



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE  
CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE MECÁNICA  
ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRÍZ**

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO  
DIDÁCTICO DE PRUEBAS DE FRENOS HIDROVAC  
PARA LA ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRÍZ”.**

**HERRERA DUTÁN JOSÉ LUIS  
ZAMBRANO ARÉBALO DIEGO FERNANDO**

**TESIS DE GRADO**

Previa a la obtención del Título de:

**INGENIERO AUTOMOTRÍZ**

**RIOBAMBA – ECUADOR**

**2014**

**ESPOCH**

Facultad de Mecánica

---

**CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS**

---

2013-01-30

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

**JOSÉ LUIS HERRERA DUTÁN**

---

Titulada:

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DIDÁCTICO DE PRUEBAS DE FRENOS HIDROVAC PARA LA ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRÍZ”**

Sea aceptada como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

**INGENIERO AUTOMOTRÍZ**

Ing. Marco Santillán Gallegos

DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

---

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Alexandra Pazmiño Armijos  
DIRECTORA DE TESIS

---

Ing. Miguel Aquino Arroba  
ASESOR DE TESIS

---

# ESPOCH

Facultad de Mecánica

---

## CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

---

**NOMBRE DEL ESTUDIANTE:** JOSÉ LUIS HERRERA DUTÁN

**TÍTULO DE LA TESIS:** “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DIDÁCTICO DE PRUEBAS DE FRENOS HIDROVAC PARA LA ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRÍZ”

**Fecha de Examinación:** 2014-03-31

**RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:**

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Jorge Paucar Guambo PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. Alexandra Pazmiño Armijos DIRECTORA DE TESIS			
Ing. Miguel Aquino Arroba ASESOR			

\* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

**RECOMENDACIONES:** \_\_\_\_\_

---

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

---

Ing. Jorge Paucar Guambo  
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

**ESPOCH**

Facultad de Mecánica

---

**CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS**

---

2013-01-30

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

**DIEGO FERNANDO ZAMBRANO ARÉBALO**

---

Titulada:

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DIDÁCTICO DE PRUEBAS DE FRENOS HIDROVAC PARA LA ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRÍZ”**

Sea aceptada como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

**INGENIERO AUTOMOTRÍZ**

Ing. Marco Santillán Gallegos

---

DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Alexandra Pazmiño Armijos  
DIRECTORA DE TESIS

---

Ing. Miguel Aquino Arroba  
ASESOR DE TESIS

---

## CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

---

**NOMBRE DEL ESTUDIANTE:** DIEGO FERNANDO ZAMBRANO ARÉBALO

**TÍTULO DE LA TESIS:** “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DIDÁCTICO DE PRUEBAS DE FRENOS HIDROVAC PARA LA ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRÍZ”

**Fecha de Examinación:** 2014-03-31

**RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:**

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Jorge Paucar Guambo PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. Alexandra Pazmiño Armijos DIRECTORA DE TESIS			
Ing. Miguel Aquino Arroba ASESOR			

\* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

**RECOMENDACIONES:** \_\_\_\_\_

---

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

---

Ing. Jorge Paucar Guambo  
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

## **DERECHOS DE AUDITORÍA**

El trabajo de grado que presentamos, es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica establecido en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos teóricos - científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad de los autores. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

---

José Luis Herrera DutánDiego Fernando Zambrano Arévalo

## **DEDICATORIA**

El presente proyecto está dedicado a las personas que más amo y confiaron en mí en especial a mis padres, María Dután y Bolívar Herrera quienes supieron con su comprensión y amor incondicional guiarme por el camino del éxito.

A mis hermanos Gladys, Edgar, Nelly y Víctor quienes siempre tuvieron una voz de aliento para no desmayar en la culminación de mis metas, les estaré eternamente agradecido y un agradecimiento especial a Karla por su apoyo y comprensión.

**Jose Luis Herrera Dután**

Dedico este trabajo a las personas que más quiero y fueron la base principal de mis logros, mis padres Ovidio Zambrano y Rosa Arévalo, por el apoyo incondicional durante mis estudios universitarios.

A mi querida esposa e hija que me brindaron su cariño y comprensión cuando más lo necesité, así también a mis familiares y amigos quienes de una u otra forma supieron darme esa voz de aliento para poder seguir adelante con mis metas

**Diego Fernando Zambrano Arévalo**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco, a DIOS, por darme la sabiduría y guiarme para poder superar los obstáculos que se me presentaron en el trayecto de mi vida.

Un agradecimiento especial a mis queridos padres, Bolívar Herrera y María Dután quienes me brindaron su apoyo incondicional, los que siempre confiaron en mí y me enseñaron que todo en la vida requiere un sacrificio para alcanzar las metas, por quienes e culminado con éxito mi carrera universitaria.

**Jose Luis Herrera Dután**

Mi más sincero agradecimiento, en primer lugar a DIOS por darme la fuerza y voluntad para enfrentar y poder salir adelante en cada obstáculo presentado en el transcurso de mi vida.

Agradezco especialmente a mis padres, Ovidio Zambrano y Rosa Arévalo por su apoyo incondicional durante toda mi vida estudiantil quienes con sus consejos me enseñaron que todo se puede lograr con mucho esfuerzo y dedicación, por lo que ahora puedo culminar exitosamente mi carrera universitaria.

Agradezco también a la Ing. Alexandra Pazmiño directora de nuestra tesis previo a la obtención del título, de la misma forma al Ing. Miguel Aquino asesor de la misma, por su apoyo incondicional y dedicación de tiempo durante la elaboración y desarrollo de la tesis.

**Diego Fernando Zambrano Arévalo**



# CONTENIDO

	Pág.
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
1.1 Antecedentes .....	1
1.2 Justificación .....	1
1.3 Objetivos .....	2
1.3.1 <i>Objetivo general.</i> .....	2
1.3.2 Objetivos específicos: .....	2
<b>2. MARCO TEÓRICO</b> .....	3
2.1 Sistemas de freno .....	3
2.2 Tiempo de frenado en función a la velocidad .....	4
2.3 Resistencias que actúa en el vehículo .....	5
2.4 Nociones físicas que influyen durante el frenado .....	6
2.4.1 <i>Fuerzas que actúan en los neumáticos.</i> .....	7
2.4.2 <i>Fuerza de rozamiento.</i> .....	8
2.4.3 <i>Coefficiente de adherencia.</i> .....	9
2.4.4 <i>Dificultades del bloqueo de neumáticos</i> .....	10
2.4.5 <i>Deslizamiento.</i> .....	11
2.4.6 <i>Transmisión de peso durante la frenada.</i> .....	14
2.5 Eficiencia de frenado .....	15
<b>3. ELEMENTOS DE LA INSTALACIÓN DE FRENOS</b> .....	17
3.1 Circuitos de frenado .....	17
3.2 Componentes del sistema de freno.....	20
3.3 Pedal de freno.....	21
3.4 Servofreno.....	22
3.4.1 <i>Diseño del servofreno.</i> .....	25
3.4.2 <i>Posición de funcionamiento.</i> .....	26
3.4.3 <i>Generación de vacío</i> .....	27
3.5 CMT, cilindro maestro tándem .....	27
3.5.1 <i>Funcionamiento del CMT</i> .....	29
3.5.2 <i>Error del circuito primario</i> .....	30
3.5.3 <i>Error del circuito secundario.</i> .....	30
3.6 Líquido de frenos .....	31
3.7 Pinza de freno.....	33
3.7.1 <i>Pinzas de pistón opuesto</i> .....	33
3.7.2 <i>Pinzas de frenos deslizantes</i> .....	35
3.8 Pastillas de freno .....	36
3.8.1 <i>Producción</i> .....	37
3.8.2 <i>Tipos más básicas de las pastillas de freno</i> .....	39
3.9 Discos de frenado.....	42
3.9.1 <i>Forma del disco de freno</i> .....	43
3.10 Freno de tambor .....	46
3.10.1 <i>Funcionamiento</i> .....	47
3.10.2 <i>Clase de frenos de tambor</i> .....	48
3.10.2.1 <i>Zapatas flotantes</i> .....	48
3.10.2.2 <i>Auto-Arrastre.</i> .....	48
3.10.2.3 <i>“Farkas”.</i> .....	49
3.10.2.4 <i>Con dos bombines.</i> .....	49
3.10.2.5 <i>Termoestable.</i> .....	50
3.10.3 <i>Métodos de aproximación automática del juego de desgaste.</i> .....	50
3.10.3.1 <i>Sistema bendix.</i> .....	51

3.10.3.2	<i>Sistema lucas girling</i> .....	52
3.10.4	<i>Junta fija</i> .....	54
3.10.5	<i>Tambor</i> .....	54
3.10.6	<i>Zapatas de freno</i> .....	54
3.10.7	<i>Muelle de recuperación</i> .....	55
3.10.8	<i>Cilindro receptor</i> .....	55
<b>4.</b>	<b>BANCO DE PRUEBAS</b> .....	<b>57</b>
4.1	Detalle del banco de pruebas.....	57
4.1.1	<i>El pedal de freno</i> .....	57
4.1.2	<i>El servofreno y cilindro maestro tándem</i> .....	58
4.1.3	<i>El disco de frenos</i> .....	59
4.1.4	<i>Las pinzas de frenos</i> .....	59
4.1.5	<i>Las mazas de frenos</i> .....	60
4.1.6	<i>El tambor de frenos</i> .....	60
4.2	Detalle de los componentes del sistema adquisición de datos.....	61
4.2.1	<i>Sensores de presión</i> .....	63
4.2.2	<i>Potenciómetro lineal</i> .....	64
4.2.3	<i>Acondicionador y celda de carga</i> .....	65
4.2.4	<i>Tarjeta de adquisición de datos</i> .....	67
4.2.5	<i>Ordenador PC</i> .....	70
4.3	Software para el banco de pruebas.....	70
4.3.1	<i>Detalle del programa</i> .....	70
4.3.2	<i>Detalle del programa de adquisición de datos hidrovac</i> .....	70
4.3.3	<i>Macro de excel</i> .....	77
<b>5.</b>	<b>FASE DE PRUEBAS</b> .....	<b>79</b>
5.1	Curva de la relación de presión de frenado.....	79
5.2	Curva característica del servofreno.....	80
5.3	Test de carrera.....	81
5.4	Pruebas realizadas.....	81
5.4.1	<i>Prueba 1: Curvas con utilización de servo freno</i> .....	82
5.4.2	<i>Prueba 2: Curvas sin utilización de servo freno</i> .....	85
5.5	Costos.....	90
5.5.1	<i>Definición de costo</i> .....	90
5.5.1.1	<i>Costos directos</i> .....	90
5.5.1.2	<i>Costos indirectos</i> .....	91
5.5.1.3	<i>Costos totales</i> .....	91
<b>6.</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	<b>92</b>
6.1	Conclusiones.....	92
6.2	Recomendaciones.....	93

## **BIBLIOGRAFÍA**

## **ANEXOS**

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
1 Condiciones del coeficiente de adherencia .....	10
2 Recorrido de frenado en metros. ....	16
3 Relación de fuerza y presión en el circuito de freno con y sin servo .....	23
4 Numeración de sensores del banco didáctico según la figura 4.9 .....	62
5 Especificaciones acondicionador de señal .....	65
6 Especificaciones de la celda de carga .....	67
7 Descripción de conexión en la tarjeta con sus respectivos sensores .....	68
8 Descripciones de la tarjeta de adquisición de datos .....	69
9 Macro de Excel .....	78
10 Análisis de datos con utilización de servo frenos. ....	83
11 Análisis de datos sin utilización servo. ....	87
12 Costos directos .....	90
13 Costos indirectos .....	91
14 Costos totales .....	91

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
1Tiempo de frenado. ....	4
2 Fuerzas que actúan en los neumáticos. ....	7
3 Fuerza normal .....	8
4 Coeficiente de fricción .....	9
5 Coeficiente de adherencia. ....	9
6 Fuerzas ejercidas en el automóvil. ....	11
7 Curvas de desplazamiento.....	12
8 Curvas de zonas de desplazamiento. ....	13
9 Trasmisión de peso durante frenada.....	14
10 Distribución de fuerzas en el sistema de frenado.....	15
11 Componentes del sistema de frenos. ....	20
12 Cálculo de fuerzas sobre el pedal de freno.....	21
13 Curva de relación de sistema de frenos con servo y sin servo .....	23
14 Diseño de un servofreno.....	25
15 Posición de reposo Hidrovac.....	26
16 Posición de funcionamiento .....	26
17 Diseño de un cilindro maestro tándem.....	28
18 Diseño de un cilindro maestro tándem en reposo .....	29
19 Diseño de un cilindro maestro tándem en estado de frenado.....	29
20 Fuga en el circuito primario .....	30
21 Fuga en el circuito secundario.....	30
22 Curvas comparativa de líquidos de freno.....	32
23 Esquema de funcionamiento del cilindro de las pinzas.....	33
24 Pinzas de pistón opuesto .....	34
25 Pinzas deslizantes.....	35
26 Proporción de composición de elementos de fricción.....	37
27 Pastillas de freno .....	40
28 Pastilla de freno con underlayer.....	40
29 Soporte metálico .....	41
30 Láminas anti-ruido .....	42
31 Disco de freno .....	42
32 Constitución de los discos de freno.....	43
33 Gráfica en dos vistas del disco de freno.....	44

34 Corriente de aire en los discos de freno .....	45
35 Ranura de ventilación.....	46
36 Grafica interna del plato de freno.....	47
37 Freno de tambor de zapatas flotantes .....	48
38 Freno de tambor de auto-arrastre .....	49
39 Freno de tambor “Farkas” .....	49
40 Frenos de tambor con dos bombines.....	49
41 Freno de tambor termoestable.....	50
42 Tambor de freno bendix.....	51
43 Funcionamiento del sistema bendix .....	52
44 Tambor Lucas Girling.....	53
45 Funcionamiento del Sistema Girling.....	53
46 Tambor.....	54
47 Zapatas de frenos .....	55
48 Muelles.....	55
49 Cilindro receptor .....	56
50 Banco de pruebas armado .....	57
51 El Pedal de freno.....	58
52 El servofreno hidrovac .....	58
53 El cilindro maestro tándem .....	59
54 El disco de freno .....	59
55 La pinza de freno.....	60
56 Las mazas de freno.....	60
57 El tambor de freno.....	61
58 Diagrama de posiciones de los sensores en el banco didáctico.....	62
59 Detalle de la conexión de elementos electrónicos del banco didáctico.....	63
60 Sensor de presión .....	64
61 Potenciómetro lineal .....	65
62 Acondicionador de señal .....	66
63 Celda de carga.....	66
64 Tarjeta de adquisición de datos .....	68
65 Pines de la tarjeta de adquisición de datos .....	68
66 Acceso directo programa banco didáctico .....	71
67 Pantalla principal del programa banco didáctico. ....	71
68 Pantalla de señales principales.....	71
69 Presión delantera vs presión trasera .....	72
70 Presión delantera vs fuerza.....	72

71 Presión delantera vs recorrido .....	72
72 Denominación de sensores .....	73
73 Datos grabados .....	73
74 Botones de la pantalla principal .....	73
75 Pantalla secundaria de reporte de datos. ....	74
76 Figura de la pantalla secundaria .....	75
77 Denominación de los sensores. ....	75
78 Botones leer datos .....	75
79 Diagrama de bloque del programa del banco didáctico. ....	76
80 Graficas principales del programa realizada una prueba.....	77
81 Curva de la relación de presión de frenado.....	79
82 Curva característica del servofreno .....	80
83 Test de carrera .....	81
84 Curvas con utilización de servofreno.....	82
85 Relación de presiones.....	82
86 Relación de presión vs fuerza. ....	82
87 Relación de presión vs recorrido.....	83
88 Curvas sin utilización de servofreno. ....	86
89 Relación de presiones.....	86
90 Relación de presión vs fuerza. ....	86
91 Relación de presión vs recorrido.....	87

## SIMBOLOGÍA

T	Tiempo de frenado	s
F	Fuerza	N
Fu	Fuerza periférica	N
Fs	Fuerza de guiado lateral	N
Fn	Fuerza normal	N
Fr	Fuerza de fricción	N
Fp	Fuerza sobre el pedal de freno	Kgf
Fo	Fuerza sobre el cilindro	Kgf
Rr	Resistencia de rodadura	
$\mu_b$	Coefficiente de adherencia	
P	Presión	Psi
A	Área	$m^2$

## LISTA DE ABREVIATURAS

DIN	Deutsches institut fur normung (instituto alemán de Normalización).
CMT	Cilindro maestro tándem.
DOT	Departamento of transprtation.
ABS	Sistema antibloqueo de frenos.
Mpa	Mega pascales.
V	Voltios.
mV	mili voltios.
Lb	libras.
Vcd	voltaje alimentación (corriente directa)



## **LISTA DE ANEXOS**

**A**Manual de usuario.

**B**Manual de mantenimiento.

**C**Manual de práctica.

**D**Análisis estructural.

## RESUMEN

Se ha diseñado y construido un banco didáctico de pruebas de frenos hidrovac, con el objetivo de contar con un instrumento didáctico que permite conocer y desarrollar habilidades y destrezas relacionadas al funcionamiento del sistema de frenos en los vehículos.

