gestión de los recursos, la innovación y el pensamiento técnico, las características básicas de los problemas industriales modernos.

Por lo tanto, el desarrollo y la creación de un sistema de frenos funcional en un automóvil grande utiliza tecnología de impresión 3D mucho más allá de la simple creatividad de un prototipo; Esto se convierte en una experiencia educativa. Dicho programa optimiza la estructura teórica con capacitación práctica, inspiración e intereses técnicos, así como en la transformación de habilidades técnicas y blandas entre los estudiantes. Así, se ha demostrado que la impresión 3D es una herramienta de tejido estratégico, además de ser creativa, y que desempeña un papel clave en la capacitación de expertos aptos de adaptarse a un entorno cambiante, formular soluciones novedosas y entender los principios de lo mecánico. Este contexto ratifica que es necesario seguir

fomentando este tipo de proyecto, pues no solamente mejoran la técnica, sino que además generan conocimiento útil y optimizan la educación tecnológica en términos generales.

Desde la perspectiva de las predicciones futuras, se cree que tales proyectos abrirán la capacidad de desarrollar prototipos más avanzados y con mayores niveles de realidad.

Encienda los componentes de metal, el uso de impresoras de plástico o sistemas electrónicos integrados para simular condiciones dinámicas que se pueden enriquecer.

Del mismo modo, puede desarrollar latas de prueba en las que los estudiantes experimentan cambiando las cargas, frenos en pendientes o mediciones de temperatura en componentes.

Estas mejoras incluso contribuirán a la experiencia educativa en la realidad de la industria y permitirán a los estudiantes comprender de manera integral la operación y los requisitos de los sistemas de automóviles.

Por lo tanto, el diseño y la producción de frenos funcionales, utilizando tecnología de impresión 3D, que excede el diseño simple del prototipo y se convierte en una estrategia pedagógica alta. Su importancia es que haya integrado la teoría con la práctica, fomente la innovación, el interés en la investigación y la preparación para los estudiantes para cuestiones técnicas modernas.

Las ventajas son ilimitadas en el campo de la ingeniería, pero también incluyen aspectos sociales, ambientales y profesionales, consolidando la capacitación integral y de acuerdo con las necesidades actuales del mundo académico e industrial.

En conclusión, se muestra la importancia de continuar impulsando dicho tipo de programas en el sector de la educación superior. La impresión en tres dimensiones, como medio educativo, no solo cambia la manera de enseñar ingeniería, sino que además fomenta la creatividad, robustece la autoconfianza del alumnado y produce un aprendizaje relevante que trasciende el salón de clases. Este proyecto constituye un avance hacia un

modelo educativo más versátil, funcional y vanguardista, en el cual el alumno se transforma en actor principal de su propio proceso de aprendizaje y se capacita con una perspectiva crítica y propositiva para aportar a la sociedad y a la industria futura.

RECOMENDACIONES

Basándonos en la experiencia acumulada en el diseño y elaboración de un sistema de frenado funcional en un vehículo a escala usando tecnologías de impresión 3D, se sugieren las siguientes recomendaciones que optimizarán la mejora de futuros proyectos de este tipo, aumentar los resultados logrados y asegurar un mayor resultado académico y formativo.

1. Recomendaciones Académicas

Integración del proyecto: Se propone que proyectos de semejante clase sean incorporados en áreas asociadas a la mecánica, diseño asistido por computadora, manufactura o laboratorio de desarrollo de prototipos. Esto garantizará que los alumnos mantengan un vínculo más íntimo y constante con la implementación práctica de la teoría.

Trabajo interdisciplinario: Es conveniente fomentar la colaboración entre diferentes áreas del conocimiento, como ingeniería mecánica, ingeniería eléctrica, diseño industrial y programación. De esta manera, los prototipos pueden enriquecerse con elementos electrónicos, sensores o simulaciones de datos.

