



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**Evaluación, análisis exergético y repotenciación del sistema de frenado de un auto
clásico Nissan Datsun 1973**

Díaz Morocho, Christian Bladimir

Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería Mecánica

Trabajo de titulación, previo a la obtención del título de ingeniero mecánico

Ing. Gutiérrez Gualotuña, Eduardo Roberto

9 de septiembre del 2021



Original

Document Information

Analyzed document	Tesis de Grado Christian Bladimir Diaz Morocho.pdf (D611898433)
Submitted	9/1/2021 3:55:00 AM
Submitted by	
Submitter email	vaerazo@utn.edu.ec
Similarity	2%
Analysis address	vaerazo.utn@analysis.arkund.com

Sources included in the report

W	URL: http://www.eiv.cl/wp-content/uploads/2020/10/Guia-de-aprendizaje-evaluada-formativamente-N%C2%B02-Cuarto-G-Mecanica-Automotriz-Victor-Rabanal.docx <small>Fetches: 1/23/2021 2:31:20 PM</small>	1
W	URL: https://www.buenastareas.com/materias/cilindro-maestro-sistema-de-frenos/0 <small>Fetches: 1/28/2020 5:09:44 AM</small>	1
SA	TESIS FINAL LISTA.docx <small>Document TESIS FINAL LISTA.docx (D10579929)</small>	1
SA	UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE / Tolerancia.docx <small>Document Tolerancia.docx (D14839948) Submitted by: msyo_2525@hotmail.com Receiver: cmsegovia.utn@analysis.arkund.com</small>	1

Ing. Eduardo Roberto Gutiérrez Gualotuña

DIRECTOR



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, “Evaluación, análisis exergético y repotenciación del sistema de frenado de un auto clásico Nissan Datsun 1973” fue realizado por el señor **Díaz Morocho Christian Bladimir** el cual ha sido revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Sangoquí, 09 de septiembre de 2021

.....
Ing. Eduardo Roberto Gutiérrez Gualotuña

C. C: 1711011385



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA

Yo, **Díaz Morocho Christian Bladimir**, con cédula de ciudadanía n° 171726207-3 declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: **“Evaluación, análisis exergético y repotenciación del sistema de frenado de un auto clásico Nissan Datsun 1973”** es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Sangolquí, 09 de septiembre de 2021

Díaz Morocho Christian Bladimir

C.C.: 171726207-3



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Yo **Díaz Morocho Christian Bladimir**, con cédula de ciudadanía n° 171726207-3, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: “Evaluación, análisis exergético y repotenciación del sistema de frenado de un auto clásico Nissan Datsun 1973” en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Sangolquí, 09 de septiembre de 2021

Díaz Morocho Christian Bladimir

C.C.: 171726207-3

Dedicatoria

El presente trabajo de titulación lo dedico principalmente a Dios, por ser el inspirador y darme la fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados.

A mis padres y hermana, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ellos he logrado llegar hasta aquí y convertirme en lo que soy. Ha sido un orgullo y un privilegio ser su hijo y hermano, son los mejores padres.

A mis abuelitas por estar siempre presentes, acompañándome y por el apoyo moral, que me brindaron a lo largo de esta etapa de mi vida.

A todas las personas que me han apoyado y han hecho que el trabajo se realice con éxito en especial a aquellos que me abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos.

Agradecimiento

Agradezco a Dios por protegerme durante todo mi camino y darme fuerzas para superar obstáculos y dificultades a lo largo de toda mi vida.

A mis padres, que con su demostración de amor me han enseñado a no desfallecer ni rendirme ante nada y siempre preservar a través de sus sabios consejos

Al Ing. Roberto Gutiérrez, director del proyecto de grado, por su valiosa guía y asesoramiento a la realización de la misma.

Gracias a todas las personas que ayudaron directa e indirectamente en la realización de este proyecto.

Índice de contenidos

Dedicatoria	6
Agradecimiento.....	7
Índice de contenidos	8
Índice de tablas.....	11
Índice de figuras	12
Resumen.....	13
ABSTRACT	14
Capítulo I Introducción.....	15
Antecedentes.....	15
Planteamiento del problema:	15
Justificación e importancia	16
Alcance	16
Objetivos.....	16
<i>General</i>	16
<i>Específicos</i>	16
Capítulo II Marco teórico.....	17
Fundamento Teórico:.....	17
Funcionamiento de un motor de combustión interna:.....	18
Antecedentes del motor a carburador:	18
Principios termodinámicos de un motor de combustión interna.....	19
Tipo de Motor:	19
Sistema de frenos	20
<i>Principio de funcionamiento:</i>	21
<i>Reparto de la frenada por ejes</i>	21
<i>Freno de tambor</i>	22
<i>Composición de los frenos de tambor</i>	22
<i>Bomba de frenos:</i>	24
<i>Líquidos de frenos</i>	25
<i>Servofreno</i>	27
Capítulo III Estado inicial y actual de los sistemas intervenidos.....	28
ABC de Motor de Carburador “1”	28
<i>Bujías</i>	29
<i>Condensador y Platino</i>	30
<i>Filtro de gasolina:</i>	30

Sistema de Frenado “2”	31
<i>Zapatas de freno:</i>	31
<i>Freno de Mano:</i>	31
<i>Bomba de freno</i>	32
<i>Cañerías</i>	33
Reparaciones Extras “3”	33
<i>Tanque de combustible</i>	33
<i>Radiador</i>	34
Capítulo IV Selección y adaptación de partes.....	36
Selección de los elementos del sistema de frenos.....	36
<i>Recursos disponibles para la adaptación</i>	36
<i>Bomba principal de frenado</i>	36
<i>Servo Freno</i>	37
<i>Cañerías y acoples</i>	37
Procedimiento de adaptación de servofreno al vehículo Nissan Datsun 1973 .	38
<i>Despiece del sistema</i>	38
<i>Adaptación e implementación del sistema</i>	39
Capítulo V Cálculos de los elementos del sistema.....	42
Cálculo del centro de gravedad.....	42
<i>Distancia del centro de gravedad con respecto al eje trasero</i>	44
<i>Distancia del centro de gravedad con respecto al lado izquierdo</i>	44
<i>Distancia del centro de gravedad con respecto al suelo</i>	44
<i>Ubicación del centro de gravedad del vehículo Nissan Datsun 1973</i>	44
Calculo de las fuerzas y momentos de los frenos del Nissan Datsun 1973.....	45
<i>Diagramas de cuerpo libre de las fuerzas</i>	45
<i>Torque que generan las ruedas en el vehículo</i>	47
Análisis energético del motor	48
<i>Cálculo de Temperaturas y Presiones:</i>	49
<i>Cálculo de la producción neta de trabajo y del calor de entrada al sistema.</i>	50
<i>Presión Media Efectiva</i>	52
<i>Cálculo del consumo de combustible</i>	52
<i>Cálculo de la eficiencia térmica teórica y eficiencia térmica práctica</i>	53
Análisis exergetico del motor	54
<i>Cálculos de las exergías correspondientes a cada proceso</i>	55
<i>Irreversibilidad del ciclo o destrucción total de exergía.</i>	57
<i>Cálculo de la eficiencia del ciclo según la segunda ley.</i>	57

Capítulo VI	Análisis económico	59
	Costos Directos	59
	Costos Indirectos	61
	Costo total del desarrollo del presente proyecto	62
Capítulo VII	Conclusiones y recomendaciones	64
	Conclusiones	64
	Recomendaciones	65
Bibliografía:	66
Anexos	68

Índice de tablas

Tabla 1 <i>Remuneración a profesionales de la Universidad de las Fuerzas Armadas "ESPE"</i>	59
Tabla 2 <i>Remuneración a Profesionales Externos a la Universidad</i>	59
Tabla 3 <i>Remuneración a estudiante</i>	60
Tabla 4 <i>Materiales e Insumos utilizados</i>	60
Tabla 5 <i>Costos Indirectos</i>	61
Tabla 6 <i>Detalle de los costos y financiamiento del proyecto</i>	62

Índice de figuras

Figura 1 Vehículo Nissan Datsun 1973 Motor con Carburador.....	18
Figura 2 Motor del Vehículo Nissan Datsun 1973.....	20
Figura 3 Funcionamiento del sistema de freno.....	21
Figura 4 Freno de Tambor del Vehículo.....	22
Figura 5 Esquema Del Sistema de Freno de Tambor.....	23
Figura 6 Bomba de Freno.....	24
Figura 7 Esquema de la bomba de freno.....	25
Figura 8 Puesta de líquidos de freno.....	26
Figura 9 Servo Freno.....	27
Figura 10 Vehículo Nissan Datsun 1973.....	28
Figura 11 Motor y Sistema de freno Inicial.....	28
Figura 12 Motor y Sistema de freno Actual.....	29
Figura 13 Bujías Actual vs Inicial.....	29
Figura 14 Condensos y Platino Actual vs Inicial.....	30
Figura 15 Filtro de gasolina Actual vs Inicial.....	30
Figura 16 Zapatas de Freno Actual vs Inicial.....	31
Figura 17 Reparación completa del Sistema de Freno de Mano.....	32
Figura 18 Bomba de freno Actual vs Inicial.....	32
Figura 19 Cañerías Actual vs Inicial.....	33
Figura 20 Tanque de Combustible Inicial.....	34
Figura 21 Tanque de Combustible Actual.....	34
Figura 22 Radiador Actual vs Inicial.....	35
Figura 23 Separador acoplado a Servofreno.....	36
Figura 24 Bomba de freno Nueva.....	36
Figura 25 Servofreno del vehículo Suzuki Forsa 2.....	37
Figura 26 Cañerías nuevas instaladas.....	37
Figura 27 Desmontaje de Bomba de freno.....	38
Figura 28 Toma de Medidas para acoples.....	38
Figura 29 Acople para servo y bomba.....	39
Figura 30 Revisión de medidas de los acoples.....	39
Figura 31 Armado del Sistema.....	40
Figura 32 Armado de sistema de servo y bomba.....	40
Figura 33 Calibración de Servofreno.....	41
Figura 34 Dimensiones del Vehículo.....	43
Figura 35 Tabla de determinación de centro de gravedad.....	43
Figura 36 Gráfica Presión - Volumen.....	49
Figura 37 Gráfica Presión - Volumen.....	55

