



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA
CARRERA DE INGENIERIA AUTOMOTRIZ**

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE FRENOS
DE DISCO EN UN VEHÍCULO CON FRENOS DE TAMBOR, PARA
MEJORAR LAS SEGURIDADES Y FACILIDAD DE
MANIOBRABILIDAD.”**

**TESIS DE GRADO PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO AUTOMOTRIZ**

AUTOR

RICARDO ISMAEL MORENO VACA

DIRECTOR

ING. SIMON BOLIVAR HIDALGO NARVAEZ

ENERO - 2013

**© Universidad Tecnológica Equinoccial. 2013
Reservados todos los derechos de reproducción**

DECLARACIÓN

Yo **RICARDO ISMAEL MORENO VACA**, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Tecnológica Equinoccial puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

RICARDO ISMAEL MORENO VACA

C.I. 1718190794

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo que lleva por título **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE FRENOS DE DISCO EN UN VEHÍCULO CON FRENOS DE TAMBOR, PARA MEJORAR LAS SEGURIDADES Y FACILIDAD DE MANIOBRABILIDAD.”**, que, para aspirar al título de **Ingeniero Automotriz** fue desarrollado por **Ricardo Ismael Moreno Vaca**, bajo mi dirección y supervisión, en la Facultad de Ciencias de la Ingeniería; y cumple con las condiciones requeridas por el reglamento de Trabajos de Titulación artículos 18 y 25.

ING. SIMON BOLIVAR HIDALGO NARVAEZ

DIRECTOR DEL TRABAJO

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por haberme llenado de bendiciones, así como por haberme guiado, dado sabiduría durante mi vida y a lo largo de mi carrera universitaria.

Un agradecimiento especial al Ing. Simón Hidalgo Narváez, y a todo el personal docente de la carrera de ingeniería Automotriz por brindarme todos sus conocimientos y hacer de mi una mejor persona y profesional.

A mis padres, hermanos, a mis amigas Andrea y Carolina por brindarme su apoyo y comprensión, durante la realización de este proyecto.

DEDICATORIA

A Dios por darme la oportunidad de ser mejor cada día y permitirme estudiar en esta prestigiosa Universidad, así como al personal docente de mi querida “Universidad Tecnológica Equinoccial”, que me ha brindado los conocimientos necesarios para hacer de mi un profesional de éxito.

A mi familia los principales pilares de mi vida, que han estado conmigo apoyándome y haciendo de mi una mejor persona, brindándome su apoyo y amor todos los días.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

	PÁGINAS
RESUMEN	XI
SUMMARY	XIII
CAPITULO I.....	1
EL PROBLEMA	1
1.1 TEMA	1
1.1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.1.2 CONTEXTUALIZACIÓN MESO	2
1.1.3 PROGNOSIS.....	2
1.1.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	2
1.2 JUSTIFICACIÓN	3
1.3 OBJETIVOS	4
1.3.1 OBJETIVO GENERAL.....	4
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	4
MARCO TEORICO	5
1.4 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS.....	5
1.5 BASES TEÓRICAS	7
1.5.1 FALTA DE FIABILIDAD.....	7

1.5.2 DIFERENTES ESPECIFICACIONES	7
1.5.3 SEGURIDAD	7
1.6 HIPÓTESIS	8
1.6.1 HIPÓTESIS GENERAL	8
1.6.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	8
1.7 SEÑALAMIENTO DE VARIABLES	9
1.8 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	9
1.9 TIPOS O NIVELES DE INVESTIGACIÓN	9
1.10 PLAN DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN	10
1.10.1 FUENTES	10
1.10.2 TÉCNICAS	11
CAPITULO II.....	12
2. INTRODUCCION.....	12
2.1 FUNCIÓN DEL SISTEMA DE FRENOS Y CUALIDADES PRINCIPALES.....	12
2.2 DESCRIBE LA ESTRUCTURA DE UN FRENO DE TAMBOR Y DE DISCO.....	15
2.3 REPARTO DE LA FUERZA DE FRENADO EN UN VEHÍCULO.....	17
2.4 LA DISTANCIA DE FRENADO Y LOS FACTORES DE LOS QUE DEPENDEN.....	20
2.4.1 FUERZA DE FRENADO Y ADHERENCIA	21

2.4.2	REPARTO DE PESOS.....	22
2.5	LEYES DEL MOVIMIENTO RECTILÍNEO UNIFORMEMENTE VARIADO.....	24
2.6	VERIFICACION Y CONTROL	26
2.6.1	COMPROBACIÓN DE LOS FRENOS.....	26
2.6.2	REVISIÓN DE LOS FRENOS	34
2.6.3	COMPROBACIÓN Y REGLAJE DEL LIMITADOR DE FRENADO.	36
2.6.4	PRUEBA DE LOS FRENOS.....	38
2.7	VENTAJAS QUE REPRESENTAN LOS FRENOS DE DISCO FRENTE A LOS DE TAMBOR.	40
	CAPITULO III.....	42
	ADAPTACION DE LOS FRENOS.....	42
3.1	DESCRIPCIÓN DEL VEHÍCULO.....	42
3.1.1	ESTADO INICIAL DEL VEHÍCULO	42
3.1.2	RESEÑA HISTÓRICA DEL VEHÍCULO	42
3.1.3	MODIFICACIONES REALIZADAS A LA FECHA.....	44
3.2	DISEÑO DE PLACAS ADAPTADORAS	45
3.2.1	CRITERIO DE DISEÑO PLACA ADAPTADORA DELANTERA.....	45
3.2.2	CRITERIO DE DISEÑO PLACA ADAPTADORA POSTERIOR	49
3.3	CRITERIO PARA SELECCIÓN DE MATERIAL FRICCIONANTE.....	51

3.4	MEDICIONES ACTUALES.....	52
3.4.1	CÁLCULO CINEMÁTICA TAMBOR	55
3.4.2	CALCULO DINÁMICO.....	57
3.4.3	ANÁLISIS CUERPO LIBRE LLANTA TAMBOR	58
3.5	IMPLEMENTACION.....	63
3.5.1	DESMONTAJE DE TAMBORES.....	63
3.5.2	MONTAJE DE SISTEMA DE DISCOS.....	67
3.5.2.1	SISTEMA DE DISCOS DELANTEROS.....	67
3.5.2.2	SISTEMA DE DISCOS POSTERIORES Y FRENO DE MANO.	73
3.6	MEDICIONES POSTERIOR IMPLEMENTACION	78
3.6.1	CÁLCULO CINEMÁTICA DISCOS.....	81
3.6.2	CÁLCULO DINÁMICO.....	82
3.6.3	DIAGRAMA CUERPO LIBRE LLANTA DISCO	84
CAPITULO IV		88
4.	ANÁLISIS	88
CAPITULO V		92
5.1	CONCLUSIONES.....	92
5.2	RECOMENDACIONES.....	93
ANEXOS		95

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N°1. Valores de Tambores.....	52
Tabla N°2. Pruebas brumoso seco.....	53
Tabla N°3. Pruebas brumoso mojado.....	54
Tabla N°4. Pruebas soleado seco.....	54
Tabla N°5. Valores de Discos.....	78
Tabla N°6. Pruebas brumoso seco.....	79
Tabla N°7. Pruebas brumoso mojado.....	80
Tabla N°8. Pruebas soleado seco.....	80
Tabla N°9. Comparación de resultados finales.....	88

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA N° 1. Vista Exterior del vehículo.....	43
FIGURA N° 2. Vista lateral del vehículo.....	44
FIGURA N° 3. Motor Subaru.....	45
FIGURA N° 4. Desmontaje de tambores.....	64
FIGURA N° 5. Conexión freno de mano.....	64
FIGURA N° 6. Limpieza de punta de eje.....	65
FIGURA N° 7: Cable de freno de mano.....	66
FIGURA N° 8. Placa adaptadora.....	67
FIGURA N° 9. Punta de eje y rodamiento.....	68
FIGURA N° 10. Disco de freno engrasado.....	68
FIGURA N° 11. Disco de freno montado.....	69
FIGURA N° 12. Montaje de pastillas.....	70
FIGURA N° 13. Ajuste de mordazas.....	70
FIGURA N° 14. Redireccionamiento de cañerías.....	71
FIGURA N° 15. Base de tuerca central.....	71
FIGURA N° 16. Sistema de freno completo delantero.....	72
FIGURA N° 17. Aro con engranaje y tuerca central.....	72
FIGURA N° 18. Placa adaptadora posterior.....	74
FIGURA N° 15. Rodamientos engrasados.....	74

FIGURA N° 20.	Seguro tuerca de sujeción.....	75
FIGURA N° 21.	Colocación del cable freno de mano.....	76
FIGURA N° 22.	Llave hexagonal 52 mm.....	77

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1

1.1 Placa adaptadora delantera.....	95
-------------------------------------	----

ANEXO 2

2.1 Despiece placa adaptadora posterior.....	96
--	----

ANEXO 3

3.1 Placa adaptadora posterior.....	97
-------------------------------------	----

ANEXO 4

4.1 Tabla de materiales friccionantes.....	98
--	----

ANEXO 5

5.1 Modificaciones realizadas a la fecha.....	99
---	----

FIGURA N ^o 1. Sistema de escape.....	99
---	----

FIGURA N ^o 2. Sistema de frenos.....	99
---	----

FIGURA N ^o 3. Lubricación.....	100
---	-----

FIGURA N ^o 4. Poleas y trompos.....	100
--	-----

FIGURA N ^o 5. Motor y sistema de carga.....	101
--	-----

5.2 Desmontaje de tambores.....	101
---------------------------------	-----

FIGURA N ^o 6. Tambores.....	101
--	-----

FIGURA N ^o 7. Final del eje estriado y tuerca.....	102
---	-----

FIGURA N ^o 8. Parte interna del conjunto tambor.....	102
---	-----

FIGURA N ^o 9. Parte interna de conjunto tambor posterior.....	102
--	-----

5.3 Sistema de discos delanteros.....	103
FIGURA N° 10. Placa adaptadora.....	103
FIGURA N° 11. Medida de placa adaptadora.....	103
FIGURA N° 12. Medidas placa adaptadora.....	104
FIGURA N° 13. Rodamientos engrasados.....	104
FIGURA N° 14. Ubicación de placa adaptadora delantera.....	105
FIGURA N° 15. Ajuste de placa adaptadora.....	105
FIGURA N° 16. Engrasado de la punta de eje.....	106
FIGURA N° 17. Disco engrasado.....	106
FIGURA N° 18. Base soporte armada.....	107
FIGURA N° 19. Engrasando la punta.....	107
FIGURA N° 20. Desplazamiento de disco.....	108
FIGURA N° 21. Ajuste de cañerías a mordaza.....	108
FIGURA N° 22. Colocación de pastillas.....	109
FIGURA N° 23. Sistema engrasado.....	109
FIGURA N° 24. Ubicación de mordaza en placa adaptadora.....	110
FIGURA N° 25. Ajuste mordaza a la placa adaptadora.....	110
FIGURA N° 26. Purga del sistema.....	111

FIGURA N° 27. Ubicación de cañerías.....	111
FIGURA N° 28. Base de tuerca central.....	112
FIGURA N° 29. Ajuste de base adaptadora tuerca central.....	112
FIGURA N° 30. Acople engranaje de aro.....	113
FIGURA N° 31. Ajuste de la tuerca única central.....	113
FIGURA N° 32. Chequeo del nivel de líquido.....	114
FIGURA N° 33. Imagen completa del sistema armado.....	114

RESUMEN

En el Ecuador existe un parque automotor variado dentro del cual encontramos gran cantidad de vehículos de tecnología ineficiente, por lo cual se vio la necesidad de mejorar la seguridad y la facilidad al momento de conducir, lo cual se logrará de una manera eficiente con el cambio del sistema de frenos que nos dotará de la tranquilidad necesaria al momento de movilizarnos.

En el capítulo uno, encontramos el análisis de la problemática, la solución que se encontrará y los métodos que se aplicarán, además de la justificación para realizar este trabajo.

En el capítulo dos se realizó un breve análisis de los sistemas de frenos, para tener en cuenta lo que se piensa hacer y examinar las diferentes opciones, además de estudiar y tomar en cuenta los detalles de eficiencia y las normativas de seguridad necesarias para realizar un trabajo adecuado y comprobar la efectividad del sistema.

El capítulo tres se inició haciendo un análisis del vehículo, los cambios que ha sufrido en estos años y las necesidades que éste presenta al momento, luego se procedió a explicar el diseño de las placas adaptadoras que soportarán las mordazas; en el diseño de dichas placas adaptadoras está la clave de todo el sistema ya que gracias a ellas se evita el cambiar las puntas de eje o inclusive el tren delantero completo, una vez explicado esto se

detallan las medidas y cálculos realizados con los datos experimentales obtenidos, para con esto poder desmontar el sistema de frenos de tambores y proceder a la implementación del nuevo sistema y probar el diseño de las placas realizadas. Una vez que se implementó el nuevo sistema se cumplieron las normas de seguridad y se precedió a la prueba del mismo. Se realizaron las pruebas para la obtención de datos y cálculos que nos brinde una idea de los nuevos valores de frenado en el vehículo.

En el capítulo cuatro, se realizó un análisis comparativo de los datos obtenidos experimentalmente y los resultados de los cálculos, los mismos que nos hicieron ver la eficiencia lograda y la diferencia al momento de implementar el sistema de freno, además de un análisis de los resultados que nos permiten ratificar los objetivos planteados.

En el capítulo cinco, se colocaron las conclusiones en base a los datos obtenidos a lo largo de todo este trabajo y las recomendaciones que serán de gran ayuda al momento de implementar el sistema de frenos nuevo, gracias a los datos importantes que se presentaron durante la ejecución de este trabajo.

SUMMARY

Nowadays Ecuador has a variety of vehicles, but most of them use an inefficient technology by today standards. That's why is the necessity to improve the security and comfort of the driver, one way is by replacing the original drum brake system of the car, and instead put a disk brake system.

