

**“Instituto de Educación Superior Tecnológico Público  
De las Fuerzas Armadas”**



**TRABAJO DE APLICACIÓN PROFESIONAL**

**CONSTRUCCIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO DEL SISTEMA DE  
FRENOS HIDRÁULICOS, PARA DEMOSTRACIÓN DE SUS PARTES  
Y MEJORAR EL APRENDIZAJE DE LOS ESTUDIANTES DE  
MECÁNICA AUTOMOTRIZ EN EL IESTPFFAA.**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL TÉCNICO  
MECÁNICA AUTOMOTRIZ

**PRESENTADO POR:**

**BARDALES RODRIGUEZ, Carlos Augusto**

**CALDERÓN SANCHEZ, Rolando Yonel**

**GUZMAN LOAYZA, Oscar Gustavo**

**PAUCAR QUISPE, Joel**

**LIMA, PERÚ**

**2020**



A nuestros padres por darnos la vida, por  
inculcarnos los sentimientos de superación y  
apoyarnos en el logro de nuestros más  
preciados objetivos.

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios por su protección y sus diarias bendiciones que nos permiten seguir adelante en nuestro proceso educativo a pesar de los problemas de salud mundial que vive la humanidad.

A nuestras familias por darnos aliento para concluir nuestra carrera profesional, por sus palabras de motivación y hacer que creamos en nosotros mismos, a nuestros compañeros de la promoción por su confianza y brindarnos apoyo mutuo.

A los docentes y autoridades del Instituto de Educación Superior Tecnológico “De las Fuerzas Armadas” (IESTPFFAA); a nuestro jefe de carrera, Lic. Mauricio Morales Bravo, por su constante preocupación en el bienestar de los estudiantes de la carrera profesional de Mecánica Automotriz.

A los diferentes talleres de mecánica quienes nos brindan la oportunidad de realizar nuestras experiencias formativas en situaciones reales de trabajo, contribuyendo de manera significativa en nuestra formación profesional.

## ÍNDICE

	<b>Página</b>
Resumen.....	ix
Introducción.....	x
<b>CAPÍTULO I DETERMINACION DEL PROBLEMA.....</b>	<b>12</b>
1.1 Formulación del problema.....	13
1.1.1 Problema general.....	13
1.1.2 Problemas específicos .....	13
1.2 Objetivos .....	13
1.2.1 Objetivo general.....	13
1.2.2 Objetivos específicos.....	13
1.3 Justificación .....	14
<b>CAPÍTULO II MARCO TEORICO.....</b>	<b>15</b>
2.1 Estado de arte.....	16
2.2 Bases Teóricas.....	17
2.2.1 Sistema de frenos .....	17
2.2.2 Principios hidráulicos Ley de Pascal.....	18
2.2.3 Palanca de Pascal .....	18
2.2.4 Sistema de frenos hidráulico .....	19
2.2.5 Análisis del sistema de frenos de un vehículo .....	20
2.2.6 Bomba maestra de frenos .....	20
2.2.7 Funcionamiento al accionar el pedal .....	21
2.2.8 Funcionamiento al soltar el pedal .....	22
2.2.9 Sistema de freno de tambor .....	23
2.2.9.1 Zapatas de freno .....	23
2.2.9.2 Forros de freno .....	24
2.2.10 Freno de disco .....	25

2.2.10.1 Disco de freno .....	26
2.2.11 Servo frenos .....	27
2.2.12 Instalación de servofreno .....	27
2.2.13 Servo freno hidroneumático.....	28
2.2.14 análisis infinito del calor generado.....	29
<b>CAPÍTULO III DESARROLLO DEL PROYECTO .....</b>	<b>20</b>
3.1 Finalidad.....	32
3.2 Propósito.....	32
3.3 Componentes .....	33
3.4 Actividades .....	34
3.5.-LIMITACIONES .....	42
<b>CAPÍTULO IV RESULTADOS .....</b>	<b>43</b>
4.1 Resultados.....	44
<b>CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>45</b>
5.1 Conclusiones.....	46
5.2 Recomendaciones .....	47
Referencias.....	48
<b>APÉNDICE .....</b>	<b>51</b>
Apéndice A. Diagrama de gannt	
Apéndice B. Cronograma de presupuesto	

## LISTA DE FIGURAS

	Pagina
Figura 1. Ley de pascal .....	22
Figura 2. Frenos de mando hidráulico.....	23
Figura 3. Boba maestra de freno .....	25
Figura 4. Pedal de freno .....	27
Figura 5. Freno de tipo tambor .....	27
Figura 6. Zapata de freno .....	28
Figura 7. Forros de freno.....	29
Figura 8. Freno de disco .....	30
Figura 9. Caliper de freno.....	31
Figura 10. Servo freno bostear .....	32
Figura 11. Servo freno hidroneumático .....	33
Figura 12. Calor generado por la fricción en el tambor .....	34
Figura 13 diseño del módulo didáctico .....	38
Figura 14. Kit de servofreno.....	40
Figura 15. Motor de vacío .....	40
Figura 16. Fuego de llaves, taladro, amoladora y soplete de pintar.....	41
Figura 17. Montaje del servofreno.....	43
Figura 18. Montaje de los componentes.....	44

**LISTA DE TABLAS**

	Página
Tabla 1. Materiales para la construcción de la estructura.....	45
Tabla2. Herramientas que se utilizaron en la construcción del módulo .....	45
Tabla 3. Equipos que se utilizaron para la construcción de la estructura .....	45
Tabla 4. Materiales fungibles que se utilizó durante el proceso .....	46
Tabla 5. Componentes que se utilizó para el módulo.....	46

## RESUMEN

En el presente trabajo de aplicación profesional se describe la construcción de un módulo didáctico al que se denomina “Construcción de un módulo didáctico del sistema de frenos hidráulico, para demostración de sus partes y mejorar el aprendizaje de los estudiantes de Mecánica Automotriz en el IESTPFFAA”.

Ante la necesidad o la falta de módulos didácticos en los talleres, lo cual no permitía a los estudiantes y docentes realizar de manera óptima las prácticas de la unidad didáctica de “Sistema de frenos automotrices, nace el interés de construir un módulo didáctico para mejorar la enseñanza empírica de los estudiantes.

En este módulo se ha aplicado los conocimientos adquiridos por parte de los docentes en que se desarrolla durante el III semestre académico ya que en este módulo se han instalado autopartes y accesorios del sistema de frenos tales como un pedal de freno, bomba maestra, freno del tipo tambor y tipo disco, cañerías de cobre, depósito de líquido de freno y el servo freno Booster para cuyo funcionamiento utilizaremos una bomba de vacío accionada por una palanca mecánica que ha de desplazarse al interior de un cilindro para generar dicho vacío y reducir el esfuerzo de frenado.

Asimismo, todos los accesorios mencionados anteriormente, se montarán en una estructura construida a base de tubo cuadrado de 1 1/2" que de acuerdo a los cálculos realizados son suficientes para soportar el peso de todas las autopartes y accesorios y poder ser trasladados a los talleres donde se impartirán los conocimientos.

Finalmente, se pone en conocimiento la parte teórica del sistema de frenos hidráulicos, su forma de trabajar en beneficio del vehículo y se explicará todo el proceso de construcción del módulo didáctico para su mejor entendimiento ya que será más visible para los estudiantes todos los elementos que participan en dicho sistema.

**Palabras clave:** Módulo didáctico, frenos hidráulicos, aprendizaje, construcción

## INTRODUCCIÓN

Ante la falta de módulos didácticos del sistema de frenos automotrices, los integrantes de este grupo de trabajo hemos considerado, desde nuestra posición de estudiantes, construir un módulo didáctico que sea útil a los estudiantes que son la razón de ser de esta institución y a los docentes para que mejoren la planificación y la realización su trabajo formador.

Nuestra institución, en especial, la carrera profesional de Mecánica Automotriz necesita módulos didácticos del sistema de frenos hidráulicos a pesar que en la actualidad están en boga (moda) los sistemas de frenos comandados electrónicamente; sin embargo, es necesario en primer lugar lograr aprendizajes básicos que permitan generar conocimientos previos para avanzar hacia el aprendizaje de elementos y sistemas más complejos incluidos en los sistemas de frenos electrónicos, si se cuenta con un módulo didáctico de este sistema, lograremos alcanzar nuestro objetivo propuesto ya que mejoraremos la calidad del desarrollo de las sesiones de aprendizaje.

Del mismo modo, los integrantes de este equipo de trabajo determinaron que es de prioridad la construcción de este módulo didáctico para contribuir a la solución del problema actualmente latente que es la falta de módulos didácticos del sistema de frenos y así también motivar a los estudiantes que aún permanecen en el IESTPFFAA para que construyan más módulos para mejorar el aprendizaje, la imagen institucional y producir en serie para abastecer de este medio didáctico a instituciones que realizan el mismo trabajo educativo en la variante tecnológica, de esa manera financiar otros proyectos y generar recursos para equipar nuestra carrera profesional.