La construcción del sistema de frenos propuesto, se inició con el diseño de la estructura que soporta el funcionamiento del equipo, mismo que fue armado en dos fases: la primera es la mecánica que incluye pedal, servofreno, disco y tambor; la segunda fase es la electrónica que incluye sensores, tarjeta de adquisición de datos y la PC. La aplicación del sistema de frenos propuesto se basa en un software específico elaborado por los autores que se alimenta de datos recibidos de los sensores de presión, fuerza y recorrido, los procesa y analiza para mostrar señales analógicas y digitales, que sirven para comparar los parámetros específicos del servofreno con respecto a los datos obtenidos en la práctica.

Se debe considerar que durante las prácticas mientras se utiliza el servofreno la fuerza que ejerce el conductor sobre el pedal es menor para obtener una determinada presión mientras sin la utilización del servofreno se requiere mayor fuerza para llegar a la misma presión.

La combinación de un aprendizaje práctico en lo que se refiere a los sistemas de frenos permite al centro de formación garantizar calidad en los profesionales que se disponen ofertar sus servicios en el área automotriz de manera efectiva y satisfactoria para la sociedad; por lo que esta investigación contribuye al mejoramiento continuo de la facultad, recomendando que se dé el uso de este equipo previo al conocimiento de su funcionamiento y a un adecuado mantenimiento.

## **ABSTRACT**

This investigation was designed and built a didactic test brake Hidrovac with a view to have a didactic tool that allows developing skills, abilities and knowledge related to the operation brake system in the vehicles.

This research began with the design of structure that supports operation of the equipment, it was assembled in two stages: first is the mechanic that includes pedal, brake booster, disc and drum; second phase it`s includes sensor electronics, data acquisition card and PC. The application of proposed system is based on brake specific software developed by the authors that feed data received from pressure sensors, force and stroke, processes and analyzes to show analog and digital signals, which are used to compare the parameters particles of booster with respect to dice obtained in practice.

It should be considered during practices while the booster is used force exerted by the driver on the pedal is higher for a given pressure while obtain without the use of booster greater force is required to reach the same pressure.

This combination of hands-on learning in regards to brake system, ensures quality professionals that offer their services are provided in the automotive area effectively and successfully to society; so this research will contribute to continuous improvement faculty, recommending the use of this prior knowledge computer operation and proper maintenance.

# CAPÍTULO I

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1 Antecedentes

En el mundo la tecnología sigue avanzando y al hablar de frenos, nos estamos refiriendo a una parte fundamental de la composición de un vehículo. No importa si son autos de alto cilindraje o un automóvil pequeño: los frenos son los encargados de detener sus ruedas, las cuales transmiten las fuerzas por medio de la fricción entre estas y el pavimento por donde circula el vehículo.

Básicamente, las funciones de los frenos son dos: desacelerar y detener el vehículo, y facilitar el estacionamiento del mismo. Son ejes fundamentales de la seguridad activa, y, por lo tanto, su funcionamiento es vital para la seguridad del conductor y los demás ocupantes de un automóvil.

A partir de estas premisas, el hombre ha dedicado años de esfuerzo y dedicación a perfeccionar el sistema que permite detener completamente el vehículo. La historia habla de una increíble recursividad para lograr un sistema de frenado preciso y ajustado a las necesidades actuales.

Dado que la ESPOCH, contribuye al desarrollo del país en la formación de profesionales de excelencia, capacidad de conducción y liderazgo con valores éticos y morales, proponemos el presente tema, "Diseño y construcción de un banco didáctico de frenos Hidrovac". Para impulsar el estudio y aprendizaje de todas las personas involucradas en la rama de Ingeniería Automotriz e interesadas en el estudio de nuevas tecnologías.

### 1.2 Justificación

Este trabajo de proyecto final es claramente justificado ya que la elaboración del banco

didáctico de frenos contribuye con una nueva herramienta para la mejor enseñanza de los docentes y la facilidad para los estudiantes de adquirir nuevos conocimientos ya que este banco se asemeja a un vehículo normal y tiene un software que es muy fácil de utilizar para que todos los estudiantes estén en la capacidad de hacerlo.

De acuerdo al avance tecnológico que se vive en nuestro país en el campo automotor tuvimos la necesidad de elaborar un banco didáctico de frenos Hidrovac para estar a nivel de conocimientos tecnológicos ya que con este banco tendremos elementos electrónicos que van acorde con lo utilizado ahora en la industria automotriz, por lo que tenemos como objetivo dejar en alto el nombre de la institución dando a conocer a toda la sociedad que nosotros como estudiantes estamos al tanto de la tecnología y vamos a nivel de la misma con la ejecución de este tipo de proyecto que es un prototipo muy interesante y de mucha importancia para el aprendizaje de nuestra juventud.

### **1.3 Objetivos**

**1.3.1 Objetivo general.** Diseñar y construir un banco didáctico de frenos “HIDROVAC” con la adaptación de elementos electrónicos para facilitar la enseñanza de los docentes y de igual manera el aprendizaje de los estudiantes

**1.3.2 Objetivos específicos:**

Identificar cada una de las partes, y su funcionamiento, que tiene el sistema de freno de un vehículo.

Realizar pruebas del comportamiento de frenado utilizando el banco de pruebas y comparar los resultados con los datos teóricos.

Conocer y aprender más sobre programación en LABVIEW un tipo de lenguaje de programación que es nuevo para nosotros en la elaboración de este proyecto. Analizar los resultados arrojados por los distintos elementos electrónicos y ver la diferencia de fuerza que realiza el conductor sobre el pedal de freno al momento de realizar la prueba con y sin servofreno.

## **CAPÍTULO II**

### **2. MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 Sistemas de freno**

Tienen por función disminuir o anular paulatinamente la velocidad de un vehículo, estabilizar esta velocidad o mantener el vehículo inmóvil si se encuentra detenido.

El sistema de frenos es sin duda, el más importante para la seguridad vial del automóvil. Por tal motivo las autoridades de los diferentes países establecen reglas y parámetros a cumplir por los automóviles en cuanto a distancia y estabilidad de la carrera de frenado. Por su parte los fabricantes y desarrolladores del automóvil, se esfuerzan cada día más en lograr sistemas de frenos seguros y duraderos.

Los circuitos de frenos están sometidos a estrictas estipulaciones legales, y la homologación de un sistema de frenado depende del cumplimiento de diversas normas internacionales y nacionales.

En el frenado intervienen las siguientes fuerzas:

- Resistencias a la marcha.
- Retención del motor.
- Sistema de frenos.

La resistencia a la marcha consiste en la desaceleración que se produce cuando la acción del motor del vehículo cesa agotando su energía cinética y posteriormente deteniendo dicho vehículo, este tipo de sistema solo se suma a las fuerzas de frenado puesto que no es eficaz y se escapa del control del conductor del vehículo.

Para disminuir la velocidad del vehículo, primeramente se debe de desaprisionar el pedal del acelerador. Con lo que el motor bajara las revoluciones, y es arrastrado por él

a una velocidad superior a la correspondiente a la velocidad de ralentí, velocidad que disminuye paulatinamente si se da en el cambio una marcha más reducida; este arrastre se produce a costa de la energía cinética del vehículo y supone una disminución de su velocidad. La retención del motor puede ser suficiente como medida preventiva, cuando se dispone del tiempo necesario para tomar la decisión de si es necesario realizar una frenada más energética.

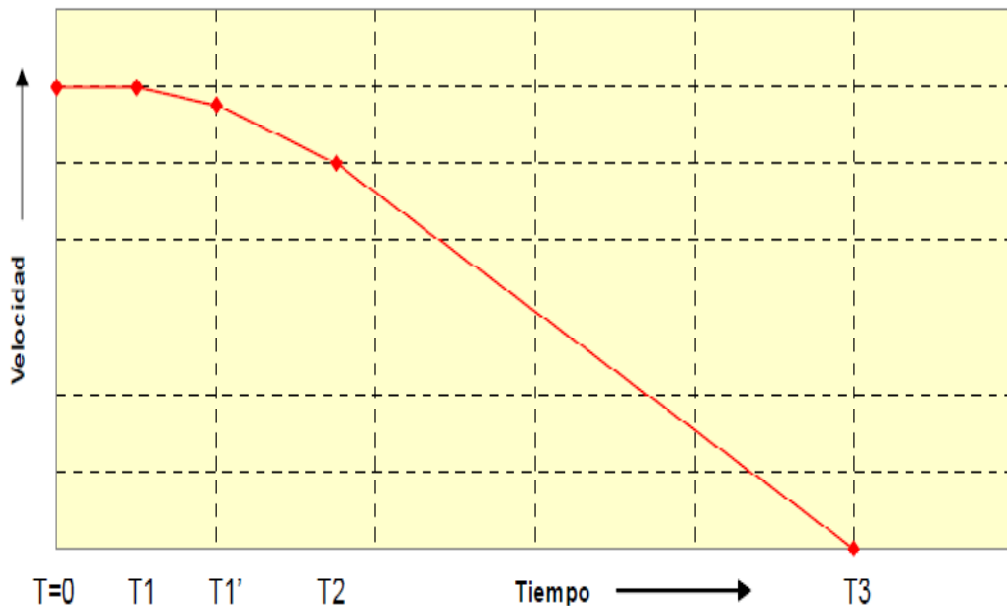
El principal objetivo sistema de frenos consiste en dar otra resistencia a la marcha del vehículo de mejor eficacia que las enunciadas anteriormente, que aplicada a las ruedas, permitan mermar la velocidad del vehículo o detenerlo según la prioridad del conductor, en un tiempo y espacio reducidos.

Es un procedimiento que se basa en convertir la energía cinética del automóvil en calorífica por causa del rozamiento, expulsando por radiación el calor resultante a la atmósfera.

## 2.2 Tiempo de frenado en función a la velocidad

ARROYO C, en su libro “Los frenos en el automóvil” divide a los tiempos de frenado como:

Figura 1: Tiempo de frenado



Fuentes: ARROYO C.:”Los frenos en el automóvil”. 2ª edición, España, 1994.

- **Tiempo de reacción T1.** Es el tiempo que se da desde la apreciación del objeto o de peligro hasta que pisamos el pedal de freno. En un conductor normal este tiempo es de  $\frac{3}{4}$  de segundo (0,75seg).
- **Tiempo de respuesta T1''-T1.** Es el tiempo que se da desde el comienzo en que se produce el movimiento del pedal de freno, hasta que se origina la fuerza de frenado.
- **Duración efecto umbral T2-T1.** Es el tiempo que se da entre el momento en que la fuerza de frenado se hace efectiva, hasta que obtiene un valor adecuado a un 75% de la presión de frenado.
- **Tiempo de frenado T3-T1.** Es el tiempo que se da desde el comienzo del movimiento de la pieza del dispositivo de accionamiento, sobre la que opera el esfuerzo, hasta que se pierde la fuerza de frenado.
- **Duración del efecto de frenado T3-T1□.** Es el tiempo que se da desde que inicia la fuerza de frenado hasta que ésta termina. Al parar el vehículo por el mantenimiento de la fuerza de frenado, el comienzo de la parada representa entonces el final del efecto de frenado.(ARROYO, 1994)

### 2.3 Resistencias que actúa en el vehículo

Tenemos tres tipos de resistencias que actúan sobre el vehículo de las cuales detallamos a continuación:

ARIAS PAZ, en su libro "Manual del Automóvil" define a los tres tipos de resistencias como:

- **Resistencia por rozamientos.** Se caracteriza por su oposición al movimiento entre dos superficies en contacto que es generada por las imperfecciones de las mismas. Debemos incluir en este caso también los rozamientos que se dan en la transmisión y sus elementos: cojinetes de las ruedas, embrague, caja de cambios, diferencial y transmisiones.



- **Resistencia a la rodadura.** esta resistencia se hace presente en el momento que un cuerpo rueda sobre una superficie, deformándose uno de ellos o ambos. Se tiene el nombre de coeficiente de rodadura  $r$  a la relación  $F/P$ , tal que  $F$  la fuerza óptima para mantener el vehículo en movimiento y  $P$  el peso del mismo.

El concepto de coeficiente de rodadura es casi igual al de coeficiente de rozamiento, con la característica de que este último actúan dos superficies que se deslizan o resbalan una sobre otra, en tanto que en el coeficiente de rodadura no existe tal deslizamiento entre la rueda y la superficie sobre la que rueda, por lo que resulta mucho menor que el primero. Suponiendo que la calzada se encuentra en buen estado y que la presión de inflado de los neumáticos está de acuerdo con la carga, se admite que el valor promedio para un automóvil es  $r = 0.018$ . La fuerza  $F$  es la que se conoce como resistencia a la rodadura  $R_r$  y su valor será:

$$R_r = p * r \quad (1)$$

Dónde:

$R_r$  = resistencia a la rodadura.

$P$  = peso del vehículo.

$r$  = coeficiente de rodadura.

- **Resistencia aerodinámica.** Se da por la colisión con las moléculas de gas en la atmósfera. mientras mayor sea el número de moléculas de aire, mas será la resistencia del aire.