Resumen

En el presente proyecto de titulación se realizó una evaluación tecnicomecánica del sistema original de frenado, además de una evaluación energética del motor y una evaluación exergética del sistema de gases de un vehículo Nissan Datsun 1973 para que los estudiantes puedan constatar la teoría con la práctica. El objetivo principal de este proyecto es la repotenciación del sistema de freno mediante sustentación matemática de verificación de cambio de sistema por uno más actual como lo es el sistema de frenado hidráulico (servo freno), sin modificar su esencia clásica con las respectivas implementaciones al sistema. Para poder alcanzar los objetivos del proyecto se tuvo que analizar los principales problemas de las tendencias tanto energéticas como tecnológicas actuales en lo referente al desarrollo automotriz, que se denota en los parámetros de seguridad y eficiencia, normativas actuales que ha generado un efecto en los automóviles considerados clásicos que aun utilizan sistemas de carburador en la parte de suministro de combustible del motor y el sistema de frenos con el uso de tambores “sistema mecánico” que en comparación con los actuales de inyección multipunto y sistemas ABS que pueden ser considerados hasta cierto punto como inseguros e ineficientes. Para lograr el correcto funcionamiento del vehículo se cambiaron algunas piezas y otras se implementaron para dar mayor seguridad y eficiencia al vehículo.

Palabras claves:

- **SISTEMA DE FRENO**
- **SERVO FRENO**
- **ANÁLISIS ENERGÉTICO**
- **ANÁLISIS EXERGÉTICO**

ABSTRACT

This dissertation work studies a technical-mechanical review of the brake system, additionally it runs a motor energy evaluation and an exergetic evaluation of the exhaust system of a Nissan Datsun 1973, in order to help students to relate the theory with the practice. The main objective of this project is to repower the brake system by means of mathematical support of verification by changing the system to a more current one as the hydraulic braking system (servo brake), without losing the classic essence of the vehicle. In order to achieve the objectives of the project, it is important to analyze the problems of both energy and current technological trends in relation to automotive development in the case of safety and efficiency parameters, current regulations have a direct impact in vehicles consider as classics that nowadays they still employ the carburetor system in the fuel supply part of the engine and in the brake system using the drums brakes "mechanical system". Both in comparison with the more current multipoint injection systems and ABS systems, can be consider unsafe and inefficient. Looking for the well working of the vehicle, it is important to change and to add some mechanical parts to improve the security and the efficiency of the vehicle.

Key words:

- **BRAKE SYSTEM**
- **BRAKE BOOSTER**
- **ENERGETIC ANALYSIS**
- **EXERGETIC ANALYSIS**

Capítulo I Introducción

Antecedentes

La constante evolución tecnológica que sufre las empresas automotrices al pasar del tiempo debido a la adición de los seres humanos a la tecnología, y una búsqueda de medios de transporte más seguros y confortables ha generado que vehículos antiguos vayan siendo cada día menos eficientes, donde sus prestaciones, confortabilidad y sobre todo seguridad resulten poco efectivas, exponiendo a sus ocupantes a riesgos que podrían resultar fatales en muchos de los casos.

El sistema de frenado de los vehículos, no se han visto rezagados en esta evolución, teniendo su paso desde tambor hasta ABS, siendo estos últimos, el sistema de frenado más óptimo y de mejor desarrollo en la actualidad.

En cuanto al motor podemos decir que, buscando la mejor eficiencia, rendimiento y el máximo aprovechamiento, las grandes compañías de vehículos se concentraron en elevar las relaciones de compresión mientras otros empezaron a optar la alimentación por inyección.

Planteamiento del problema:

Uno de los principales problemas por las tendencias tanto energéticas como tecnológicas actuales en lo referente al desarrollo automotriz, se denota en los parámetros de seguridad y eficiencia, normativas actuales que ha generado un efecto en los automóviles considerados clásicos que aun utilizan sistemas como por ejemplo el de carburador en la parte de suministro de combustible del motor y el sistema de frenos con el uso de tambores "sistema mecánico", que en comparación con los actuales de inyección multipunto y sistemas ABS pueden ser considerados hasta cierto punto como inseguros e ineficientes.

Para ello se realizará una serie de adaptaciones, acoples en el sistema de frenado y un mantenimiento en el motor para que sus funciones sean más efectivas al momento de realizar sus respectivas operaciones.

Justificación e importancia

Para determinar la solución técnica más adecuada, se tomó como punto de partida la recopilación de información bibliográfica, con la que, se estableció una base técnica de conceptos y proposiciones para el diseño del proyecto. En base al análisis de la información recopilada se estableció varias secciones en las cuales se expone con mayor detalle la presente investigación.

Se ha optado por emplear un método experimental para manejar parámetros de funcionamiento de los sistemas implementados con el fin de comprobar y medir los cambios que se generan en el vehículo, y poder pasar los controles rigurosos que hoy en día son necesarios para circular en las vías del país.

Alcance

El presente trabajo contiene el desarrollo teórico – técnico, del sistema de frenos originales de un vehículo Nissan Datsun 1973, de tal manera que se logre entender el funcionamiento de cada uno de sus componentes, para luego seleccionar el sistema más adecuado de frenado en función de cálculos matemáticos y térmicos. En consecuencia, se desarrollará y adaptará un nuevo sistema de frenado pasando de sistema mecánico a un sistema que basa su funcionamiento en servo-freno.

Una vez instalado el sistema determinado se procederá a confirmar la funcionalidad del sistema de frenado en base a pruebas y cálculos, para comprobar el correcto funcionamiento de los mismos y lograr así mejorar representativamente la eficiencia del sistema de freno del vehículo Nissan Datsun 1973.

Objetivos

General

Realizar la evaluación, análisis exergético y repotenciación del sistema de frenado de un auto clásico Nissan Datsun 1973.

Específicos

- Realizar la evaluación tecnicomecánica del sistema original de frenado.
- Evaluar el funcionamiento energético del motor.
- Realizar el análisis exergético del sistema de evacuación de gases.
- Realizar el análisis económico del proyecto.

Capítulo II Marco teórico

Fundamento Teórico:

En el mundo automotriz la tecnología avanza muy rápido, así lo podemos ver que los frenos de tambor han dado paso a los frenos de disco y ABS, por otro lado, la dirección mecánica ha sido sustituida por completo por la dirección hidráulica y esta a su vez está perdiendo contra la eléctrica, sólo por citar un par de ejemplos. Uno de los casos más importantes de esta evolución fue la desaparición casi total de los motores con carburador.

De acuerdo a (Marti Parera, 1990) los inicios de la inyección de gasolina en los motores se remonta a los años de la Segunda Guerra Mundial, y su primera aplicación fue en los motores de aviación, eso surge con la necesidad de motores potentes y ligeros, de mayor fiabilidad que los sistemas de carburación.

En los sistemas de inyección de gasolina, la inyección del combustible se efectúa durante la carrera de admisión. En los motores con carburador, el aire debe arrastrar al combustible, por depresión a través de conductos calibrados (Marti Parera, 1990).

En la actualidad se ha dado un gran avance en el desarrollo de plantas de poder eléctricas que las hacen cada vez más eficiente, lo cual conllevara a que los motores de combustión desaparezcan con el tiempo.

No solo la tecnología automotriz está evolucionando, esto sucede con todo a nuestro alrededor, cada día se desarrolla una nueva tecnología que desplaza a una actual.

Figura 1

Vehículo Nissan Datsun 1973 Motor con Carburador.

**Funcionamiento de un motor de combustión interna:**

En un motor de combustión interna se introduce aire y combustible. En los motores de encendido por chispa, la mezcla de aire y combustible se preparaba antiguamente en el carburador y luego es conducida al cilindro, ahora es por medio de inyectores, lo que permite un ahorro de combustible y un mejor aprovechamiento del mismo; en los motores de encendido por compresión se realiza directamente en el cilindro, donde el combustible se inyecta después de haber introducido y comprimido el aire (Payri & Desantes, 2015).

Antecedentes del motor a carburador:

Fue un sistema desarrollado el siglo pasado al mismo tiempo que los motores de combustión, los carburadores duraron mucho tiempo antes de que llegara una sustitución. Esto se debió gracias a la simplicidad del diseño. No contar con muchas piezas lo hace menos probable que algo salga mal y son fáciles de mantener gracias a la facilidad que representa trabajar en ellos. También sus costos son económicos a tal punto que es difícil encontrarle mejoras que se le puedan hacer al diseño original (Buendia, 2018).

Un carburador perfectamente calibrado debe dar la misma potencia de un sistema de inyección, pero a un solo número fijo de r. p. m. Cuando este régimen cambia constantemente, el carburador no es exacto ni flexible y las emisiones se disparan, lo cual hoy no es tolerable, ni homologable ni da los consumos exigidos por las normas.

Además, su mantenimiento es dispendioso en muchos casos y es vulnerable a las manos incorrectas de mecánicos. La inyección, en cambio, es mucho más confiable, precisa y, hoy, más barata (Redacción Motor, 2019).