Para abordar la temática este trabajo de aplicación profesional se estructuró en los siguientes capítulos, los cuales son:

Capítulo I: En este capítulo planteamos la determinación del problema en un breve análisis en esta parte, se formuló el problema general y los específicos; asimismo, se desarrollan los objetivos de la investigación, para luego concluir con la justificación del trabajo aplicativo.

Capítulo II: Aquí, se desarrolla la investigación teórica y se describen los lineamientos y bases teóricas del trabajo de aplicación.

Capítulo III: En este capítulo se redacta la finalidad, propósito, componentes, actividades y las limitaciones que se presentaron durante la realización de este trabajo de aplicación.

Capítulo IV: Aquí se presentan los resultados del trabajo de aplicación profesional luego de ejecutado el proyecto denominado “Construcción de un módulo didáctico del sistema de frenos hidráulicos, para la carrera profesional Mecánica Automotriz del IESTPFFFAA”.

Capítulo V: En este último capítulo, se desarrolla y describe con palabras simples las conclusiones y recomendaciones sobre la ejecución y realización del trabajo de aplicación profesional.

**CAPÍTULO I**  
**DETERMINACIÓN DEL PROBLEMA**

## **1.1 Formulación del problema**

La carrera profesional de Mecánica Automotriz de esta casa superior de estudios cuenta con estudiantes que tienen muchos deseos de aprender y realizan esfuerzos por lograr los objetivos trazados en el plan de estudios que sin embargo se ven limitados debido a que no cuentan con suficiente material didáctico que refuercen los aprendizajes que los docentes imparten en los talleres de la carrera de Mecánica Automotriz.

La falta de módulos didácticos en sistema de frenos hidráulicos limita a que los estudiantes logren aprendizajes significativos y los docentes desempeñen mejor su labor; por ello, es que conociendo esta realidad y siendo parte de él, hemos decidido construir e implementar dicho módulo didáctico

### **1.1.1 Problema general**

1.0 ¿Cuál es el efecto que se logrará con la construcción de un módulo didáctico del sistema de frenos hidráulico, en el aprendizaje de los estudiantes del área académica de Mecánica Automotriz del IESTPFFAA?

### **1.1.2 Problemas específicos**

1.1 ¿De qué manera la falta de un módulo didáctico del sistema de frenos hidráulicos afecta en el logro de los aprendizajes de los estudiantes de la carrera profesional de Mecánica Automotriz en el IESTPFFAA?

1.2 ¿De qué manera la falta de un módulo didáctico del sistema de frenos hidráulicos afecta en la planificación y desarrollo de las sesiones de aprendizaje de los docentes de la carrera profesional de Mecánica Automotriz en el IESTPFFAA?

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo general**

1.0 Construir un módulo didáctico del sistema de frenos hidráulicos para la carrera profesional Mecánica Automotriz del IESTPFFAA.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

1.1 Diseñar un módulo didáctico del sistema de frenos hidráulicos colocando a la vista las partes y accesorios que componen el sistema.

- 1.2 Construir el módulo didáctico con leyenda de Identificación en los mecanismos y accesorios que componen el sistema hidráulico, así como las partes del sistema de frenos.
- 1.3 Probar la presión hidráulica del sistema de freno.

### **1.3 Justificación**

La carrera profesional de Mecánica Automotriz cuenta en la actualidad con un módulo didáctico del sistema de frenos hidráulico adquirido de una empresa canadiense.

Sin embargo, nuestra especialidad cuenta aproximadamente con 30 estudiantes por taller, quienes desarrollamos la unidad didáctica Sistema de Frenos que se programa para el II semestre y ese único módulo didáctico con el que contamos no es suficiente para que los estudiantes puedan realizar sus prácticas quedando a medias el proceso de aprendizaje.

Por esta razón, este grupo de trabajo propone desarrollar este proyecto con el propósito de contribuir con el aprendizaje de los estudiantes de Mecánica Automotriz en el IESTPFFAA.

Teniendo en cuenta que el mercado automotriz nacional cuenta con miles de vehículos con marcas y modelos diferentes cuya totalidad de estas unidades vehiculares tienen el sistema de frenos hidráulico por lo que estos necesitan mantenimiento y reparación que debe ser ejecutado por personal especializado que nuestra institución estaría en posibilidades de cubrir dicha demanda siempre que contemos con medios que contribuyan al correcto aprendizaje de los estudiantes.

**CAPÍTULO II**  
**MARCO TEÓRICO**

## 2.1 Estado de arte

### Antecedentes internacionales

Cabrera y Tapia (2019) en su investigación “construcción de maqueta didáctica de frenos hidráulico” concluyen que La maqueta realizada demuestra de manera muy precisa y didácticamente el cómo funciona un sistema de frenos convencional, logrando con ello entregar un aporte significativo al taller de Mecánica Automotriz, y con esto entregar una herramienta muy didáctica y fundamental para el desarrollo de las prácticas en la asignatura de frenos, de tal manera que el aprendizaje de los estudiantes sea mucho más fácil aprender, mediante la apreciación directa de los componentes, verificación del funcionamiento y poniendo en práctica algunas pruebas y ajustes que la maqueta permite realizar. Poniendo mucho más énfasis en el mantenimiento y diagnóstico del sistema de frenos ya que este es uno de los sistemas más importantes del vehículo.

Carpio (2018) en su trabajo denominado “Diseño y construcción del sistema de frenos de un vehículo de competencia Formula SAE eléctrico “ tuvo como finalidad plantear el diseño y la construcción de un sistema de frenos para vehículos de competencias de formula SAE eléctrico, en principio se redactó la parte teórica relacionado al sistema de frenos, en cuanto a su principio de funcionamiento, componentes que lo conforman, pruebas y diagnóstico, y concluyen mencionando que dicho sistema de frenos cumplió de manera satisfactoria todas sus expectativas iniciales.

Shiguango y Farinango (2012), en su trabajo de investigación “Implementación de un tablero didáctico de un sistema de frenado hidráulico con accionamiento manual, con control de parada y presión de frenado electrónico, para el laboratorio de la escuela de ingeniería automotriz de la ESPOCHM” tuvieron como objetivo investigar y construir un tablero didáctico de un sistema de frenos hidráulico con accionamiento manual donde los estudiantes obtengan conocimientos mucho más concretos sobre las partes del sistema, principio de funcionamiento, diagnóstico y las diferentes pruebas teniendo en cuenta las normas de seguridad y concluyen mencionando que la instalación de este banco de pruebas fue todo un éxito ya que los estudiantes tendrán un nivel de aprendizaje y competencia mucho más alto.

## **Antecedentes nacionales**

Chavarría (2018) en su investigación titulado “Construcción de un simulador del sistema de freno hidráulico ABS” tuvo como propósito construir un sistema de frenos ABS el cual servirá como simulador y tiene como objetivo demostrar su funcionamiento de cada uno de los componentes del sistema, además concluyen enfatizando sus objetivos cumplidos dentro del marco de la construcción del simulador, ya que cuenta con todos los componentes necesarios para su correcto funcionamiento, lo cual permite visualizar y entender el funcionamiento de este sistema en el momento de frenado, también dicho módulo permite realizar diversas pruebas y diagnóstico lo cual permite a los estudiantes perfeccionar sus conocimientos en cuanto a los sistemas de frenos ABS.

Montero y Navas (2012), en su tesis de pregrado “Diseño y construcción de dos bancos didácticos funcionales del sistema de frenos hidráulico mixto disco – tambor”, concluye mencionando que el sistema de frenos es uno de los más importantes en los vehículos, y muchas veces los accidentes de tránsito en su gran mayoría depende de este sistema por estar en precarias condiciones o por falta de mantenimiento, además hacen mención que en este módulo es una herramienta más para los estudiantes donde pueden realizar sus prácticas, realizar pruebas y pulir sus conocimientos al realizar un diagnóstico.

## **2.2 Bases Teóricas**

### **2.2.1 Sistema de frenos**

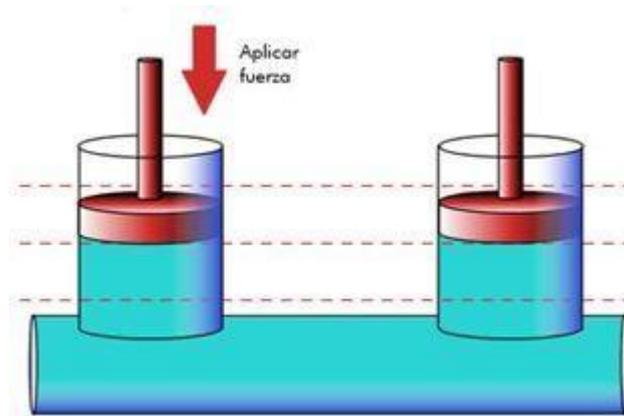
Los frenos de un vehículo tienen como misión detener la marcha de dicho vehículo a voluntad del conductor de forma eficaz y sin perder la estabilidad durante el proceso, los frenos de un vehículo son, generalmente, de dos tipos. Frenos de disco, Frenos de tambor. Debido a las ventajas que ofrecen los sistemas de frenos de disco, cada vez más a menudo son estos los que se montan. Normalmente, los frenos de tambor se utilizan hoy en día en los vehículos de gama media-baja (Borja et al., p.169).