Un objeto más rápido también tiene una mayor resistencia del aire porque se pone en contacto con más moléculas de aire en un determinado lapso de tiempo, dicha resistencia también dependerá de la superficie frontal y de la forma del vehículo.

Algunas otras resistencias pueden ser: la debida a la pendiente por donde circule el vehículo y la debida al viento.(PAZ, 2006)

## 2.4 Nociones físicas que influyen durante el frenado

Los cuerpos tienden a estar en reposo o estar en su estado de movimiento siempre y cuando no haya alguna fuerza aplicada en el cuerpo opuesta a su estado.

**2.4.1 Fuerzas que actúan en los neumáticos.** Lo único que puede detener objetivamente el movimiento del automóvil o modificar el mismo son las fuerzas presentes en los neumáticos.

Los neumáticos tienen fuerzas resultantes que vienen como resultado de una serie de fuerzas:

- La fuerza de tracción es procedente del motor y genera el movimiento. (**F<sub>u</sub>**)
- Las fuerzas de guiado lateral, con la función de conservar la direccionalidad del vehículo. (**F<sub>s</sub>**)
- La fuerza de adherencia depende del peso que recae sobre la rueda. (**F<sub>n</sub>**)
- La fuerza de frenado, que está actuando en dirección contraria al movimiento de la rueda. Depende de la fuerza de adherencia y del coeficiente de rozamiento entre la calzada y la rueda.

Figura 2: Fuerzas que actúan en los neumáticos

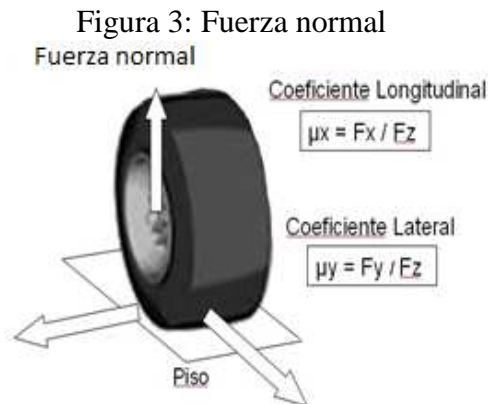


Fuente: [http://www.mecanicavirtual.org/sistema\\_abs.htm](http://www.mecanicavirtual.org/sistema_abs.htm)

**La fuerza normal.** Esta fuerza se encarga de empujar a los neumáticos. Ocasionada por el peso del vehículo y los neumáticos, de hecho es del mismo tamaño (pero de sentido opuesto) al peso ejercido sobre el terreno.

Mientras mayor es el peso del vehículo y los neumáticos, mayor también será el valor de la fuerza normal, resultando así también una mayor fuerza de fricción. Sin embargo,

ya que el peso de los neumáticos es sólo un pequeño porcentaje del peso total del vehículo, las llantas que pesan más sólo causan un pequeño aumento en la tracción.



Fuente:<http://ingesaerospacemechanicalengineering.blogspot.com/2010/08/tribologia-coeficiente-de-friccion.html>

**La fuerza lateral  $F_s$ .** Es la fuerza perpendicular a la fuerza periférica  $F_u$ , comunica el movimiento de la dirección a la calzada, obteniendo de esta forma, el movimiento del vehículo en curva.

**La fuerza periférica  $F_u$ .** Es la fuerza que actúa sobre el plano de la calzada, facilitando al conductor frenar el coche con el pedal de freno y acelerarlo con el pedal del acelerador.

**2.4.2 Fuerza de rozamiento.** El valor de la fuerza de rozamiento  $F_r$  es directamente proporcional a la fuerza normal  $F_n$  basado en la siguiente fórmula:

$$F_r = \mu_b * F_n \quad (2)$$

Dónde:

$\mu_b$  = coeficiente de adherencia.

$F_n$  = fuerza normal.

$F_r$  = fuerza de rozamiento.

**Coeficiente de fricción.** Es una variable que se determina por la naturaleza de las dos superficies en contacto. La que tiene mayor dureza de las dos superficies es relativa a una de la otra, este número aumenta mientras aumente la fuerza de fricción.

Figura 4: Coeficiente de fricción



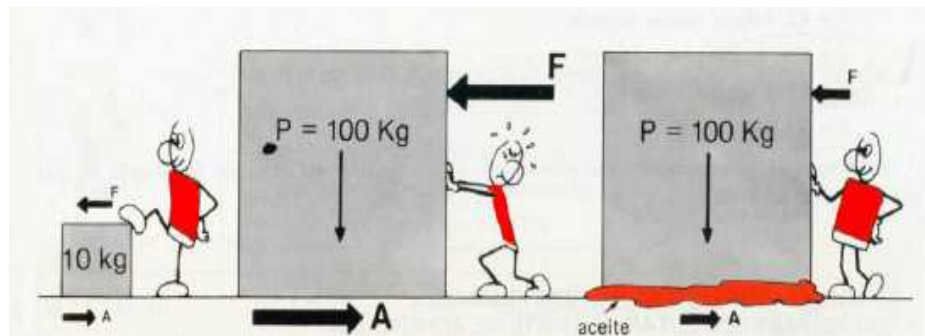
Fuente: <http://ingesaerospacemechanicalengineering.blogspot.com/2010/08/tribologia-coeficiente-de-friccion.html>

En el momento en que un neumático gira con pavimento seco en una carretera, ambas superficies que están en contacto caucho y asfalto poseen un alto coeficiente de fricción, por lo que los neumáticos tendrán una buena tracción.

Mientras el neumático este liso no nos dice que al aumentar la superficie en contacto aumenta la fricción, sino por la velocidad a la que giran y la temperatura que alcanzan; puesto que, mientras más rápido gire el neumático la temperatura será mayor y la goma se derrite, ésta se vuelve áspero lo cual produce un mayor coeficiente de fricción.

**2.4.3 Coeficiente de adherencia.** El coeficiente de adherencia va a constituir una medida para la fuerza de frenado que pueda transmitirse, y va a condicionar en gran medida la estabilidad lateral del vehículo (adherencia transversal) y distancia de frenado (adherencia longitudinal). Y dependerá de las características de los neumáticos y del estado del suelo

Figura 5: Coeficiente de adherencia



Fuente: <http://www.cdr.es/uploads/MFG/Los%20Frenos.pdf>

La adherencia es la fuerza, que se opone al desplazamiento de un cuerpo con relación a la superficie sobre la cual descansa. Los aspectos que debemos tener en cuenta al realizar un estudio de adherencia en el vehículo son los siguientes:

- El peso del vehículo.
- Las características y el estado de los neumáticos.
- La naturaleza y el estado de la carretera.

El coeficiente de adherencia varía entre el máximo que correspondería a condiciones de calzada seca y limpia, y un mínimo correspondiéndose a conducción sobre hielo. Otros medios como el agua o suciedad disminuyen el coeficiente de la fuerza de frenado.

Se expresa según un coeficiente que varía de 0 (adherencia nula) a valores superiores a 1 (adherencia perfecta).

Tabla 1: Condiciones del coeficiente de adherencia

Velocidad km/h	Estado de los neumáticos	Piso seco	Mojada Altura de agua aprox. 0,2mm	Lluvia fuerte. Alt. de agua aprox. 1mm	Charcos de Agua de aprox. 2mm
50	nuevos	0,85	0,65	0,55	0,50
	gastados	1,00	0,50	0,4	0,25
90	nuevos	0,80	0,60	0,3	0,05
	gastados	0,95	0,20	0,1	0,05
130	nuevos	0,75	0,55	0,2	0
	gastados	0,90	0,20	0,1	0

Fuente: [http://www.autotecnicatv.com.ar/autotecnica/index.php?kk\\_seccion=notas\\_tecnicas&kk\\_pagina\\_n=2](http://www.autotecnicatv.com.ar/autotecnica/index.php?kk_seccion=notas_tecnicas&kk_pagina_n=2)

Generalmente el valor de coeficiente de adherencia va a ser inferior a 1, y únicamente con neumáticos de competición se consiguen coeficientes de adherencia de hasta de 1,5.

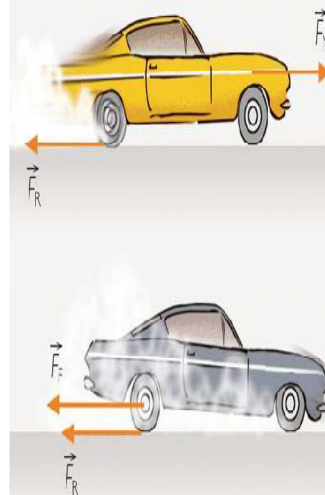
Si las ruedas se bloquean, el coeficiente de rozamiento varía alrededor del 60%.

**2.4.4 Dificultades del bloqueo de neumáticos.** Cuando la fuerza de frenado es mayor que la fuerza de rozamiento, ya sea debido a una frenada de emergencia o porque la calzada posea un bajo coeficiente de frenado, las ruedas se bloquean y no giran. Al no girar los discos contra las pastillas de freno, la fuerza de frenado aumenta, ya que queda

sustituida por la fuerza de rozamiento que es menor que la de frenado. Esto conlleva que el espacio de frenada aumenta. Además, de este grave inconveniente, las ruedas bloqueadas producen inestabilidad sobre cada uno de los ejes del vehículo. Mientras que las ruedas delanteras pierden capacidad directriz, en las traseras se inicia un derrape que tiende a girar el vehículo por dicho aumento de la fuerza de frenado.

La fuerza de rozamiento y la de frenado están dirigidas en sentido opuesto al sentido del movimiento. Cuanto mayor sea el rozamiento y la fuerza de frenado, el coche tendrá mayor facilidad para frenar.

Figura 6: Fuerzas ejercidas en el automóvil



Fuente: <http://transito.tk/modules/news/index.php?storytopic=0&start=95>

**2.4.5 Deslizamiento.** Los procesos de resbalamiento pueden producirse durante la rodadura de neumáticos de goma y se denominan deslizamiento.

Durante el movimiento de un vehículo, las ruedas se encuentran sometidas a fuerzas de impulsión o de frenado produciéndose en la superficie de éstas, complicados procesos físicos haciendo que los elementos de goma se tensen, produciéndose movimientos deslizantes aunque la rueda no se haya bloqueado.

Cuando la rueda gira libremente, las velocidades del vehículo y rueda son iguales y el valor del deslizamiento es 0%, pero cuando la rueda se encuentra bloqueada, su velocidad periférica es 0, no gira, y consecuentemente el deslizamiento es del 100%.

El deslizamiento del vehículo está causado por la disminución de la adherencia de las ruedas al terreno. Esta falta o disminución de la adherencia puede haber sido provocada por distintos factores.

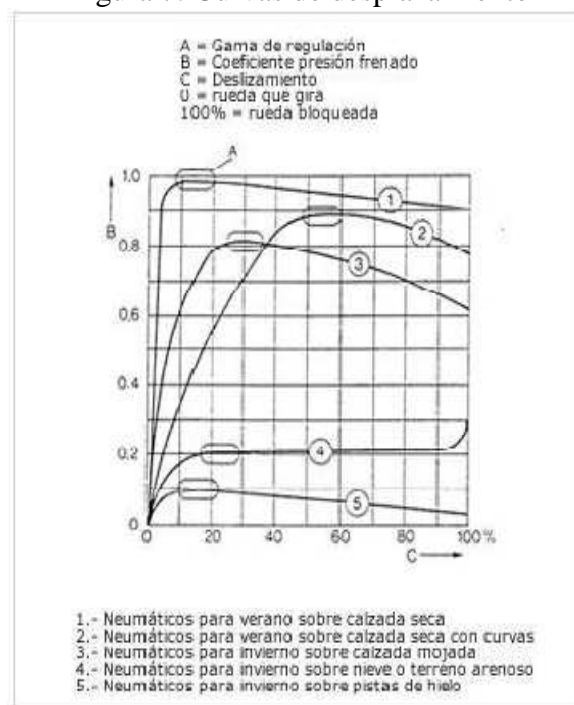
Entre ellos cabe destacar el exceso de velocidad, que el suelo esté mojado o sucio, excesiva presión de inflado en los neumáticos, que éstos estén desgastados, la toma de curvas de forma incorrecta y con velocidad excesiva, etc.

Para evitar el deslizamiento es imprescindible, tener las ruedas en perfecto estado, con la presión de inflado adecuada al terreno sobre el que se conduce.

Al frenar o acelerar, se transmiten fuerzas de fricción entre los neumáticos y la calzada, que ejercen un efecto de frenado sobre la rueda que gira en el momento de frenar. Entonces se forma un deslizamiento (d), es decir, la rueda gira más lentamente que la velocidad del vehículo.

Las distintas curvas de deslizamiento dependen de la calzada, de los neumáticos, la velocidad del vehículo, la carga de la rueda y el ángulo de marcha oblicua en un trayecto por curvas como se muestra en la figura7.

Figura 7: Curvas de desplazamiento



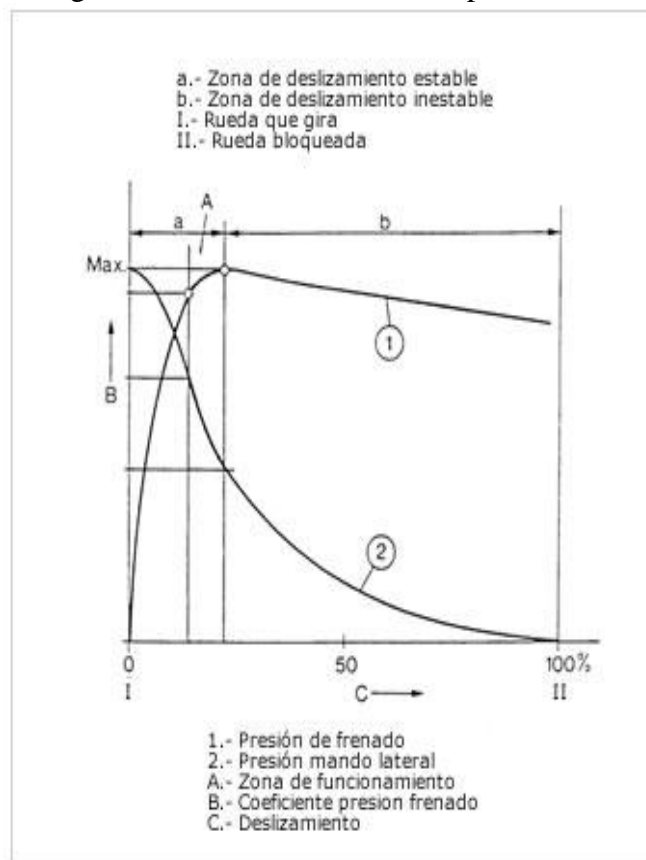
Fuente: [http://www.mecanicavirtual.org/sistema\\_abs.htm](http://www.mecanicavirtual.org/sistema_abs.htm)

El aumento del deslizamiento desde 0 hasta la máxima presión de frenado se denomina "zona de deslizamiento estable" (a). Con altos valores de deslizamiento zona de deslizamiento inestable (b), la presión de frenado disminuye y alcanza el mínimo cuando se bloquea la rueda.