In chapter one is the analysis of problematic, the possible solutions, and the methods needed to apply them.

In chapter two, a brief analysis of the systems of brakes is detail, taking into account what we are going to do and how, and the different options of doing it, in addition analyzing the details of efficiency and the rules of necessary security, in order to realize a suitable work and check the effectiveness of the system.

Chapter three starts by doing an analysis of the vehicle, the changes that it has suffered in the past and nowadays, afterwards is the explanation of the transition plates design. The key of this, is that don't need to replace the axis train, next is detailed how we obtain all the measures and data results of the experimental test that were done on the vehicle so we can disassemble the drums brake system and proceed to the design and install the new system. Once implemented the new system must fulfilled security norms, the same procedures will be done in order to obtaining the new data. These new

numerical data will offer an idea of the improvement by comparing new values in the vehicle with those obtained previously.

In chapter four dynamic and cinematic numerical calculus will let us compare the data obtained experimentally, and the results of the calculations, will show us the efficiency attained and the difference in each brake system.

In chapter five are recommendations and conclusions, based in the analysis of experimental and theoretical data realized. All this information will be helpful when trying to implement the proced

CAPITULO I

EL PROBLEMA

1.1 TEMA

“Diseño e implementación de un sistema de frenos de disco en un vehículo con frenos de tambor, para mejorar las seguridades y facilitar la maniobrabilidad.”

1.1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Aumentar la fiabilidad del frenado, la seguridad y la facilidad al momento de conducir.

Cambio del sistema de tambores a discos, con los cálculos de presión y pruebas de frenado.

1.1.2 CONTEXTUALIZACIÓN MESO

Este proyecto tiene un alto grado de importancia debido al gran número de vehículos con sistema de frenos ineficientes que circulan por la ciudad de Quito, gran parte de éstos se dedican a trabajo de carga y transporte. El presente proyecto nos ayudará a solucionar y brindar seguridad a todas las personas que se movilizan en vehículos con este sistema.

Por las normas establecidas y por las marcas, los concesionarios no permiten que se realicen cambios en los vehículos que no estén homologados por el fabricante, por lo cual es necesario demostrar que sí existe la manera de implementar una solución a este problema en nuestro vehículo.

1.1.3 PROGNOSIS

Si no se realizara el proyecto no podríamos comprobar la variación de la eficiencia en el frenado y la facilidad para hacer el cambio de un sistema a otro, no brindaríamos a la sociedad una oportunidad de mejorar las garantías y aumentar las seguridades dentro del vehículo.

1.1.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Brinda las seguridades necesarias y facilita al momento de conducir un vehículo con sistema de frenos de tambor?

1.2 JUSTIFICACIÓN

El presente tema se justifica realizarlo, desde un enfoque teórico y práctico, pues es un aporte para la teoría existente sobre la seguridad que brindan los vehículos a las personas en la ciudad de Quito.

Dadas las condiciones viales y condiciones físicas de la ubicación de la ciudad de Quito, debemos tener en cuenta la seguridad y la fiabilidad de los vehículos al momento de detenerse, los constantes cambios de topografía de la ciudad nos exige un control de frenado eficiente.

Los vehículos fabricados con tecnología anterior y que buscaban bajar costos sin importar la seguridad, venían dotados con frenos de tambor los cuales presentan muchos problemas, principalmente por su poca eficiencia al momento de disipar el calor.

Podemos decir que, de los vehículos utilizados dentro del Distrito Metropolitano de Quito, un 35% poseen frenos de tambor en el eje delantero, es por esto que se busca implementar un sistema para remplazarlos y poder solucionar todos estos problemas.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

- Comprobar la mejora en el rendimiento del frenado y la maniobrabilidad del vehículo, mediante la instalación de un sistema más eficiente.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar las ventajas que nos brinda el mejoramiento del sistema de frenos, mediante el cambio de los mismos a un sistema más actualizado.
- Identificar las mejoras en la seguridad del vehículo y el medio en el cual se lo utiliza, por el incremento de la fiabilidad.
- Facilitar la modernización y mejora de los vehículos, implementado sistemas actualizados.

MARCO TEORICO

1.4 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

El freno de tambor es un tipo de freno en el que la fricción se causa por un par de zapatas, que presionan contra la superficie interior de un tambor giratorio, el cual está conectado al eje o la rueda.

Los frenos de tambor modernos se inventaron en 1902 por Louis Renault, aunque un tipo de freno similar pero menos sofisticado ya se había usado por Wilhelm Maybach un año antes. En los primeros diseños las zapatas eran dirigidas mecánicamente; a mediados de los años '30 se introdujo un sistema hidráulico por medio de un aceite especial, si bien el sistema clásico se siguió utilizando durante décadas en algunos modelos.

Inicialmente los frenos de disco fueron introducidos en los vehículos deportivos que demandaban una mayor capacidad de frenada. Algunos estaban colocados dentro del vehículo, junto al diferencial, pero la inmensa mayoría de los actuales se colocan dentro de las ruedas. Los posicionados dentro del vehículo permiten disminuir la masa suspendida y el calor transmitido a las ruedas, importante en la alta competición.

En la actualidad los frenos de disco han sido introducidos prácticamente en la totalidad de los vehículos, si bien se siguen utilizando los frenos de tambor en el eje trasero en las gamas bajas, como forma de reducir costo y simplificar el funcionamiento del freno de mano. Dado que la mayoría del esfuerzo de frenada se produce en el eje delantero, esta solución ofrece un compromiso razonable entre costo y seguridad.

El freno de disco es un sistema de frenado normalmente para ruedas de vehículos, en el cual una parte móvil (el disco) solidario con la rueda que gira es sometido al rozamiento de unas superficies de alto coeficiente de fricción (las pastillas) que ejercen sobre ellos una fuerza suficiente como para transformar toda o parte de la energía cinética del vehículo en movimiento, en calor, hasta detenerlo o reducir su velocidad, según sea el caso. Esta inmensa cantidad de calor ha de ser evacuada de alguna manera, y lo más rápidamente posible. El mecanismo es similar en esto al freno de tambor, con la diferencia de que la superficie frenante es menor pero la evacuación del calor al ambiente es mucho mejor, compensando ampliamente la menor superficie frenante.

1.5 BASES TEÓRICAS

1.5.1 FALTA DE FIABILIDAD

Por la forma y el diseño de los tambores tenemos muchas dificultades para disipar el calor de su interior, lo cual produce una pérdida constante de frenado y sobre todo nunca frena de una manera uniforme siempre depende mucho de las condiciones físicas.

1.5.2 DIFERENTES ESPECIFICACIONES

Los discos por su diseño y manera de trabajar optimizan la presión ejercida en el mando o pedal compensando así el hecho de tener una menor área de rozamiento con la cantidad de presión en el sistema, para esto se debe realizar los cálculos y las modificaciones necesarias del sistema con la finalidad de compensar.

1.5.3 SEGURIDAD

La vida de las personas depende de un sistema de frenado eficiente, que varía su funcionamiento con facilidad, en este caso no importa el costo, lo importante es saber que nos podemos movilizar con seguridad.

1.6 HIPÓTESIS

1.6.1 HIPÓTESIS GENERAL

Si incorporamos un sistema de frenos de disco a un vehículo con sistema de tambores, se evitará los problemas de frenado ineficientes y podremos brindar una mayor seguridad a todas las personas que van en dicho automóvil.

1.6.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

- Si aumentamos la eficiencia del frenado se evitará los accidentes por pérdida de frenos.
- Si mejoramos el sistema de frenos, lograremos evitar en su totalidad las constantes variaciones por calentamiento en el frenado.
- Si se mejora las partes, realizando cálculos de presión, se evitará tener fallas en su funcionamiento y optimización de los equipos

1.7 SEÑALAMIENTO DE VARIABLES

- Características de frenado: eficiente, ineficiente e inexistente.
- Detener el vehículo: Largo corto o mediano plazo.
- Variación de frenado: Superficie presión y temperatura
- Temperatura: facilidad de disipación, eficiente y desgaste

1.8 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Para el diseño de la investigación, se empleará un proceso con métodos experimentales verdaderos, basándose en diseños con medición previa, cálculos y grupo de control. La recolección de datos se la realizará de una manera práctica y en laboratorio directamente en los sistemas a utilizar.

1.9 TIPOS O NIVELES DE INVESTIGACIÓN

La presente tesis, reúne las condiciones metodológicas adecuadas para la aplicación de una investigación experimental, en razón de que se obtiene información de la actividad intencional realizada por el investigador para lo que se utilizaron conocimientos de hidráulica, física y mecanismos a fin de

aplicarlos en la implementación de un sistema de frenos eficientes y la comparación con el sistema anterior.

1.10 PLAN DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

1.10.1 FUENTES

Las principales fuentes de información que se utilizaron en la investigación son:

Primarias	<ul style="list-style-type: none">• Mediciones realizadas• Pruebas de frenado
Resultados experimentales	<ul style="list-style-type: none">• Datos encontrados
Hechos reales	
Secundarias	<ul style="list-style-type: none">• Artículos de revistas especializadas• Libros de Ingeniería Automotriz
Material impreso	<ul style="list-style-type: none">• Manuales del fabricante

1.10.2 TÉCNICAS

Las principales técnicas que se utilizaron en la investigación son:

- Experimentación: Recopilación de datos mediante pruebas prácticas
- Observación: Recopilación de datos mediante la observación

CAPITULO II

2. INTRODUCCION

2.1 FUNCIÓN DEL SISTEMA DE FRENOS Y CUALIDADES PRINCIPALES.

Principalmente el sistema de frenos se lo implementa en los vehículos para la disminución parcial o total de la velocidad que éste alcanza, como también el brindar la facilidad de mantenerlo inmovilizado en caso de que el vehículo se encuentre detenido o estacionado. Como el movimiento del vehículo se obtiene por medio de las ruedas, para detenerlo basta con anular este movimiento, lo que se logra aplicando un esfuerzo a las ruedas que las contenga en su giro, lo cual se realiza por rozamiento de unas "zapatas" sobre un tambor, o de unas "pastillas" contra un disco, según los casos, con lo cual se transforma la energía cinética que posee todo vehículo en movimiento, en energía calorífica que se irradia a la atmósfera.

El freno propiamente dicho es el órgano donde se desarrollan las fuerzas que se oponen al movimiento del vehículo, pudiendo ser de diferentes tipos:

- De fricción: Donde las fuerzas nacen del frotamiento entre dos elementos, de los cuales, uno es solidario de una parte fija del vehículo (chasis) y el otro de la rueda.
- Eléctrico: Donde las fuerzas se generan por la acción electromagnética entre dos elementos en movimiento relativo, que no rozan entre sí.
- Del fluido: En los que las fuerzas se desarrollan por la acción de un fluido que se encuentra entre dos elementos en movimiento relativo (pedal y pistón).

Contamos con un sistema principal de frenos dentro del vehículo, este es el encargado de brindarnos una facilidad al momento de la conducción, gracias a él logramos reducir la velocidad de una manera rápida segura y eficaz.

Tenemos también el sistema de frenos de estacionamiento o llamado freno de emergencia que se lo utiliza en caso de un fallo del sistema principal, debe cumplir la función de mantener al vehículo detenido incluso cuando no hay ninguna persona adentro.

Los tres principales puntos en el momento de analizar los frenos son:

- Eficaz, cuando lo activamos o necesitamos detener el vehículo y este lo hace en una distancia y tiempo adecuados.
- Estabilidad de frenada, cuando a la activación de los frenos, el vehículo no desvía su trayectoria o la presión en cada rueda es diferente.
- Frenada progresiva, cuando la detención del vehículo es directamente proporcional a la presión ejercida por el conductor al pedal.

En la acción de frenado, intervienen otras fuerzas además del sistema de frenos. De ellas hemos de destacar los rozamientos de los órganos de la transmisión, la resistencia opuesta por el aire al desplazamiento del vehículo y el mismo motor cuando actúa como freno, pues ya es sabido que al caer el motor a ralentí, es arrastrado por las ruedas que ahora giran más deprisa que él, oponiéndose el motor a este giro, lo que constituye una acción de frenado.

2.2 DESCRIBE LA ESTRUCTURA DE UN FRENO DE TAMBOR Y DE DISCO.

Un freno de tambor, está fijado a la rueda por medio de tornillos, en cuyo interior van alojadas las zapatas, provistas de forros de un material muy resistente al calor y que pueden ser aplicadas contra la periferia interna del tambor por la acción del bombín, produciéndose en este caso el frotamiento de ambas partes.

Como las zapatas van montadas en el plato, sujeto al chasis por el sistema de suspensión y que no gira, es el tambor el que queda frenado en su giro por la fricción con las zapatas.

El calentamiento excesivo de los frenos disminuye la adherencia del material empleado en los forros de las zapatas, al mismo tiempo que dilata el tambor, que queda más separado de ellas, por cuyas causas aparece el fenómeno llamado "fading", que es una pérdida temporal de la eficacia de los frenos. Una vez que se enfrían vuelve la normalidad. Este fenómeno aparece también cuando el líquido de frenos es de mala calidad y se vaporiza parcialmente en los bombines.

Dependiendo como este montado el sistema de frenos, las zapatas y el pistón de cada tambor, se obtienen diferentes efectos de frenado. La típica disposición de las zapatas, en las que ambas se unen al plato en dos puntos similares. Si el tambor gira a izquierdas, cuando se produce la acción de frenado la zapata izquierda se acuña contra el tambor, mientras que la derecha es empujada por él, debido a las fuerzas puestas en juego.

Esto provoca que la zapata izquierda (primaria) frene más que la derecha (secundaria).

Frenos de disco, que también se une a la rueda por medio de tornillos. Este disco puede ser frenado por medio de unas pastillas, que son accionadas por un émbolo y pinza de freno o mordaza, que se aplican lateralmente contra él, deteniendo su giro. Suelen ir convenientemente protegidos y refrigerados, para evitar un calentamiento excesivo de los mismos.