A partir de la definición anterior se puede inferir que el sistema de frenos tiene una misión fundamental que es detener el vehículo durante la marcha de es este sin provocar desequilibrio alguno ni perder la estabilidad de tal manera que proporcione un nivel óptimo de confort para los ocupantes, también se hace mención los tipos de frenos que tienen la mayoría de los vehículos que son los frenos de disco y los de tambor, unos con las denominadas pastillas de freno ubicadas en las ruedas delanteras y los frenos de zapatas en las ruedas posteriores respectivamente.

### 2.2.2 Principios hidráulicos Ley de Pascal

Montero y Navas (2012) indican que la presión que se ejerce en un líquido recogido en un recipiente se transmite uniformemente en todas direcciones (p. 11).

Además, los autores afirman que el principio de Pascal o también Ley de Pascal es una ley promulgada por el físico matemático francés Blaise Pascal que en resumen indica que es la presión ejercida sobre un fluido que se encuentra en un recipiente la presión es transmitida con igual intensidad y uniformemente en todas las direcciones,



*Figura 1. Ley de Pascal (Si.Educa.Net, 2012).*

### 2.2.3 Palanca de Pascal

La palanca es un principio que sirve para aumentar la fuerza, el objetivo es multiplicar la fuerza, pero eso implica poca altura de reacción. Una forma de aplicación es el principio de émbolos comunicados entre ellos (Montero y Navas, 2012, p. 11).

De acuerdo con los autores la palanca es un principio que sirve para multiplicar la fuerza, de tal manera que en el sistema de frenos hidráulico esto ayuda en gran medida al conductor a reducir el esfuerzo que realiza al momento de pisar el pedal de freno, de esa manera el frenado será más preciso.

#### 2.2.4 Sistema de frenos hidráulico

Velastegui, (2015) señala que el sistema de frenos hidráulico funciona a partir del principio de pascal que dice, la presión en un punto en un fluido es igual en todas las direcciones en el espacio, lo que quiere indicar es que en una determinada presión aplicada en un fluido viaja de forma equitativa en todas las direcciones por lo tanto es llevada con la misma fuerza a todas las ruedas por el desplazamiento de las pastillas y las zapatas de freno, para apoyarse contra los tambores y disco de frenos (p .20).

De acuerdo con lo mencionado en lo anterior el sistema de frenos hidráulico funciona a partir del principio de pascal. La presión que se aplica en un determinado punto en un fluido es igual en todas las direcciones, por lo tanto, la presión que llega a las ruedas es igual para todas, y esta es la que permite en desplazamiento lateral tanto de las pastillas como de las zapatas friccionando así a los disco y tambores respectivamente logrando la detención de las ruedas.

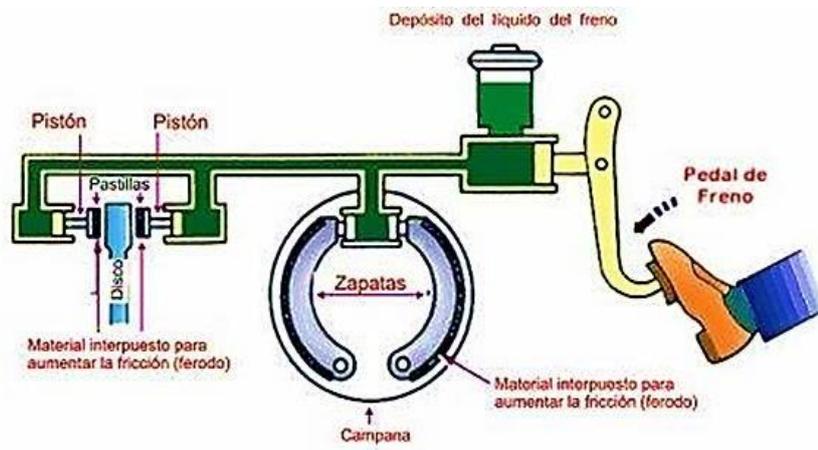


Figura 2. Freno de mando hidráulico (EcuRed, 2018).

### **2.2.5 Análisis del sistema de frenos de un vehículo**

En esta investigación de la UCV denominada análisis de los sistemas de frenos de un vehículo, determinan que el sistema de frenos de un vehículo esta dimensionado a los distintos sistemas de frenos vehiculares determinando el óptimo frenado en el automóvil, ellos inician analizando los sistemas de frenos requeridos para los distintos automóviles, iniciando por el sistema convencional sistema de aire comprimido, sistema de disco, sistema hidráulico, freno regenerativo, este último muy utilizado en muchas marcas de vehículos.

Los valores del frenado se evidencian en un freno metro, también cuando el conductor aplica la fuerza sobre el pedal de freno para detener el vehículo, estos datos describen el sistema optimo del frenado, reducirá el consumo de combustible accidentes de automóviles, al aumentar el desplazamiento y la falta de control del vehículo genera irregularidades al momento de frenar, produciendo una pérdida de control del vehículo, las irregularidades en el mantenimiento preventivo, correctivo al reemplazar los componentes con materiales de mala calidad ocasiona deficiencias al frenar.

### **2.2.6 Bomba maestra de frenos**

La función de la bomba de freno es convertir o reconvertir la fuerza mecánica de la presión aplicada por el conductor del vehículo en el pedal del freno en presión hidráulica. La presión hidráulica transmitida a través de las mangueras y líneas del sistema generará la presión necesaria en las pinzas de freno y cilindros de rueda para activar el sistema de freno, reduciendo así la velocidad o deteniendo el vehículo. Mientras el sistema no contenga aire, la bomba puede realizar su función. (Montero y Navas, 2012, p. 6).

De acuerdo con la definición anterior se entiende que el componente donde se transforma la energía mecánica que inicia al momento de que el conductor pisa el pedal de freno y se transforma en presión hidráulica es la bomba de frenos, a partir de aquí la presión hidráulica se distribuye hacia las ruedas por intermedio de cañerías hasta llegar a los caliper y cilindros también denominados comúnmente bombines de las ruedas posteriores obteniendo como resultado la disminución de la velocidad o la detención total del vehículo.

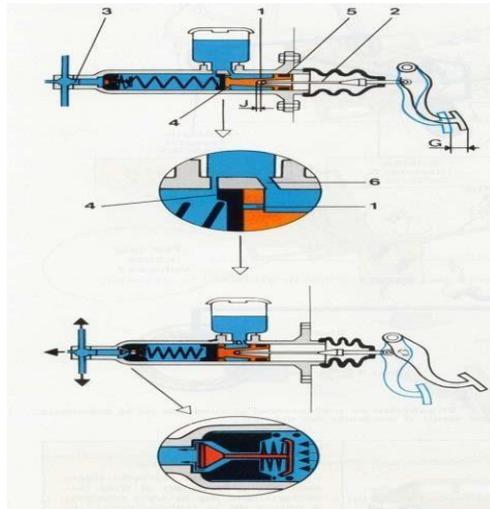


Figura 3. Bomba maestra de frenos (Molero, 2000, p. 11).

### 2.2.7 Funcionamiento al accionar el pedal

Al refrenar, la punta de la barra de tracción bajo la función del pedal va a apoyarse hacia el fondo de su alojamiento en el pistón próximo de haber recorrido un breve recorrido, (cerca de 1 mm.), que constituye la guarda de la palanca.

Al perseguir pisando, el pistón avanza levemente en la cámara y la copela primaria, en seguida de un endeble trayecto, cierra el hoyo de ampliación (H) aislando asimismo la cámara del almacén de suministro. El orificio de dilatación está cerrado, el avance del pistón pone el líquido parvo coacción, cuando esta presión sea superior al obturador, está se abrirá y el líquido bajo presión será enviado por las canalizaciones hasta los cilindros de las ruedas. Los pistones receptores aplican entonces las zapatas hacia los tambores (Molero, 2000, p. 11).

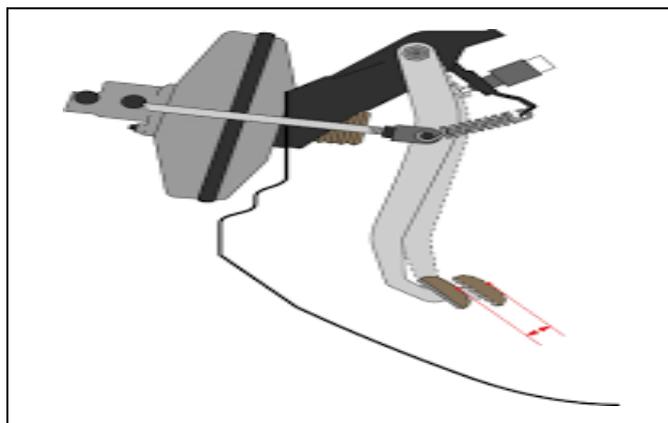
Molero manifiesta que al accionar el pedal de freno, la varilla empuja al pistón de la bomba maestra que a su vez al desplazarse genera una presión hidráulica al interior de la cámara principal de la bomba maestra y dicha presión hidráulica generada que se distribuye por los conductos que dirigen el líquido de freno hacia los bombines y cilindros de rueda provocando que las ruedas sean detenidas parcial o total, y al momento que el conductor libera el pedal este retorna a su posición inicial o de reposo por el mismo efecto de la presión existente en todo el circuito hidráulico siendo ayudado también por unos resortes.