Principios termodinámicos de un motor de combustión interna

El objetivo de un motor es la realización de un trabajo lo más efectivamente posible, para eso varias personas idearon el motor de combustión interna que con el paso del tiempo reemplazaría a la máquina de vapor, de esta manera optimizarían el mundo del motor de combustión interna. Para el caso de los motores de combustión interna, el trabajo que realiza se consigue mediante una explosión, la cual se consigue debido a la energía interna del combustible que se enciende (Arevalo & Hernandez, 2007).

Todo combustible tiene una energía interna que puede ser transformada en trabajo, entonces, en los motores de combustión interna, la energía utilizada para que el motor realice un trabajo es la energía interna del combustible. Dicha energía interna se manifiesta con un aumento temperatura y presión (explosión), lo que realizará un trabajo. Conjeturemos que tenemos un cilindro dentro del cual hay un combustible mezclado con aire repartido por todo su volumen, en el momento que se calienta, reacciona dicho combustible con el oxígeno del aire y, por tanto, aumenta la presión y la temperatura del gas, expandiéndose y presionando al pistón con una fuerza F y desplazándolo hacia abajo (Arevalo & Hernandez, 2007).

Tipo de Motor:

El carburador es aquella parte del motor, donde se combinan la gasolina con el aire antes de ingresar a la cámara de combustión interna. Su función es crear la mejor mezcla para obtener una explosión tan óptima como sea posible.

El factor lambda, comúnmente designado con la letra griega " λ ", designa la proporción aire / combustible (en peso) en forma de mezcla que entra al cilindro de un motor de combustión interna a gasolina, comparada con la proporción estequiométrica de la mezcla ideal, 14.7 partes de aire por 1 parte de combustible, todo ello en peso (Jaime, 2018).

Cuando la relación aire combustible se ve alterada arroja dos resultados. La mezcla pobre es cuando el factor lambda es mayor de 1 mientras que la mezcla rica cuando el factor lambda es menor a 1. En términos simples, la primera es cuando hay

demasiado aire y poca gasolina y la segunda cuando hay poco aire y demasiada gasolina. Los límites permitidos son 10:1 y 17:1 (Buendia, 2018)

Figura 2

Motor del Vehículo Nissan Datsun 1973.



Sistema de frenos

En la actualidad existen dos tipos de sistemas de frenos: de disco y de tambor, los de discos son más eficientes. La mayoría de los autos traen frenos de disco adelante y de tambor en las ruedas posteriores, mientras que los más antiguos traen frenos de tambor en las cuatro rueda (infolibros, 2021).

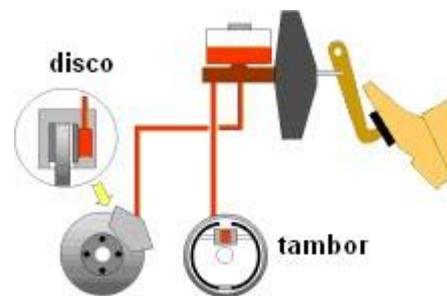
El sistema de frenos de un vehículo es el encargado de reducir o parar completamente la velocidad del mismo, esto implica reducir la velocidad de giro de las ruedas mediante elementos de fuerzas y que convierte la energía cinética en calor. La mayor parte de la presión de freno es ejercida en las llantas delanteras debido a que todo el peso se arroja hacia la parte delantera del vehículo (Bauzá, 2018).

Principio de funcionamiento:

Los frenos de un vehículo tienen como misión detener la marcha de dicho vehículo a voluntad del conductor de forma segura y sin perder la estabilidad durante el proceso.

Figura 3

Funcionamiento del sistema de freno.



Fuente: <http://fisicaconamor.blogspot.com/2009/11/los-frenos-de-tu-carro.html> Los frenos de un vehículo son, generalmente, de dos tipos:

En la actualidad y debido a las ventajas que ofrecen los sistemas de frenos de disco, son implementados en la mayoría de vehículos. Normalmente, los frenos de tambor se utilizan hoy en día en los vehículos de gama media y baja (Díaz, 2008).

Reparto de la frenada por ejes

Los vehículos disponen de un freno por rueda, aun así, se debe lograr diferenciar el reparto del peso por cada uno de los ejes delanteros como de los ejes trasero.

El sistema de frenado en un vehículo y su reparto es seleccionado en función de los pesos por cada eje. De tal manera, lo más usual es que el eje delantero, al disponer de más peso debido al montaje del motor, posea una mayor capacidad de frenada. El porcentaje de frenado se reparte de la siguiente manera (Díaz, 2008):

- El eje delantero, que en la gran mayoría soporta el peso neto del motor, tendrá de un 60% a un 70% de la frenada.
- El eje trasero, que por lo general no soporta el peso del motor, tendrá de un 30% a un 40% de la frenada (Díaz, 2008)

Freno de tambor

Los frenos de tambor son los que realizan el frenado debido a la fricción que ocurre entre dos elementos: las zapatas y el tambor. Aquella función se debe a la expansión de las primeras por el accionamiento de un bombín hidráulico (Díaz, 2008).

Las ventajas principales del sistema freno de tambor con respecto al sistema de freno con disco son las que se detallan a continuación:

- Tiene una mayor superficie de fricción de las zapatas, que las pastillas de freno las tienen con los frenos de disco.
- El porcentaje de ruido es considerablemente inferior debido a la menor presión ejercida por las zapatas.
- No es necesario utilizar materiales tan duros como en los frenos de disco (Díaz, 2008).

Figura 4

Freno de Tambor del Vehículo.



Composición de los frenos de tambor

De acuerdo a (Díaz, 2008) los frenos de tambor se componen de los siguientes elementos:

Zapatas de freno: son los elementos de fricción de los frenos de tambor. Las piezas metálicas tienen forma de media luna las cuales están recubiertas de forros prensados en hilos de latón sujetos con remaches.

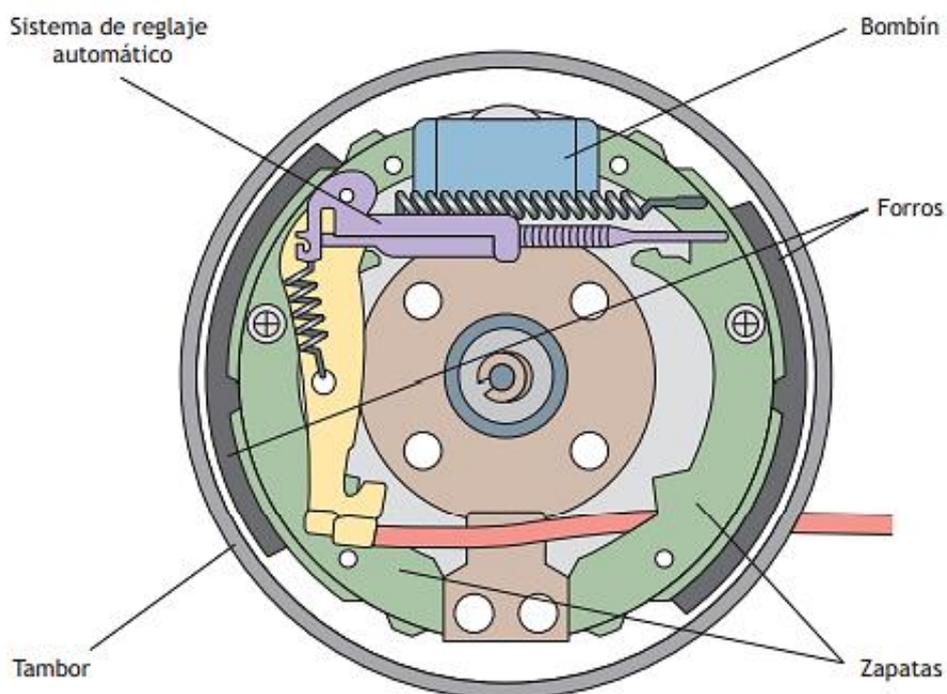
Tambor: es aquel elemento contra el que friccionan las zapatas de freno para que pueda detener las ruedas del vehículo. Está fabricado de acero con alto contenido en carbono, lo que le proporciona dureza y resistencia mecánica.

Bombín: es aquella pieza o elemento el cual recibe la presión hidráulica de frenado para accionar las zapatas.

Sistema de reglaje automático: en los frenos de tambor es necesario un sistema definido que nos asegure que, aun habiendo desgaste de las zapatas, estas se encuentran siempre a la distancia correcta del tambor.

Figura 5

Esquema Del Sistema de Freno de Tambor.



Fuente: (Díaz, 2008)

Bomba de frenos:

La bomba de freno es la que crea la presión hidráulica correcta para que pueda enviar el líquido de frenos hacia los distintos elementos del sistema.

Figura 6

Bomba de Freno.

**Componentes de la bomba de freno:**

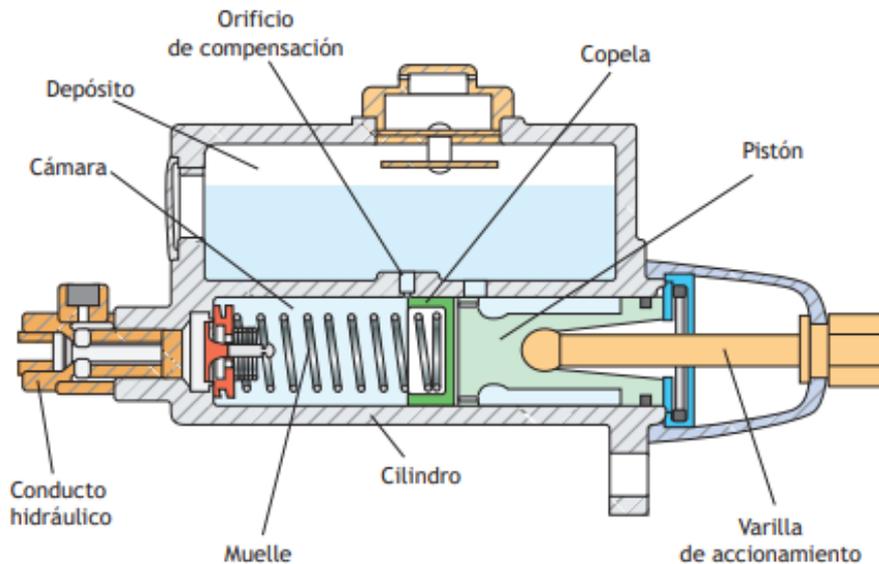
Según (Díaz, 2008), la bomba de freno dispone de los siguientes componentes:

- Un depósito el cual contiene el líquido de frenos.
- Un cilindro que se ubica en el propio cuerpo de la bomba.
- Un pistón o émbolo que se localiza en el interior del cilindro y que a través de la varilla de accionamiento del pedal del freno entra en acción directamente.
- El pistón posee una copela que garantiza la estanqueidad en el cuerpo del cilindro para evitar las pérdidas de presión.
- Una cámara para que el pistón comprima al líquido de frenos y crear la presión.
- El orificio de compensación, sirve como elemento de comunicación entre la cámara y el depósito.
- Distintas cañerías o conductos dirigidos hacia las distintas ruedas.