Mando del freno de mano, a través de una palanca, que por medio de varillas y cables de acero acciona los dispositivos ya sea este tambor o discos para el frenado de las ruedas. El cable principal de mando se ramifica en la unión en otros cables de acero, que se acoplan en cada una de las ruedas o a su vez encontramos dos cables que accionan independientemente a cada una de las ruedas.

2.3 REPARTO DE LA FUERZA DE FRENADO EN UN VEHÍCULO.

Se reparte de manera desigual, pues al ser frenado un vehículo que se encuentra en movimiento, la fuerza de inercia (I) aplicada a su centro de gravedad (G), forma con las fuerzas de frenado (F_1) y (F_2) un par que obliga a inclinarse hacia abajo al vehículo de su parte delantera, mientras que en la trasera ocurre lo contrario. Decimos que el peso del vehículo ha sido transferido en parte al eje delantero, al mismo tiempo que el trasero se ha deslastrado.

Debido a esto la fuerza de frenado debe de estar repartida entre los ejes con relación al peso soportado por los mismos; dependiendo de la distribución de los distintos mecanismos, como: motor, caja de velocidades, depósito de combustible, etc., y de la transferencia de peso al frenar (que depende fundamentalmente de la altura del centro de gravedad), peso total del vehículo y distancia entre ejes.

En cuanto a la eficacia del frenado, debe ser exactamente igual en las dos ruedas de un mismo eje, para evitar “tiros” hacia uno de los lados, que provocarían la inestabilidad del vehículo en las frenadas.

El valor de las fuerzas de rozamiento depende de la organización de los frenos, del esfuerzo ejercido sobre el mando y de la naturaleza de la

transmisión de este esfuerzo. No obstante, es imprescindible que exista una buena adherencia del neumático con el suelo para lograr una frenada óptima.

La acción de frenado se desarrolla desde que se activa el mando del freno hasta que el vehículo se detiene, y se efectúa en cuatro fases principales:

La primera fase: Comprende la acción desarrollada desde que se activa el mando hasta el momento en que comienza la acción retardadora de frenado. Una vez iniciada ésta, transcurre un tiempo

Segunda fase: Hasta lograr un valor normal del esfuerzo retardador.

Tercera fase: La acción de frenado alcanza su mayor eficacia hasta el momento de la detención del vehículo.

La cuarta fase: Comprende el tiempo que transcurre desde que deja de activarse el mando, al final de la frenada, hasta que el sistema de trenos queda desactivado.

Las magnitudes físicas que intervienen en las características del movimiento de frenado de un vehículo son:

- La distancia (d)
- La velocidad (v)
- La desaceleración (-a)
- El tiempo (t)

2.4 LA DISTANCIA DE FRENADO Y LOS FACTORES DE LOS QUE DEPENDE.

La distancia de frenado, es el espacio recorrido por el vehículo desde que se accionan los frenos hasta que se detiene completamente. Tenemos varios puntos que analizar al momento de ver la distancia de frenado, depende mucho de:

- La presión que se ejerza sobre el pedal del freno (fuerza de frenado)
- La fuerza de adherencia del neumático con el suelo
- La velocidad con que marcha el vehículo en el momento de frenar
- La fuerza y dirección del viento
- La temperatura de las partes que van a estar en rozamiento.

Cuando hablamos de distancia de frenado no tenemos en cuenta el peso del vehículo, sino tan solo la relación existente entre la velocidad y de la eficacia de los frenos. Por esto, la distancia de frenado, es igual para un vehículo

pesado que para un turismo, siempre que la velocidad y eficacia de los frenos sean las mismas.

2.4.1 FUERZA DE FRENADO Y ADHERENCIA

La energía cinética que posee un cuerpo de peso P lanzado a una velocidad v es:

$$E_c = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}\frac{P}{G}V^2$$

Siendo g la aceleración de la gravedad, igual a $9,8\text{m/s}^2$.

Para detener este móvil se hace necesaria la aplicación de una fuerza F ; constante, que anule esta energía después de un cierto tiempo, durante el cual, recorre una distancia d . Así pues, se cumple:

$$\frac{1}{2}\frac{P}{g}v^2 = Fd$$

Como la fuerza F es constante, produce en el móvil una desaceleración determinada por:

$$F = m \cdot a = P/g \cdot a$$

Se comprende que cuanto más fuerte se apliquen las zapatas contra el tambor y mayor sea la adherencia entre ambos, más importante será la acción de frenado; pero no por aplicar más fuerza de frenado a las ruedas se consigue detener antes el vehículo, pues si esta fuerza es mayor que la de adherencia del neumático con el suelo, se produciría el bloqueo de la rueda, con lo que el vehículo se arrastra, tardando más tiempo en detenerse que si la rueda va rodando y siendo contenida en su giro. Lo mismo ocurre cuando se aplica a la medida un esfuerzo de rotación mayor que la fuerza de adherencia: como ya se vio se produciría el patinado, que resta impulso al vehículo. En el caso de los frenos ocurre lo contrario: no se detiene tan rápido, pues al bloquearse la rueda, deja de transformarse en calor la energía cinética que posee el vehículo y, por ello, seguirá en movimiento hasta que esa energía sea transformada a base de rozamientos, arrastre del neumático sobre el suelo, resistencia que opone el aire, etc.

2.4.2 REPARTO DE PESOS

El reparto de pesos entre los ejes de un vehículo depende esencialmente de la implantación en el mismo del grupo moto propulsor,

por ser éste el conjunto de más peso. De esta manera, el peso total queda repartido entre los ejes de la siguiente forma:

- Para vehículos con motor delantero y propulsión trasera, sobre cada eje descansa aproximadamente el 50% del peso total.
- Para vehículos con motor y tracción delanteros, sobre este eje descansa aproximadamente el 60% del peso total, y el 40% sobre el eje trasero.
- En los vehículos de motor y propulsión traseros, el reparto de pesos es contrario al del caso anterior, es decir, sobre el eje trasero descansa aproximadamente el 60% del peso total.

En cuanto a la eficacia del frenado se refiere, conviene resaltar que las fuerzas de frenado aplicadas a las dos ruedas de un mismo eje, deben ser rigurosamente iguales, pues de lo contrario se producen "tiros" hacia uno de los lados, con la consiguiente inestabilidad del vehículo en las frenadas.

2.5 LEYES DEL MOVIMIENTO RECTILÍNEO UNIFORMEMENTE VARIADO.

En mecánica clásica el movimiento rectilíneo uniformemente acelerado (MRUA) presenta tres características fundamentales:

- La aceleración y la fuerza resultante sobre la partícula son constantes.
- La velocidad varía linealmente respecto del tiempo.
- La posición varía según una relación cuadrática respecto del tiempo.

La figura muestra las relaciones, respecto del tiempo, del desplazamiento (parábola), velocidad (recta con pendiente) y aceleración (constante, recta horizontal) en el caso concreto de la caída libre (con velocidad inicial nula).

El MRUA, como su propio nombre indica, tiene una aceleración constante, cuyas relaciones dinámicas y cinemáticas, respectivamente, son:

$$a(t) = a = \frac{F}{m} = \frac{d^2x}{dt^2}$$

- La velocidad v para un instante t dado es:

$$v(t) = at + v_0$$

Siendo v_0 la velocidad inicial.

- Finalmente la posición x en función del tiempo se expresa por:

$$x(t) = \frac{1}{2}at^2 + v_0t + x_0$$

Donde x_0 es la posición inicial.

Además de las relaciones básicas anteriores, existe una ecuación que relaciona entre sí el desplazamiento y la rapidez del móvil. Ésta se obtiene despejando el tiempo de (2a) y sustituyendo el resultado en (3): Pág. 24.

Fig.1

$$v^2 = 2a(x - x_0) + v_0^2$$

2.6 VERIFICACION Y CONTROL

2.6.1 Comprobación de los frenos.

Dada la importancia vital que tienen los frenos de un automóvil, en orden a la seguridad del mismo y de los pasajeros, se comprende que el sistema de frenos deba mantenerse en perfecto estado de funcionamiento durante toda la vida útil del vehículo. La comprobación del estado en que se encuentra el sistema de frenos se realiza mediante una prueba en carretera, en la que se efectúan las frenadas oportunas para determinar la eficacia y el comportamiento de los frenos, a partir de los cuales puede diagnosticarse su estado.

La eficacia de frenado se determina midiendo la fuerza de frenado que es necesario aplicar a las ruedas para detener el vehículo en el menor espacio posible. Al mismo tiempo que se realiza esta prueba, deberá observarse el comportamiento del vehículo ante el frenado (tiro lateral, bandazos, etc.), así como la dureza relativa del pedal y la elasticidad del mismo, condiciones estas últimas que deben ser corroboradas posteriormente con el vehículo detenido y el motor parado, descargando previamente el servofreno con sucesivos accionamientos del pedal.

Antes de efectuar las pruebas con el vehículo en carretera, deberán revisarse los neumáticos (grado de desgaste y presión de inflado), puesto que influyen grandemente en la adherencia de la rueda al suelo y, por ello, en la eficacia del frenado.

De los síntomas encontrados en esta prueba, podemos deducir las posibles averías y aplicar los arreglos correspondientes. Solucionados los problemas deberán probarse nuevamente los frenos y observar su comportamiento con el vehículo en carretera, analizando los resultados para que permita medir la fuerza de frenado en cada rueda independientemente.

Los síntomas que pueden presentarse en un sistema de frenos, son:

Elasticidad del pedal al frenar, que puede ser debida a las siguientes causas:

- Presencia de aire en las canalizaciones. Se remedia purgando el circuito.
- Entrada de aire en la bomba, en cuyo caso, es preciso desmontarla para la revisión correspondiente y su consiguiente reparación.

- Líquido de frenos inadecuado. Deberá vaciarse el sistema y llenarlo nuevamente con líquido apropiado, después de soplar las canalizaciones con aire a presión.

Nota: La elasticidad debe ser corroborada con el vehículo detenido y a motor parado, como ya se ha dicho, pues dada la elevada tasa de asistencia de los vehículos actuales, dotados de servofreno, se tiene la impresión de una cierta elasticidad en el pedal.

Los frenos se quedan pegados, aun después de soltar el pedal, debido a una de las siguientes causas:

- Orificio de compensación de la bomba obturada, lo que implica el desmontaje de la misma para su limpieza.
- Mal reglaje de las varillas de mando, que no permiten el retroceso del émbolo hasta el final de su carrera, lo que se corrige efectuando el reglaje correspondiente
- Pistones de la bomba descompuestos, debido a la presencia de petróleo, aceite, gasolina, etc., en el líquido de frenos. El remedio en este caso es cambiar el líquido y los pistones deteriorados.

- Muelles de retroceso de las zapatas débiles o rotos, lo que se corrige cambiándolos.
- Presencia de grasa en las zapatas, que hace necesaria su sustitución.
- Servofreno defectuoso, lo que implica su desmontaje y revisión.
- Necesidad de pisar varias veces el pedal para obtener presión en la bomba, lo que puede ser debido a
- Juego excesivo entre la varilla de mando y el pistón de la bomba, lo que supone efectuar el correspondiente reglaje.
- Juego excesivo entre las zapatas y los tambores, que se corrige efectuando el correspondiente reglaje.

No se consigue presión en la bomba aunque se accione el pedal varias veces lo que puede ser debido a:

- Pérdidas de líquido en algún punto de la instalación de frenos, por lo que debe localizarse el punto de fuga y posteriormente efectuar la reparación pertinente.

- Presencia abundante de aire en las canalizaciones, que se corrige con la consiguiente purga del sistema.
- Falta de líquido en el depósito, que implica la entrada de aire al sistema, por lo que después de restablecer el nivel debe efectuarse la purga.
- Pistones de cilindro maestro defectuosos, lo que implica el desmontaje de la bomba y la sustitución de los mismos.

Carrera excesiva del pedal, que puede ser debida a las siguientes causas:

- Juego excesivo en la varilla de mando del pistón de la bomba, cuya reparación consiste en efectuar el reglaje oportuno.
- Juego excesivo entre las zapatas y el tambor, lo que se corrige con el reglaje correspondiente, o con la sustitución de las zapatas.
- Dilatación de los tambores por calentamiento excesivo, que se subsanará por sí misma al enfriarse.
- Líquido de frenos deteriorado, lo que implica la sustitución.

- Servofreno defectuoso, que debe ser desmontado para su verificación y la pertinente reparación.

Nota: El recorrido excesivo del pedal debe ser corroborado con vehículo detenido y motor parado, como ya se ha explicado.

Roce continuo de las zapatas contra el tambor, sin llegar a bloquearlo, que será debido a:

- Aproximación excesiva de las zapatas, que hay que subsanar efectuando el correspondiente reglaje.
- Muelles de retroceso de las zapatas débiles, que deberán sustituirse.
- Latiguillos de freno deteriorados por descomposición y parcialmente obstruidos, en cuyo caso se hace necesaria la sustitución de los mismos y del líquido de frenos.

Frenado desequilibrado (tiro lateral), debido a:

- Pérdida de líquido por uno de los bombines de las ruedas, que deberá corregirse localizando el defectuoso, desmontándolo y procediendo a su reparación.
- Aproximación incorrecta de las zapatas de alguna rueda, que se corrige efectuando el correspondiente reglaje.
- Pistones de algún bombín agarrotados, que se corrige desmontando y limpiando el bombín y sustituyendo el pistón.
- Forros impregnados de aceite, en cuyo caso es necesaria la sustitución
- Limitador mal trabado, lo que supone efectuar un reglaje del mismo

Calentamiento excesivo de los frenos, aún sin llegar a abusar de su utilización, que puede ser debido a:

- Guarda insuficiente del cilindro maestro, que no permite el retroceso completo del émbolo, lo que se subsana efectuando el reglaje pertinente.
- Tubería de frenos aplastada, impidiendo el retorno rápido del líquido desde algún cilindro receptor. En este caso es necesaria la sustitución de la tubería defectuosa.