Aprendizaje basado en proyectos: Se aconseja implementar esta metodología en el aula, permitiendo que los estudiantes asuman roles específicos dentro del equipo de trabajo y gestionen cada etapa del proyecto, desde el diseño conceptual hasta la validación final.

Capacitación docente: Los profesores que dirijan este tipo de proyectos deberían recibir formación en el uso de software de diseño CAD y en tecnologías de impresión 3D, lo que les permitirá guiar con mayor solvencia el proceso de enseñanza.

2. Recomendaciones Técnicas

Selección de materiales adecuados: Aunque los plásticos PLA o ABS cumplen con fines educativos, se recomienda explorar materiales de mayor resistencia como PETG, nylon o filamentos reforzados con fibra de carbono, que pueden mejorar el desempeño del prototipo.

Optimización del diseño: Es aconsejable realizar pruebas de simulación mediante software antes de imprimir las piezas. Esto permitirá anticipar posibles fallos estructurales y optimizar el diseño para mejorar la resistencia mecánica y la funcionalidad.

Iteraciones de prototipado: Se sugiere imprimir y evaluar varias versiones del sistema, modificando dimensiones y geometrías de acuerdo con los resultados obtenidos en pruebas experimentales.

Uso de bancos de prueba: Se recomienda implementar bancos de prueba didácticos donde los estudiantes puedan ensayar el sistema de frenos en diferentes condiciones (pendientes, cargas variables, frenado repetitivo), simulando de manera más realista el comportamiento de un vehículo a escala.

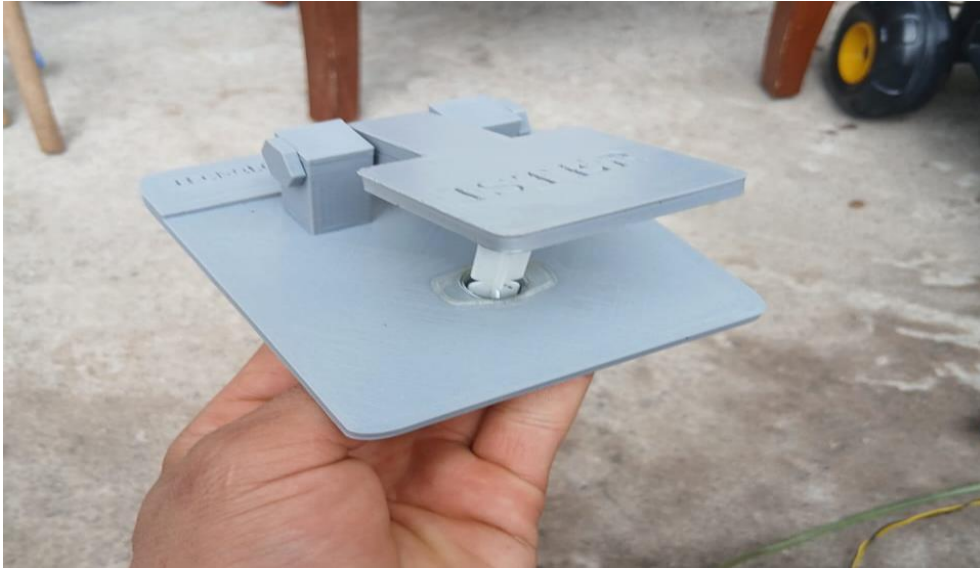
Documentación técnica: Es importante generar manuales de diseño, impresión y ensamblaje del sistema, de manera que futuros estudiantes puedan replicar y mejorar el proyecto.