- Un muelle tarado con cierto grado de rigidez a una presión determinada que se apoya directamente sobre el pistón.

Figura 7

Esquema de la bomba de freno.



Fuente: (Díaz, 2008)

Líquidos de frenos

Es el elemento que transfiere la presión necesaria para iniciar la operación de frenado.

En la actualidad el líquido de frenos está compuesto de fluidos sintéticos en base de alcohol llamado poliglicol o en aceites minerales, a los cuales se les agregan diferentes aditivos para poder equilibrar el desgaste que sufren debido al aumento de la temperatura provocado por los mismos frenos y así lograr disminuir componentes que se crean como por ejemplo la corrosión (Díaz, 2008).

Los líquidos de frenos de acuerdo a (Díaz, 2008) deben cumplir con las siguientes especificaciones:

- Tener una temperatura de ebullición que bordee los 250 °C. Si el líquido no es sustituido periódicamente a base de un buen mantenimiento preventivo, la

temperatura bajará gradualmente hasta convertirse en líquido inservible, disminuyendo progresivamente la eficacia y eficiencia de los frenos.

- Dificultad para absorber la humedad. Si ese fuese el caso y el líquido de frenos contendría entre un (3 y 4) % de agua, la temperatura de ebullición bajará radicalmente hasta los 100 °C, con lo que perderá varias de las características de uso.
- Las propiedades anticorrosivas no deben afectar a los cauchos o las guarniciones, debido a que los líquidos de frenos están constantemente en contacto con ellos.
- Deben tener una gran estabilidad química a temperaturas y presiones elevadas.

El líquido de frenos, de acuerdo a fabricantes y programadores de mantenimiento vehicular, deben cambiarse aproximadamente entre los 30 000 y 60 000 kilómetros de uso, o pasados 2 años desde el último reemplazo (Díaz, 2008)

Figura 8

Puesta de líquidos de freno.



Servofreno

Es un mecanismo que da energía auxiliar a la energía proporcionada por el conductor con el fin de mantener el esfuerzo por debajo de los límites aceptables.

La energía de asistencia se obtiene normalmente de una depresión creada en el motor. En los motores de gasolina esta depresión se coge del colector de admisión (Sevilla et al., 2010).

Los servofrenos se clasifican en MASTERVAC e HIDROVAC, el primero puede ser instalado y acoplado entre el pedal de freno y la bomba que puede colocarse en cualquier lugar del vehículo mientras que el segundo va instalado entre la bomba de freno y los cilindros, por estas razones se escoge el de MASTERVAC (Sevilla et al., 2010).

Figura 9

Servo Freno.



Capítulo III Estado inicial y actual de los sistemas intervenidos

Figura 10

Vehículo Nissan Datsun 1973.



Los sistemas a intervenir son el Sistema de Frenado “2”, ABC de motor de carburador “1” y reparaciones extras que surgieron en la reparación del vehículo en si “3”.

ABC de Motor de Carburador “1”

Como se puede apreciar en la imagen (Figura 11), se muestra el estado inicial del sistema, al cual se realizó una revisión completa y un ABC al motor para poder encender el vehículo.

Figura 11

Motor y Sistema de freno Inicial.



Figura 12

Motor y Sistema de freno Actual.



Para poder arrancar el vehículo se cambió bujías, condensador, platino y filtro de gasolina.

Bujías

Su función es conducir corriente eléctrica, la misma que activa la chispa que enciende la mezcla del carburante en la cámara de combustión, para luego inflamar la mezcla aire / combustible (Heckman et al., 1967)

Como se observa en la imagen (Figura 13) las bujías están quemadas, esto se debe al paso excesivo de combustible a la cámara de combustión, para dar solución a este problema de se debe arreglar los reguladores de paso de combustible.

Las bujías se las reemplaza aproximadamente cada 20000 km de recorrido el vehículo.

Figura 13

Bujías Actual vs Inicial.



Condensador y Platino

El Platino fabricado de acero al tungsteno, es el que se encarga de producir la chispa de ignición dentro del distribuidor; mientras que el Condensador es el que actúa como un acumulador de corriente, manteniendo la eficacia de funcionamiento en el sistema de encendido, en muchos casos impide el salto de la chispa y por consiguiente el paro del motor (CAM, 2019).

En ambos casos los dos componentes estaban en malas condiciones, el platino estaba roto y el condensador no tenía completa su cableado interior.

Figura 14

Condensador y Platino Actual vs Inicial.



Filtro de gasolina:

Es el encargado de preservar el sistema de inyección y las partes del motor contra partículas de suciedad como lo son el óxido, agua, polvo y demás residuos que pueden quedar en el tanque (BOSCH, 2011).

Figura 15

Filtro de gasolina Actual vs Inicial.



Sistema de Frenado “2”

El sistema se cambió de lo que antes era mecánico a ser adaptado con un servo freno como lo son y tienen todos los vehículos en la actualidad, para que tenga mayor precisión y mayor seguridad en el frenado.

Zapatas de freno:

Son elementos de fricción de los frenos de tambor. Las piezas metálicas tienen forma de media luna las cuales están recubiertas de forros prensados en hilos de latón sujetos con remaches.

A este elemento se le hizo un mantenimiento preventivo lo que consistió en la regulación y limpieza del mismo para que en un futuro sea reemplazado según el uso (kilometraje recorrido) se le dé.

Figura 16

Zapatas de Freno Actual vs Inicial.



Freno de Mano:

El freno de mano conocido también como freno de estacionamiento o de emergencia, es aquel sistema mecánico que permite activar y detener de forma momentánea o permanente un vehículo, hasta que se le desactive manualmente (Díaz, 2008).

La base del sistema de freno de mano es un cable de acero rígido con varillas, trinquetes y derivadores, que llega a las ruedas posteriores, las cuales activan una palanca en el sistema de frenos, que las deja completamente inmóviles hasta que se desactive.

Los cables del sistema inicial prácticamente no existían por lo que se realizó una adaptación completa en todo el vehículo.

Figura 17

Reparación completa del Sistema de Freno de Mano.



Bomba de freno

La bomba de freno es la que crea la presión hidráulica correcta para que pueda enviar el líquido de frenos hacia los distintos elementos del sistema

Mediante cañerías, la presión es llevada a los pistones de las pinzas de freno, los mismos que desplazan las pastillas de freno contra el disco, pudiendo estos disminuir o detener por completo la velocidad del vehículo.

Se cambió la bomba por una nueva para que su acople con el servo freno su rendimiento y utilidad sea lo más óptima y segura posible.

Figura 18

Bomba de freno Actual vs Inicial.



Cañerías

Las cañerías (3/16´´) son los encargados de trasladar el líquido de frenos desde la bomba hasta los émbolos receptores, es decir, los bombines o las pinzas de freno.

Deben ser capaces de resistir temperaturas y presiones de trabajo muy altas (superiores en muchos casos a 100 bar) sin sufrir deformaciones. Debido a las nuevas modificaciones se cambió las cañerías por unas más largas (30 cm), que las que estaban originalmente puestas (Patio, 1992).

Figura 19

Cañerías Actual vs Inicial.



Reparaciones Extras “3”

Tanque de combustible

Es un contenedor o almacenador construido de aluminio, seguro para fluidos inflamables, ya sea gasolina o diésel, para el presente caso es a gasolina y lo tiene retenido hasta que el motor lo necesite para hacer funcionar el vehículo (Del & Técnico, 2015).

El estado inicial del tanque era malo debido a que tenía varias fugas en su base, para su reparación se esperó a que estuviese seco completamente y con pegamento epóxico se reparó habiendo cero fugas de combustible.

Figura 20

Tanque de Combustible Inicial.

**Figura 21**

Tanque de Combustible Actual.



Radiador

Es un intercambiador de calor de flujo cruzado que forma parte del sistema de refrigeración del vehículo, su misión principal es evitar que el motor tenga altas temperaturas y que pueda trabajar de la manera más óptima posible, ofreciendo el máximo rendimiento permitido (Romero Piedrahita & Carranza Sánchez, 2007).

Se realizó un mantenimiento “Baqueteada” debido al óxido con el que se encontraba y se cambió la tapa del mismo por la presencia de fugas de agua.

Figura 22

Radiador Actual vs Inicial.



Capítulo IV Selección y adaptación de partes

Selección de los elementos del sistema de frenos

El vehículo Nissan Datsun 1973 constaba inicialmente con un sistema de freno mecánico, se le realizó modificaciones para que el sistema sea con Servofreno.

Recursos disponibles para la adaptación

Para que la adaptación sea posible se tuvo que diseñar un separador de 30 cm, y el barón de 35 cm, de largo porque en el sitio original no había espacio suficiente.