- Agarrotamiento del mando del freno de mano, que implica el desmontaje y limpieza de sus componentes y su posterior montaje y reglaje.
- Escasa eficacia de los frenos, que exige un excesivo esfuerzo sobre el pedal, lo que puede ser debido a las causas siguientes:
- Servofreno defectuoso, que implica el desmontaje y verificación del mismo.
- Forros desgastados o impregnados de aceite, lo que supone la sustitución de los mismos.
- Presencia de aire en el circuito, que se corrige con la purga correspondiente.

Ruidos al frenar, debidos a las causas siguientes:

- Pastillas o zapatas desgastadas, lo que implica la sustitución de las mismas y del disco o tambor si han llegado a deteriorarse.
- Dureza superficial, debida a una calidad deficiente, por lo que deberán ser sustituidas.

- Montaje defectuoso de los componentes del freno de alguna rueda, que deberá ser revisada.

Trepidación de los frenos, debida a una de las siguientes causas:

- Alabeo del disco u ovalación del tambor, que supone la verificación y rectificado del mismo.
- Holguras de montaje o aflojamiento de fijaciones, en cuyo caso se hace necesaria la pertinente inspección de componentes.

2.6.2 REVISIÓN DE LOS FRENOS

En la revisión de un sistema de frenos, deberá comprobarse que no existen impurezas en el depósito del líquido y que su tapón no esté obstruido (el orificio de puesta en atmósfera), también se comprobará el nivel, que debe estar comprendido entre las marcas de máximo y mínimo. Si fuera preciso se procederá al llenado con líquido de las mismas características, en algunos vehículos se dispone un detector en el depósito de reserva, consistente en un flotador provisto de un contacto eléctrico, que enciende

una luz en el cuadro de instrumentos cuando el nivel del líquido desciende por debajo del mínimo.

Se inspeccionarán todos los componentes del sistema de frenos, visibles exteriormente, constatando que no existen fugas de líquido, ni deformaciones o aplastamiento de canalizaciones.

Los posibles puntos de fuga de un circuito de frenos pueden localizarse fácilmente por las manchas de líquido que dejan. Cuando resulta difícil la localización del punto de fuga, se accionará varias veces y con fuerza el pedal del freno, observando al mismo tiempo si se producen fugas de líquido. También pueden comprobarse éstas inyectando aire a una presión comprendida entre 2 y 3 bar por el tapón de llenado del depósito.

2.6.3 COMPROBACIÓN Y REGLAJE DEL LIMITADOR DE FRENADO.

Conocido es que, el corte de la presión de frenado para las ruedas traseras de un vehículo, se realiza a un determinado valor, que depende, entre otros factores, del reparto de peso en el vehículo y de las características de su sistema de suspensión principalmente. Cuando el limitador no funciona correctamente se produce blocajes indebidos en las ruedas traseras, o frenado insuficiente en ellas, lo que implica en cualquier caso un frenado irregular del vehículo.

La comprobación del conector funcionamiento de un limitador comienza con una inspección del mismo, en la que se observará que no existan fugas de líquido, agarrotamiento de su sistema de mando, ni deformaciones de las palancas de accionamiento. Seguidamente se comprueba su funcionamiento accionando repetidas veces el pedal del freno.

El control de la presión de corte se realiza disponiendo un manómetro en el cilindro receptor de cualquiera de las ruedas traseras, retirando previamente el purgador correspondiente, en cuyo orificio se acopla el manómetro y se purga a continuación por el tornillo P. En estas condiciones, se acciona lentamente el pedal del freno, observando la subida de presión en el manómetro, que en los repartidores tendrá un valor

máximo, llegado el cual, la presión ya no sube más, aunque siga aumentándose el esfuerzo sobre el pedal.

En los limitadores y compensadores de frenado, la presión de corte depende de la fuerza de frenado en las ruedas delanteras, como es sabido. Accionando enérgicamente el pedal de freno se observará la lectura a la que llega el manómetro y los valores de trabado del limitador. Manteniendo el esfuerzo sobre el pedal del freno, si se abre ahora el purgador de una rueda trasera el pedal de freno no debe descender. En caso contrario el limitador es defectuoso.

El máximo valor de presión alcanzado deberá corresponder a la especificación del fabricante, siendo de destacar que el vehículo deberá encontrarse sobre suelo horizontal y en las condiciones de carga estipuladas para la realización de esta verificación. Los valores de trabado dependen del tipo de vehículo; pero a título orientativo diremos que las presiones de corte suelen estar comprendidas entre 25 y 40 bar, para vehículos de turismo en condiciones de vacío

El reglaje, si fuese necesario, se efectúa actuando sobre las varillas del mando que posicionan la palanca de accionamiento del limitador, alargándola o acortándola por medio de los correspondientes tornillos de reglaje A, para

cambiar la tensión antagonista en función de que se desee aumentar o disminuir la presión de corte.

En los vehículos equipados con compensador de frenado y con circuito de frenos que indican la lectura de la presión de frenado se efectúa por comparación con la presión de los frenos delanteros, para ello es preciso instalar otro manómetro en el cilindro delantero de rueda correspondiente al mismo circuito que el trasero que se comprueba, siendo imperativo controlar los dos circuitos

La comprobación de la presión de frenado se lleva a cabo accionando el freno hasta obtener una determinada presión en el manómetro correspondiente a la rueda delantera, en cuyo instante la presión alcanzada en la rueda trasera debe ser la estipulada. A título orientativo diremos que esta última oscila entre el 25 y el 40% de la correspondiente al cilindro de rueda delantera.

2.6.4 PRUEBA DE LOS FRENOS

Una vez reparadas las averías encontradas en el sistema de frenos y efectuados los reglajes correspondientes, se procederá a la prueba en carretera de los mismos, eligiendo un camino que se encuentre en buen estado. El criterio generalmente adoptado para estimar la eficacia de un

sistema de frenos, es la distancia recorrida por el vehículo desde que se activan los frenos hasta que el vehículo se detiene. Por tanto, se pondrá el vehículo a poca velocidad y se frenará varias veces, observando el comportamiento de los frenos en cuanto a desvíos de la trayectoria seguida por el vehículo, bloqueo, etc.

Si esta prueba resultara positiva, se pondrá el vehículo a mayor velocidad y se frenará enérgicamente hasta conseguir su detención, controlando el espacio recorrido en la acción de frenado, a fin de calcular la eficacia utilizando la expresión:

$$E = \frac{v^2}{254D}$$

La eficacia debe ser superior al 65%, aunque lo ideal es que se alcance el 80%.

2.7 VENTAJAS QUE REPRESENTAN LOS FRENOS DE DISCO FRENTE A LOS DE TAMBOR.

Las principales ventajas son:

- El equilibrio de las presiones en ambas caras del disco, suprime toda reacción sobre el eje (delantero o trasero) del vehículo; además, estas presiones axiales no producen deformaciones de la superficie de frenado.
- La dilatación transversal, bajo el efecto del aumento de temperatura, tiende a disminuir el juego entre disco y pastillas; de todas formas, esta dilatación es más pequeña que la radial de los frenos de tambor, lo que facilita el reglaje y simplifica los dispositivos de reglaje automático.
- El disco se encuentra al aire libre y, por ello, su refrigeración está asegurada, retardándose la aparición del fading.
- Los cilindros de freno están situados en el exterior y son mejor refrigerados que en los frenos de tambor, resultando más difícil la aparición del fading por aumento de temperatura del líquido de frenos.

- Mucho más fácil de brindar mantenimiento dado que todo está a la vista.
- No se necesita reglaje en las pastillas dado que cuando cesa la acción de frenado, una vez que disminuye la presión hidráulica, el propio movimiento del disco hace que las pastillas se separen ligeramente de él a una distancia mínima; sin que lleguen a rozar. Con este movimiento retrocede el pistón al mismo tiempo la distancia necesaria, adaptándose el recorrido al desgaste de las pastillas.
- La precisión del frenado es mayor dado a una misma longitud de cañerías y una distribución uniforme del fluido, lo cual no sucede con los tambores que se regulan de una manera manual y es así como el operario comprueba y trata de igualar la eficiencia.

CAPITULO III

ADAPTACION DE LOS FRENOS

3.1 DESCRIPCIÓN DEL VEHÍCULO.

3.1.1 ESTADO INICIAL DEL VEHÍCULO

El vehículo en cuestión es un 1929 Mercedes SSK replica, producido por Classic Motor Carriages en los Estados Unidos de Norte América alrededor de los años 1980 a 1990 el cual se encuentra montado sobre la plataforma motor de un Volkswagen Escarabajo año 1965 de el cual conserva el sistema de suspensión, dirección y transmisión (caja de cambios manual de cuatro velocidades) originales y reparadas. El motor instalado es un bóxer 1600cc marca Subaru enfriado por agua manual, el sistema de enfriamiento es diseñado a medida para el automotor.

3.1.2 RESEÑA HISTÓRICA DEL VEHÍCULO

A finales de los años 80 en la ciudad de Cuenca Ecuador motivo de un proyecto de tesis de ingeniería automotriz un grupo de jóvenes importan un

kit proveniente de los Estados Unidos, para el Gazelle S de Classic Motor Carriages del cual realizan moldes de las partes de fibra de vidrio y preceden al montaje de las piezas sobre tres Volkswagen escarabajos. Una vez cumplido el fin del montaje los propietarios disponen de los automotores.



FIGURA N° 1. Vista Exterior del vehículo

El auto es adquirido en el año de 1991, para el año de 1993 el auto empieza un proceso de repotenciación, adecuación, pues la planta motor no había sufrido ninguna modificación en el proceso de adaptación y los detalles de terminación si bien cumplían con eficacia su función los detalles estéticos no estaban cerca de los parámetros aceptables, y de igual manera el performance del vehículo.



FIGURA NO 2. Vista lateral del vehículo

Al cabo de varios años se ha venido restaurando, reparando y adaptando diversas piezas para mejorar el vehículo.

3.1.3 MODIFICACIONES REALIZADAS A LA FECHA

- Desmontaje total del vehículo.
- Reparación de caja de cambios
- Reparación de suspensión
- Repintado de carrocería
- Repintado de paneles
- Re tapizado
- Adaptación de motor reparado
- Adaptación de manómetros

- Fabricación de parachoques, direccionales y accesorios metálicos.



FIGURA N° 3. Motor Subaru

Dada la nueva potencia y excelente desempeño del motor bóxer de marca Subaru, llevadas de la mano con las nuevas prestaciones que presenta actualmente el vehículo, se ha visto la necesidad de cambiar el sistema de frenos con la finalidad de lograr la mejora de la seguridad y la eficiencia.

3.2 DISEÑO DE PLACAS ADAPTADORAS

3.2.1 CRITERIO DE DISEÑO PLACA ADAPTADORA DELANTERA

El objetivo principal de esta pieza de transición es ubicar la mordaza en una posición tal que se acople a la base original, donde descansa el tambor y,

que se encuentra a una distancia tal que permita su accionamiento con el disco en libre rotación.

El punto de partida de diseño es la punta de eje libre con las bases perforadas donde descansaba el conjunto del tambor. Se inicia por trazar y tomar las medidas de las perforaciones y distancias de los agujeros de sujeción originales de la mesa al igual que la distancia relativa de estos hacia la punta de eje, con esta información, se decide optar por una base acople en espesor 5 mm y perforaciones con sobre medida de un milímetro al diámetro en caso de los pernos y 3 mm de holgura al diámetro de la base de la punta de eje.

El material a utilizar será acero al carbón A36 cuyas propiedades mecánicas podemos ver en la tabla anexo, además que es acero estructural de mayor difusión en el mercado local.

Ahora que se tiene una base firmemente acoplada al tren delantero del vehículo se procede al anclaje mediante soldadura de una segunda pieza la cual ya soportará al conjunto de mordazas.

La segunda placa soporte se construirá en una placa de acero al carbono A36 de espesor 12 mm, el espesor no solo garantizará la rigidez del brazo soporte sino también el desplazamiento axial 12 mm hacia el interior del vehículo. el punto de anclaje de las mordazas con respecto al punto de anclaje original del conjunto soporte del tambor, esto se decide una vez pre ensamblado el disco en la punta de eje donde se observó que la cara interior del disco se encontraba 5 mm axialmente hacia el interior del vehículo en relación a la base original del conjunto soporte del tambor.

Las siguientes medidas a tomar corresponden a la distancia y diámetro de los agujeros necesarios para la sujeción de la mordaza al igual que su distancia relativa al eje, la placa soporte debe ser tal que sus dimensiones permitan la ubicación de la mordaza sobre el disco con una holgura en la parte superior.

Las dos placas de transición se traslapan 10 mm y se soldaran biseladas con electrodo E7018 cuya resistencia a la tensión al soldar acero al carbono A36 es de 70 mpa superior a los 36 mpa resistencia propia del acero.

Esta placa de transición es necesaria, puesto que las puntas de eje y mesas son elaboradas en acero de fundición y la soldadura directa hacia la

estructura de la punta de eje, aparte de modificar la integridad del vehículo no garantiza los grados de flexibilidad requeridos para el sistema aplicado.

3.2.2 CRITERIO DE DISEÑO PLACA ADAPTADORA POSTERIOR

Al igual que en el caso delantero, el objetivo principal de esta pieza de transición es ubicar la mordaza en una posición tal que se acople a la base original donde descansaba el tambor y que se encuentra a una distancia que permita su accionamiento con el disco en libre rotación, teniendo en cuenta que la placa deberá estar colocada antes de colocar la tapa donde se encuentra el rodamiento y el reten del eje de transmisión.