### 2.2.8 Funcionamiento al soltar el pedal

Cuando se suelta el pedal, bajo la acción de su resorte, la zapata vuelve a su posición de reposo, la arrastra hacia el pistón del cilindro de la rueda y el líquido fluye hacia la bomba principal a través de la tubería. El pistón de la bomba principal es llevado a su posición inicial por el resorte al mismo tiempo, haciendo que la presión en el circuito baje.

De hecho, se ha confirmado que el retorno del líquido se ralentiza debido a la fricción en la tubería del circuito, que no es tan rápido como el retorno del pistón bajo la acción de un resorte. Luego se crea una depresión en la cámara, que absorbe el líquido depositado entre la pared del cilindro principal y el cuerpo del pistón. Luego, el líquido pasa a través del pistón a través de un orificio perforado en la periferia del pistón, fluye hacia la cámara del cilindro y pasa entre la copa principal y el cuerpo de la bomba. (Molero, 2000, p. 12).

Molero describe el funcionamiento del sistema de frenos de tambor, al momento de soltar el pedal las zapatas vuelven a su posición inicial por la acción de los resortes y a laves haciendo retornar los pistones del cilindro de rueda y esto logra que el líquido de freno retorne por las cañerías hacia el cilindro maestro y en consecuencia se muestra una caída de presión en el sistema por lo tanto no hay fricción entre los forros de la zapata y el tambor o del forro de las pastillas con el disco.



*Figura 4.* Pedal de freno (KashimaUniversity, 2017).

### 2.2.9 Sistema de freno de tambor

Coello (2018) describe que los frenos de tambor son un tipo de frenos de fricción que se utilizan más ampliamente en la industria automotriz junto con los frenos de disco, aunque los frenos de tambor están dedicados a frenar el eje trasero. Este método de frenado funciona frotando las zapatas de freno en la superficie interior del tambor para restringir la rotación de las ruedas. Después de soltar el pedal del freno, el resorte de retorno tira de la zapata hacia adentro para devolver la zapata y el actuador a su posición inicial. Aunque apenas disipa el calor generado durante el frenado, tiene la ventaja de un gran número de superficies de fricción. Esto puede resultar en un efecto de "desvanecimiento" durante el abuso continuo prolongado de los frenos. Este efecto incluye la pérdida de potencia de frenado debido al sobrecalentamiento del tambor. A medida que el tambor se calienta, el tambor se expande y se aleja de las zapatas. Además, a medida que los zapatos se calientan y superan la temperatura límite, su coeficiente de fricción disminuirá (pp. 21-22).



*Figura 5.* Freno tipo tambor

#### 2.2.9.1 Zapatas de freno

Agudelo (1992), manifiesta que Las zapatas sirven de apoyo a los forros de freno. Generalmente están construidas de chapa de acero y, en casos especiales, de hierro fundido o aleaciones de aluminio (p.8).

Como señala Agudelo se denomina zapatas a la parte curva metálica que sirve de apoyo de los forros de freno y en su mayoría los fabrican de chapas de acero y en algunos casos se fabrican de hierro fundido o aleaciones de aluminio, es necesario mencionar también que estas no son la que entran en contacto de rozamiento directo con el tambor de freno

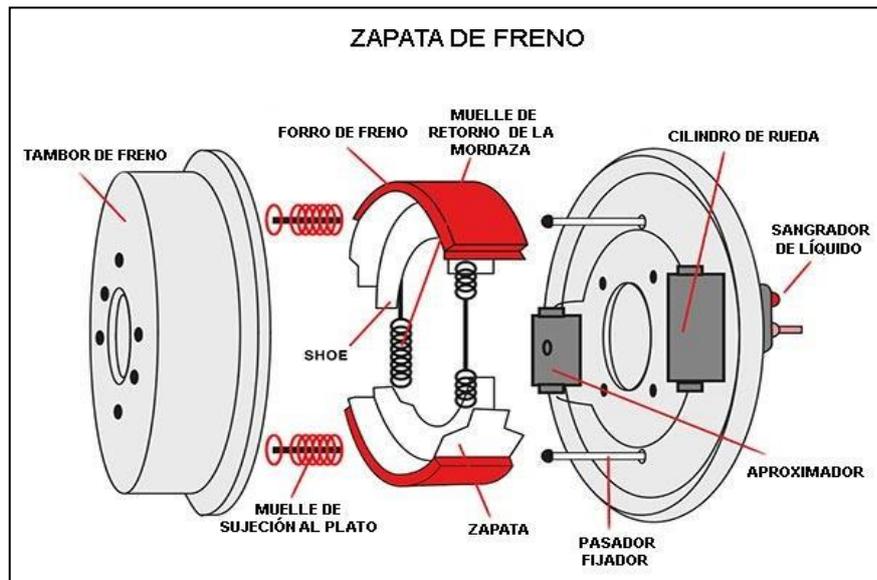


Figura 6. Zapata de freno (championautoparts.es, 2020).

### 2.2.9.2 Forros de freno

Agudelo (1992), Plantea que los forros son láminas de tejido prensado de amianto sujetas a las zapatas mediante remaches o pegamento (p.8).

Agudelo describe que los forros son unas láminas de amianto tejido y prensado, material especial para trabajar en constante fricción y muy resistente ante el incremento de calor, estas laminas que se unen a las zapatas mediante remaches o en otros casos mediante pegamento están construidas para trabajar en tales condiciones, teniendo en cuenta que las láminas son las que entran en contacto directo de rozamiento en cuanto el conductor pisa el pedal de freno y por el material y la calidad de fabricación y gracias a la presión hidráulica esto permite detener o disminuir la velocidad del vehículo.

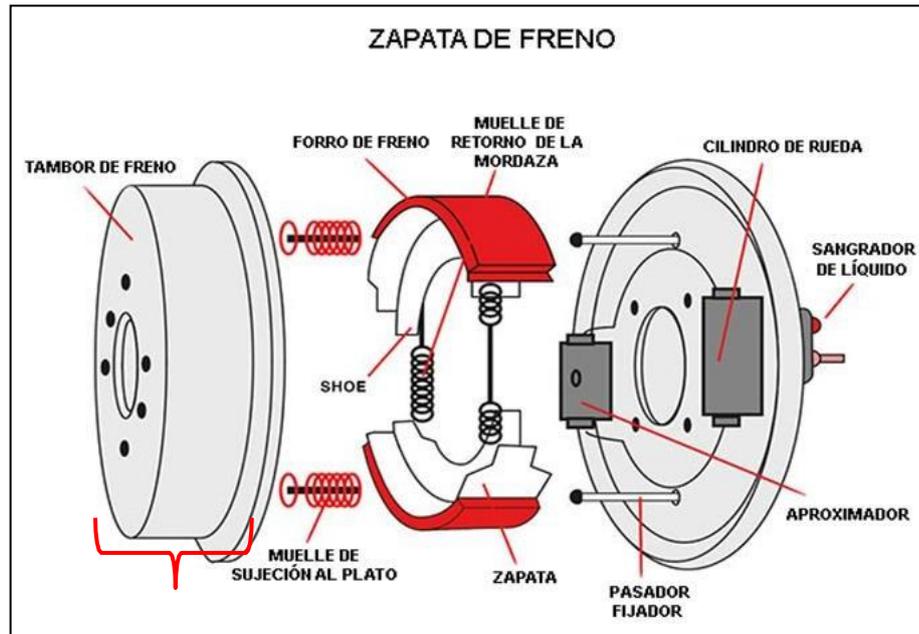


Figura 7. Forros de freno (Championautoparts.es, 2020).

### 2.2.10 Freno de disco

Cabrera y Tapia (2019) afirman que los frenos de disco utilizan discos en lugar de tambores, y los discos también se fijan a la rueda mediante un perno de sujeción. El disco de freno puede ser frenado por una pastilla de freno, que es accionada por un émbolo y una pinza, y la pinza de freno y la pinza de freno se aplican lateralmente sobre el mismo, deteniendo así su rotación. Suelen estar protegidas y refrigeradas para evitar el sobrecalentamiento (p.20).

Los autores deducen que los frenos de disco sustituyeron a los frenos de tambor, este tipo de freno lleva como componentes principales un disco que va unido a la rueda mediante uno pernos o espárragos. Para frenar este disco se emplea pastillas de freno y estas son de material semimetálicos que no se funden ante el incremento de calor durante el rozamiento, estas van ubicadas una de cada lado del disco y son accionadas por un embolo instalado en el caliper. Su funcionamiento empieza desde que el conductor pisa el pedal de freno es entonces que la presión hidráulica llega hasta los caliper haciendo presión lateral contra los émbolos y estos a la vez presionan a las pastillas de freno disminuyendo así la velocidad o deteniendo por completo el disco y ala ves las ruedas del vehículo.