Figura 23

Separador acoplado a Servofreno.



Bomba principal de frenado

La bomba de freno se cambió totalmente por una nueva debido al mal estado que se encontraba la del estado inicial y para que sea fácilmente acoplable con el servofreno.

Figura 24

Bomba de freno Nueva.



Servo Freno

El servofreno que se instaló es de un Suzuki Forsa 2 debido a sus medidas y características que permiten acoplarse fácilmente al Nissan Datsun 1973. La función del servofreno es de dar una energía auxiliar a la energía proporcionada por el conductor con el fin de mantener el esfuerzo por debajo de unos límites aceptables.

Figura 25

Servofreno del vehículo Suzuki Forsa 2.



Cañerías y acoples

Las cañerías de 3/16'' de diámetro se las reemplazó debido a que no contaban con la longitud correspondiente y las actuales son de 30 cm de largo cada una.

Figura 26

Cañerías nuevas instaladas.



Procedimiento de adaptación de servofreno al vehículo Nissan Datsun 1973

Despiece del sistema

Se procede a la desmontada de la bomba de freno original aflojando las cañerías y pernos de sujeción con la carrocería.

Figura 27

Desmontaje de Bomba de freno.



Una vez desmontada la bomba de freno, se procede a tomar medidas para los separadores donde irán instalados el servofreno y bomba.

Figura 28

Toma de Medidas para acoples.



Adaptación e implementación del sistema

Como primer paso después de la toma de medidas se construyó dos soportes de 4 mm de espesor con dos perforaciones de diámetro 8 mm, una pequeña brida de 4 mm de espesor para el acople del separador con la carrocería y un separador de diámetro de 2'' y espesor de 1 mm.

Figura 29

Acople para servo y bomba.



Como segundo paso de dicha adaptación se realizó un análisis de dimensionamiento de las piezas para no tener inconvenientes al momento de la instalación de las mismas.

Figura 30

Revisión de medidas de los acoples.



Una vez verificado las medidas de los acoples, soportes, barón y separador se proceden al armado con el servo y la bomba.

Figura 31

Armado del Sistema.



Se procede al montaje y armado del conjunto de servo freno y bomba con sus acoples, además se instaló una platina que va atornillada al motor para que tenga mayor sujeción, por otra parte, para que la realización del mantenimiento sea más fácil todo el sistema instalado es desmontable.

Figura 32

Armado de sistema de servo y bomba.



Por último, se realizaron las calibraciones correspondientes para el correcto uso y funcionamiento del vehículo Nissan Datsun 1973.

Figura 33

Calibración de Servofreno.



Capítulo V Cálculos de los elementos del sistema

Cálculo del centro de gravedad

Las medidas tomadas para los cálculos correspondientes como distancia entre ejes, diámetro de las ruedas y distancia de centro a centro de los neumáticos fueron tomadas de la ficha técnica del vehículo y verificada con la ayuda de un flexómetro, para lo que el peso total del vehículo, peso del tren delantero e izquierdo horizontalmente se lo realizó mediante una báscula, procurando que el peso de las ruedas esté al mismo nivel y así evitar lecturas erróneas de los pesos.

Para la toma de pesos del tren delantero inclinado, se elevó la parte trasera del vehículo una inclinación de $14^{\circ} 30'$.

- Peso total del vehículo (PT): 750 kg
- Peso del tren delantero posición horizontal (DH): 412 kg
- Peso del lado izquierdo posición horizontal (LI): 357 kg
- Peso del tren delantero inclinado (DI): 432 kg
- Distancia entre ejes (EE): 2300kg
- Distancia de centro a centro de los neumáticos (TR): 1260 mm
- Diámetro de la rueda: 575 mm, Radio (RA): 287.5 mm

Figura 34

Dimensiones del Vehículo.



Figura 35

Tabla de determinación de centro de gravedad.

calculo de centro de gravedad

Como determinar su ubicación espacial (XYZ) solo con un metro y una balanza.

Tenemos que tomar algunas medidas en (mm):

- EE: Distancia entre ejes medida entre los centros de las ruedas delantera y trasera del mismo lado.
- TR: Trocha o distancia medida entre los centros de las bandas de rodamiento de las ruedas del mismo eje.
- RA: Radio de la rueda medido entre el centro de la rueda y el suelo.

Tenemos que hacer algunos pesajes en (Kg) con una balanza o báscula apropiada:

- PT: Peso total del vehículo.
- DH: Peso del tren delantero en posición horizontal.
- LI: Peso del lado izquierdo en posición horizontal.
- DI: Peso del tren delantero inclinado - La altura del tren trasero deberá ser la cuarta parte de la distancia entre ejes, dará una inclinación aproximada de 14°30'.

Para los pesajes (excepto el primero) tener en cuenta que si la superficie de apoyo en la balanza o báscula es distinta del nivel del suelo, deberán apoyarse las ruedas que queden en el suelo sobre algo que las coloque al nivel de la balanza, y para pesaje inclinado también habrá que tenerlo en cuenta.

Teniendo las medidas y pesos determinamos las posiciones XYZ del CG en (mm):

- X: Distancia de CG con respecto al eje trasero.
 - X: $DH * EE / PT$
- Y: Distancia del CG con respecto al lado izquierdo.
 - Y: $LI * TR / PT$
- Z: Distancia del CG con respecto al suelo.
 - Z: $(((DI - DH) / PT) * EE) * 3.873 + RA$

Fuente: www.alvarezsegali.co.cl/sdatostecnicos/centrogravedad.htm

Distancia del centro de gravedad con respecto al eje trasero

$$X = DH \times \frac{EE}{PT} \quad \text{Ec. (1)}$$

$$X = 412 \text{ kg} \times \frac{2300 \text{ mm}}{750 \text{ kg}}$$

$$X = 1263.46 \text{ mm}$$

Distancia del centro de gravedad con respecto al lado izquierdo

$$Y = LI \times \frac{TR}{PT} \quad \text{Ec. (2)}$$

$$Y = 357 \text{ kg} \times \frac{1260 \text{ mm}}{750 \text{ kg}}$$

$$Y = 599.76 \text{ mm}$$

Distancia del centro de gravedad con respecto al suelo

$$Z = \left(\left(\left(\frac{DI - DH}{PT} \right) \times EE \right) \times 3.873 \right) + RA \quad \text{Ec. (3)}$$

$$Z = \left(\left(\left(\frac{432 \text{ kg} - 412 \text{ kg}}{750 \text{ kg}} \right) \times 2300 \text{ mm} \right) \times 3.873 \right) + 287.5 \text{ mm}$$

$$Z = 525.04 \text{ mm}$$

Ubicación del centro de gravedad del vehículo Nissan Datsun 1973

$$X = 1263.46 \text{ mm}$$

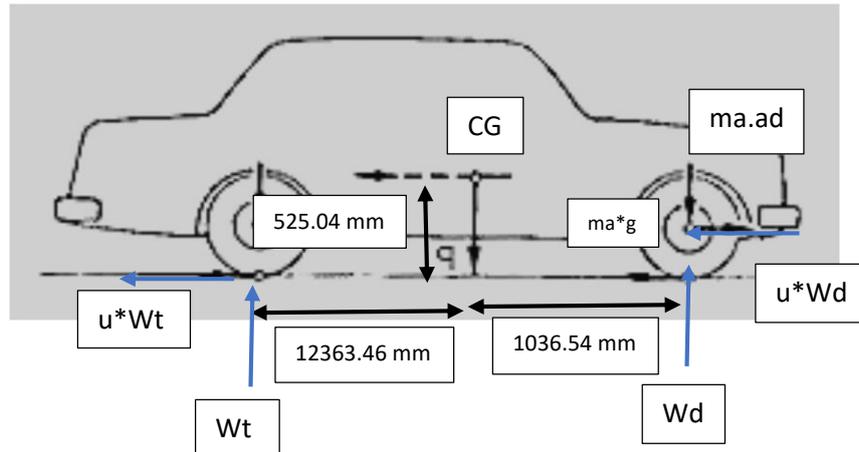
$$Y = 599.76 \text{ mm}$$

$$Z = 525.04 \text{ mm}$$

Calculo de las fuerzas y momentos de los frenos del Nissan Datsun 1973.

Una vez realizados los cálculos del centro de gravedad del vehículo Nissan Datsun 1973 se realiza el correspondiente diagrama de cuerpo libre como se detalla a continuación y así poder determinar las fuerzas y momentos de frenado.