BIBLIOGRAFÍA

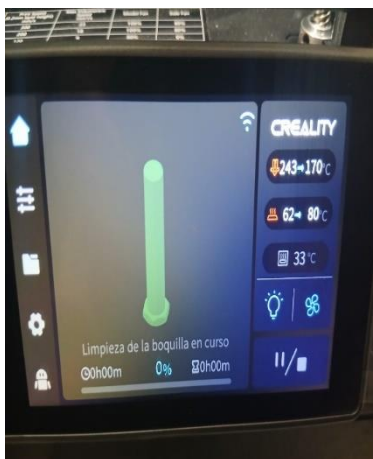
- Albornoz. (s. f.). *FUERZAS DESARROLLADAS EN EL FRENADO DE VEHÍCULOS*.
- García, R. (s. f.). *Análisis termodinámico de frenos de disco ebook*.
- Cabrera-Frías, L., Cabrera-Frías, L., & Córdova-Esparza, D. M. (2023). La impresión 3D como herramienta educativa para desarrollar el pensamiento creativo: revisión sistemática. *Apertura*, 15(2), 88-103. <https://doi.org/10.32870/Ap.v15n2.2382>
- Cómo prevenir la fluencia de calor en la impresión 3D: una guía completa - Goldsupplier*. (s. f.). Recuperado 15 de julio de 2025, de <https://blog.goldsupplier.com/es/heat-creep-in-3d-printing/>
- Conversión de energía: una visión general | Temas de ScienceDirect*. (s. f.). Recuperado 22 de julio de 2025, de <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/energy-conversion>
- Cuáles son los principios de frenado - Conocimiento*. (s. f.). Recuperado 14 de julio de 2025, de <https://es.hrfautobrake.com/info/what-are-the-braking-principles-79545889.html>
- Cultura tecnológica: ¿Qué es una Impresora 3D?* (s. f.). Recuperado 13 de julio de 2025, de <https://edu.gcfglobal.org/es/cultura-tecnologica/que-es-una-impresora-3d/1/>
- CUPRA utiliza la avanzada tecnología de impresión 3D para producción de piezas*. (s. f.). Recuperado 15 de julio de 2025, de <https://www.motor.es/noticias/cupra-tecnologia-impresion-3d-202066082.html>
- Durazo, E., Salcido, G., & González, J. (s. f.). *INDUSTRIA AUTOMOTRIZ*.
- El plástico PETG en la impresión 3D - 3Dnatives*. (s. f.). Recuperado 14 de julio de 2025, de <https://www.3dnatives.com/es/el-plastico-petg-en-la-impresion-3d-181220192/#!>
- En Michelin sueñan con una rueda sin aire impresa en 3D a partir de materiales biodegradables*. (s. f.). Recuperado 15 de julio de 2025, de <https://www.xataka.com/vehiculos/en-michelin-suenan-con-una-rueda-sin-aire-impresa-en-3d-a-partir-de-materiales-biodegradables>
- Erick Durazo, Gabriel Salcedo, & Javier González. (s. f.). *IMPRESION 3D . IMPACTO EN LA INDUSTRIA AUTOMOTRIZ*. Recuperado 15 de julio de 2025, de https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/39512359/TF_-_Impresion_3D_impacto_en_la_industria_automotriz_IEEE_-_Erick_Durazo_21441-libre.pdf?1446088156=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DTF_Impresion_3D_impacto_en_la_industria.pdf&Expires=1752634841&Signature=H050qLilSPnuDuC7YbP2Caio6Mk~b~mwuZOgImqr603PHpqOpe1DMNgANreunTGC3aB1vRUq~ErtAAvLsdC7JCdCfrT5UetiE5miYOSa9Dyeh6XuTxGkVMPs0OWFXno~nY17ZaZqDqvm4zV6MYh4X8gMWRQ5NVzdVi5fgY-sLz9iMv6-K2NktAafFPfWNWV7IpGn84c2JrQ62e4oLb73~grHdW2IDmE4UIZcgi526CAYWdJ4EonSo7sRgVjz6KNeASKff8jK1uWGgpu1di1-mFOQUdJW9wUfovjClafY0QjfyFloCnARKiUXqW9nFPpVLvSTmKyuLPTmGtyRizRrg__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA
- General Motors apuesta por la impresión de piezas en 3D*. (s. f.). Recuperado 15 de julio de 2025, de <https://www.eluniversal.com.mx/autopistas/general-motors-apuesta-por-la-impresion-de-piezas-en-3d/>