Mientras que para la presión de frenado optima (1) se necesita un deslizamiento (C) determinado, la presión de mando lateral (2) de la rueda disminuye debido al deslizamiento. Esto significa que la acción combinada de la presión de frenado y de mando lateral es necesaria para la regulación de frenado.

En la figura 8 puede verse que la presión de mando lateral (2) disminuye en gran manera cuando aumenta el deslizamiento (C), con lo que la rueda que se bloquea no dispone en absoluto de características de mando lateral. Por esta razón debe escogerse una zona de regulación que garantice por una parte grandes presiones de frenado y, por otra, una buena presión de mando lateral.

Figura 8: Curvas de zonas de desplazamiento



Fuente: [http://www.mecanicavirtual.org/sistema\\_abs.htm](http://www.mecanicavirtual.org/sistema_abs.htm)



**2.4.6 Transmisión de peso durante la frenada.** Por principio de cuentas, dejemos definidos algunos conceptos; según el señor Blas Pascal (1623-1662) los líquidos bajo presión ejercen una fuerza en todos los sentidos y direcciones en la misma magnitud. Esto da por entendido que para efectos prácticos los líquidos no son compresibles, es decir, que al ser sometidos a presión no reducen su volumen, por lo que pueden ser utilizados como medio para transmitir fuerzas a través de tuberías como si fueran sólidos. (ARROYO, 1994)

$$P = \frac{F}{A} (3)$$

Dónde:

P = Presión del sistema.

F = Fuerza.

A = Área por donde fluye el líquido.

La transferencia de peso durante el frenado significa que en el momento de aplicar el freno, un vehículo carga un gran porcentaje de su peso (75% aprox.) sobre el eje delantero, es decir que baja la nariz y eleva la cola como se aprecia en la ilustración en la figura 9.

Figura 9: Trasmisión de peso durante frenada



Fuente: <http://8000vueltas.com/2012/03/16/la-guia-definitiva-sobre-frenos-parte-3-eje-trasero-rodajes-y-solucion-de-problemas>

Reduciremos este problema despejando de la fórmula la F, quedando  $F=P \times A$ , es decir que la fuerza de frenado sería igual a la presión del sistema multiplicada por la superficie de los émbolos de ruedas.

De esta manera, según el ejemplo de la figura 10, diferentes fuerzas de frenado con sólo aumentar o disminuir el diámetro de los émbolos de ruedas conservando el mismo cilindro maestro. Para reducir el riesgo de bloqueo de las ruedas traseras, el diámetro de

sus émbolos es siempre menor que el de las delanteras, de una manera proporcional y adecuada a las características de cada modelo de automóvil.

Figura 10: Distribución de fuerzas en el sistema de frenado



Fuente: Autores

## 2.5 Eficiencia de frenado

Después de analizar el texto anterior, puede resumirse que la deceleración y detención de los automóviles es consecuencia de la acción de las fuerzas de retención de las ruedas, desarrolladas por los elementos de frenado del sistema de frenos, en combinación con la adherencia de los neumáticos al asfalto.

La máxima eficacia de los frenos se considera que es del cien por cien cuando la fuerza de frenado es igual al peso del vehículo. No obstante, los frenos pueden considerarse como buenos con una eficacia del 80 por ciento e incluso son aceptables con un 40 por ciento. Menos ya son malos.

Como ya se expuso anteriormente, la desaceleración depende básicamente de la adherencia de las superficies de contacto y su valor debe medirse de forma experimental.

- **La eficiencia de frenado de un automóvil.** Se mide de forma porcentual, en función del peso que gravita sobre las ruedas y la fuerza de frenado aplicada por el equipo de frenos de servicio a las cuatro ruedas.
- **La distancia de frenado “D<sub>f</sub>”.** Espacio recorrido por el vehículo desde que actúa sobre los frenos hasta que queda completamente parado.

Una eficacia máxima del 100% representa una deceleración aproximada de 1g, es decir, (10m /s<sup>2</sup>).A continuación se exponen las distancias aproximadas de frenado para distintas velocidades, en las condiciones señaladas:

Tabla 2: Recorrido de frenado en metros

Velocidad	Distancia recorrida durante la reacción (metros)	Distancia recorrida durante el frenado (metros)	Distancia total del frenado (metros)
20 km/h	6	2	8
30 km/h	9	4	13
40 km/h	11	8	19
50 km/h	14	12	26
60 km/h	17	18	35
70 km/h	19	24	43
80 km/h	22	31	53
90 km/h	25	40	65
110 km/h	31	59	90

Fuente: <http://consejovial.blogspot.com/2011/05/sabes-por-que-la-velocidad-maxima-en.html>

## **CAPÍTULO III**

### **3. ELEMENTOS DE LA INSTALACIÓN DE FRENOS**

#### **3.1 Circuitos de frenado**

En base a la reglamentación actual un vehículo debe tener dos sistemas de frenos independientes, los cuales deben de ser el sistema principal que debe detener el automóvil cuando el conductor así lo requiera y otro auxiliar que bloquea las ruedas cuando el vehículo está estacionado.

Tomando en cuenta solo el circuito principal de frenos podemos tener diferentes configuraciones. Las disposiciones legales exigen una instalación de frenos principal con dos circuitos. Según la normativa "DIN 74000" hay cinco posibilidades de configurar que se distinguen a este fin mediante letras: denominándose las distribuciones en: II, X, HI, LL y HH. La forma de las letras se parece aproximadamente a la disposición de las cañerías de freno entre el cilindro principal y los frenos delanteros y posteriores.

Con estas posibilidades de distribución de circuitos de freno, las que más se utilizan son la (II) que consiste en la distribución del sistema de freno con un circuito en el eje delantero y otro circuito en el eje trasero y la (X) que trata en la distribución del sistema de frenado en diagonal, esto es, la rueda delantera izquierda con la trasera derecha y viceversa, que requieren un empleo mínimo de tuberías rígidas, tubos flexibles, empalmes separables y juntas estáticas o dinámicas. Por eso el riesgo de un fallo a causa de fugas es tan bajo en cada uno de sus dos circuitos de freno como en un sistema de freno de un circuito. En caso de fallar un circuito de freno a consecuencia de sobrecarga térmica de un freno de rueda, son particularmente críticas las distribuciones HI, LL y HH, puesto que un fallo de ambos circuitos de freno en una rueda puede causar el fallo total del freno.

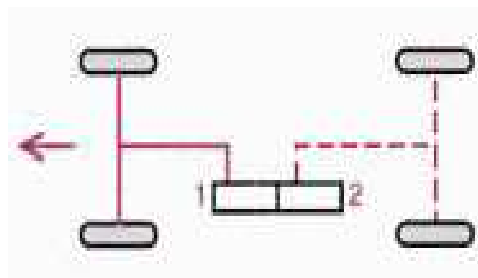
Para cumplir las disposiciones legales relativas al efecto del freno auxiliar, los vehículos

con carga predominantemente sobre la parte frontal se equipan con la distribución X. La distribución II es apropiada especialmente para turismos con carga sobre la parte trasera.

### **Distribución "II"**

Distribución eje delantero / eje trasero: un circuito de freno (1) actúa en el eje delantero y el otro circuito (2) actúa en el eje trasero.

Figura 11: Distribución "II"

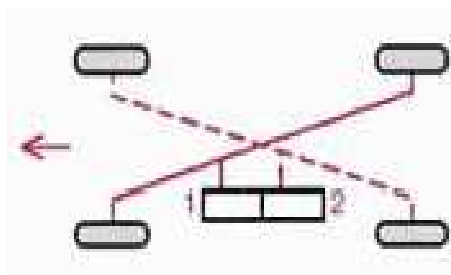


Fuente: <http://www.aficionadosalamecanica.net/frenos-5.htm>

### **Distribución "X"**

Distribución diagonal: cada circuito de freno actúa en una rueda delantera y en la rueda trasera diagonalmente opuesta.

Figura 12: Distribución "X"

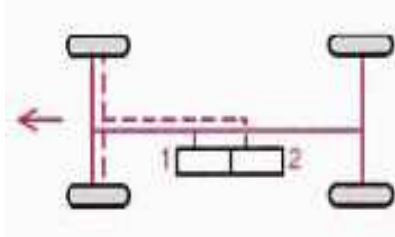


Fuente: <http://www.aficionadosalamecanica.net/frenos-5.htm>

### **Distribución "HI"**

Distribución ejes delantero y trasero / eje delantero: un circuito de freno actúa en los ejes delantero y trasero, el otro sólo en el eje delantero.

Figura 13: Distribución "HI"

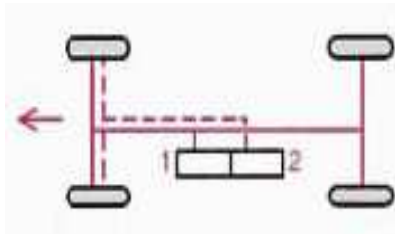


Fuente: <http://www.aficionadosalamecanica.net/frenos-5.htm>

### **Distribución "LL"**

Distribución eje delantero y rueda trasera / eje delantero y rueda trasera. Cada circuito de freno actúa en el eje delantero y en una rueda trasera.

Figura 14: Distribución "LL"

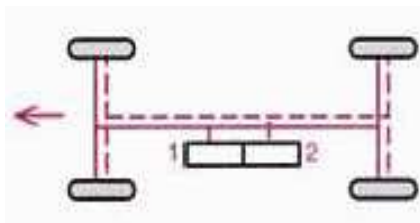


Fuente: <http://www.aficionadosalamecanica.net/frenos-5.htm>

### **Distribución "HH"**

Distribución ejes delantero y trasero / ejes delantero y trasero. Cada circuito de freno actúa en el eje delantero y en el eje trasero.

Figura 15: Distribución "HH"



Fuente: <http://www.aficionadosalamecanica.net/frenos-5.htm>

CASTRO M, en su libro "Manual CEAC del Automóvil". Define los componentes del sistema de freno como:

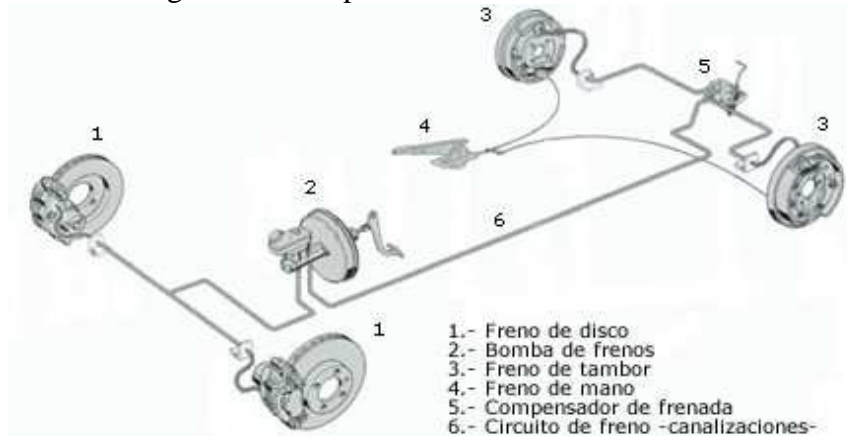
### 3.2 Componentes del sistema de freno

La acción de frenado convierte la energía cinética de un automóvil en fuente de calor por medio de la fricción que se produce.

La actividad del frenado es una de las más frecuentes y necesarias al conducir un automóvil. Por tal motivo los elementos de la instalación del mismo debe ser lo más óptimo y preciso para poder conseguir el frenado con la fuerza aplicada en el pedal con el pie. La precisión de un sistema de frenos hidráulicos va de acuerdo con el adecuado cálculo y dimensionado de todos los elementos del sistema, en relación con las características de peso y velocidad del automóvil. (CASTRO, 2003)

Los componentes principales de un circuito de frenos son:

Figura 11: Componentes del sistema de frenos



Fuente: <http://www.aficionadosalamecanica.net/frenos-5.htm>

- Pedal de freno
- Servofreno.
- Bomba de freno.
- Discos de frenos.
- Freno de tambor
- Canalizaciones

Dentro de los subcapítulos siguientes se detallara todos los componentes de frenado con sus respectivos funcionamientos.

### 3.3 Pedal de freno

Este es el componente sobre el cual va a actuar el conductor ejerciendo una fuerza necesaria para reducir la velocidad del vehículo.

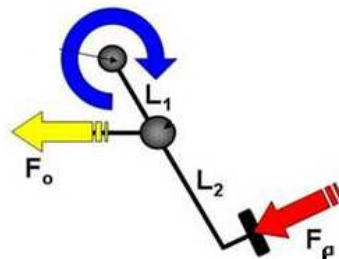
El funcionamiento principal es simple al momento de pisar el pedal el conductor el cilindro principal acciona el líquido de freno para que este empuje por igual a cada uno de los pistones de las pinzas, las cuales empujan a las pastillas contra el disco.

La ventaja de este sistema es que ambas pastillas se empujan con la misma fuerza contra el disco. El esfuerzo de pedal aplicado está siempre directamente relacionado con la fuerza de pistón (según una relación determinada por las dimensiones de los componentes), y por lo tanto con el grado de frenado. Al momento de soltar el pedal la presión disminuye haciendo con esto que los pistones vuelvan a su posición inicial ayudado por la junta que existe entre los pistones y el cuerpo de la pinza. Al desgastarse el material de la pastilla, los pistones se deslizan más a través de la junta al frenar, con lo que compensa automáticamente el desgaste.

La aplicación de fuerza sobre el eje del cilindro principal de freno está en función de la geometría del pedal de freno, y dicha fuerza va a ser la que nos definirá el grado de frenado del automóvil.

En la figura adjunta, la acción de una fuerza  $F_p$  sobre el pedal de freno, genera una fuerza  $F_o$  sobre el cilindro. Esta fuerza, teniendo en cuenta la relación de fuerzas para un brazo palanca, es función de la geometría quedando definida por la siguiente expresión:

Figura 12: Cálculo de fuerzas sobre el pedal de freno



Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos94/reacondicionamiento-del-banco-pruebas-motores-vaz/reacondicionamiento-del-banco-pruebas-motores-vaz.shtml>



$$F_o = F_p * \cos \alpha * \frac{L_2 + L_1}{L_1} \quad (4)$$

Dónde:

$F_o$  = Fuerza de salida del servofreno.

$F_p$  = Fuerza ejercida sobre el pedal de freno.

$L_1$  = Distancia del pivote al centro del pedal.

$L_2$  = Distancia del punto de apoyo del pedal al centro del pedal.

$\cos \alpha$  = Angulo entre el centro y la distancia total del pedal.

La relación de distancias del pedal de freno ( $L_1$  y  $L_2$ ) nos da una fuerza  $F_o$  que suele estar entre 4 y 5 veces mayor a la fuerza de entrada  $F_p$ . Para incrementar la fuerza de frenada en las ruedas se necesita ejercer un incremento de presión sobre el líquido en el cilindro, una solución es aumentar  $F_{\text{output}}$  para conseguirlo se debe incrementar la carrera y brazo de palanca pero dichos elementos están sujetos a limitaciones de espacio y comodidad del conductor.