Diagramas de cuerpo libre de las fuerzas



Nomenclatura de fuerzas actuantes en el vehículo:

- ma : masa del vehículo
- dw : diámetro de la rueda
- u : coeficiente de fricción de la rueda y piso
- Wt : peso de las ruedas traseras
- Wd : peso de las ruedas delanteras

Sumatoria de fuerzas en "X"

$$\sum f_x = 0$$

$$u * Wt + u * wd = ma * ad \quad \text{Ec. (4)}$$

Sumatoria de fuerzas en "Y"

$$\sum f_y = 0$$

$$Wt + wd = ma * g \quad \text{Ec. (5)}$$

Iguualamos "4" y "5"

$$\frac{ma * ad}{u} = ma * g$$

$$ma * ad = ma * g * u$$

$$ad = g * u \quad \text{Ec. (6)}$$

Sumatoria de momentos en el punto "P"

$$\sum MP = 0$$

$$Wt(1.26346 m) - Wd(1.03654 m) + 0.52504(ma * ad) = 0 \quad \text{Ec. (7)}$$

Reemplazando (6) en (7)

$$Wt(1.26346 m) - Wd(1.03654 m) + 0.52504(ma * ug) = 0$$

Despejando de la ecuación (5) Wd y reemplazamos en (7)

$$1.26346 Wt - 1.03654(ma * g - Wt) + 0.52504(ma * ug) = 0$$

$$1.26346 Wt - 1.03654 ma * g + 1.03654 Wt + 0.52504 ma * ug = 0$$

$$2.3 Wt - 1.03654 ma * g + 0.52504 ma * ug = 0$$

$$Wt = \frac{1.03654 ma * g}{2.3} - \frac{0.52504 ma * ug}{2.3}$$

$$Wt = 0.4506 ma * g - 0.2282 ma * ug$$

Asumiendo un coeficiente de fricción u=1

$$Wt = 0.4506 ma * g - 0.2282 ma * g * 1$$

$$Wt = 0.2224 ma * g$$

$$Wt = 0.2224 \times 750 \text{ kg} \times 9.81 \frac{m}{s^2}$$

$$Wt = 1648.08 (N)$$

$$Wd = ma * g - Wt$$

$$Wd = 750 \text{ kg} \times 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 1648.08 \text{ N}$$

$$Wd = 5709.42 \text{ (N)}$$

Torque que generan las ruedas en el vehículo

Torque de la rueda trasera (Tt):

$$T_t = \left(\frac{u * Wt}{2} \right) * \left(\frac{dw}{2} \right) \quad \text{Ec. (8)}$$

$$T_t = \left(\frac{1 \times 1648.08 \text{ N}}{2} \right) * \left(\frac{0.575 \text{ m}}{2} \right)$$

$$T_t = 236.9115 \text{ Nm}$$

Torque de la rueda delantera (Td):

$$T_d = \left(\frac{u * Wd}{2} \right) * \left(\frac{dw}{2} \right) \quad \text{Ec. (9)}$$

$$T_d = \left(\frac{1 \times 5709.42 \text{ N}}{2} \right) * \left(\frac{0.575 \text{ m}}{2} \right)$$

$$T_d = 820.729 \text{ Nm}$$

Análisis energético del motor

Para el análisis energético del vehículo se modeló al motor como un ciclo Otto en condiciones de aire frío estándar, donde se supuso calores específicos constantes, como parámetros importantes para el presente análisis energético del motor esta la presión media efectiva, la relación aire combustible, consumo específico del combustible y la eficiencia térmica, para un mejor análisis energético se procederá a realizar el cálculo de la eficiencia térmica teórica y compararla con la eficiencia térmica real, nuestro análisis se basa en un proceso politrópico que es el más aproximado al real donde K la constante politrópica de 1.3 según bibliografía (Cengel, 2009).

Las condiciones para el presente proyecto son medidas en la ciudad de Quito donde tenemos presión atmosférica de 72 KPa y una temperatura promedio de 22°C. además de los siguientes parámetros:

$$V_D = 1.17 \text{ L} = 1.17 \times 10^{-3} \text{ m}^3 \text{ "Volumen del tanque de combustible - Catálogo"}$$

$$r_c = 8.5 \text{ "Relación de Compresión - Catálogo"}$$

$$P_1 = 72 \text{ KPa} \text{ "Presión Atmosférica en Quito"}$$

$$T_1 = 22 \text{ °C} = 295 \text{ °K} \text{ "Temperatura Ambiente"}$$

$$P_{3max} = 12 \text{ MPa} \text{ "Presión máxima - Catálogo"}$$

$$r_a = 14.7 \text{ "Relación aire/combustible - Catálogo"}$$

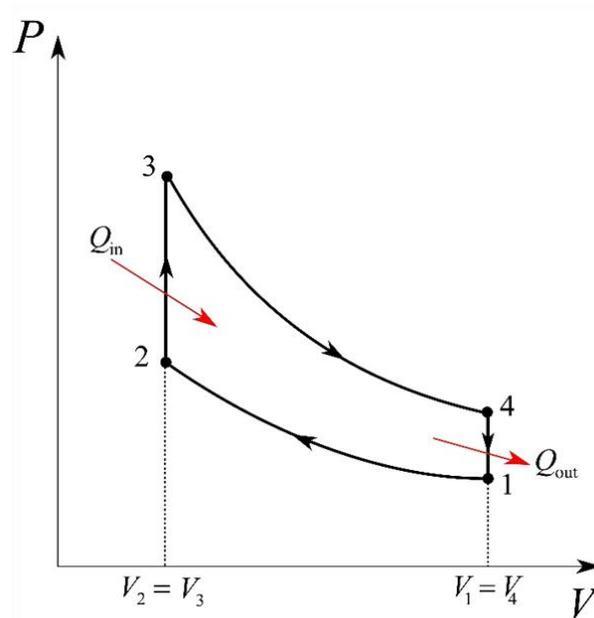
$$k = 1.3 \text{ "Constante Politrópica"}$$

$$R = 0.287 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^\circ\text{K}} \text{ Constante Universal de los gases}$$

$$C_v = 0.823 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^\circ\text{K}} \text{ Calor específico a volumen constante}$$

Figura 36

Gráfica Presión - Volumen.



Fuente: (Cengel, 2009)

Cálculo de Temperaturas y Presiones:

La temperatura y la presión en el estado 2 se determina a partir de las relaciones politrópicas.

$$T_2 = T_1 r_c^{k-1} \quad \text{Ec. (10)}$$

$$T_2 = 295^\circ K \times 8.5^{1.3-1}$$

$$T_2 = 560.59^\circ K$$

$$P_2 = P_1 r_c^k \quad \text{Ec. (11)}$$

$$P_2 = 72 \text{ KPa} \times 8.5^{1.3}$$

$$P_2 = 1162.99 \text{ KPa}$$

La temperatura en el estado 3 se la determina a partir de la relación de presiones en los estados 2 y 3.

$$\frac{T_3}{T_2} = \left(\frac{P_3}{P_2}\right)^{\frac{k-1}{k}} \quad \text{Ec. (12)}$$

$$T_3 = T_2 \times \left(\frac{P_3}{P_2}\right)^{\frac{k-1}{k}}$$

$$T_3 = 560.59 \text{ } ^\circ K \times \left(\frac{12000 \text{ KPa}}{1162.99 \text{ KPa}}\right)^{\frac{1.3-1}{1.3}}$$

$$T_3 = 960.62 \text{ } ^\circ K$$

La temperatura y la presión en el estado 4 se determina a partir de las relaciones politrópicas.

$$T_4 = T_3 r_c^{1-k} \quad \text{Ec. (13)}$$

$$T_4 = 960.62 \text{ } ^\circ K \times 8.5^{1-1.3}$$

$$T_4 = 505.50 \text{ } ^\circ K$$

$$P_4 = P_3 r_c^{-k} \quad \text{Ec. (14)}$$

$$P_4 = 12000 \text{ KPa} \times 8.5^{-1.3}$$

$$P_4 = 742.91 \text{ KPa}$$

Cálculo de la producción neta de trabajo y del calor de entrada al sistema.

El trabajo de compresión en 1 – 2 se determina a partir de la relación de trabajo politrópica.

$$W_{1-2} = \frac{k \times R \times (T_2 - T_1)}{k - 1} \quad \text{Ec. (15)}$$

$$W_{1-2} = \frac{1.3 \times 0.287 \left(\frac{KJ}{kg^{\circ}K} \right) \times (560.59 - 295) ^{\circ}K}{1.3 - 1}$$

$$W_{1-2} = 33030 \frac{KJ}{kg}$$

El trabajo de expansión en 3 – 4 se determina a partir de la relación de trabajo politrópica.

$$W_{3-4} = \frac{k \times R \times (T_3 - T_4)}{k - 1} \quad \text{Ec. (16)}$$

$$W_{3-4} = \frac{1.3 \times 0.287 \left(\frac{KJ}{kg^{\circ}K} \right) \times (960.62 - 505.50) ^{\circ}K}{1.3 - 1}$$

$$W_{3-4} = 566.01 \frac{KJ}{kg}$$

El calor de entrada se termina a partir del balance energético en 2 – 3.

$$q_{in} = K \times C_v \times (T_3 - T_2) \quad \text{Ec. (17)}$$

$$q_{in} = 1.3 \times 0.823 \left(\frac{kJ}{kg^{\circ}K} \right) \times (960.62 - 560.59) ^{\circ}K$$

$$q_{in} = 427.99 \frac{kJ}{kg}$$

La producción neta de trabajo entonces es:

$$W_{nt} = W_{3-4} - W_{1-2} \quad \text{Ec. (18)}$$

$$W_{nt} = 566.01 \frac{KJ}{kg} - 33030 \frac{KJ}{kg}$$

$$W_{nt} = 235.71 \frac{KJ}{kg}$$

Presión Media Efectiva

Se determina el volumen específico en el estado inicial a partir de las propiedades obtenidas.

$$\alpha_1 = \frac{R \times T_1}{P_1} \quad \text{Ec. (19)}$$

$$\alpha_1 = \frac{0.287 \left(\frac{kJ}{kg^\circ K} \right) \times 295 \text{ }^\circ K}{72 \text{ KPa}}$$

$$\alpha_1 = 1.17 \frac{m^3}{kg}$$

La presión media efectiva es:

$$PME = \frac{W_{nt}}{\alpha_1 \times \left(1 - \frac{1}{r_c} \right)} \quad \text{Ec. (20)}$$

$$PME = \frac{235.71 \frac{KJ}{kg}}{1.17 \frac{m^3}{kg} \times \left(1 - \frac{1}{8.5} \right)}$$

$$PME = 228.32 \text{ Kpa}$$

Cálculo del consumo de combustible

El volumen inicial se determina a partir de los volúmenes de desplazamiento y holgas.