El punto de partida de diseño es el eje estriado con la base de mesa donde tenemos el rodamiento. Se inicia por trazar y tomar las medidas de las perforaciones y distancias de los cuatro agujeros de sujeción originales de la mesa al igual que la distancia relativa de estos, hacia el estriado, con esta información se decide optar por una base acople en espesor 5 mm y perforaciones con sobre medida de 1 mm al diámetro en caso de los pernos y 3 mm de holgura al diámetro de la base del alojamiento del retenedor.

El material a utilizar será acero al carbón A36 cuyas propiedades mecánicas fueron analizadas previamente, además de ser el acero estructural de mayor difusión en el mercado local.

Ahora que se tiene una base firmemente acoplada a la mesa de suspensión, se puede proceder al anclaje mediante soldadura de una segunda pieza la cual ya soportara al conjunto de mordaza,

La segunda placa soporte se construirá en una placa de acero al carbono A36 de espesor 5 mm, dado que a diferencia de la parte delantera el espesor no garantiza el desplazamiento axial de 33 mm hacia el interior del vehículo, fue necesario el implemento de una pieza adicional en el mismo material, con las mismas condiciones y con una curvatura de radio 38 mm detallada en los planos que nos garantice ubicar el punto de anclaje de las mordazas con respecto al punto de anclaje original del conjunto soporte del tambor y una rigidez de la placa soporte, como se puede ver en los planos de construcción.

Las siguientes medidas a tomar corresponden a la distancia y diámetro de los agujeros necesarios para la sujeción de la mordaza, al igual que su distancia relativa al eje estriado.

Las tres placas de transición se traslaparan 5 mm, es decir todo el espesor de la placa del medio y se soldaran biseladas con electrodo E7018 cuya resistencia a la tensión al soldar acero al carbono A36 es de 70 mpa superior a los 36 mpa resistencia propia del acero.

Se realizó un trabajo de pulido y tropicalizado en la pieza posterior dado que se logran ver las placas soportes y estéticamente estarían acorde con las mordazas.

3.3 CRITERIO PARA SELECCIÓN DE MATERIAL FRICCIONANTE.

Existe diversos materiales friccionantes usados a lo largo de la historia, podemos observar en la tabla de coeficientes de rozamientos, entre estos diversos materiales, coeficientes obtenidos de manera experimentalmente en el libro de Robert L. Norton, ahí podemos ver las bondades, propiedades y comportamiento de dichos materiales, adicionalmente se toma en cuenta la longevidad de cada uno de estos materiales de sacrificio es así que:

Para la aplicación seleccionada motivo del proyecto un auto deportivo restringido a un uso no continuo en el cual el desempeño del automotor en general es mas sobrevalorado que los tiempos de mantenimiento como el costo de los mismos optamos por el uso de la combinación carbón – acero, la cual es disponible en el mercado, posee una mayor eficiencia tanto en coeficiente de rozamiento como en las temperaturas a las cuales trabaja, brindándonos un mejor desempeño que el resto de materiales.

3.4 MEDICIONES ACTUALES.

Para el proceso de mediciones fue necesario un espacio físico libre de curvas, con superficie regular y que no tuviera pendiente. Estas pruebas se las realizaron en el sector de Sangolquí en el Valle de los Chillos en la ciudad de Quito gracias al apoyo de la empresa privada.

Dentro de los datos obtenidos tenemos distancias, tiempos, aceleraciones y fuerzas.

Tabla N°1. Valores de Tambores

Sistema de Tambores			
Velocidad inicial	V_o	60	Km/h
Velocidad final	V_f	0	Km/h
Distancia inicial	X_o	0	M
Distancia final	X_f	18	M
Aceleración	A	7.72	m/s ²
Tiempo	T	2.16	S
Fuerza de frenado total	F_{re}	6716.4	N
Radio del tambor	R	0.12	M
Radio de la llanta	R	0.334	M
Aceleración angular	A	3.68	rad/s ²
Velocidad angular	W	7.94	rad/s

Fecha: 14 abril del 2012

Hora: 16h:40

Temperatura ambiente: 19 °C

Estado del clima: Brumoso ventoso

Estado de la calzada: Seco

Tabla N°2. Pruebas brumoso seco

Distancia	XF1	XF2	XF3	XF4	Xf	
final	17.8	17.5	17.4	17.3	17.5	M

Fecha: 28 de abril del 2012

Hora: 12h:40

Temperatura ambiente: 19 °C

Estado del clima: Brumoso

Estado de la calzada: Mojado

Tabla N°3. Pruebas brumoso mojado

Distancia	XF1	XF2	XF3	XF4	Xf	
final	20.3	20	19.9	19.8	20	M

Fecha: 5 de mayo del 2012

Hora: 9h:48

Temperatura ambiente: 25 °C

Estado del clima: Soleado

Estado de la calzada: Seco

Tabla N°4. Pruebas soleado seco

Distancia	XF1	XF2	XF3	XF4	XF	
final	17	15.8	17.2	17	16.75	M

Cabe destacar que la temperatura, así como la superficie de contacto influye en la distancia de frenado por lo que se tomaron tres condiciones representativas de diversos panoramas en nuestro ambiente; las bajas temperaturas y humedad en la calzada denotan una reducción en la eficiencia de frenado, a una mayor temperatura el coeficiente de rozamiento de los neumáticos y la calzada mejora, la variación entre el coeficiente de rozamiento entre la pastilla y el tambor se considera despreciable en este caso dado que no contaban con un sobrecalentamiento.

3.4.1 Cálculo Cinemática Tambor

$$\begin{array}{l}
 VF^2 = V_o^2 - 2a(x_f - x_o) \\
 x = x_o + V_o \cdot t - \frac{1}{2}at^2 \\
 VF = V_o - at
 \end{array}
 \left. \vphantom{\begin{array}{l} VF^2 = V_o^2 - 2a(x_f - x_o) \\ x = x_o + V_o \cdot t - \frac{1}{2}at^2 \\ VF = V_o - at \end{array}} \right\} \text{M.R.U.V.}$$

$$V_o = 60 \text{ km/h} \quad x_o = \emptyset \quad VF \emptyset \quad VF = L = 18$$

TAMBOR

Cálculo de la desaceleración, prueba tambores.

Como datos conocidos tenemos las velocidades tanto al inicio como al final del movimiento y la distancia recorrida obtenida de las pruebas.

$$VF^2 = V_o^2 - 2a(x_f - x_o)$$

$$\emptyset = [60km/h]^2 - 2aL$$

$$\emptyset = \left[\frac{60.000}{3600} m/s \right]^2 - 2aL$$

$$a = \frac{277.78}{2L} = \frac{277.78}{36} = 7.72m/s^2$$

Cálculo del tiempo de frenado

$$x = \emptyset + \frac{60000 m}{3600 s} \cdot t - \frac{1}{2}at^2$$

$$L = 16,67 \frac{m}{s} \cdot t - \frac{at^2}{2}$$

$$VF = V_o - at$$

$$\phi = 16,67 \frac{m}{s} - at$$

$$t = \frac{16,67 \frac{m}{s}}{7,72 \frac{m}{s^2}} = 2,16 s$$

3.4.2 Calculo dinámico

$$F_{RE} = \text{FUERZA FRENADO TOTAL}$$

$$N = \text{FUERZA REACCIÓN LLANTAS FRENTE AL PISO}$$

Sumatoria de fuerzas en el eje perpendicular a la calzada es igual a cero dado que tenemos una superficie horizontal.

$$\sum F_Y = 0$$

Cálculo de la normal de contacto en cada una de las ruedas teniendo en cuenta el peso del automóvil con el peso obtenido en báscula.

$$N_1 + N_2 + N_3 + N_4 = W$$

$$4N = W$$

$$N = \frac{W}{4} = \frac{870}{4} = 217,5 \text{ Kg}$$

La sumatoria de las fuerzas en el eje X del desplazamiento es igual a masa por aceleración al ser un movimiento uniformemente variado.

$$\sum F_x = m \cdot a$$

$$F_{RE} = 870 \cdot a$$

$$F_{RE} = 870 \text{kg} \cdot 7,72 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$F_{RE} = 6716,4 \text{ N}_{EWTON}$$

3.4.3 Análisis cuerpo libre Llanta Tambor

F_D = Fuerza Freno Tambor

r = Radio Tambor

R = Radio llanta

α = ACELETACIÓN ANGULAR

W= VELOCIDAD ANGULAR

Cálculo de la velocidad angular, teniendo en cuenta el cálculo anterior y a los cálculos geométricos anteriores.

$$W = \frac{\vec{V}}{\text{PERIMETRO DE LA LLANTA}}$$

$$W = \frac{16,67}{2\pi R} = 7,94 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

Cálculo de la aceleración angular

$$W_F = W_O = \alpha \cdot \Delta t$$

$$\emptyset = W = \alpha \cdot t$$

$$\alpha = -\frac{W}{t}$$

$$\alpha = -\frac{7,94}{2,16} = 3,68 \frac{\text{rad}}{\text{s}^2}$$

La sumatoria de torques aplicados, es igual al producto de la inercia del conjunto llanta rotacional, tomado como un cilindro corto, y la aceleración angular de la misma.

$$\sum \tau = I \cdot \alpha$$

$$I = \frac{m \cdot R^2}{2}$$

$$I = \frac{8kg \cdot (0,334 m^2)}{2} = 0,446 Kg m^2 \text{ INERCIA ROTACIONAL}$$

SUMATORIA

$$\left(\begin{array}{l} \sum \tau = I \cdot \alpha \\ F_D = R - F_r \cdot R = I \cdot \alpha \end{array} \right) \quad F_D = 2F_{RP}$$

$$d = 0,240 \text{ m}$$

$$d = 0,012 \text{ m}$$

$$F_{RP} = \mu \cdot N$$

La fuerza de rozamiento aplicada a la rueda es igual al producto del coeficiente de rozamiento y la normal de contacto en cada rueda.

$$F_{RP} = \mu \cdot F_P$$

$$F_{RP} = \mu \cdot \left(\frac{\pi \cdot d^2}{4} \right) \cdot P$$

$$F_{RP} = \mu \cdot \frac{\pi \cdot 0,012^2}{4} \cdot P$$

$$\sum \tau = I \cdot \alpha$$

Los dos torque que actúan sobre el sistema son los aplicados por la fuerza de la calzada y la fuerza del sistema de frenado, las mismas que son opuestas una de la otra.

$$F_D \cdot r - F_r \cdot R = I \cdot \alpha$$

$$2F_{RP} \cdot \frac{d}{2} - \frac{F_{RE}}{4} \cdot R = \frac{m}{4} \cdot R^2 \cdot \alpha$$

$$2F_{RP} \cdot \frac{d}{2} = \frac{8kg}{4} \cdot (0,334m)^2 \cdot 3,68rad + \frac{6716,4}{4} \cdot 0,334m$$

Se calcula la fuerza de rozamiento aplicada por el sistema de tambor teniendo en cuenta el diagrama de cuerpo libre.

$$F_{RP} = \frac{2kg \cdot 0,112m^2 \cdot \frac{3,68rad}{s^2} + 1679,1 \text{ Net} \cdot 0,334 m}{0,240 m}$$

$$F_{RP} = 2340,18 \text{ Newton}$$

3.5 IMPLEMENTACION.

3.5.1 DESMONTAJE DE TAMBORES.

Se procedió al desmontaje de los neumáticos utilizando una llave de hexágono de tuerca única # 52 mm para la rueda, una llave de tuerca de cruz con copa de 15 mm para desmontar los cuatro pernos de la placa de acople de tuerca central del la rueda, y una llave 22 mm para aflojar la tuerca castillo, para tener acceso al sistema de freno. Luego de verificar el estado de las cañerías y el sistema en general se retira todo el líquido de frenos de las cañerías y el sistema. Luego iniciamos el desmontaje retirando la parte externa de los tambores, teniendo de esta manera ya a la vista las partes internas del tambor, con los cual se procedió a desconectar los resortes que sujetan la zapata de freno, levantamos las zapatas de freno, para lograr retirarlas de la posición centrada, una vez realizado esto, se procede a retirar el resorte, conjunto de tornillo, y anillos de retención. Para estos procesos se utilizaron pinzas.



FIGURA N° 4. Desmontaje de tambores

Cuando ya se ha retirado las zapatas, resortes y mecanismos del mismo, se logro acceder a los pernos que fijan al tambor a la punta de eje. Utilizando una llave hexagonal de 13 mm.

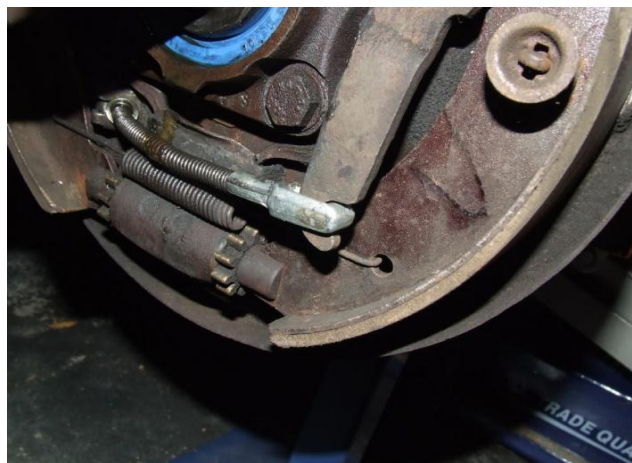


FIGURA N° 5. Conexión freno de mano

Una vez desmontado el tambor analizamos la forma de sujeción, como se describe en la parte de diseño de la placa adaptador, y el estado del estriado del eje por desgaste visible y el óxido. Limpie el cabezal o reemplácelo si es necesario.



FIGURA N° 6. Limpieza de punta de eje

Se repite el mismo proceso para los cuatro tambores teniendo cuidado en los posteriores con el cable de freno de mano.



Fig. 7: Cable de freno de mano

3.5.2 MONTAJE DE SISTEMA DE DISCOS.

3.5.2.1 SISTEMA DE DISCOS DELANTEROS.

Se procedió a ubicar la placa adaptadora, soporte de las mordazas, donde se encontraba ubicada la placa soporte del tambor utilizando los tres pernos originales M8 de la placa soporte original del tambor y la llave 13 mm.