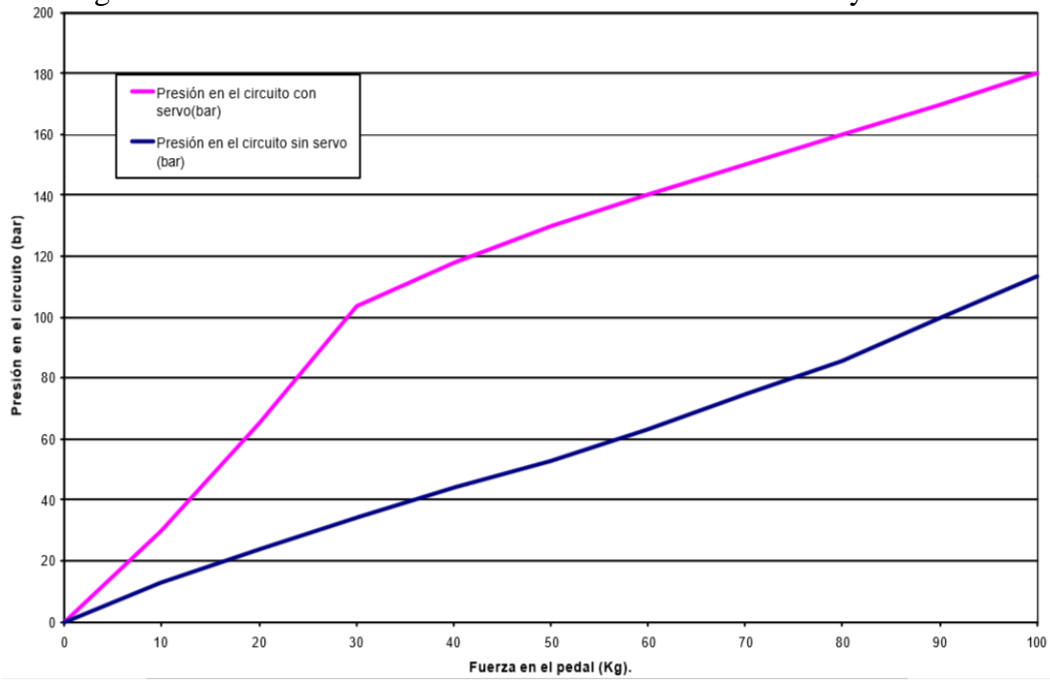
### 3.4 Servofreno

Es el sistema por el cual ayuda que la fuerza ejercida por el conductor sobre el pedal de freno, para enviar el líquido de freno por las cañerías, sea menor. Es decir es aquel que reduce el esfuerzo sobre el pedal para presurizar el líquido.

La ventaja del servofreno no es simplemente el poder ejercer mayor presión sobre el circuito hidráulico y por ende a las pinzas y pistones para mayor descanso del conductor, sino que lo que se obtiene es mejor dosificación del frenado.

El servofreno aprovecha la depresión creada en el colector de admisión en los motores Otto, o accionado por un depresor en los vehículos con motor diésel, cuando se retira el pie del acelerador para aumentar la fuerza que el pie proporciona al pedal del freno.

Figura 13: Curva de relación de Sistema de frenos con servo y sin servo



Fuente: <http://www.museoseat.com/biblioteca/manuals%20varis/Manual%20tecnico%20pastillas%20freno.pdf>

En la siguiente tabla veremos los valores del esfuerzo pedal / servo para el sistema tipo representado anteriormente.

Tabla 3: Relación de fuerza y presión en el circuito de freno con y sin servo

Fuerza sobre el pedal (Kg)	Presión en el circuito con servo (bar)	Presión en el circuito sin servo (bar)
0	0	0
10	30	13
20	65	24
30	104	34
40	118	44
50	130	53
60	140	63
70	150	75
80	160	86
90	170	100
100	180	113

Fuente: <http://www.slideshare.net/xipri/el-sistema-de-frenado>

Las primeras aplicaciones de servofrenos fueron en los grandes vehículos con fin de mermar los esfuerzos que debía realizar el conductor sobre el pedal de freno.

Cuando aún no se había generalizado el mando hidráulico de los frenos se desarrollaron nuevos sistemas que, como el de Clayton Dewandre, de 1928, comenzaron a utilizar el vacío de la admisión del motor como fuente de energía.

### **Cilindro hidráulico**

El cilindro hidráulico se forma por un cuerpo de bomba que se comunica con la válvula de control por el conducto y los orificios de entrada y salida del líquido, proveniente de la bomba principal de frenos, hacia las cañerías de las ruedas.

Por su interior se desplaza un émbolo unido mecánicamente, por medio del vástago, al plato situado en el cuerpo de vacío, que se mantienen en su posición de reposo por medio del muelle situado en la parte anterior del plato.

### **Cuerpo de vacío**

El cuerpo de vacío, formado de chapa y cerrado herméticamente, lleva en su interior al plato que hace de émbolo y separa herméticamente las dos cámaras de vacío por medio de la junta. Estas dos cámaras se comunican con la toma de vacío a través de la válvula de control.

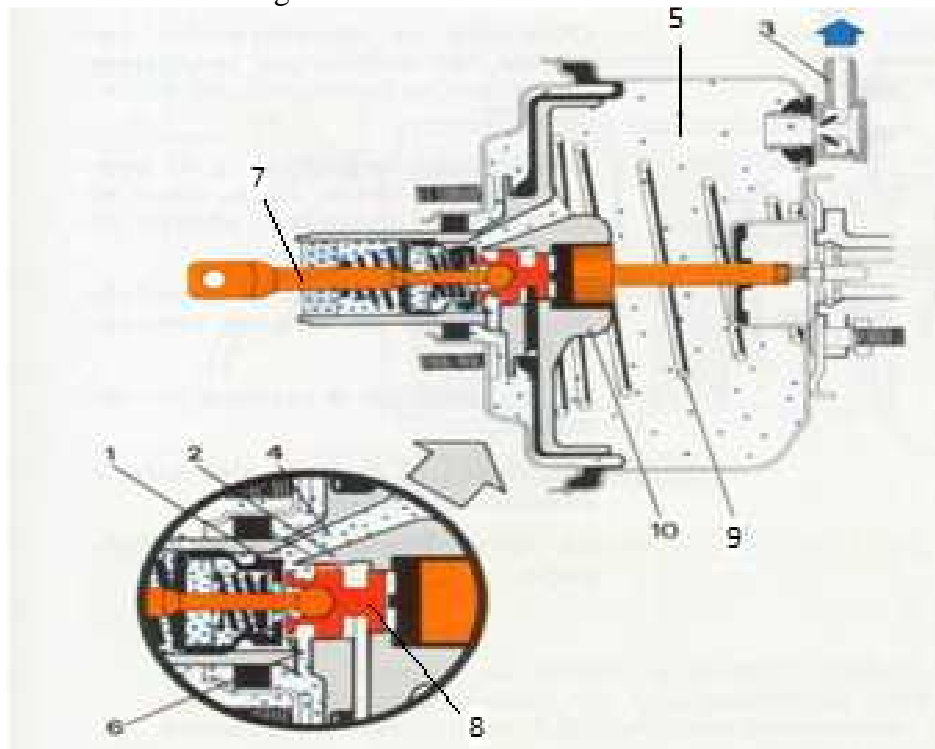
### **Válvula de control**

La válvula de control está formada por un cuerpo de válvulas unido con tornillos a la tapa del cuerpo de vacío. En su interior se forman dos cámaras, separadas por una membrana elástica, que se comunican a través de una válvula unida al pistón accionado por el líquido de frenos. Ambas cámaras se comunican a su vez con la toma de vacío y con las cámaras formadas en el cuerpo de vacío.

La válvula pone en comunicación la parte superior del cuerpo de válvulas con el aire exterior a través de un filtro y se mantiene cerrada en su posición de reposo por la acción del muelle.

**3.4.1. Diseño del servofreno.** Se compone de los elementos siguientes:

Figura 14: Diseño de un servofreno



Fuente: <http://www.cdr.es/uploads/MFG/Los%20Frenos.pdf>

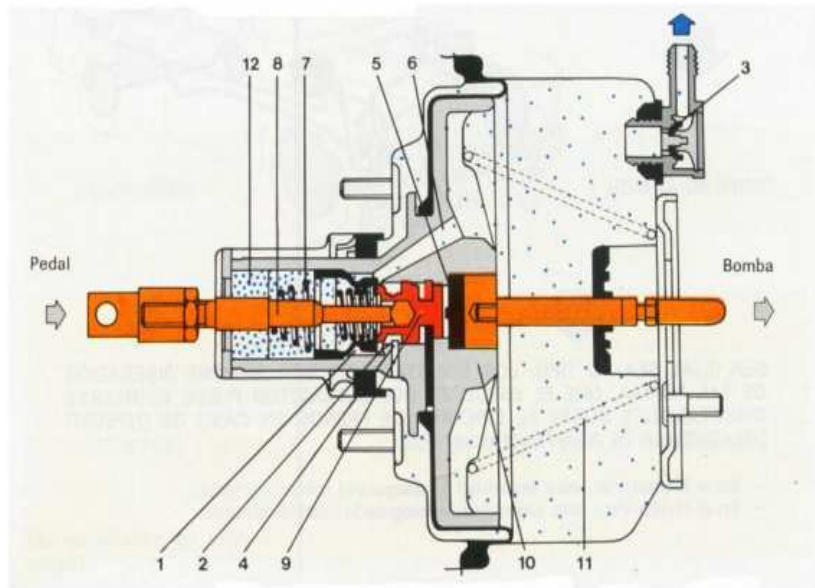
- |                             |                     |
|-----------------------------|---------------------|
| 1. Válvula de comunicación. | 6. Canal de salida. |
| 2. Asiento de válvula.      | 7. Vástago.         |
| 3. Válvulas de salida.      | 8. Prolongador.     |
| 4. Canal de salida.         | 9. Muelles.         |
| 5. Cámara posterior.        | 10. Pistón.         |

**Posición de reposo:**

Llegada de la depresión del motor por la válvula 3 a la cámara delantera. La válvula de comunicación 1 está despegada de su asiento 2 permitiendo el paso de la depresión hacia la cámara trasera por los canales 6 y 4.

La depresión reinante en las cámaras delantera y trasera es la misma, el pistón es mantenido en reposo por su muelle.

Figura 15: Posición de reposo hidrovac

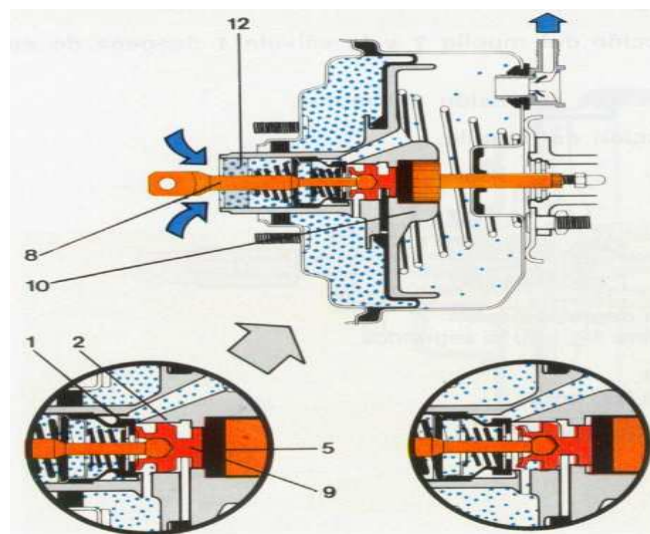


Fuente: <http://www.cdr.es/uploads/MFG/Los%20Frenos.pdf>

**3.4.2 Posición de funcionamiento.** En una primera fase se desplaza el vástago 8 y la válvula 1 apoya sobre su asiento 2. Hay, por tanto, un corte de alimentación de depresión a la cámara trasera. El prolongador comprime la arandela de reacción 5.

En una segunda fase, el prolongador 9 despega de la válvula 1 admisión de aire a presión atmosférica en la cámara trasera después de pasar por el filtro. El desequilibrio de presión entre las cámaras hace desplazarse al pistón 10.

Figura 16: Posición de funcionamiento



Fuente: <http://www.cdr.es/uploads/MFG/Los%20Frenos.pdf>

**3.4.3 Generación de vacío.** Los motores de gasolina se aprovechan de la depresión existente en el colector, que se canaliza hacia el dispositivo de asistencia.

En los motores diésel, debido a que en la mayoría de los casos apenas hay depresión en el colector ya que existe mariposa de regulación de entrada de gases, se utiliza una bomba para producir vacío.

Esta bomba de vacío, sirve para tener la depresión necesaria en las instalaciones de frenado que disponen de servofreno, está herméticamente cerrada; en la parte inferior del cuerpo, contiene una pequeña cantidad de aceite (aproximadamente 40 cm<sup>3</sup>), para el engrase de sus partes móviles. El cojinete del eje del mando es estanco en sus extremos y no necesita engrase.

Dicho cojinete se introduce a presión en el cuerpo de la bomba y se fija mediante un tornillo prisionero. Sobre el pistón guía se fija en la membrana, que sirve para la entrada y salida de aire y dos orificios mecanizados donde se alojan las válvulas.

#### **Funcionamiento:**

El movimiento circular del eje de mando es transformado en rectilíneo alternativo por medio del pistón guía y de la biela. En su movimiento descendente el pistón arrastra a la membrana y se produce un vacío en la cara superior, la válvula de escape se cierra la válvula de admisión se abre, aspirando el aire del depósito vacío.

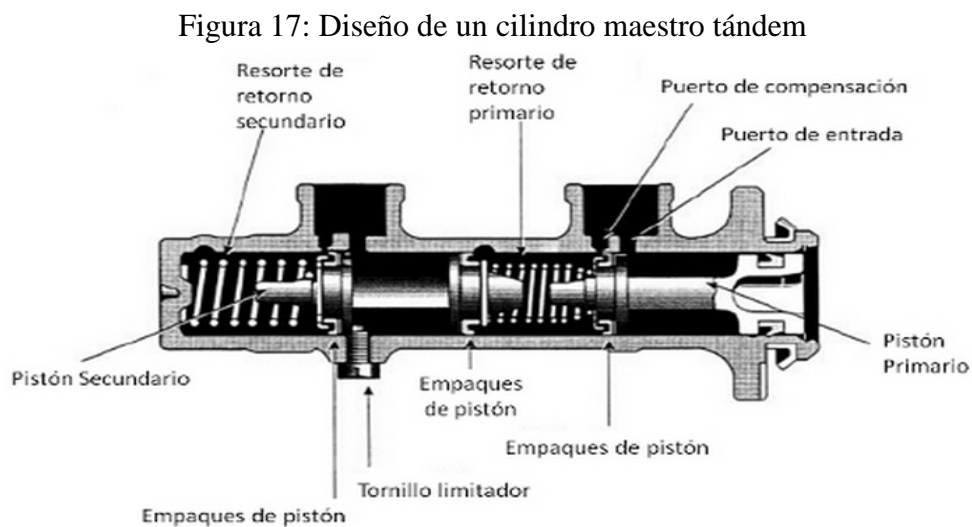
En su momento ascendente, el pistón empuja a la membrana y comprime el aire aspirado, la válvula de admisión se cierra y la de escape se abre, expulsando el aire hacia el colector de admisión el motor.