$$V_1 = V_c + V_d \quad \text{Ec. (21)}$$

$$V_1 = \frac{r_c \times V_D}{r_c - 1} \quad \text{Ec. (22)}$$

$$V_1 = \frac{8.5 \times 1.17 \times 10^{-3} m^3}{8.5 - 1}$$

$$V_1 = 1.326 \times 10^{-3} m^3$$

La masa total es:

$$m = \frac{P_1 \times V_1}{R \times T_1} \quad \text{Ec. (23)}$$

$$m = \frac{72 \text{ Kpa} \times 1.326 \times 10^{-3} \text{ m}^3}{0.287 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^\circ\text{K}} \times 295 \text{ }^\circ\text{K}}$$

$$m = 1.127 \times 10^{-3} \text{ kg}$$

La masa del combustible se obtiene a partir de la masa total y de la relación aire combustible.

$$m_{cmb} = \frac{m}{r_a + 1} \quad \text{Ec. (24)}$$

$$m_{cmb} = \frac{1.127 \times 10^{-3} \text{ kg}}{14.7 + 1}$$

$$m_{cmb} = 7.17 \times 10^{-5} \text{ kg}$$

El consumo específico de combustible es:

$$CECmb = \frac{m_{cmb}}{m \times W_{nt}} \quad \text{Ec. (25)}$$

$$CECmb = \frac{7.17 \times 10^{-5} \text{ kg} \times 1000 \text{ g} \times 3600 \text{ s}}{1.127 \times 10^{-3} \text{ kg} \times 235.71 \frac{\text{KJ}}{\text{kg}} \times 1 \text{ h}}$$

$$CECmb = 9.7167 \frac{\text{g}}{\text{kWh}}$$

Cálculo de la eficiencia térmica teórica y eficiencia térmica práctica

Eficiencia térmica práctica.

$$\eta = 1 - \frac{W_{nt}}{q_{in}} \quad \text{Ec. (26)}$$

$$\eta = 1 - \frac{235.71 \frac{KJ}{kg}}{427.99 \frac{kJ}{kg}}$$

$$\eta = 0.4492 \% = 44.92\%$$

Eficiencia térmica teórica.

$$\eta = 1 - \frac{1}{r_c^{k-1}} \quad \text{Ec. (27)}$$

$$\eta = 1 - \frac{1}{8.5^{1.3-1}}$$

$$\eta = 0.4737\% = 47.37\%$$

Análisis exergético del motor

Para el análisis exergético del vehículo se procede a calcular las diferentes temperaturas y volúmenes junto con las presiones relativas y energías internas correspondientes encontradas en la Tabla A – 17 “Propiedades del gas ideal del aire” según bibliografía (Cengel, 2009).

Para los cálculos correspondientes se cuenta con los siguientes datos:

$$r_c = 8.5 \quad \text{“Catálogo”}$$

$$T_o = T_1 = 295 \text{ } ^\circ K$$

$$T_2 = 560.59 \text{ } ^\circ K$$

$$T_3 = 960.62 \text{ } ^\circ K$$

$$T_4 = 505.50 \text{ } ^\circ K$$

$$T_{Fuente} = 1060 \text{ } ^\circ K$$

$$P_2 = 1162.99 \text{ Kpa}$$

$$P_3 = 12000 \text{ Kpa}$$

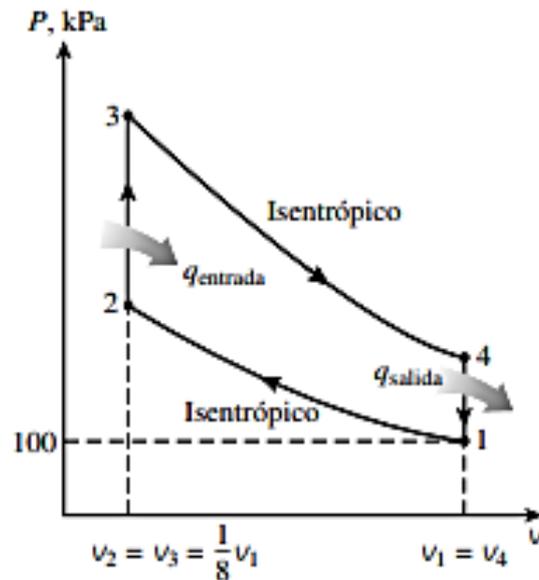
$$q_{in} = 427.99 \frac{kJ}{kg}$$

$$q_{out} = 192.28 \frac{kJ}{kg}$$

$$W_{nt} = 235.71 \frac{KJ}{kg}$$

Figura 37

Gráfica Presión - Volumen



Fuente: (Cengel, 2009)

Cálculos de las exergías correspondientes a cada proceso

Idealmente los procesos 1 – 2 y 3 – 4 son considerados como procesos isentrópicos ($s_1=s_2$, $s_3=s_4$), esto quiere decir que no implican irreversibilidades internas ni tampoco externas, en otras palabras, la destrucción de exergía de 1 – 2 y 3 – 4 es cero.

$$X_{destr,1-2} = 0$$

$$X_{destr,3-4} = 0$$

Todo lo contrario, ocurre de 2 – 3 y 4 – 1 que son procesos de adición de calor y de rechazo de calor a volumen constante, internamente son reversibles.

Los valores de $S_3^o - S_2^o$ se obtuvo interpolando valores de la Tabla A – 17 “Propiedades del gas ideal del aire” según bibliografía Cengel Octava Edición. Ver anexos

En 2 – 3:

$$S_3 - S_2 = S_3^o - S_2^o - R \ln \frac{P_3}{P_2} \quad \text{Ec. (28)}$$

$$S_3 - S_2 = (2.92316 - 2.33931) \frac{kJ}{kg^{\circ}K} - 0.287 \frac{kJ}{kg^{\circ}K} \ln \frac{12000 \text{ KPa}}{1162.99 \text{ KPa}}$$

$$S_3 - S_2 = -0.085983 \frac{kJ}{kg^{\circ}K}$$

La destrucción de exergía de 2 – 3 es:

$$X_{destr,2-3} = T_o \left[(S_3 - S_2) - \frac{q_{in}}{T_o} \right] \quad \text{Ec. (29)}$$

$$X_{destr,2-3} = 295 \text{ }^{\circ}K \left[0.085983 \frac{kJ}{kg^{\circ}K} + \frac{427.99 \frac{kJ}{kg}}{1060 \text{ }^{\circ}K} \right]$$

$$X_{destr,2-3} = -144.475 \frac{kJ}{kg}$$

En 4 – 1:

$$S_1 - S_4 = S_2^o - S_3^o - R \ln \frac{P_2}{P_3} \quad \text{Ec. (30)}$$

$$S_1 - S_4 = (2.33931 - 2.92316) \frac{kJ}{kg^{\circ}K} - 0.287 \frac{kJ}{kg^{\circ}K} \ln \frac{1162.99 \text{ KPa}}{12000 \text{ KPa}}$$

$$S_1 - S_4 = 0.085983 \frac{kJ}{kg^{\circ}K}$$

La destrucción de exergía de 4 – 1 es:

$$X_{destr,4-1} = T_o \left[(S_1 - S_4) - \frac{q_{out}}{T_{Fuente}} \right] \quad \text{Ec. (31)}$$

$$X_{destr,4-1} = 295 \text{ } ^\circ K \left[-0.085983 \frac{kJ}{kg \text{ } ^\circ K} - \frac{192.28 \frac{kJ}{kg}}{295 \text{ } ^\circ K} \right]$$

$$X_{destr,4-1} = 217.645 \frac{kJ}{kg}$$

Irreversibilidad del ciclo o destrucción total de exergía.

Es el sumatorio total del ciclo:

$$X_{destr,ciclo} = X_{destr,1-2} + X_{destr,2-3} + X_{destr,3-4} + X_{destr,4-1} \quad \text{Ec. (32)}$$

$$X_{destr,ciclo} = 0 + \left(-144.475 \frac{kJ}{kg} \right) + 0 + 217.645 \frac{kJ}{kg}$$

$$X_{destr,ciclo} = 73.17 \frac{kJ}{kg}$$

Este valor de destrucción de exergía servirá más adelante para el cálculo de la eficiencia según la segunda ley.

Cálculo de la eficiencia del ciclo según la segunda ley.

$$\eta_{II} = \frac{\text{Exergía Recuperada}}{\text{Exergía Gastada}} = \frac{X_{recuperada}}{X_{gastada}} = 1 - \frac{X_{destruida}}{X_{gastada}}$$

La exergía gastada es el contenido de exergía del calor suministrado al aire en el motor y la exergía recuperada es la producción neta de trabajo:

$$X_{gastada} = X_{calor,in} = \left(1 - \frac{T_o}{T_{Fuente}} \right) \times q_{in} \quad \text{Ec. (33)}$$

$$X_{gastada} = \left(1 - \frac{295 \text{ } ^\circ K}{1060 \text{ } ^\circ K} \right) \times 427.99 \frac{kJ}{kg}$$

$$X_{gastada} = 308.87 \frac{kJ}{kg}$$

$$X_{recuperada} = W_{nt} = 235.71 \frac{KJ}{kg}$$

La eficiencia según la segunda ley es:

$$\eta_{II} = \frac{X_{recuperada}}{X_{gastada}} \quad \text{Ec. (34)}$$

$$\eta_{II} = \frac{235.71 \frac{KJ}{kg}}{308.87 \frac{kJ}{kg}}$$

$$\eta_{II} = 0.7631\% = 76.31\%$$

La eficiencia de la segunda ley también se puede determinar usando los datos de destrucción de exergía.

$$\eta_{II} = 1 - \frac{X_{destruida}}{X_{gastada}} \quad \text{Ec. (35)}$$

$$\eta_{II} = 1 - \frac{73.17 \frac{kJ}{kg}}{308.87 \frac{kJ}{kg}}$$

$$\eta_{II} = 0.7631\% = 76.31\%$$

Capítulo VI Análisis económico

En el presente proyecto se presentaron costos directos e indirectos los mismos que se presentan a continuación.