FIGURA N° 8. Placa adaptadora



FIGURA N° 9. Punta de eje y rodamiento

Continuamos deslizando el disco sobre la punta de eje, teniendo en cuenta que previamente se ubicaron los rodamientos engrasados. Asentados los cojinetes ubicamos la rodela y tuerca de sujeción de la punta de eje, utilizando la copa 22 mm y aplicando un torque manual tal que permita la libre rotación del disco chequeada a pulso.



FIGURA N° 10. Disco de freno engrasado



FIGURA N° 11. Disco de freno montado

Sobre la placa de adaptación ubicamos el conjunto mordazas pastillas que abrazan al disco, utilizando pernos M10 galvanizados y la llave de 15 mm, ya montada aseguramos el caliper en su lugar y procedemos al redireccionamiento y colocación de las líneas de líquido de freno, utilizando la dobladora de cañerías manualmente y la llave número 10 para la sujeción del acople, llenar el sistema con fluido nuevo y proceder a su posterior purga utilizando la llave numero 8 mm.



FIGURA N° 12. Montaje de pastillas



FIGURA N° 13. Ajuste de mordazas

Verificamos la ausencia de fugas o pérdidas de presión y la libre rotación del disco sin tener contacto con las pastillas o cualquier otra parte del sistema.



FIGURA N° 14. Redireccionamiento de cañerías

Procedemos a montar nuevamente la base de tuerca central para poder montar los neumáticos la misma que utilizan los mismos cuatro pernos del disco y la llave de cruz copa número 15 mm.

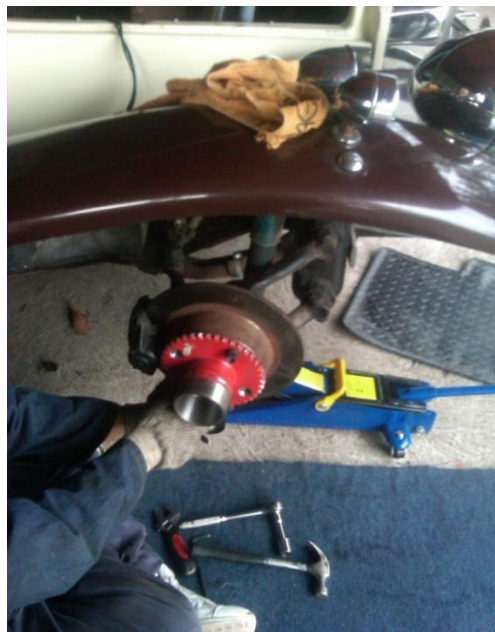


FIGURA N° 15. Base de tuerca central

Luego se montan los neumáticos utilizando la llave hexagonal de tuerca única de 52 mm, se analiza el offset, y en el caso de ser necesario utilizamos espaciadores.



FIGURA N° 16. Sistema de freno completo delantero



FIGURA N° 17. Aro con engranaje y tuerca central

Dentro del redireccionamiento de las cañerías se debe tomar en cuenta la distancia y curvas de cada cañería para asegurar un igual frenado y respuesta en los dos lados. La manera más sencilla es garantizar una igual distancia de cañerías, es decir iguales para las dos ruedas del eje delantero, e igual distancia para las dos ruedas del eje posterior, tomando en cuenta las leyes de hidráulica y dinámica de fluidos “Perdidas en tuberías”. En este caso se comprobó que la distancia de cañerías entre los dos lados, tanto delantero como posterior son muy similares tal cual que se puede obviar como iguales y el redireccionamiento comprende en el punto de acople de la línea hacia la mordaza.

3.5.2.2 Sistema de discos posteriores y freno de mano.

Se procedió a ubicar la placa adaptadora posterior, la misma que se utilizará de soporte de las mordazas, esta estará ubicada entre el eje y la tapa donde está el reten y rodamientos, utilizando los cuatro pernos originales M8 de la tapa original y la llave 13 mm.



FIGURA N° 18. Placa adaptadora posterior

Continuamos deslizando el disco sobre el eje estriado teniendo en cuenta que el vehículo se encuentre en enganchado en reversa para obtener una traba, contando que previamente se ubicaron los rodamientos engrasados.



FIGURA N° 19. Rodamientos engrasados

Una vez asentados los cojinetes, ubicamos la rodela, el espaciador y tuerca de sujeción del eje estriado utilizando la copa para dar un ajuste adecuado que nos permita colocar el seguro.



FIGURA N° 20. Seguro tuerca de sujeción

Sobre la placa de adaptación ubicamos el conjunto mordazas pastillas que abrazan al disco, utilizando pernos M10 galvanizados y la llave de 15 mm, ya montado aseguramos el caliper en su lugar y procedemos al redireccionamiento y colocación de las líneas de líquido de freno, utilizando la dobladora de cañerías manualmente y la llave número 10 para la sujeción del acople; se conecta el cable del freno de emergencia a la varilla pivote de las mordazas, llenando el sistema con fluido nuevo, para luego proceder a su posterior purga utilizando la llave numero 8 mm.



FIGURA N° 21. Colocación del cable freno de mano

Verificamos la ausencia de fugas o pérdidas de presión y la libre rotación del disco sin tener contacto con las pastillas o cualquier otra parte del sistema. Se recomienda guiarse mediante las especificaciones del fabricante para todos los ajustes y aprietes en este montaje.

Procedemos a montar nuevamente la base de tuerca central la misma que está acoplada a un espaciador que nos permite corregir el offset de los neumáticos, para poder montar los neumáticos la misma que utilizan los mismos cuatro pernos del disco y la llave de cruz copa numero 15 mm.

Luego se monta los neumáticos utilizando la llave hexagonal de tuerca única de 52 mm.



FIGURA N° 22. Llave hexagonal 52 mm

En este caso de igual manera se comprobó que la distancia de cañerías entre los dos lados, posteriores son muy similares lo que se puede tomar como iguales y el redireccionamiento comprende en el punto de acople de la línea hacia la mordaza.

3.6 MEDICIONES POSTERIOR IMPLEMENTACION

Tabla N°5. Valores de Discos

Sistema de Discos			
Velocidad inicial	V_o	60	Km/h
Velocidad final	V_f	0	Km/h
Distancia inicial	X_o	0	M
Distancia final	X_f	7	M
Aceleración	A	19.84	m/s ²
Tiempo teórico	T	0.84	S
Tiempo experimental	T	1.63	S
Fuerza de frenado total	F_{re}	17260.8	N
Radio del disco	R	0.12	M
Radio de la llanta	R	0.334	M
Aceleración angular	A	23.61	rad/s ²
Velocidad angular	W	7.94	rad/s

Fecha: 11 de julio del 2012

Hora: 13h: 20

Temperatura ambiente: 20 °C

Estado del clima: Brumoso ventoso

Estado de la calzada: Seco

Tabla N°6. Pruebas brumoso seco

Distancia	XF1	XF2	XF3	XF4	Xf	
final	6.8	6.6	6.5	6.4	6.58	M

Fecha: 11 de agosto del 2012

Hora: 16h: 50

Temperatura ambiente: 19 °C

Estado del clima: Brumoso

Estado de la calzada: Mojado

Tabla N°7. Pruebas brumoso mojado

Distancia	XF1	XF2	XF3	XF4	Xf	
final	8.2	7.8	7.5	8.5	8	M

Fecha: 18 de agosto del 2012

Hora: 11h: 00

Temperatura ambiente: 27 °C

Estado del clima: Soleado

Estado de la calzada: Seco

Tabla N°8. Pruebas soleado seco

Distancia	XF1	XF2	XF3	XF4	XF	
final	6.5	6.4	6.4	6	6.32	M

3.6.1 Cálculo Cinemática Discos

$$\left. \begin{aligned} VF^2 &= V_o^2 - 2a(x_f - x_o) \\ x &= x_o + V_o \cdot t - \frac{1}{2}at^2 \\ VF &= V_o - at \end{aligned} \right\} \text{M.R.U.V.}$$

$$V_o = 60 \text{ km/h} \quad x_o = \emptyset \quad VF \emptyset \quad VF = L = 7$$

DISCOS

Cálculo de la desaceleración prueba discos.

Como datos conocidos tenemos las velocidades tanto al inicio como al final del movimiento y la distancia recorrida obtenida de las pruebas.

$$VF^2 = V_o^2 - 2a(x_f - x_o)$$

$$\emptyset = [60\text{km/h}]^2 - 2aL$$

$$\emptyset = \left[\frac{60.000}{3600} \text{ m/s} \right]^2 - 2aL$$

$$a = \frac{277.78}{2L} = \frac{277.78}{14} = 19,84\text{m/s}^2$$

Cálculo del tiempo de frenado.

$$x = \emptyset + \frac{60000 \text{ m}}{3600 \text{ s}} \cdot t - \frac{1}{2} at^2$$

$$L = 16,67 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot t - \frac{at^2}{2}$$

$$VF = V_o - at$$

$$\emptyset = 16,67 \frac{\text{m}}{\text{s}} - at$$

$$t = \frac{16,67 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{19,84 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = 0,84 \text{ s}$$

3.6.2 Cálculo dinámico

$F_{RE} = \text{FUERZA FRENADO TOTAL}$

$N = \text{FUERZA REACCIÓN LLANTAS FRENTE AL PISO}$

Sumatoria de fuerzas en el eje perpendicular a la calzada es igual a cero dado que tenemos una superficie horizontal.

$$\sum F_Y = 0$$

Cálculo de la normal de contacto en cada una de las ruedas teniendo en cuenta el peso del automóvil mediante el peso obtenido en báscula.

$$N_1 + N_2 + N_3 + N_4 = W$$

$$4N = W$$

$$N = \frac{W}{4} = \frac{870}{4} = 217,5 \text{ Kg}$$

La sumatoria de las fuerzas en el eje X del desplazamiento es igual a masa por aceleración al ser un movimiento uniformemente variado.

$$\sum F_x = m \cdot a$$

$$F_{RE} = 870 \cdot a$$

$$F_{RE} = 870 \text{ kg} \cdot 19,84 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$F_{RE} = 17260,8 N_{EWTON}$$

3.6.3 Diagrama cuerpo libre Llanta disco

F_D = Fuerza Freno Disco

r = Radio Disco

R = RADIO LLANTA

α = ACELETACIÓN ANGULAR

W = VELOCIDAD ANGULAR

Cálculo de la velocidad angular teniendo en cuenta el cálculo anterior y a los cálculos geométricos anteriormente medidos.

$$W = \frac{\vec{V}}{\text{PERIMETRO DE LA LLANTA}}$$

Cálculo de aceleración angular

$$W = \frac{16,67}{2\pi R} = 7,94 \frac{rad}{s}$$

$$W_F = W_O = \alpha \cdot \Delta t$$

$$\emptyset = W = \alpha \cdot t$$

$$\alpha = -\frac{W}{t}$$

$$\alpha = -\frac{19,84}{0,84} = -23,61 \frac{rad}{s^2}$$

La sumatoria de torques aplicados es igual al producto de la inercia del conjunto llanta rotacional, tomado como un cilindro corto, y la aceleración angular de la misma.

$$\sum \tau = I \cdot \alpha$$

$$I = \frac{m \cdot R^2}{2}$$

$$I = \frac{8kg \cdot (0,334 m^2)}{2} = 0,446 Kg m^2 \text{ INERCIA ROTACIONAL}$$

SUMATORIA

$$\left(\begin{array}{l} \sum \tau = I \cdot \alpha \\ F_D = R - F_r \cdot R = I \cdot \alpha \end{array} \right) \quad F_D = 2F_{RP}$$

$$d = 0,300 \text{ m}$$

Escriba aquí la ecuación.

$$F_{RP} = \mu \cdot N$$

La fuerza de rozamiento aplicada a la rueda es igual al producto del coeficiente de rozamiento y la normal de contacto en cada rueda.

Los dos torques que actúan sobre el sistema son los aplicados por la fuerza de la calzada y la fuerza del sistema de frenado, los mismos que son opuestos uno del otro.

$$\sum \tau = I \cdot \alpha$$

$$F_D \cdot r - F_r \cdot R = I \cdot \alpha$$

$$2F_{RP} \cdot \frac{d}{2} - \frac{F_{RE}}{4} \cdot R = \frac{m}{4} \cdot R^2 \cdot \alpha$$

Se calcula la fuerza de rozamiento aplicada por el sistema de discos teniendo en cuenta el diagrama de cuerpo libre.

$$2F_{RP} \cdot \frac{d}{2} = \frac{8kg}{4} \cdot (0,334m)^2 \cdot 3,68rad + \frac{6716,4}{4} \cdot 0,334m$$

$$F_{RP} = \frac{2kg \cdot 0,112m^2 \cdot \frac{23,61rad}{s^2} + 17260,8 \text{ Net} \cdot 0,334 m}{0,300 m}$$

$$F_{RP} = 19234,65 \text{ Newton}$$

CAPITULO IV

4. ANÁLISIS

Tabla N°9. Comparación de resultados finales

		Sistema de Disco		Sistema de Tambores	
Velocidad inicial	Vo	60	Km/h	60	Km/h
Velocidad final	Vf	0	Km/h	0	Km/h
Distancia inicial	Xo	0	M	0	M
Distancia final	Xf	7	M	18	M
Aceleración	A	19.84	m/s ²	7.72	m/s ²
Tiempo teórico	T	0.84	S	2.16	S
Fuerza de frenado total	Fre	17260.8	N	6716.4	N
Radio del disco	R	0.12	M	0.12	M
Radio de la llanta	R	0.334	M	0.334	M
Aceleración angular	A	23.61	rad/s ²	3.68	rad/s ²
Velocidad angular	W	7.94	rad/s	7.94	rad/s

Luego de haber realizado la implementación del nuevo sistema de frenos, y los cálculos respectivos, podemos realizar el siguiente análisis en cuanto al trabajo realizado.