### **3.5 CMT, cilindro maestro tándem**

La bomba de freno doble o cilindro maestro tándem, es el componente encargado de activar y controlar el proceso de frenado. Debido a disposiciones legales, todo automóvil debe contar con dos circuitos de frenos separados, de forma que el vehículo

pueda detenerse en caso de que falle alguno de los circuitos.

Los dos circuitos de freno independientes, se consiguen por medio de un circuito principal de freno, ejecutado en versión tándem. El esquema de un cilindro maestro tándem se muestra en la siguiente figura:



Fuente: <http://www.e-auto.com.mx/enew/index.php/boletines-tecnicos/general/85-boletines-tecnicos/3496-cilindro-maestro-de-frenos>

Cuando los frenos no están aplicados, los empaques de los pistones primario y secundario están situados entre el orificio de entrada y el puerto de compensación. Esto libera paso entre el cilindro y el tanque de depósito.

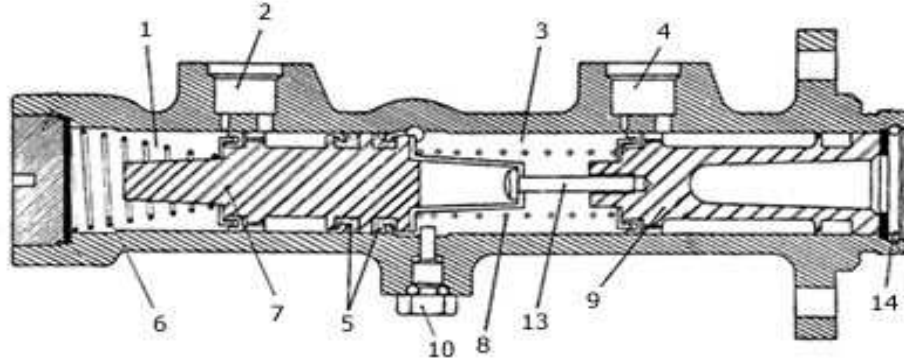
El pistón secundario es empujado a la derecha por el resorte de retorno secundario, y su movimiento es limitado por un perno de tope. Cuando el pedal de freno está presionado, el pistón primario se mueve a la izquierda. El empaque de pistón sella el puerto de compensación bloqueando el paso entre la cámara de presión primaria y el tanque de almacenamiento.

A medida que el pistón es empujado más lejos, se acumula presión hidráulica dentro del cilindro y está es transmitida a los cilindros de rueda en ese circuito. La misma presión hidráulica se aplica también al pistón secundario. La presión hidráulica en la cámara primaria mueve el pistón secundario a la izquierda también. Después de que el puerto de compensación de la cámara secundaria está cerrado, la presión del fluido se acumula y se transmite al circuito secundario.

**3.5.1 Funcionamiento del CMT.** Con los frenos en posición de reposo, tenemos que tanto el pistón primario como el secundario se encuentran en la derecha, debido al efecto que sobre ellos realizan los muelles de compresión, y comunicados con el depósito de compensación. Las copelas de presión impiden el paso de líquido de frenos de una cámara a la otra, y la pérdida de líquido de frenos del sistema hacia el exterior.

En la siguiente figura se presenta el esquema del cilindro principal de frenos en la situación de reposo. Ambas cámaras están comunicadas con el recipiente de compensación, por lo que no existe presión en los frenos.

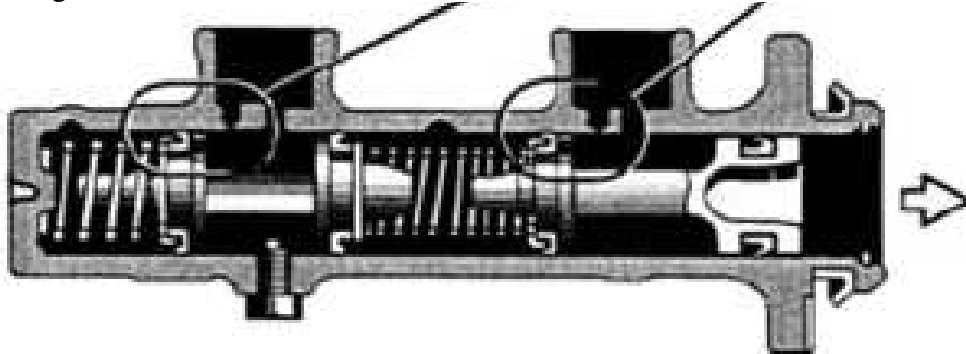
Figura 18: Diseño de un cilindro maestro tándem en reposo



Fuente: <http://www.aficionadosalamecanica.net/frenos-5.htm>

Al momento de ser aplicada la fuerza sobre el pedal de freno, transmite la fuerza al pistón primario del cilindro maestro obteniendo aislar la cámara primaria. Cuando el líquido de frenos de la cámara primaria queda obstruido, y como efecto del movimiento del émbolo de presión, el líquido empuja el émbolo flotante consiguiendo aislar la cámara secundaria de forma simultánea.

Figura 19: Diseño de un cilindro maestro tándem en estado de frenado



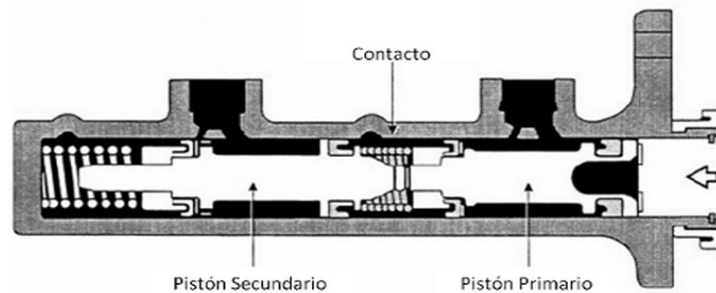
Fuente: <http://www.e-auto.com.mx/engew/index.php/boletines-tecnicos/general/85-boletines-tecnicos/3496-cilindro-maestro-de-frenos>



Después que se haya conseguido aislar las dos cámaras, la presión del líquido de frenos aumenta en función al esfuerzo aplicado en el émbolo, de acuerdo a la expresión  $P=F/S$ , donde F es la fuerza ejercida sobre el pistón primario y S la superficie del pistón, siendo la presión en ambas cámaras prácticamente iguales.

**3.5.2 Error del circuito primario.** Cuando la fuga de fluido se produce en el lado primario del cilindro maestro, se mueve el pistón primario a la izquierda, pero no crea presión hidráulica en la cámara de presión primaria. El pistón principal por lo tanto comprime el resorte de retorno primario, en contacto con el pistón secundario y directamente moviendo el pistón secundario. El pistón secundario luego aumenta la presión hidráulica en el extremo del circuito secundario del cilindro maestro, que permite que dos de los frenos operen.

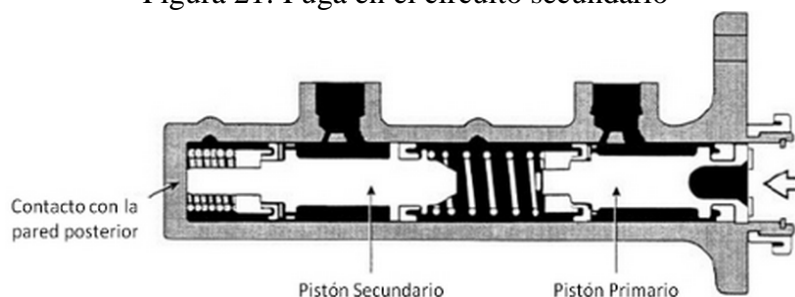
Figura 20: Fuga en el circuito primario



Fuente: <http://www.e-auto.com.mx/enew/index.php/boletines-tecnicos/general/85-boletines-tecnicos/3496-cilindro-maestro-de-frenos>

**3.5.3 Error del circuito secundario.** Cuando se produce fugas de fluido en el lado secundario del cilindro maestro, la presión hidráulica en la cámara primaria fácilmente mueve al pistón secundario a la izquierda comprimiendo el resorte de retorno hasta que alcanza el extremo más alejado del cilindro.

Figura 21: Fuga en el circuito secundario



Fuente: <http://www.e-auto.com.mx/enew/index.php/boletines-tecnicos/general/85-boletines-tecnicos/3496-cilindro-maestro-de-frenos>

### 3.6 Líquido de frenos

El “Manual técnico de las pastillas de frenos”, define al líquido de freno como:

El líquido de freno es el componente que al ser expulsado por la bomba y servofreno empuja los cilindros de las pinzas contra las pastillas, produciéndose así el frenado. Las características del líquido son las que aseguran un buen frenado. Este elemento debe ser cambiado porque se degrada por el uso y el tiempo.

Las características fundamentales del líquido de freno son las siguientes:

- Debe ser incompresible (como todos los fluidos).
- Tiene un punto de ebullición mínimo que debe ser superior a los 230°C. con lo que se conseguirá permanecer en estado líquido, sin que haga ebullición, cuando la frenada sea muy exigentes.
- Mantener baja viscosidad para dirigirse rápidamente por el circuito.
- Debe ser lubricante para que los componentes móviles de todo el sistema con los que se encuentra en contacto no se agarroten.
- Tiene que ser estable químicamente, para no oxidar los componentes del sistema de freno con los que se encuentran en contacto.
- Bajo punto de congelación (menor de -40°C).

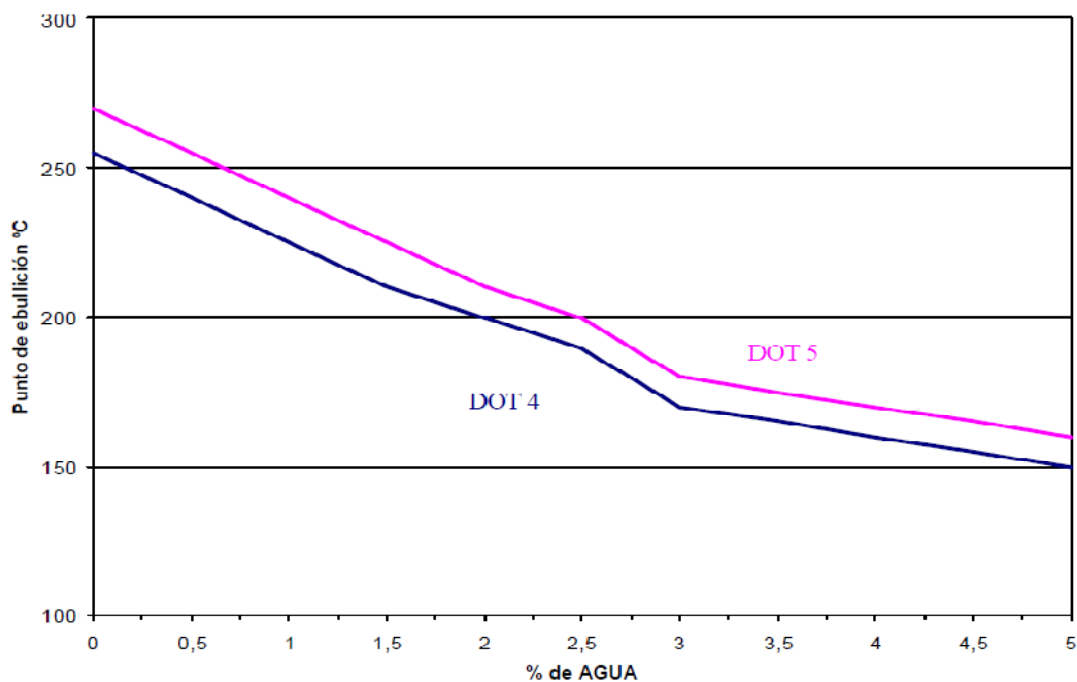
Hoy en día, la gran mayoría de los líquidos de freno cumplen con todos los requisitos que le son demandados, pero como contrapartida y debido a la composición de elementos que tiene, posee una propiedad que obliga a que su sustitución sea necesaria aproximadamente cada 2 años o 70000 km. Esta propiedad es la propiedad higroscópica, es decir, tiene una gran capacidad de absorber agua.

Se piensa que cuando hay agua en el sistema de frenos no tendría por qué cambiar las cualidades del líquido, ya que es un fluido.

Sin embargo no es así porque el agua aunque sea en estado líquido, oxida los elementos del sistema con los que está en contacto. Aunque el mayor problema de la existencia de

agua en el sistema de freno es que cuando la temperatura del líquido sobrepasa los 100°C, debido a la proximidad a los tambores o a las pastillas y discos de freno que pueden llegar a tener 500°C, el agua se evapora transformándose en vapor de agua, un gas, que si es compresible, con lo cual el pedal irá al fondo, ya que toda la presión que nosotros estemos introduciendo en el sistema servirá para comprimir ese vapor de agua y no para actuar sobre las pastillas de freno. Además la existencia de agua en el sistema como se ve en el gráfico hace disminuir el punto de ebullición del líquido.

Figura 22: Curvas comparativa de líquidos de freno



Fuente: <http://www.slideshare.net/xipri/el-sistema-de-frenado>.

En la actualidad hay dos grupos de líquidos de frenos dependiendo de su característica, por lo que en la actualidad se puede comercializar dos calidades de líquidos de frenos con especificaciones DOT de los EE.UU.

- DOT 4. Cuyo punto de ebullición es de 255°C. Empleado en sistemas de disco/tambor o disco/disco sin ABS.
- DOT 5. Cuyo punto de ebullición es de 270°C. Debe ser el utilizado para vehículos de altas prestaciones y aquellos que tengan sistemas ABS.

Las dos calidades de líquido son miscibles entre sí, pero no es recomendable mezclar ambos.

Al momento de sustituir el líquido de freno se recomienda limpiar el circuito con alcohol metílico para conseguir conservar todas las características del líquido. Además, en cualquier manipulación que se haga debe de purgarse después el sistema de freno.

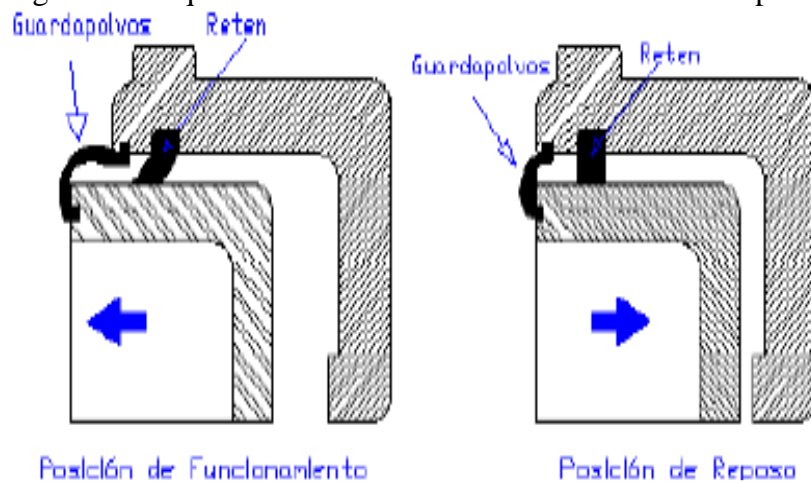
Los líquidos usuales están compuestos por, aproximadamente, un 98% de éter-glicol y un 2% de aditivos contra la degradación química por efecto del calor y la corrosión.(slideshare, 2009)

### 3.7 Pinza de freno

La pinza de freno es el componente que se encarga de soportar las pastillas además de empujarlas hacia el disco cuando se presuriza el sistema. Este es uno de los componentes más críticos del sistema de freno y está sometida a esfuerzos importantes durante el frenado; vibraciones, excesiva temperatura y otros elementos agresivos.