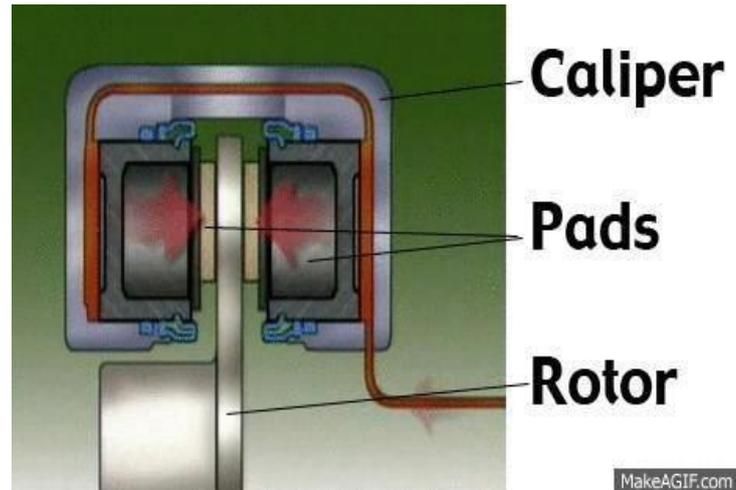


*Figura 8.* Freno de disco (Redondo, 2015)

#### **2.2.10.1 Disco de freno**

Coello (2018), menciona que el disco de freno constituye la parte móvil del freno, donde genera la fuerza necesaria para limitar la rotación de la rueda. Se montan directamente en los pernos del cubo y giran con ellos. Dado que el proceso de frenado se basa en convertir la energía cinética del vehículo en calor, el disco de freno debe tener una gran capacidad para disipar el calor. En frenadas extremas, el disco de freno puede alcanzar una temperatura de  $700^{\circ}\text{C}$  y generar energía suficiente para mantener la bombilla durante un año. (p. 37).

Desde la posición de Coello, el disco de freno es la parte móvil del freno y es ahí donde se generan las fuerzas necesarias entre las pastillas y el disco de freno para poder disminuir o detener por completo el giro de las ruedas. El disco va montado sobre los tornillos del buje de las ruedas de tal manera que giran a la misma velocidad con las ruedas y el proceso de frenado consta básicamente en transformar la energía cinética que se produce mediante el movimiento de los discos y transfórmala en energía calorífica además los discos poseen una gran capacidad de disipar el calor que se genera mediante la fricción con las pastillas en cada frenada y esta puede llegar hasta unos  $700^{\circ}\text{C}$  aproximadamente que según estudios esta energía puede mantener un bombillo encendido durante u año.



*Figura 9.* Caliper de freno (Arcacop, 2016).

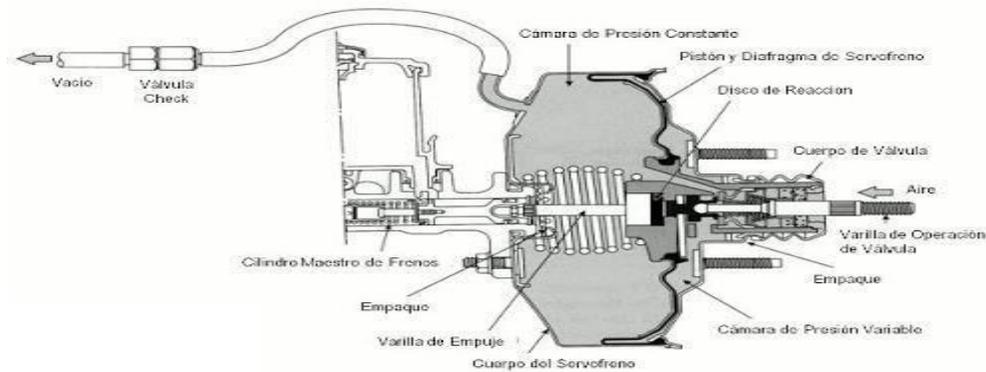
### **2.2.11 Servo frenos**

Se entiende por instalaciones con servofreno a aquellos en las que la fuerza muscular del conductor es auxiliada por una fuerza externa (servo) en caso de que falle el servofreno la instalación tiene no obstante que poder seguir funcionando con una fuerza muscular de como máximo 800 N.

### **2.2.12 Instalación de servofreno**

Ausiró (2005) afirma que el servofreno es una parte del sistema de frenado de los vehículos que amplifica, entre cuatro y nueve veces aproximadamente, la fuerza al accionar el pedal de frenos, gracias al vacío generado por el motor para posteriormente enviar presión al líquido de frenos y así poder disminuir la velocidad del vehículo. Ya que existen muchos modelos de vehículos con características diferentes, como el peso, es necesario adaptar el funcionamiento del servofreno y de todo el conjunto el sistema de frenos en cada uno de los vehículos para tener así un mayor eficaz al momento de frenar el vehículo. Para tal efecto en su proyecto, se realiza la puesta a punto de un banco de pruebas de servofrenos con el fin de conocer de forma rápida y sencilla las principales características del servofreno, en su informe presentan el esquema de configuración y conexión de todos los elementos que forman el banco de pruebas, así como una breve explicación del funcionamiento de cada uno de ellos. Finalmente realizan un estudio y análisis del funcionamiento sobre tres servofrenos de diferentes características, para poder observar,

gracias al banco de pruebas para poder observar la diferencia en cada uno de ellos, además este estudio se realizará bajo diferentes condiciones simulando diversos estados en los que se puede encontrar en servofreno al omento de la mantenga del vehículo.



*Figura 10. Servo freno Boster (E-auto.com.mx, 2012).*

### 2.2.13 Servo freno hidroneumático

Velásquez (2016) hace mención en su proyecto sobre los principales sistemas de freno del automóvil enfatizando que en el sistema de frenos agregan información sobre los distintos sistemas de frenos que existen en ello mencionan el sistema de freno HOIDRONEUMÁTICO en esto nos explica que el sistema de frenos hidroneumático es una combinación de aire e hidroliza.

Los frenos hidráulicos este compuesto por los siguientes partes, liquido de freno, bomba principal, bomba secundaria el servofreno, cañerías y manguera de los frenos.

Los frenos neumáticos están compuestos por los siguientes componentes, compresor de aire, gobernador tanque de almacenamiento de aire, válvula de purga, Boster, válvula check, manómetro de presión, se detalla que el sistema de freno hidroneumáticos es una fusión entre el sistema de frenos hidráulico y el sistema de freno neumático se utiliza en vehículos de carga pesad y mediana.

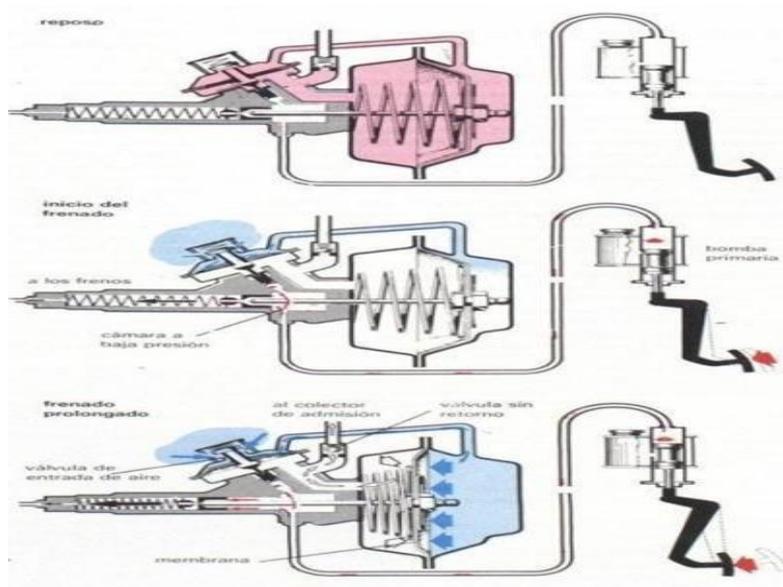


Figura 11. Servo freno hidroneumático (MotorGiga, 2011).

#### 2.2 .14 Análisis infinito del calor generado

En el sistema de frenos de tipo tambor ellos afirman que para el desempeño óptimo de frenado y mantener la integridad de sus componentes, y tener un factor de seguridad lo suficientemente amplio para el usuario de un vehículo, este sistema de freno disipa una temperatura ocasionada por la fricción de los componentes que entran en contacto al momento de frenar, se tomó como base un elemento finito en un sistema de frenos de disco, generado a través de datos de coordenadas y comandos de ábacos, las desventajas de estos modelos es complicado para correr diferentes geometrías, por lo que después de la lógica se generaron modelos paramétricos del sistema de frenos de tambor para tener la flexibilidad de modificar el modelo con relativa facilidad y analizar una solución.

En el sistema de frenos de tambor el frenado y mantener la integridad de sus componentes, y brindar a los usuarios del vehículo un factor de seguridad lo suficientemente amplio, se cree que la disipación de los frenos es causada por el frenado. La temperatura provocada por la fricción de las zapatas con el tambor, se basa en el elemento finito del sistema de freno. (Sandoval et al., 2016).



*Figura 12.* Tambor agrietado por el calor generado en la fricción  
(KashimaUniversity, 2017).