Se obtuvo un aumento en la eficiencia del 157% en la fuerza de frenado, esto está dado debido a la configuración física pues, al tener el disco una mayor distancia de aplicación de la fuerza en relación al centro rotacional del mismo con respecto al tambor, proporcionalmente se tiene un mayor par torque de frenado. De igual manera se provoca un aumento en la fuerza de frenado por una mayor eficiencia en la fuerza derivada de la misma presión y aplicada a un área mayor debido al mayor tamaño de los pistones.

Podemos resaltar como ventajas adicionales un aumento en la sensibilidad de la aplicación de frenos en el automotor debido a que el sistema de discos proporciona un frenado mas regularl y uniforme a medida que el pedal se desplaza pues su aplicación es dependiente únicamente de la presión en el fluido de línea mientras que en el caso de los tambores el frenado se realiza en parte por la presión del fluido y por la traba del sistema de 4 barras (zapata-resorte-zapata-eje regulador) y el disco en rotación, lo cual causa un frenado mucho mas brusco y abrupto.

La refrigeración del sistema es una ventaja adicional en el caso de un uso excesivo y prolongado pues las altas temperaturas a las que pueden llegar los sistemas pueden provocar fallas tanto por la eficiencia de contacto entre el material friccionante y el metal así como fallas en el líquido.

Para efectos de mantenimiento la reducción de piezas móviles facilita el trabajo y reduce costos, además la inspección visual para programar el próximo mantenimiento no requiere mayor desmontaje que el de la rueda del vehículo y eso solo en algunos casos dado que el material friccionante y el metal de contacto no se encuentran encapsulados.

La mayor desventaja propuesta para el sistema de discos radica en la aplicación del freno de mano o freno de emergencia, pues cuando estos son accionados mediante el sistema hidráulico la presión, por tanto la fuerza aplicada, disminuye durante el tiempo pudiendo ocasionar el desplazamiento del automotor. Debido a lo anteriormente mencionado existen diseños que permiten la aplicación del freno de emergencia mediante el uso de palancas dentro del cilindro o bien combinan el sistema disco/tambor en uno solo pero para diferentes aplicaciones, así se usan los discos para el manejo activo y el tambor interno para el freno de emergencia o parqueo.

Dadas las condiciones de manejo, la temperatura de neumáticos y las variables que se tienen, encontramos una variación en el tiempo teórico y el experimental de 0.79 segundos, lo cual dentro de los parámetros está correcto, dadas las condiciones del vehículo su peso, su año de fabricación y en especial el tipo de neumáticos utilizados con un agarre poco apropiado.

CAPITULO V

5.1 CONCLUSIONES

- Luego de modificar el sistema de frenos tenemos una mejora considerable en el tiempo de frenado y eficiencia de los frenos por lo cual se garantiza la seguridad del vehículo en un momento de riesgo.
- Al modificar el sistema de frenos dadas las condiciones y eficiencia en el reparto de la fuerza de frenado, es necesario aplicar menos presión sobre el pedal de mando para alcanzar un frenado óptimo y libre de riesgos.
- En lo futuro el mantenimiento del sistema de frenado será más sencillo reduciendo tiempos muertos por reparación o mantenimiento preventivo.
- De igual manera se facilita la inspección visual del sistema en busca de fallas o por efecto de mantenimiento.

- La mejor respuesta del sistema significa que el conductor posee la capacidad de mejorar el control en caso de una situación de peligro.

5.2 RECOMENDACIONES

Dadas las ventajas obtenidas con el sistema nuevo de frenos de disco, se recomienda la implementación de dicho sistema en vehículos antiguos, ya sean estos de colección o vehículos de bajo presupuesto que no se han retirado del mercado por su fácil adquisición y su facilidad de utilidad.

Es recomendable que al momento de seleccionar las diversas piezas para realizar una adaptación de este tipo se tenga en cuenta que para los frenos traseros es recomendable que el freno de emergencia sea accionado de manera mecánica y no hidráulica.

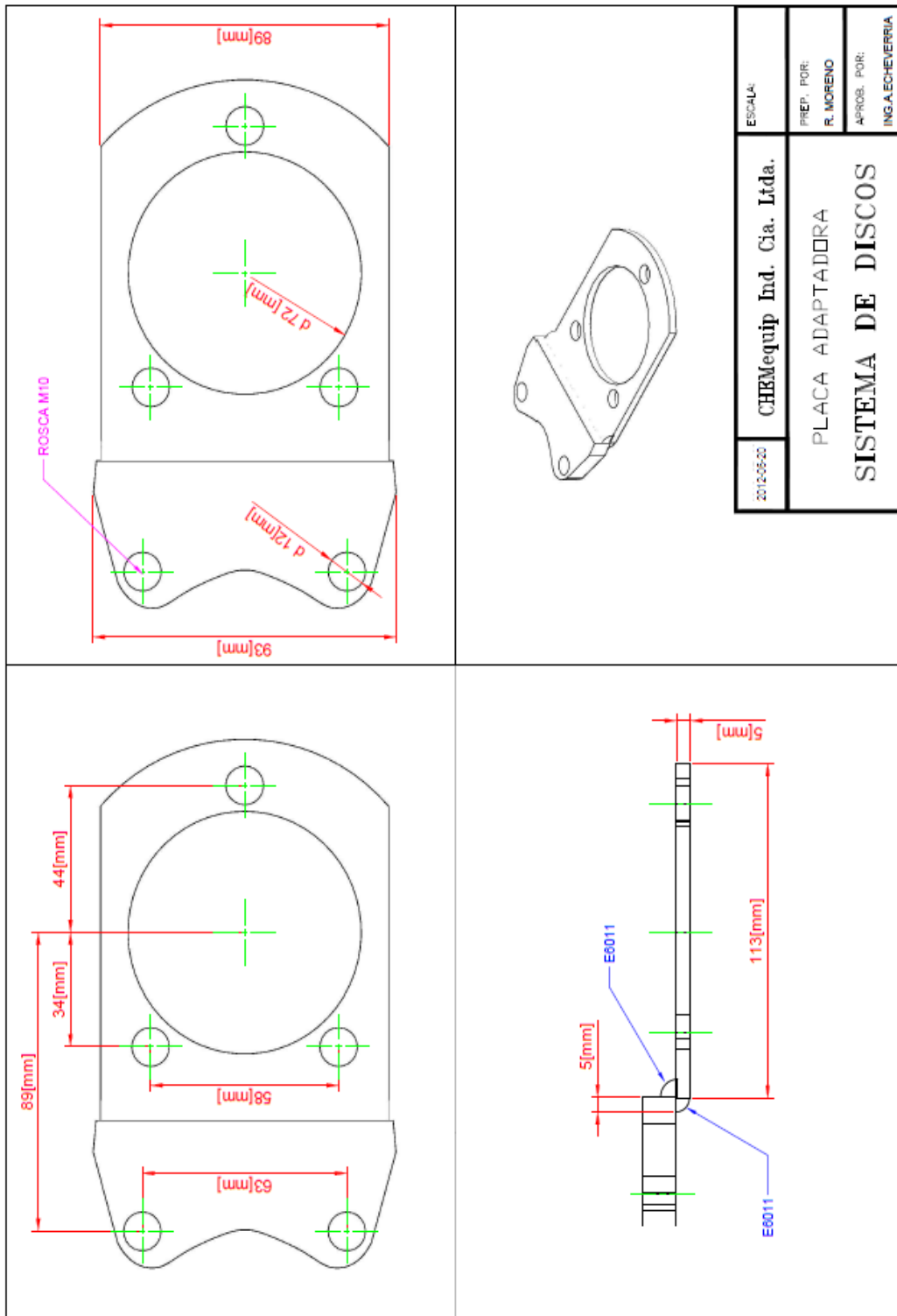
Se recomienda este procedimiento de actualización ya que analizando el costo de dicho sistema incluido el valor de mano de obra y tomando en cuenta las ventajas ya expuesta, la seguridad de los ocupantes del automotor aumenta y con un presupuesto de mil dólares se repotencia a un vehículo de manera tal que se acerque a las normas actuales de seguridad de vías si tener necesariamente que renovar el vehículo.

En el Ecuador poseemos una cantidad considerable del parque automotor antiguo que han superado su tiempo de vida útil y lastimosamente ya no cuentan con normas actuales de seguridad. Una gran cantidad de estos vehículos deben ser renovados sin embargo de igual manera hay un número considerable de automotores que debido a su importancia histórica, rareza, o bien simplemente debido a un apego subjetivo por parte de su propietario no son susceptibles de cambio. Así esta aplicación pone a disposición de este grupo considerable la opción de mantener su propiedad funcional y activa aun en los tiempos actuales y cumpliendo los requerimientos actuales.

ANEXOS

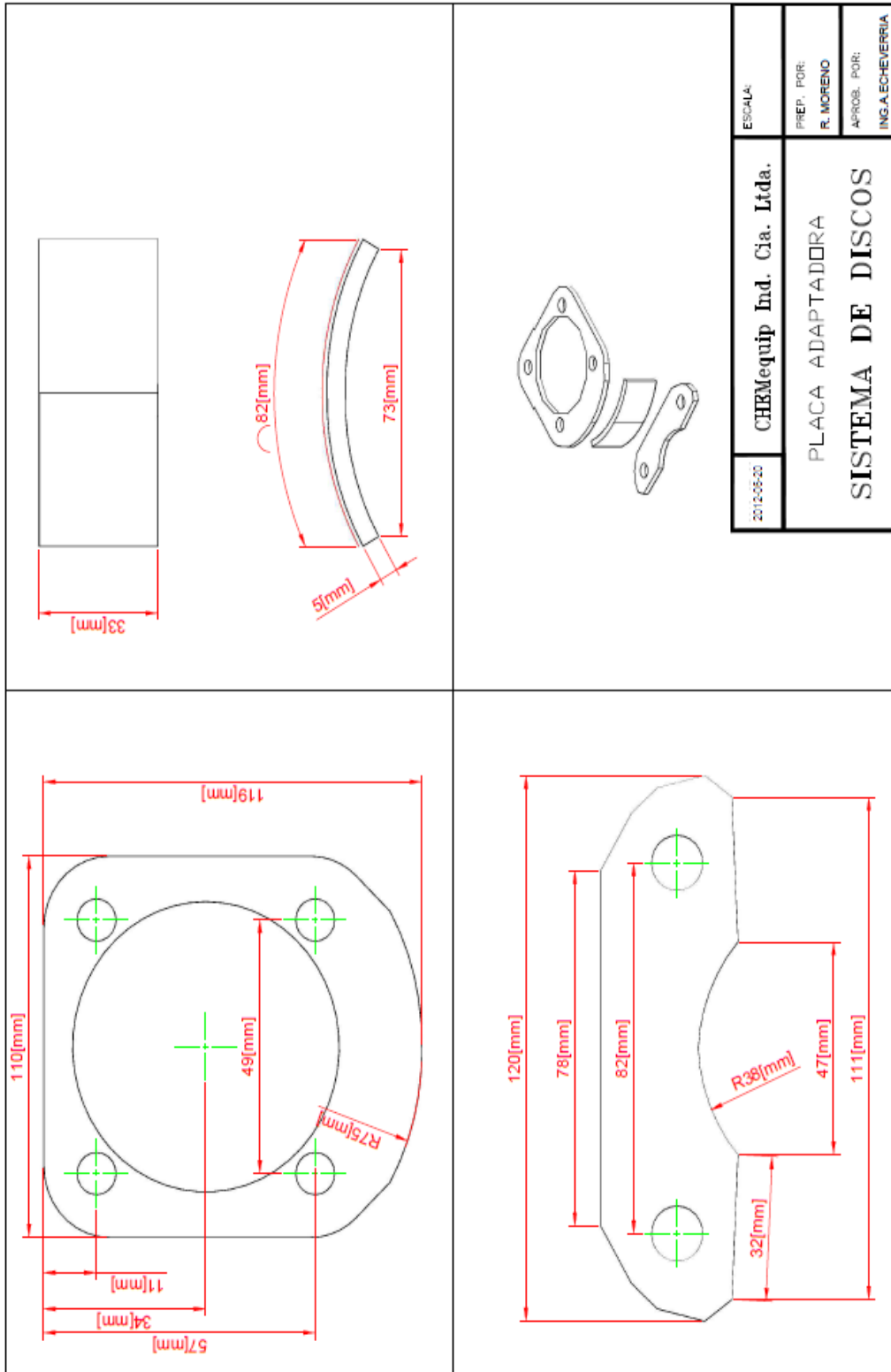
ANEXO 1.