Hay distintos tipos de pinzas de freno según el sistema de freno y el fabricante. Sin embargo todas se basan en el hecho de que después de liberar la presión del circuito, permiten que la pastilla de freno, continúe en contacto con el disco de freno, de forma que en la próxima frenada, el efecto de esta sea inmediato sin necesitar un tiempo de aproximación entre la pastilla y el disco de freno. Este contacto queda garantizado por los retenes del pistón del caliper, por el propio sistema hidráulico y lógicamente genera un efecto permanente de frenado cuyo valor es crítico para el buen funcionamiento del sistema.

Figura 23: Esquema de funcionamiento del cilindro de las pinzas



Fuente:<http://www.museoseat.com/biblioteca/manuals%20varis/Manual%20tecnico%20pastillas%20freno.pdf>

**3.7.1 Pinzas de pistón opuesto.** Este tipo de pinzas se fija en la brida de montaje mediante dos pernos y las pinzas están montadas por encima del disco que gira con el cubo de la rueda. Los cilindros a ambos lados de las pinzas fijas están equipados cada uno con una junta que se mantiene en una ranura angular en alojamiento del cilindro. Los cilindros y pistones están protegidos contra la suciedad y agua con una cubierta anti polvo.

Figura 24: Pinzas de pistón opuesto



Fuente: <http://www.slideshare.net/xipri/el-sistema-de-frenado>

Las pastillas están ubicadas entre el pistón y el disco en la ranura de las pinzas y están en posición con pasadores. Las pinzas para las ruedas traseras llevan incorporados orificios de fijación para unir un freno de mano de tipo pinzas accionado mecánicamente que sirva como freno de estacionamiento.

Tiene un simple principio de funcionamiento, es decir, cuando se pisa el pedal el cilindro principal presuriza el líquido de frenos que empuja por igual a cada uno de los pistones de la pinza, que a su vez empujan a las pastillas contra el disco.

Este sistema tiene una ventaja de que ambas pastillas se empujan con la misma fuerza contra el disco. El esfuerzo de pedal aplicado está siempre directamente relacionado con la fuerza de pistón, y por lo tanto con el grado de frenado. Cuando se suelta el pedal, la presión hidráulica que hay en el sistema de frenos disminuye, lo que hace que los pistones vuelvan a su posición original ayudado por la junta que existe entre los pistones y el cuerpo de la pinza (también responsable de la estanqueidad del conjunto). Al desgastarse el material de la pastilla, los pistones se deslizan más a través de la junta al frenar, con lo que compensa automáticamente el desgaste.

**3.7.2 Pinzas de frenos deslizantes.** Este tipo de frenos se han diseñado para recuperar el espacio perdido por la instalación de las suspensiones tipo McPherson, que han restringido considerablemente el espacio disponible, ya que modifican el ángulo de caída de las ruedas.

Figura 25: Pinzas deslizantes



Fuente: <http://www.slideshare.net/xipri/el-sistema-de-frenado>

Estas pinzas sustituyen a la pinza de doble pistón por sus mejores ventajas como pueden ser: que el líquido de frenos se encuentra separado de la zona de disipación de calor, gran área y volumen de pastilla de freno con lo que se consigue mayor superficie de fricción para el frenado y al ser más anchas tienen mayor vida útil, peso menor, fuerza constante en las dos pastillas y par residual reducido debido a la retracción controlada de las pastillas.

El cuerpo del freno, que no está expuesto a fuerzas centrífugas, se puede fabricar tanto en versión de aluminio de una sola pieza y en versión de dos piezas con el cuerpo de aluminio y un puente de hierro fundido dúctil. Para disipar mejor el calor, la pieza de aluminio puede estar provista de aletas de disipación, es decir, se aumenta la superficie de contacto entre el medio y la propia pinza.

Tiene un fácil principio de funcionamiento, al pisar el pedal del freno se actúa sobre el cilindro principal (que puede ir dotado de servo o no) aumentando la presión de todo el sistema. Esta presión al ser aplicada sobre el pistón empuja la pastilla de freno interior contra el disco.

Debido que la presión aplicada y el líquido encerrado actúan uniformemente en todas las direcciones, se ejerce simultáneamente una fuerza reactiva en el cuerpo. Esta fuerza desliza el cuerpo sobre los pernos de guía y tira de la pastilla exterior contra el disco. El esfuerzo de frenado por lo tanto es igual a ambos lados. El ajuste de la separación de la con pastilla el disco después de completar el proceso de frenado se consigue de manera similar al de las pinzas fijas, por medio de la deformación controlada de la junta del pistón.

En este tipo de pinzas, además de las comprobaciones rutinarias del pistón y sus elementos de estanqueidad, es muy importante verificar el buen deslizamiento de las guías de pinzas para garantizar el reparto igual de esfuerzos sobre las dos pastillas de freno de las pastillas.

El “Manual técnico de la pastilla de frenos”, define los materiales de las pastillas de freno como:

### **3.8 Pastillas de freno**

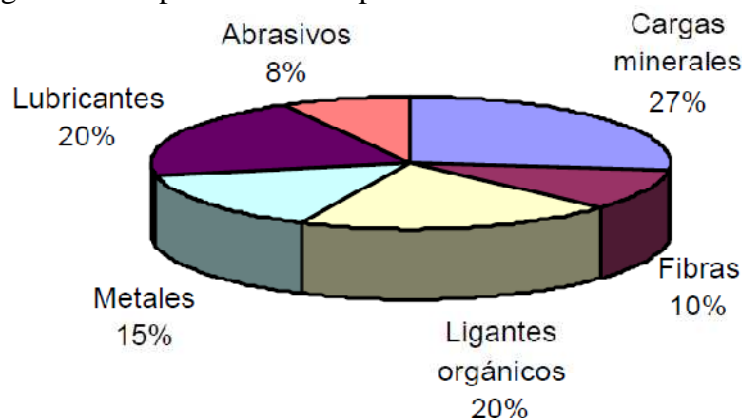
Estos elementos son los puntos de contacto con la rueda específicamente con el disco de freno que se encargan de detener al automóvil al aplicar los frenos.

De hoy en día los fabricantes de componentes de fricción utilizan en mayor o menor cantidad la medida base que se ve a continuación.

- **Fibras.**componentes encargados de aglutinar y ligar el resto de los elementos. Es decir, las fibras son el “armazón” de las pastillas de freno, a través de sus múltiples ramificaciones van uniendo el resto de los elementos. Existen dos tipos principales de fibras las sintéticas y las minerales. Las más usuales en el campo de la fricción son: fibras de vidrio, fibras de aramida y lana de roca.
- **Cargas minerales.**estas se encargan de dar consistencia mecánica al conjunto, es decir, le ponen resistencia a la abrasión, resistencia a cortadura. Están encargadas también, de poner resistencia a las altas temperaturas. Las más comunes son: barita, magnesita, talco, mica, carbonato, feldespato y otros.

- **Componentes metálicos.** Se añaden en forma de polvo o viruta para conseguir homogeneizar el coeficiente de fricción así como la transferencia de calor de la pastilla a las pinzas. Los más usuales son, latón, cobre, bronce entre otros. No obstante una gran parte de los componentes metálicos usados en los materiales de fricción, tienen efectos nocivos sobre la salud por lo que se recomienda seguir estrictamente la legislación referente a los productos que contengan tales metales pesados.
- **Lubricantes o modificadores de coeficiente.** se encargan de hacer variar el coeficiente de fricción normalmente a la baja, dependiendo del rango de temperatura de funcionamiento. Son empleados en forma de polvo suelen ser grafitos, sulfuros, antracitas, etc.
- **Materiales orgánicos.** Son los encargados de aglomerar el resto de los materiales. Cuando alcanzan una determinada temperatura fluyen y ligan el resto de componentes, hasta que se polimerizan. Las más importantes son las resinas fenólicas termoendurecibles, aunque también son empleados diferentes tipos de cauchos, ceras y aceites.
- **Abrasivos.** se encargan de incrementar el coeficiente de fricción y también renuevan y limpian la superficie del disco permitiendo la formación de la capa intermedia o también conocida como tercera capa. (museoseat, 2011)

Figura 26: Proporción de composición de elementos de fricción



Fuente:

<http://www.museoseat.com/biblioteca/manuals%20varis/Manual%20tecnico%20pastillas%20freno.pdf>



El “Manual técnico de la pastilla de frenos”, define a los métodos de fabricación de pastillas como:

**3.8.1 Producción.** El material de fricción para su fabricación tiene un proceso bastante estandarizado. Las variables del proceso son las que cada fabricante define en función del tipo de materiales que emplea, es decir, de la composición que defina. A grandes rasgos los pasos fundamentales que se deben de seguir a la hora de fabricar son:

- **El proceso de mezclado.** principal paso dentro del proceso de fabricación, ya que su objetivo es la de mezclar todos los elementos de forma homogénea. Para conseguir una buena homogeneización de la mezcla, el mezclador está constituido de un eje central que hace girar los elementos en forma de ochos y en otro eje dos cuchillas batidoras que son las que van homogeneizando la mezcla. En este proceso, uno de los factores críticos es el tiempo que los diferentes materiales pasen en el mezclador, ya que este periodo debe estar definido dependiendo del tipo de fibras que se vayan a mezclar. Cada fibra tiene un tiempo de apertura, es decir, un periodo en el cual su longitud es la mayor posible, a partir de ahí lo que sucede es que las fibras se van acortando con lo cual no realizarán la función anteriormente descrita.
- **Prensado en caliente.** se encarga de aglutinar los diferentes elementos. Por una parte, con la presión que se realiza se consiguen una disminución del volumen, pero a su vez con la temperatura lo que se hace es fundir las resinas para que estas fluyan por todo el material ligando los diferentes componentes.

Este proceso lleva asociado unos ciclos de prensado, es decir, que la prensa actuará sobre las pastillas durante un determinado tiempo, para a continuación permitir la salida de los gases. En esta etapa, los soportes son pegados al material de fricción. Esto se produce por dos motivos principales, uno de ellos es que el soporte lleva impregnado una resina que consigue la adhesión del material y por otro lado, existen unos huecos pasantes en los soportes cuya función es la de alojar el material de fricción que fluye para conseguir una completa fijación del material de fricción al soporte.

El tiempo típico de prensado varía de 10 a 12 minutos según la fórmula empleada para permitir el curado en prensa de las resinas.

- **Curado.** Se realiza en hornos, con una misión principal de polimerización de las resinas, para obtener una perfecta compactación del material además de ir disminuyendo el contenido todavía existente de volátiles. Este proceso también es función del tiempo y de la temperatura que se va alcanzando en las distintas etapas. Esto quiere decir que las pastillas van sufriendo un ciclo de diferentes temperaturas, en las cuales van pasando durante un tiempo determinado.
- **Scorchado.** fase última en la que el material de fricción se sube a temperaturas de 500°C o superiores bajo la acción de una placa caliente o bajo el efecto de una llama. aquí se elimina una gran parte de materiales orgánicos aún existentes, el polímero (resina) se grafitiza y la pastilla de freno obtiene sus características definitivas. Este es un proceso caro y delicado por lo que muy pocos fabricantes lo incorporan a sus procesos de fabricación.
- **Operaciones de mecanizado.** aquí las pastillas tienen varios procesos de mecanización para adaptarlas a las características dimensionales requeridas por cada aplicación. O sea, por un lado se rectifican para conseguir el espesor de material de fricción necesario. Otro de los procesos que pueden sufrir es la realización de ranuras, al igual que los chaflanes.
- **Puesta de accesorios.** aquí a las pastillas se le añaden todos los elementos complementarios tales como los muelles, resortes, avisadores.
- **Marcado y estuchado.** Las pastillas están finalizadas solo queda marcarlas y estucharlas para poderlas servir a los diferentes clientes.(museoseat, 2011)

**3.8.2 Tipos más básicas de las pastillas de freno.** Los requerimientos principales del material de fricción son los que establece la propia aplicación del producto:

- Tener un coeficiente de fricción óptimo y estable a cualquier rango de temperatura y presión.

- Tener un equilibrio entre abrasión y resistencia al desgaste.
- Algo de compresibilidad, en frío como en caliente, que haga que el material absorba vibraciones e irregularidades de la otra superficie con la que entra en contacto.
- Buena resistencia al choque y al cizallamiento.

Figura 27: Pastillas de freno

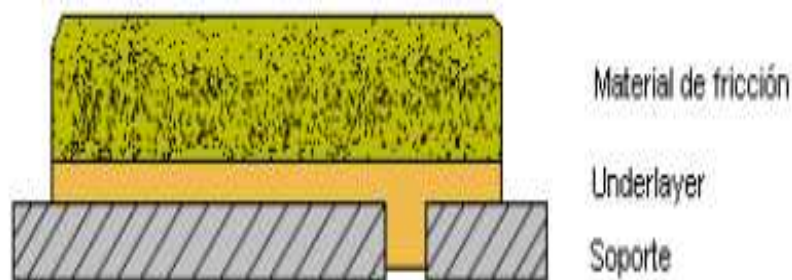


Fuente: [http://www.actiweb.es/susorace/venta\\_recambios.html](http://www.actiweb.es/susorace/venta_recambios.html)

Tenemos diferentes componentes que pueden llevar consigo las pastillas de freno:

- **Underlayer (Subcapa).** Es una capa de material con la función de fijar el material de fricción en el soporte también de mermar la temperatura que llega a las pinzas. Esta capa de material tiene su propia formulación, porque no tiene los requerimientos que del material de fricción se esperan sino que sus funciones son las de unir la capa de material de fricción al soporte además de variar la conductividad térmica del material de fricción para que el calor no pase a través de ella y no se caliente el líquido de frenos en el caso de materiales de fricción con una alta conductividad térmica.

Figura 28: Pastilla de freno con underlayer



Fuente:

<http://www.museoseat.com/biblioteca/manuals%20varis/Manual%20tecnico%20pastillas%20freno.pdf>

En definitiva, es un elemento añadido que puede implicar riesgos adicionales por lo que si puede ser evitado en el proceso, es conveniente evitar el tener que usar este elemento.

- **El soporte.** Es aquel componente metálico que mantiene el material de fricción en la porta pastillas de las pinzas. La principal característica es que debe de ser lo más plano posible para evitar que durante en proceso de prensado en caliente y posterior curado de las pastillas surjan fisuras entre el soporte y el material de fricción.