**CAPÍTULO III**  
**DESARROLLO DEL TRABAJO**

### **3.1 Finalidad**

El presente trabajo de aplicación profesional tiene la finalidad de apoyar el proceso de aprendizaje de los estudiantes de la carrera profesional de Mecánica Automotriz de esta institución ya que es un medio didáctico que al ser utilizado de manera adecuada y oportuna durante las clases teóricas y prácticas de taller facilitan el trabajo de los docentes en desarrollar su enseñanza durante la realización de la unidad didáctica de sistema de frenos hidráulicos que se imparte en el segundo semestre académico.

La calidad del servicio educativo que brinda esta institución mejora de manera notable porque al contar con un módulo didáctico como el que presentamos cumplirá con sus objetivos y ser modelo para otras instituciones de nuestro nivel educativo en el país para que ellos también emprendan proyectos como el nuestro y de esa manera nuestra casa de estudios podrá mantener su bien ganada imagen que hasta este momento viene ostentando.

Además, nuestra casa de estudios es el pionero en la construcción de módulos didácticos realizados en el Perú por sus egresados anteriores a este equipo de trabajo y con el paso del tiempo con seguridad se puede mejorar la producción e inclusive producir en serie y proveer de este medio tan importante a otras instituciones que lo requieran.

### **3.2 Propósito**

La construcción de un módulo didáctico del Sistema de frenos hidráulicos tiene el propósito de aportar en el proceso de aprendizaje de los estudiantes de la carrera profesional de Mecánica Automotriz que es una de las especialidades que ofrece esta casa de estudios de tal manera que a partir de esta ejecución, los estudiantes contarán con un material didáctico que es de fácil acceso para la identificación de sus partes y del mismo modo visualizar el trabajo que cada uno de los componentes realiza y en qué momento lo hacen.

Nuestra institución forma profesionales técnicos en distintas carreras profesionales y una de ellas es nuestra carrera profesional, Mecánica Automotriz con estudiantes que provienen de educación básica que no brindan formación técnica y ellos tienen dificultades para aprender el sistema de frenos sin embargo, con la construcción de este material académico se habrá resuelto en parte esta falencia ya que la otra parte depende del docente que utiliza de manera apropiada este tan importante recurso didáctico durante el desarrollo de la unidad didáctica de Sistema de frenos.

### 3.3 Componentes

Este grupo de trabajo diseñó un módulo didáctico de sistema de frenos hidráulicos para mejorar el aprendizaje de los estudiantes del IESTPFFAA, para lo cual hemos aplicado todos nuestros conocimientos adquiridos durante el desarrollo de las unidades didácticas que se programa para la carrera de Mecánica Automotriz, el módulo está compuesto por los siguientes componentes.

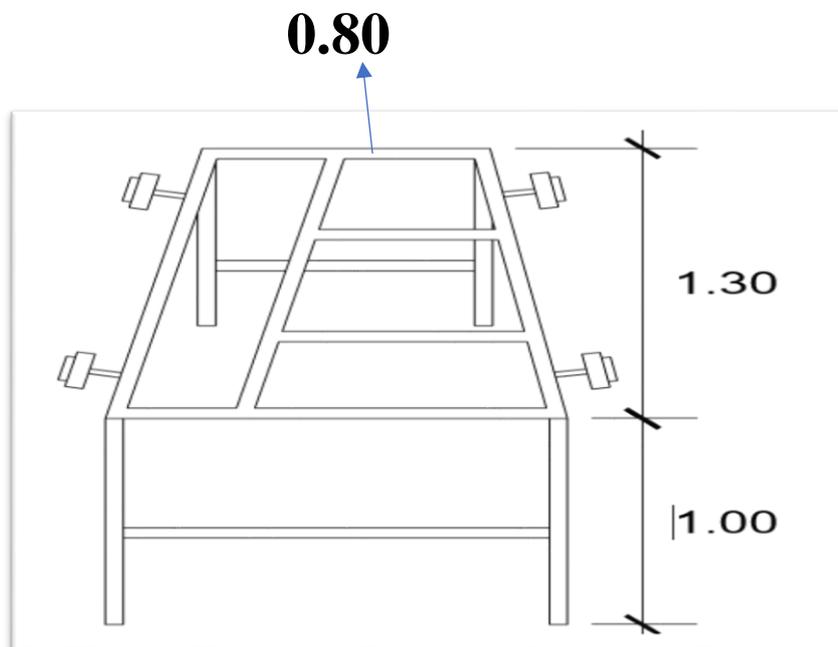
- Pedal de freno. - Es el encargado de convertir la fuerza mecánica a fuerza hidráulica.
- Bomba maestra o cilindro. - Recibe el empuje de pedal y distribuye el líquido de freno por las cañerías hasta las ruedas.
- Servofreno. - Se encarga de suavizar el pedal para no tener un frenado duro.
- Caliper o pinza. - Es donde va sujetado las pastillas de freno tipo disco y el cilindro auxiliar.
- Tambores va en las ruedas posteriores y es el que tiene contacto con las zapatas de freno.
- Discos. - Se usan en las ruedas delanteras la presión que ejerce el fluido hacia el pistón empuja a las pastillas haciendo contacto con los discos.
- Zapatas. - Se encarga de hacer efectiva el frenado haciendo contacto con la cara interior del tambor.
- Pastillas. - Se usan en freno de disco, se monta dos en el caliper y por el medio está el disco de freno, el pistón empuja las pastillas que se pegan al disco haciendo fricción para detener el vehículo.
- Motor de vacío para convertir fuerza neumática a hidráulica.

### 3.4 Actividades

Los cuatro estudiantes que conformamos este grupo de trabajo de la carrera profesional técnica de Mecánica Automotriz decidimos construir un módulo didáctico de sistema de frenos hidráulicos para mejorar el aprendizaje de los estudiantes de la carrera de Mecánica Automotriz III ciclo del IESTPFFA.

#### ETAPA 1:

- Dibujar el módulo didáctico del sistema de frenos hidráulico en una hoja bond.
- Realizar el diseño del módulo en AutoCAD.



*Figura 13.* Diseño del módulo didáctico.

- Poner en consideración del grupo de trabajo la propuesta del diseño, para la elaboración del módulo didáctico de frenos.
- Aprobar la propuesta.

**Etapa 2:** Comprar los materiales y los componentes para la construcción del módulo didáctico.

- Comprar 8 mt fierro cuadrado de 2x2mm para la estructura del módulo.
- Comprar 1 plancha de fierro ½" de 26x36 cm para la base del motor de vacío.
- Comprar 1 plancha de fierro ½" de 28x16 cm para montar el servofreno.
- Comprar 1kg de electrodo para soldar los puntos de unión de los fierros de la estructura del módulo.
- Comprar 4 disco de corte 7/8" para cortar los fierros que se va utilizar en la construcción del módulo.
- Comprar 4 disco de desbaste 7/8" para dejar lisa cada punto donde se usó soldadura.
- Comprar 4 lija N°85 para lijar los fierros antes de pintarlo.
- Comprar 4 ruedas de 4" para colocar al módulo para movilizarlo con facilidad.
- Comprar 1 galón. de thinner para mezclar con la pintura.
- Comprar ½ galón. de pintura base gris.
- Comprar ½ galón de pintura azul claro.
- Comprar 3 cinta adhesiva blanca para delinear la pintura.
- Comprar 2 galón de gasolina para lavar los fierros y componentes.
- Comprar 1 pedal de freno.
- Comprar 1 kit de servofreno.



*Figura 14.* Kit de servofreno.

- Comprar 2 caliper.
- Comprar 2 tambores de freno.
- Comprar 2 discos de freno.
- Comprar 4 zapatas de freno.
- Comprar 4 pastillas de freno.
- Comprar 4 m de cañería de cobre de 3/16.
- Comprar manómetro de 60 PSI.
- Comprar motor de vacío de ½ HP.



*Figura 15.* Motor de vacío.

- Adquisición de equipos de protección personal.
- Adquisición de equipos como maquina de soldar, compresora, amoladora y taládro.
- Adquisición de herramientas llaves, alicate, destornillador, dados milimétricos.



*Figura 16.* Fuego de llaves, taladro, amoladora y soplete de pintar.

**ETAPA 3:** Proceso de construcción de la estructura del módulo didáctico y montaje de los componentes del sistema de frenos.

- Tomar las medidas a los tubos de acuerdo al diseño del módulo.
- Realizar el corte de cada una de las partes utilizando amoladora y disco de corte.
- Presentar los tubos cortados de acuerdo al diseño.
- Escuadrar los tubos presentados en suelo plano para unir los puntos a través de soldadura.
- Instalar la máquina de soldar por arco voltaico.
- Encender la máquina de soldar.
- Girar la manivela selectora de amperaje y seleccionar en 100 Amp.
- Utilizar soldadura cello Cord 6011 para unir con puntos de soldadura la estructura metálica del módulo didáctico.
- Acomodar los tubos según diseño y de acuerdo a las medidas proyectadas.
- Unir los tubos solo con puntos de soldadura.