1.1 Placa adaptadora delantera



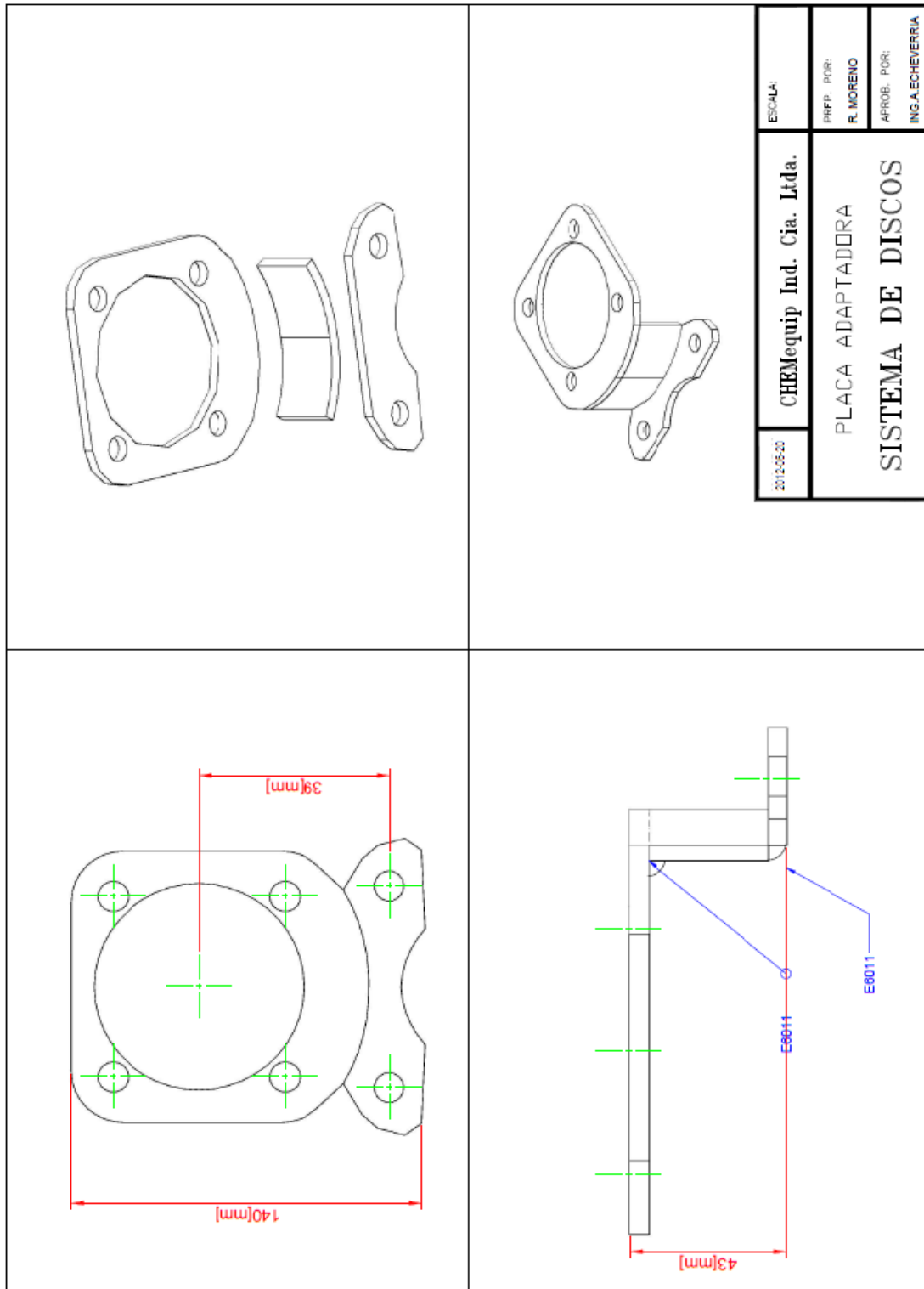
ANEXO 2.

2.1 Despiece placa adaptado posterior



ANEXO 3.

3.1 Placa adaptadora posterior



ANEXO 4.

4.1 Tabla de materiales friccionantes

Cobinacion de materiales	Coeficiente de friccion		Temp.(max) Deg.C	Pres.(Max) MPa
	Mojado	Seco		
Hierro fundido/Hierro Fundido	0,05	0,15-0,20	300	0,8
Hierro fundido/Acero	0,06	0,15-0,20	300	0,8-1,3
Acero templado/Acero templado	0,05	0,15-0,20	300	0,7
Madera/Hierro fundido	0,16	0,2-0,35	150	0,6
Cuero/Hierro fundido	0,12-0,15	0,3-0,5	100	0,25
Corcho/Hierro fundido	0,15-0,25	0,3-0,5	100	0,1
Fieltro/Hierro fundido- acero	0,18	0,22	140	0,06
Asbesto tejido/Hierro fundido-acero	0,1-0,2	0,3-0,6	250	0,7
Absbestos moldeados/hierro fundido- acero	0,08-0,12	0,2-0,5	250	1,0
Asbestos impregnador/Hierro fundido acero	0,12	0,32	350	1,0
Carbon-Grfito/Hierro fundido- acero	0,05-0,1	0,25	500	2,1
Kevlar/Hierro fundido -acero	0,05-0,1	0,35	325	3,0

ANEXO 5.

5.1 Modificaciones realizadas a la fecha



FIGURA N° 1. Sistema de escape



FIGURA N° 2. Sistema de frenos



FIGURA N° 3. Lubricación



FIGURA N° 4. Poleas y trompos



FIGURA N° 5. Motor y sistema de carga

5.2 Desmontaje de tambores



FIGURA N° 6. Tambores



FIGURA N° 7. Final del eje estriado y tuerca



FIGURA N° 8. Parte interna del conjunto tambor

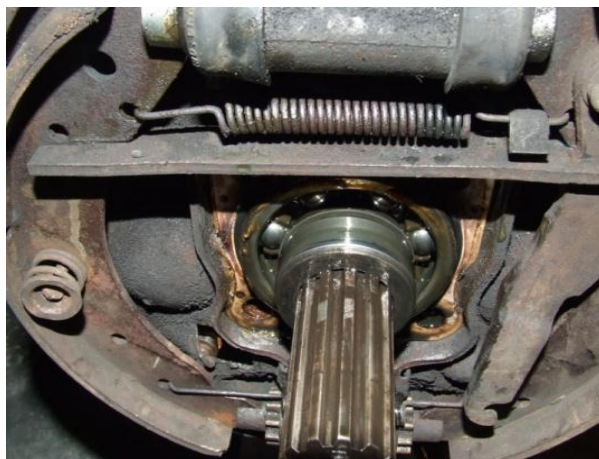


FIGURA N° 9. Parte interna de conjunto tambor posterior

5.3 Sistema de discos



FIGURA N° 10. Placa adaptadora



FIGURA N° 11. Medida de placa adaptadora



FIGURA N° 12. Medidas placa adaptadora



FIGURA N° 13. Rodamientos engrasados



FIGURA N° 14. Ubicación de placa adaptadora delantera

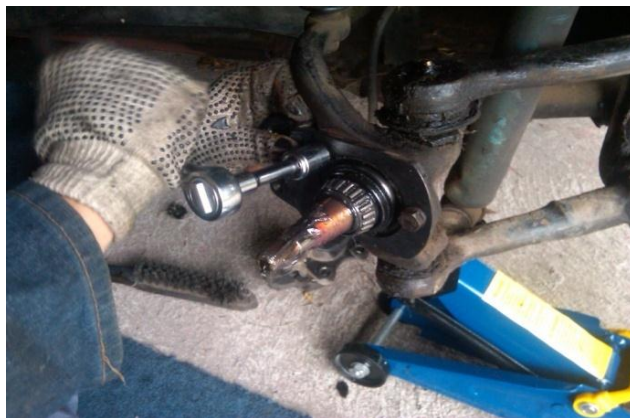


FIGURA N° 15. Ajuste de placa adaptadora



FIGURA N° 16. Engrasado de la punta de eje



FIGURA N° 17. Disco engrasado



FIGURA N° 18. Base soporte armada



FIGURA N° 19. Engrasando la punta



FIGURA N° 20. Desplazamiento de disco



FIGURA N° 21. Ajuste de cañerías a mordaza



FIGURA N° 22. Colocación de pastillas

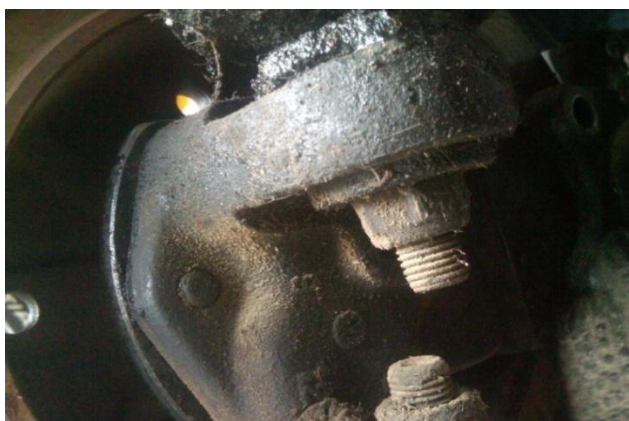


FIGURA N° 23. Sistema engrasado

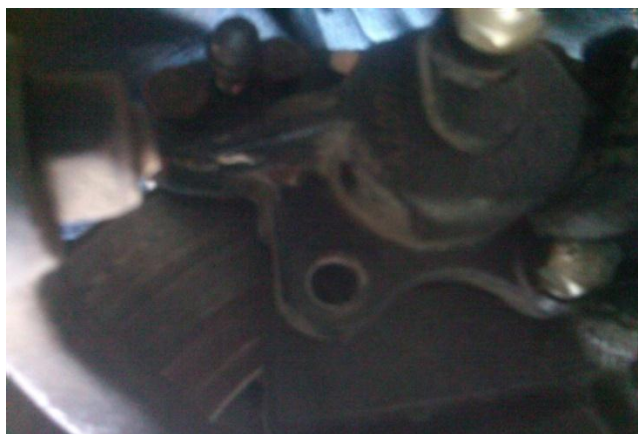


FIGURA N° 24. Ubicación de mordaza en placa adaptadora



FIGURA N° 25. Ajuste mordaza a la placa adaptadora

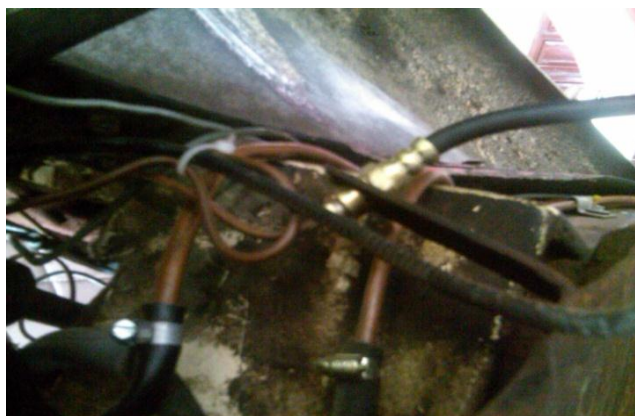


FIGURA N° 26. Purga del sistema

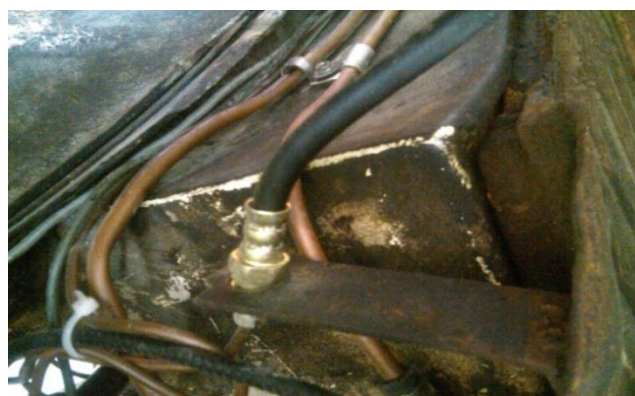


FIGURA N° 27. Ubicación de cañerías

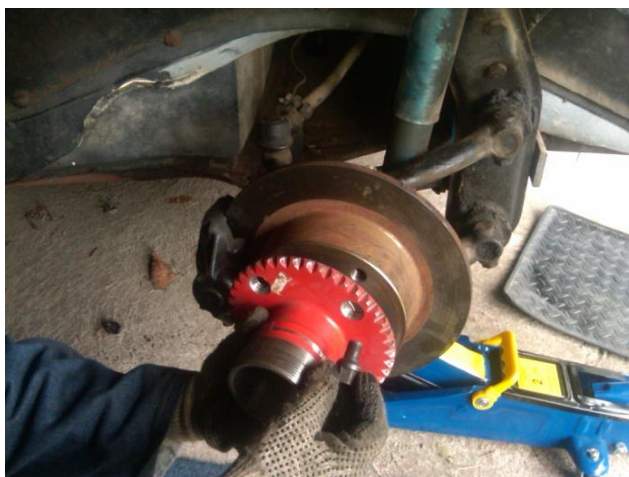


FIGURA N° 28. Base de tuerca central

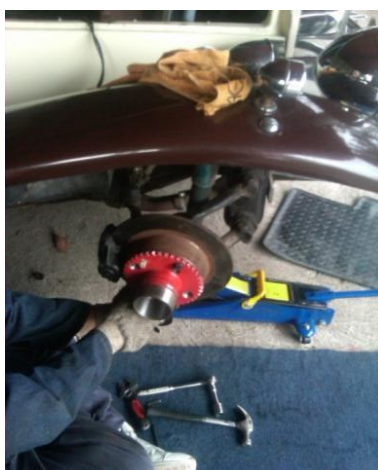


FIGURA N° 29. Ajuste de base adaptadora tuerca central



FIGURA N° 30. Acople engranaje de aro



FIGURA N° 31. Ajuste de la tuerca única central



FIGURA N° 32. Chequeo del nivel de líquido



FIGURA N° 33. Imagen completa del sistema armado

GLOSARIO

- Bomba de doble circuito: Es la encargada de proporcionar la presión por separado a la parte posterior y delantera del vehículo.
- Calipers: Son los que tienen en su interior a los pistones, los mismos que reciben la presión y accionan las pastillas
- Líquido hidráulico: Es un fluido especial que posee la propiedad de no comprimirse y soportar temperatura.
- Pastillas: Pieza de pequeño tamaño, generalmente cuadrangular, como las que forman parte del mecanismo de frenado de algunos vehículos.
- Servofreno: Freno cuya acción es ampliada por un dispositivo eléctrico o mecánico.
- Tambores: Disco de acero acoplado a la cara interior de las ruedas, sobre el que actúan las zapatas del freno.
- Zapatas: Son la superficie de contacto en los sistemas de tambor.

BIBLIOGRAFIA

- LARBURO, N. (1991). Maquinas prontuario. Madrid; Paraninfo
- ALONSO,J. (2002). Técnicas del automóvil. España; Paraninfo
- Manual ceac del automóvil. Barcelona; España.
- NASH, F. (2004). Fundamentos de mecánica automotriz.
- GARCIA,J. (2002). Fundamentos tecnológicos del automóvil.Espana.
Thomson: Paraninfo