Costos Directos

Tabla 1

Remuneración a profesionales de la Universidad de las Fuerzas Armadas "ESPE"

Colaboradores	Cargo	Horas	Costo hora (USD)	Costo total (USD)
Ing. Roberto Gutiérrez, MSc.	Director del proyecto	70	20	1400
			Subtotal 1	1400

Tabla 2

Remuneración a Profesionales Externos a la Universidad.

Colaboradores	Horas	Costo hora (USD)	Costo total (USD)
Tnlgo. Alex Álvarez	40	10	400
		Subtotal 2	400

Tabla 3*Remuneración a estudiante*

Nombre	Cargo	Horas	Costo hora (USD)	Costo total (USD)
Sr. Christian Díaz	Responsable del proyecto	480	2.5	1200
			Subtotal 3	1200

Tabla 4*Materiales e Insumos utilizados*

Item	Cant.	Descripción	Valor unit. (USD)	Total (USD)
1	1	Servo Freno	150	150
2	1m	Cañerías	10	10
3	1	Manguera	40	40
4	1	Platino	4	4
5	1	Condensador	4	4
6	4	Zapatitas	3	12
7	1	Batería	30	30
8	1	Tanque de Combustible	40	40
9	1	Revisión de Motor	1	50
10	1	Filtro de gasolina	10	10
11	1	Cañerías Freno de Mano	35	35

Item	Cant.	Descripción	Valor unit. (USD)	Total (USD)
12	1	Acoples y adaptaciones	35	35
13	1	Baqueteada a Radiador	30	30
14	1	Tapa de Radiador	5	5
15	3	Cambio de iluminarias	6	18
16	1	Arreglo de puerta de la cajuela	50	50
17	1	Arreglo de seguros	40	40
18	1	Arreglo de Motor de Plumas	40	40
19	3	Grúas	40	120
Subtotal 4				723

Total costo directo = Subtotal1 + Subtotal2 + Subtotal3 + Subtotal4

Total costo directo = 1440 + 400 + 1200 + 723

Total costo directo = 3723 USD

Costos Indirectos

Tabla 5

Costos Indirectos

Item	Descripción	Valor (USD)
1	Material de oficina	50
2	Internet	30
3	Transporte	80

4	Energía eléctrica	40
5	Agua potable	20
Total		220

Costo total del desarrollo del presente proyecto

El costo total del proyecto es:

$$\text{Costo total} = \text{Costo directo} + \text{Costo indirecto}$$

$$\text{Costo total} = 3723 + 220$$

$$\text{Costo total} = 3943 \text{ USD}$$

Tabla 6

Detalle de los costos y financiamiento del proyecto

Rubro	Valor (USD)	%	Observaciones
Remuneración a profesionales de la Universidad de las Fuerzas Armadas	1400	35.50	Rubro correspondiente a tutorías del docente de la Universidad de las Fuerzas Armadas "ESPE"
	400	10.14	Remuneración a profesionales externos de Montaje y Construcción del sistema
	723	18.33	
	1200	30.45	Rubro correspondiente a adquisición de materiales

Aporte de los estudiantes del proyecto	220		Rubro correspondiente a tiempo de elaboración del proyecto por parte del estudiante
		5.58	
			Costos durante la elaboración del proyecto y prueba del vehículo
Total	3943	100	

El aporte correspondiente al 35.50% fue realizado por la Universidad de las Fuerzas Armadas "ESPE" por concepto de tutorías del docente.

El aporte del estudiante responsable del proyecto es de 943 USD por concepto de adquisición de materiales, costos indirectos y remuneración a profesionales externos de Montaje y Construcción del sistema.

Capítulo VII Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones

- La selección del sistema de frenado servo-freno MASTERVAC del modelo Suzuki Forsa 2 fue la adecuada, ya que, debida a las limitantes de espacio del sistema de frenado original, las características geométricas de este fueran las que mejor se adaptaron al vehículo para reemplazar el sistema original incluido las adaptaciones realizadas y sin modificar su esencia clásica.
- El sistema de frenado del vehículo se repotenció debido a que, se cambió del sistema original mecánico a un sistema de frenado hidráulico.
- A partir del análisis de eficiencia energética del motor, se determinó un valor de 44.92% valor que está por debajo del valor teórico de eficiencia energética del motor que es de 47.37%. Teniendo un valor de error del 2.45% que se considera aceptable dentro de los parámetros del sistema, ya que estos resultados no se encuentran demasiado alejados el uno del otro.
- De los cálculos de la destrucción de exergía del sistema de evacuación de los gases se obtuvo un valor de 73.71 KJ/kg, el cual se puede utilizar para otros sistemas emergentes.

Recomendaciones

- En el caso que se desee mejorar el sistema de frenado actual, se debe rectificar los discos y cambiar las zapatas, ya que sobre estos elementos se realizó únicamente un mantenimiento preventivo de limpieza y pulido.
- Se deben implementar más proyectos técnico prácticos con los que el alumno pueda comprobar los resultados teóricos con resultados experimentales.
- Se recomienda realizar un mantenimiento preventivo general y de las adaptaciones realizadas en el vehículo, para conseguir así evitar posibles fallos y deterioros en los sistemas adaptados.
- Se sugiere el reemplazo total del radiador del vehículo ya que actualmente se realizó un sellado de las fisuras que provocaban fugas de agua, las mismas que pueden reaparecer y provocar que el motor no reciba suficiente enfriamiento por parte del radiador.
- Para conseguir mejorar la eficiencia energética se propone realizar el arreglo, revisión y cambio de partes deterioradas del motor para de esta manera evaluar si los resultados de eficiencia energética se pueden acercar más a la teórica.
- Se recomienda el cambio del sistema de dirección mecánica a uno más actual como a la dirección hidráulica.

Bibliografía:

- Arevalo, A., & Hernandez, G. (2007). Motores de combustión interna. *Academia*.
- Bauzá, F. (2018). Estudio del sistema de frenado en los vehículos ligeros. *Universitat Politecnica de Catalunya*.
- BOSCH. (2011). *Filtros*. <https://extranet.bosch.com.br>
- Buendia, R. (2018). *Carburadores ¿Cómo funcionan y por qué están en extinción?* <https://www.motorpasion.com.mx/tecnologia/carburadores-como-funcionan-que-estan-extincion>
- CAM. (2019). Sistemas de encendido. *Comunidad Automotriz Mexico*, 108. [http://www.salvadorlivio.com.uy/InfTec/BOSCH - Encendido.pdf%0Ahttp://www.todomecanica.com/recursos/sistemas_encendido.pdf%0Ahttps://studylib.es/doc/6708541/sistemas-de-encendido-de-motocicletas.--parte-2--habíamos](http://www.salvadorlivio.com.uy/InfTec/BOSCH-Encendido.pdf%0Ahttp://www.todomecanica.com/recursos/sistemas_encendido.pdf%0Ahttps://studylib.es/doc/6708541/sistemas-de-encendido-de-motocicletas.--parte-2--habíamos)
- Cengel. (2009). Termodinámica de Cengel. *Termodinamica*, 1001. <http://librosolucionarios.net/>
- Del, D., & Técnico, D. (2015). *Tanques de Combustible / Tanques de Fluido de Escape Diésel (DEF)*. <https://www.inficonautomotive.com>
- Díaz, N. (2008). Sistema de transmision y frenado Grado Medio 2008 MacMillan (Autosaved). *Libr*, 168–192. https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/54125860/Sistema_de_transmision_y_frenado_Grado_Medio_2008_MacMillanAutosaved-with-cover-page.pdf?Expires=1621387297&Signature=OeqaJyHJ1caE2VetVPrku1MrRo38T1kaXnKEoXnaeZ01fGhski4fUd~uE7ZNt~43y-b8zweJyp2XX5IhMnTIRgU4o
- Heckman, J. J., Pinto, R., & Savelyev, P. A. (1967). Manual Técnico. *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952.
- infolibros. (2021). Manual de mecánica básica. *Infolibros*. <https://infolibros.org/libros-de-mecanica-automotriz-gratis-pdf/>
- Jaime, G. D. (2018). *Determinación del factor Lambda (λ) de las mediciones de emisiones contaminantes de los vehículos a gasolina del CU Nezahualcóyotl*. Universidad Autónoma del Estado de México.
- Marti Parera, A. (1990). *Inyección Electrónica en Motores de Gasolina*. Marcombo. [https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=YFghI1bGeKsC&oi=fnd&pg=PA1&dq=inyección+electrónica&ots=qI4iZAX1iR&sig=afJBLNdaDbMKrb7vWIVY4chDcH0#v=onepage&q=inyección electrónica&f=false](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=YFghI1bGeKsC&oi=fnd&pg=PA1&dq=inyección+electrónica&ots=qI4iZAX1iR&sig=afJBLNdaDbMKrb7vWIVY4chDcH0#v=onepage&q=inyección%20electrónica&f=false)
- Patio, M. D. E. (1992). *Reparación de la tubería de frenos hidráulicos*. <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>
- Payri, F., & Desantes, J. M. (2015). Motores De Combustión Interna Alternativos. *Articulo*.
- Redacción Motor. (2019). *El tiempo*. El Tiempo. <http://www.bdigital.unal.edu.co/47992/2/9587014006.PDF>

- Romero Piedrahita, C., & Carranza Sánchez, Y. (2007). Elementos de diseño de sistemas de enfriamiento de motores de combustión interna. *Scientia Et Technica*, XIII(34), 261–266. <https://doi.org/10.22517/23447214.5605>
- Sevilla, U. D. E., Alcance, P. Y., Adjudicación, A. D. E. T. Y., Trámite, A. A., & Calificación, A. D. E. P. Y. (2010). *Escuela técnica superior de ingenieros*. 1–6.

Anexos