- Soldar los parantes.
- Unir con puntos todas las uniones y luego comprobar la cuadratura de las uniones.
- Reacomodar la cuadratura y luego fijar la unión con soldadura definitiva.
- Soldar el travesaño superior y luego el otro parante para ir serrando el bastidor.
- Realizar las mismas comprobaciones que en el parante anterior.
- Asegurar los puntos soldados.
- Soldar el travesaño inferior uniendo los parantes.
- Comprobar con una escuadra para ver si las uniones del travesaño inferior están simétricas.
- Asegurar todas las uniones de soldadura.



*Figura 17. Montar el servofreno.*

- Soldar las cuatro garruchas en cada parante de la estructura para hacer el traslado fácil del módulo a otros ambientes.
- Desbastar con una amoladora y piedra de desbaste, todas las rebabas producidas por la soldadura.
- Lijar la estructura para pintar con pintura anticorrosiva.
- Ubicar la estructura en un lugar donde no corra mucho viento.

- Mezclar la pintura con thinner acrílico para pintar el módulo.
- Regular la boquilla de la pistola de pintar para que la atomización sea la adecuada.
- Pintar de manera uniforme toda la superficie de la estructura evitando que se acumule la pintura en un solo lado.
- Permitir el secado de la primera capa de pintura.
- Pintar la segunda mano de pintura para cubrir las posibles porosidades generadas durante la primera mano de pintura.
- Guardar la estructura cubriéndolo con una tela.
- Montar el servofreno.
- Montar el pedal de freno.
- Montar el depósito de líquido de freno.
- Montar cañerías.
- Montar el disco y el caliper de freno.
- Montar las zapatas y el tambor de freno.
- Montar el freno de mano.
- Montar el motor de vacío.



*Figura 18.* Montaje de los componentes.

**ETAPA 4:** Pruebas y verificación de funcionamiento del módulo.

- Se verificó que no le falte ningún componente al módulo didáctico de frenos.
- Se realizó el purgado de frenos en cada rueda del módulo didáctico, para verificar que no haya burbujas de aire en las cañerías.
- Accionamiento del pedal de frenos para verificar que tenga fuerza mecánica.
- Se verificó que el servofreno este recibiendo el empuje perfecto de los pedales para poder convertir la fuerza mecánica a fuerza hidráulica.
- Accionamiento correcto del cilindro auxiliar del caliper.
- Accionamiento de las pastillas de freno.
- Perfecto estado del disco de frenos.
- Verificación que las zapatas de freno este siendo accionado por el bombín.
- Verificar que el tambor este haciendo contacto con las zapatas de freno.
- Accionamiento de la palanca de frenos de parqueo.

Tabla 1.

*Materiales para la construcción de la estructura*

<b>Cantidad</b>	<b>Material</b>	<b>Medida</b>
4	Tubos cuadrados	2x 2 mm
1	Plancha de fierro	1/2"
4	Ruedas de 500 kg de capacidad	4"
1	Plancha de fierro	1/4 "

Tabla 2.

*Herramientas que se utilizaron en la construcción del módulo*

<b>Cantidad</b>	<b>Herramientas</b>	<b>Medida</b>
1	Llave mixta - dado	N° 10mm
1	Llave mixta -	N° 12 mm
1	Llave mixta - dado	N° 14mm
1	Llave mixta	N° 17mm
1	Llave mixta	N° 19 mm
1	Llave mixta - dado	N° 21mm
1	Llave Ratchet	

Tabla 3.

*Equipos que se utilizaron*

<b>Cantidad</b>	<b>Equipo</b>	<b>Medida</b>
1	Máquina de soldar	1 ½" por 2"
1	Amoladora	1" por 1"
1	Taladro	2"
1	Compresora	-----

Tabla 4.

*Materiales fungibles que se emplearon durante el proceso*

<b>Cantidad</b>	<b>Material/ producto</b>
½ Kg	Masilla para metal
4 unidades de	Discos de corte
4 unidades de	Discos de desbaste
2 kg de	Electrodos 6011
4 unidades de	Lijas N° 80
1 galón de	Thinner
½ galón de	Pintura base gris
½ galón de	Pintura azul para acabados

Tabla 5

*Componentes utilizados en el módulo.*

<b>Cantidad</b>	<b>componente</b>
1	Servofreno
2	Discos de freno
2	Tambor de frenos
1	Motor de vacío
4	Muñones
4 mt.	Cañería de cobre

### **3.5. Limitaciones**

- No se avanzó de manera planeada debido a no poder reunirnos por motivo del Covid-19.
- No se contó con un asesor presencial para una mejor capacitación debido al Covid-19.
- No contar con la economía suficiente para comprar los materiales y componentes en su debido momento.
- No contar con las instalaciones adecuadas para realizar el proyecto.
- No haber realizado el proyecto en su debido momento cuando asistíamos al instituto.
- No contar con tiempo suficiente para realizar el proyecto debido al trabajo cotidiano.

**CAPÍTULO IV**  
**RESULTADOS**

## RESULTADOS

El trabajo de aplicación profesional que consiste en “Construir un módulo didáctico del sistema de frenos hidráulicos, para la carrera profesional Mecánica Automotriz del IESTPFFFAA” se culminó de manera exitosa cumpliendo con todas las expectativas propuestas al inicio del proyecto, quedando conforme docentes estudiantes y autoridades del IESTPFFFAA.

La ejecución del trabajo quedó de acuerdo como se planificó en el perfil del trabajo aplicativo, demostrando satisfacción en todas las autoridades y estudiantes del instituto ya que con la construcción del módulo didáctico de sistema de frenos de ahora en adelante podrán realizar las clases prácticas pre-profesionales en el módulo didáctico que fue ejecutado por este grupo de egresados.

Con este módulo didáctico los estudiantes podrán observar con mas facilidad el funcionamiento de todos los componentes del sistema de frenos empezando por el pedal de frenos que ejerce la fuerza mecánica y el servofreno que transmite la fuerza al depósito de líquido de frenos y este distribuye el líquido a presión por las cañerías hasta las ruedas accionando el bombín en las zapatas para hacer contacto con la parte interna del tambor, y en el freno tipo disco las pastillas son empujadas por el cilindro auxiliar para hacer contacto las pastillas con el disco haciendo el efecto de frenado. Esto servirá para que los estudiantes nutran sus conocimientos prácticos y así poder ser eficientes y profesionales competentes en el ámbito laboral.

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## CONCLUSIONES

- a) El sistema de frenos en los vehículos a lo largo del tiempo fue evolucionando tecnológicamente dando resultados muy importantes, ya que evita accidentes de tránsito y obtiene mayor confort al movilizarse en un vehículo.
- b) Al diseñar y construir este módulo didáctico del sistema de frenos hidráulicos estamos logrando que los estudiantes de la especialidad de Mecánica Automotriz tengan un aprendizaje completo en el desarrollo de las actividades prácticas.
- c) Ejecutamos este módulo didáctico del sistema de frenos hidráulicos de tipo tambor y disco con la finalidad de que los estudiantes inicien su conocimiento básico a través de este módulo didáctico.

### RECOMENDACIONES

- a) Este grupo de trabajo entrega el módulo didáctico de sistema de frenos hidráulicos al encargado del área de taller de Mecánica Automotriz en perfectas condiciones.
- b) Se sugiere a los estudiantes y docentes quienes realizaran las clases prácticas mantener los componentes limpios y en un lugar de trabajo adecuado.
- c) Se recomienda que al momento de manipular los componentes, usen los equipos necesarios de protección personal adecuada.
- d) Las clases prácticas en este módulo didáctico deben ser supervisadas por un docente encargado.
- e) Se sugiere a los estudiantes no hacer uso del módulo sin la autorización de un personal o docente encargado del taller.
- f) Verificar siempre el nivel de líquido de frenos en el depósito este al nivel indicado.
- g) Verificar que las pastillas y las zapatas de freno estén en perfectas condiciones.
- h) Hacer el purgado de cada rueda cada cierto tiempo para evitar burbujas de aire en las cañerías.
- i) Evitar exponer el módulo bajo agua o líquidos que pueden oxidar y descomponer los componentes de frenos.

## REFERENCIAS

- Agudelo, A. (1992). *Reparación del conjunto de freno de tambor o campana*. Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA)
- Arcacop. (2016, 3 de abril). *Frenos de disco*. <https://arcacorp.com.mx/frenos-de-disco/>
- Ausiró Barril, J. (2005). Puesta a punto y análisis de un banco de pruebas de servofrenos para vehículos utilitarios. [Tesis de pregrado en Ingeniería Industrial, Universitat Politècnica de Catalunya]. Archivo digital. <http://hdl.handle.net/2099.1/2856>
- Borja, J. C., Fenoll, J., y De Herrera, J. S. (2009). *Sistema de transmisión y frenado*. Macmillan Iberia, SA.
- Cabrera Esquivel, N. A. y Tapia Aracena, G. A. (2019). *Construcción de maqueta didáctica de frenos hidráulico*. [Tesis de pregrado para Ingeniería de Mecánica Automotriz, Universidad Técnica Federico Santa María]. Archivo digital. <https://hdl.handle.net/11673/46924>
- Carpio Cueva, D. E. (2018). *Diseño y construcción del sistema de frenos de un vehículo de competencia Formula SAE eléctrico*. [Tesis de pregrado para Ingeniería de Mecánica Automotriz, Universidad Politécnica Salesiana]. Archivo digital. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/15358>
- Championautoparts. (2020, 24 de setiembre). *Pastillas de freno vs zapatas de freno*. Championautopart.es. <https://www.championautoparts.es/news/brake-pads-vs-brake-shoes.html>
- Chavarría Lima, A. R. (2018). *Construcción de un simulador del sistema de freno hidráulico ABS*. [Tesis de pregrado en Mecánica Automotriz, Universidad Mayor de San Andrés]. Archivo digital. <http://repositorio.umsa.bo/xmlui/handle/123456789/19068>

Coello, I. (2018). *Diseño del sistema de frenado de un automóvil. Cálculo de la geometría, materiales, energía disipada, par de frenado, fuerzas de accionamiento y circuito hidráulico*. [Tesis de pregrado en Ingeniería Mecánica, Universitat Politècnica de València].