- Guía completa: El filamento de ABS en la impresión 3D - 3Dnatives.* (s. f.). Recuperado 14 de julio de 2025, de <https://www.3dnatives.com/es/filamento-de-abs-impresion-3d-06062019/#!>
- Guzmán Valle Alma Máter del Magisterio Nacional FACULTAD TECNOLOGÍA, E. DE, Bautista Torres, R., & Ticona Larico, W. (2023). *UNIVERSIDAD NACIONAL DE EDUCACIÓN*.
- Importancia de los frenos | Servifreno La Seguridad Requiere Calidad.* (s. f.). Recuperado 13 de julio de 2025, de <https://www.servifreno.com/importancia-de-los-frenos/>
- Investigadores de Harvard ayudan a la impresión 3D a dar el siguiente paso — Harvard Gazette.* (s. f.). Recuperado 14 de julio de 2025, de <https://news.harvard.edu/gazette/story/2022/04/harvard-researchers-help-3d-printing-take-its-next-step/>
- La fabricación aditiva en la Industria 4.0. Impresión 3D.* (s. f.). Recuperado 15 de julio de 2025, de <https://grupogaratu.com/la-fabricacion-aditiva-la-industria-4-0-puedes-sonarlo-puedes-imprimirlo-3d/>
- La Impresión 3D En La Fabricación De Prototipos | AsorCAD.* (s. f.). Recuperado 13 de julio de 2025, de <https://www.asorcad.es/blog/la-impresion-3d-en-la-fabricacion-de-prototipos-revolucionando-e-innovando-la-industria-manufacturera/>
- Los mejores softwares CAD para todos los niveles - 3Dnatives.* (s. f.). Recuperado 14 de julio de 2025, de <https://www.3dnatives.com/es/mejores-softwares-cad-programa-180320192/#!>
- Pastilla de freno - Wikipedia, la enciclopedia libre.* (s. f.). Recuperado 15 de julio de 2025, de https://es.wikipedia.org/wiki/Pastilla_de_freno
- Qué es el freno de tambor y para qué sirve.* (s. f.). Recuperado 14 de julio de 2025, de <https://blog.frenkit.es/es/freno-de-tambor-que-es>
- ¿Qué es el PLA en impresión 3D y para qué se utiliza? | Sicnova.* (s. f.). Recuperado 14 de julio de 2025, de <https://sicnova3d.com/blog/experiencias-3d/que-es-el-pla-en-impresion-3d-y-para-que-se-utiliza/>
- ¿Qué es la fricción? (artículo) | Khan Academy.* (s. f.). Recuperado 22 de julio de 2025, de <https://es.khanacademy.org/science/physics/forces-newtons-laws/inclined-planes-friction/a/what-is-friction>
- Safali, S., Berk, T., Makelov, B., Acar, M. A., Gueorguiev, B., & Pape, H. C. (2023). The Possibilities of Personalized 3D Printed Implants—A Case Series Study. *Medicina* 2023, Vol. 59, Page 249, 59(2), 249. <https://doi.org/10.3390/MEDICINA59020249>
- Tribología - Wikipedia, la enciclopedia libre.* (s. f.). Recuperado 15 de julio de 2025, de <https://es.wikipedia.org/wiki/Tribolog%C3%ADa>
- Velastegui Carrillo, A. J. (s. f.). *Tesis Frenos (Final) Velastegui - 69947*.
- Vista de la impresión 3D: la nueva revolución industrial.* (s. f.). Recuperado 14 de julio de 2025, de https://revistas.unicomfaucauca.edu.co/ojs/index.php/itc/article/view/itc2019_pag_60_71/202

ANEXOS



IMPRESIÓN DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA DE CONTROL DEL SISTEMA DE FRENOS



IMPRESIÓN DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA DE FRENOS