E-auto.com.mx. (2012, 11 de abril). *Frenos 5 - Servofreno o Booster Sencillo*.  
<https://www.e-auto.com.mx/enuw/index.php/85-oletines-tecnicos/3517-frenos-5-servofreno-o-booster-sencillo>

EcuRed. (2018, 27 de marzo). *Freno*.  
<https://www.ecured.cu/Freno#/media/File:Freno.jpg>

Hinostroza, L. M., y Paucar, L. P. (2014). *Manual didáctico Pahi y aprendizaje del acoplamiento de bombas auxiliares de freno en estudiantes de las instituciones educativas técnicas de la provincia de Tarma*. [Tesis de pregrado en Educación Mecánica Automotriz, Universidad Nacional del Centro del Perú]. Archivo digital. <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/2035>.

Kashima University. (2017, 1 de diciembre). *Pedal de freno*.  
<http://kashima.campuseina.com/mod/book/view.php?id=7593&chapterid=938>  
 4

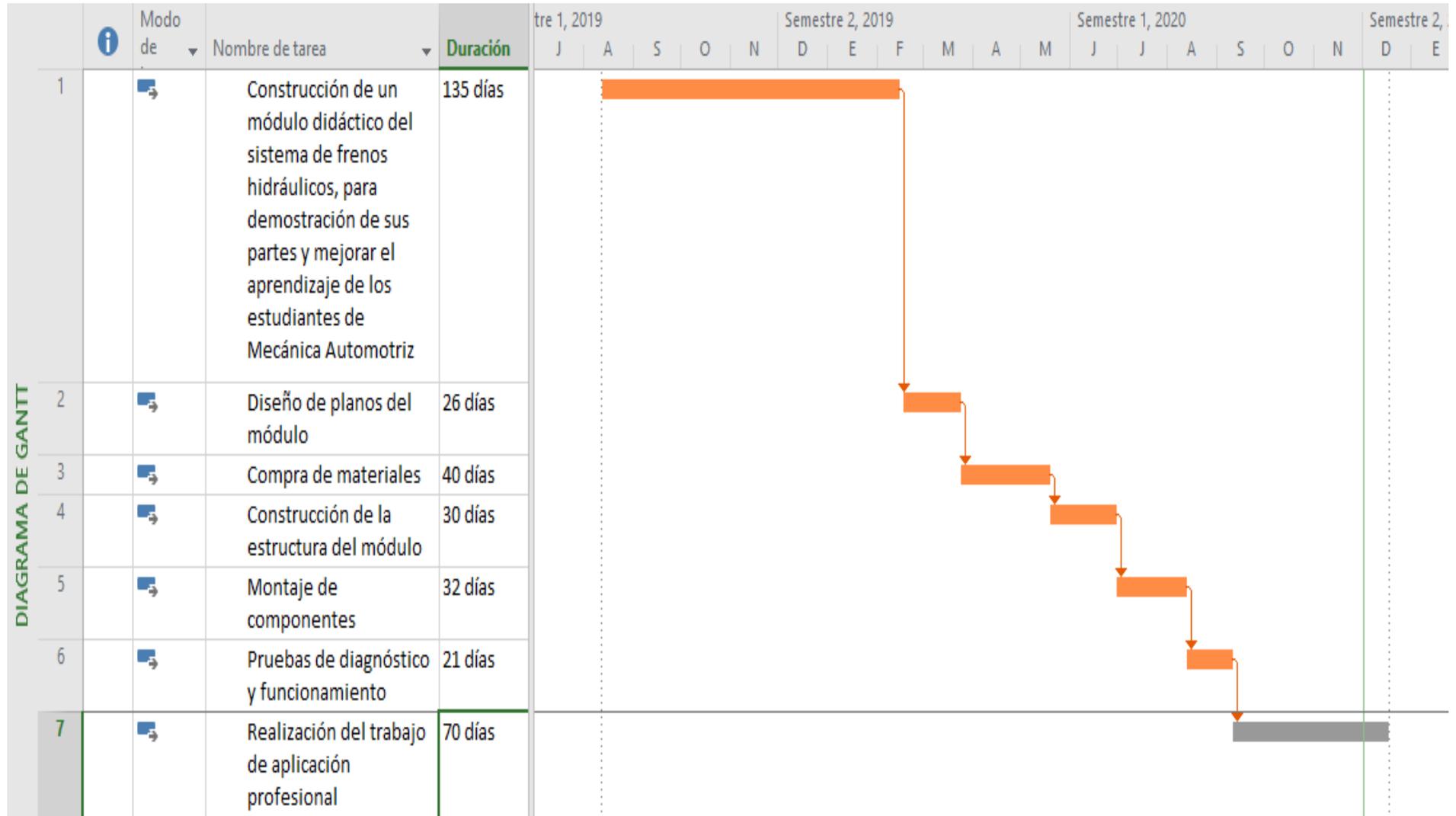
KashimaUniversity (2017, 1 de diciembre). *Frenos de tambor*.  
<http://kashima.campuseina.com/mod/book/view.php?id=7611&chapterid=942>  
 6

Montero, W. R. y Navas, J. M. (2012). *Diseño y construcción de dos bancos didácticos funcionales del sistema de frenos hidráulico mixto disco – tambor*. [Tesis de pregrado para Ingeniería de Mecánica Automotriz, Universidad Politécnica Salesiana]. Archivo digital.  
<http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/2413>

- Motor Giga. (29 de 04 de 2011). SERVOFRENO - Definición - Significado <http://diccionario.motorgiga.com/diccionario/servofreno-definicion-significado/gmx-niv15-con195546.htm>
- Redondo, M. (2015, 2 de noviembre) *¿Cómo funcionan los frenos de disco?* <https://www.autobild.es/noticias/como-funcionan-los-frenos-disco-271149>
- Sandoval, C. C. C., Rodríguez, J. A. L., Jaques, F. J. L., y Arvizo, U. M. (2016). Análisis finito del calor generado en un sistema de frenos de tipo de tambor. *Cultura Científica y Tecnológica*, (58).
- Shiguango, J. L., y Farinango a, Á. P. (2012). *Implementación de un tablero didáctico de un sistema de frenado hidráulico con accionamiento manual, control de parada y presión de frenado electrónico, para el laboratorio de la Escuela de Ingeniería Automotriz de la ESPOCH*. [Tesis de pregrado en Ingeniería Automotriz, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. Archivo digital. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/2288>
- Si.Educa.Net. (2012, 6 de febrero). *Principio de Pascal*. Si.Educa.Net. Educación para la vida. <https://si-educa.net/intermedio/ficha24.html>
- Velástegui Carrillo, A. J. (2015). *Los materiales de fricción y su influencia en la eficiencia de frenado*. [Tesis de pregrado en Electromecánica Automotriz, Universidad San Francisco de Quito]. Archivo digital. <http://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/4627>
- Velásquez Campaña, E. R. (2016). *Diseño y construcción de un simulador y banco de pruebas didáctico del sistema de frenos mixto hidroneumático del eje delantero, para la carrera de ingeniería automotriz de la Universidad Tecnológica Equinoccial*. [Tesis de pregrado en Ingeniería Automotriz, Universidad Tecnológica Equinoccial]. Archivo digital. <https://docplayer.es/91033365-Universidad-tecnologica-equinoccial.html>

## **APÉNDICES**

## Apéndice A. Cronograma de Actividades



## Apéndice B. Cronograma de Presupuesto

---

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unitario S/.</b>	<b>Precio Total, S/.</b>
Bomba maestra	01 unidad	200	200
Disco de freno	2 unidades	60	120
Tambor de freno	2 unidades	45	90
Pastilla de freno	2 unidades	15	30
Zapata de freno	2 unidades	15	30
Calíper	2 unidades	25	50
Cañerías	4 metros	8	24
Muñón de frenos	4 unidades	20	80
Freno de parqueo	1 unidad	45	45.
Pernos	8 unidades	1.0	8.0
Pintura base	1/2 galón	25	25.0
Pintura acabada	1/2 galón	30	30
Thiner	1 galón	15	15.00

Electrodo	1 kilo	14	14.00
Fierro	4 unidades	35	140
Motor de vació	1 unidad	250	250
cañería	4 mtr	50	50
Total			1159.00

---