Los soportes se fabrican por estampación a partir de un fleje del espesor requerido. Dependiendo de la complejidad del soporte se fabrican en varios pasos, aunque es uno de los procesos más automatizados de la fabricación de las pastillas.

Estos son pintados con un barniz de alta resistencia para evitar la corrosión con el paso del tiempo. La impregnación del soporte metálico con una resina de gran adherencia es un paso crítico del proceso de fabricación, porque se debe de garantizar una correcta adherencia del material de fricción al soporte.

Figura 29: Soporte metálico



Fuente:

<http://www.museoseat.com/biblioteca/manuals%20varis/Manual%20tecnico%20pastillas%20freno.pdf>

- **Anti-ruídos.** Son accesorios cuya principal función es la de absorber las vibraciones que hay en el contacto entre la pastilla y el disco, evitando la aparición de ruido. Existen diferentes materiales, como son láminas de fibra de vidrio, láminas metálicas, etc. Cada aplicación lleva definida un tipo de lámina diferente dependiendo del tipo de vehículo en el cual va montada la pastilla.

La forma de ponerlas al soporte suele cambiar dependiendo del tipo de material de la lámina anti-ruido. Existen láminas que van pegadas por medio de una resina fenólica las cuales

tienen que ser comprimidas contra el soporte sometido el conjunto a una temperatura de unos 150°C.

Algunas láminas van remachadas a los tetones del soporte. Existe otra posibilidad de que la lámina vaya fijada al soporte por medio de patillas y embutida en dos tetones del soporte, para evitar su movimiento.

Estas láminas permiten sumar la compresibilidad de la pastilla de freno en frío con el consiguiente efecto positivo sobre los ruidos sin aumentar sensiblemente la compresibilidad de la pastilla de freno en caliente que pudiera dar lugar a carreras del pedal excesivas.

Figura 30: Láminas anti-ruido



Fuente:

<http://www.museoseat.com/biblioteca/manuals%20varis/Manual%20tecnico%20pastillas%20freno.pdf>

### 3.9 Discos de frenado

Los discos de freno son la superficie en la cual interactúan las pastillas para frenar el automóvil, ya que el disco gira junto con las ruedas. Por el rozamiento entre discos y pastillas tenemos la transformación de energía cinética en energía calorífica, teniendo una disminución de velocidad.

Figura 31: Disco de freno



Fuente:

<http://www.museoseat.com/biblioteca/manuals%20varis/Manual%20tecnico%20pastillas%20freno.pdf>

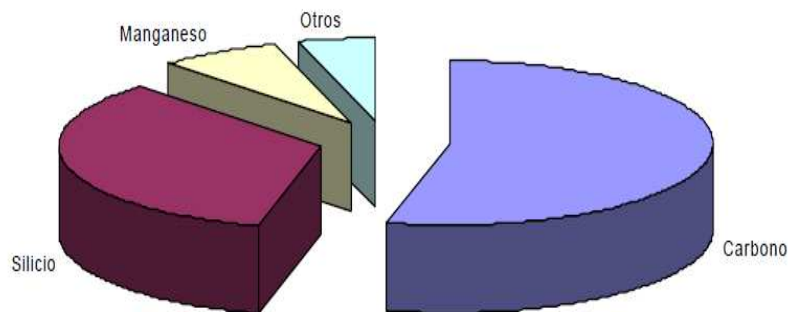
Los discos de freno también deben de conseguir que el calor producido se envíe a la atmósfera lo más rápidamente posible, porquesi no, las temperaturas de funcionamiento del sistema estarían muy altas provocando incluso al colapso del sistema.

La fundición gris nodular de grafito laminar es la que se utiliza para la fabricación de los discos de freno, porque garantiza una estabilidad de las prestaciones en el periodo de vida de los discos. Así también, existen discos de compuestos de matriz de carbono, utilizados en la alta competición y en los frenos de los aviones, pero por su alto costo no es muy utilizado en vehículos pequeños.

Hoy en día están desarrollando discos de freno en aluminio con una base de carburo de silicio, por su menor peso que los hace muy llamativos, sin embargo su mala disipación de calor no los hacen factibles por el momento, ya que requieren un sobredimensionamiento grande que hacen que pierdan las ventajas del reducido peso. La básica composición del material de los discos es la fundición gris nodular de grafito laminar, que contiene entre un 92% y un 93% de hierro.

Además del hierro, hay otros componentes básicos tales como el silicio, manganeso y otros garantizan la calidad de un elemento crítico en el frenado como es el disco. En el siguiente grafico veremos el porcentaje de los materiales, que nos muestra que el porcentaje de los diferentes materiales y el hierro, bordean el 93% del total, el resto de materiales bordean entre el 7% y el 8% del resto de composición total del disco.

Figura 32: Constitución de los discos de freno



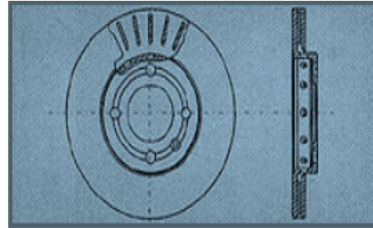
Fuente:

<http://www.museoseat.com/biblioteca/manuals%20varis/Manual%20tecnico%20pastillas%20freno.pdf>

El “Manual técnico de la pastilla de frenos”, define ala forma del disco de freno como:

**3.9.1 Forma del disco de freno.** La forma de los discos de frenos es la misma siempre, tiene una superficie circular perfectamente plana. A continuación veremos las soluciones que se incorporaron para un mejoramiento de disipación de calor del disco.

Figura 33: Gráfica en dos vistas del disco de freno



Fuente:

<http://www.museoseat.com/biblioteca/manuals%20varis/Manual%20tecnico%20pastillas%20freno.pdf>

- **La pista.** Superficie en la cual se da la acción de roce entre las pastillas y el disco. Su fabricación es de tal manera que su potencia de disipación se aproxime al valor de  $250 \text{ W/cm}^2$ , pero este valor varía dependiendo de la forma del disco, por lo que si este es ventilado su valor de potencia de disipación puede alcanzar un valor de  $750 \text{ W/cm}^2$ . Mucho más de dichos valores, pueden aparecer daños en el disco, como deformaciones geométricas, grietas, depósitos de material de fricción u otros que ocasionarían el daño irreversible del disco.
- **Fijación.** Esta fijación está situada en la parte central del disco. Existe un taladro donde se encuentra el buje, así como por la parte posterior un chaflán que debe juntarse perfectamente en la mangueta para que el ajuste del disco sea el adecuado. Alrededor del taladro donde se aloja el buje, la fijación tiene un cierto número de taladros que permiten el paso de los pernos de anclaje de la rueda.
- **La campana.** Es el cilindro que une la banda, con el plano de fijación. En ciertos casos dentro de la campana se aprovecha para montar un pequeño sistema de freno de tambor de accionamiento mecánico, para que sirva de freno de estacionamiento.
- **El filtro térmico.** El filtro térmico es un canal mecanizado, que separa la pista de la fijación, para mermar el calor que va de la pista hacía la campana. Con este

canal se evita el calentamiento excesivo de la llanta y por lo tanto del neumático que ya sufre los efectos de la temperatura por su propio uso.(museoseat, 2011)

Estos discos tienen que cumplir dos funciones importantes como son, transmitir su energía a la atmósfera como un radiador y circular el aire a su alrededor como lo haría un ventilador.

La geometría del disco se dispone para que sea posible la circulación del aire desde la campana hacia todo el exterior de la pista cumpliendo así una de las funciones ya mencionadas, en disco macizo se da que mientras mayor sea la temperatura que se adquiere mayor va a ser la velocidad de dicho aire.

Cuando mayor es la energía térmica disipada, las superficies de un disco macizo ya no son suficientes. Si se quisiese aumentar el tamaño tendríamos la condición impuesta por el tamaño de la rueda, la solución sería el disco ventilado que permite más disipación térmica en el mismo espacio.

Figura 34: Corriente de aire en los discos de freno



Fuente:

<http://www.museoseat.com/biblioteca/manuals%20varis/Manual%20tecnico%20pastillas%20freno.pdf>

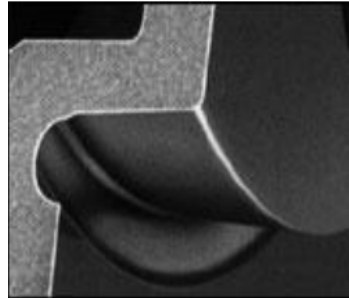
Este disco ventilado tiene dos pistas separadas por aletas en su interior. Estas aletas aseguran la conexión del disco admitiendo el paso de aire en su interior. Gracias a estas aletas, tenemos un enfriamiento del disco tanto exterior como interior.

Este intercambio de energía depende de la forma y la orientación de las aletas un una gran parte, porque en muchos casos las aletas están opuestas al movimiento del aire en su interior por lo que esto no es negativo para su utilidad.



Normalmente los discos son radiales y por lo que su colocación en la rueda izquierda o derecha, no afecta a las propiedades autoventilantes. Sin embargo existe alguna aplicación que se especifica en qué lado se debe ubicar para su mayor aprovechamiento ya que no sería lo más óptimo cambiar su ubicación.

Figura 35: Ranura de ventilación



Fuente:

<http://www.museoseat.com/biblioteca/manuals%20varis/Manual%20tecnico%20pastillas%20freno.pdf>

Entre las mejoras más importantes para reducción de la temperatura que alcanza la campana del disco, tenemos una ranura en forma de canal en la zona situada entre la campana y la banda frenante del disco, lo que antes hemos llamado filtro térmico. La sección de paso de calor se merma, el gradiente térmico aumenta, es decir, la diferencia de temperatura entre un lado del canal y el aumenta, lo cual hace que la temperatura de la campana disminuya.

La importancia de todo esto es que el calor que se traslada a la llanta y por consiguiente a la goma del neumático disminuye, obteniendo con esto que no sufra en aumento la carcasa del neumático. Conseguimos también una disminución en la deformación del disco al disminuirse la temperatura de la campana y sus consiguientes tensiones térmicas.

### **3.10 Freno de tambor**

Este sistema de freno es utilizado en los vehículos de gama media o baja debido a las pocas prestaciones que han de tener este tipo de vehículos. Los frenos de tambor generalmente se montan en los ejes traseros de los vehículos ya que en el eje trasero se soporta menos exigencias energéticas.

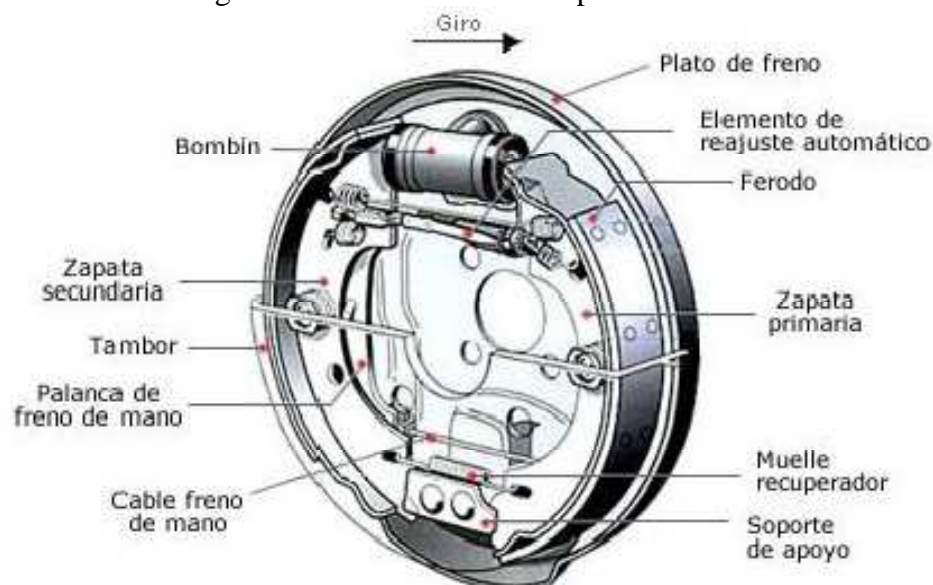
Los inconvenientes que tiene el utilizar disco de tambor son varios tales como; esfuerzo desigual en el momento de la frenada dando con esto un desgaste desigual entre las zapatas de freno, tenemos también problemas en la refrigeración del tambor y un incremento en el recorrido del sistema de mando de freno al producirse un desgaste en las zapatas. Pero, por el contrario, dispone de unas ventajas sobre los discos de freno; una superficie de frenado mayor y un reparto mejor de los esfuerzos tangenciales que se producen durante la frenada.

**3.10.1 Funcionamiento.** El mando de freno tiene la misión de separar las zapatas y poner en contacto las guarniciones con el tambor. La recuperación es efectuada por un muelle.

Durante el movimiento el tambor tiende a arrastrar a las zapatas. Por lo cual la zapata primaria va a sostenerse sobre su articulación de tal manera que el rozamiento aumente y la frenada sea mejor. Por otra parte, la zapata secundaria tiende a realizar menor presión sobre el tambor: esto se produce porque que generalmente la guarnición secundaria es la más corta.

Estos tipos de frenos deben tener un buen ajuste de conjunto para obtener una frenada óptima, ya que con este ajuste se obtiene que las zapatas una vez montadas no rocen sobre el tambor, para así obtener una frenada equilibrada entre las ruedas del mismo eje.

Figura 36: Gráfica interna del plato de freno

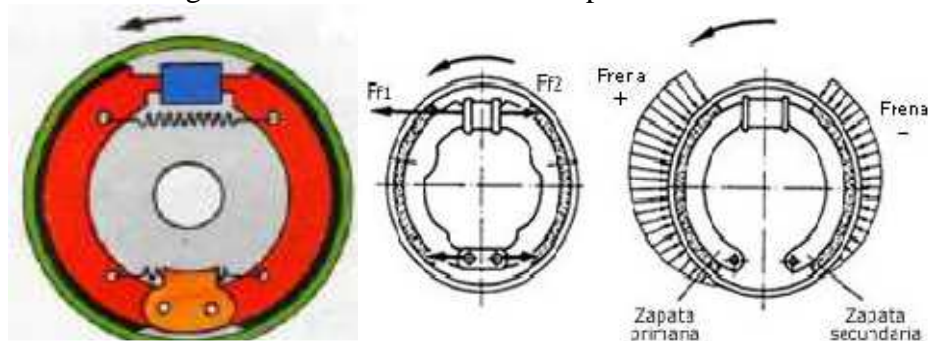


Fuente: <http://www.mecanicavirtual.org>

**3.10.2 Clase de frenos de tambor.** La clasificación de los frenos de tambor son diferenciados por su tipo de sistema de ajuste automático de desgaste.

**3.10.2.1 Zapatas flotantes.** Este freno de tambor se caracteriza por que las zapatas tienen un punto de apoyo fijo sobre el que pivotan al ser accionadas. Este sistema consta de un bombín de freno de doble efecto.

Figura 37: Freno de tambor de zapatas flotantes



Fuente: <http://www.cdr.es/uploads/MFG/Los%20Frenos.pdf>

Al momento de accionar el pedal de freno las zapatas primarias como secundarias se ponen en contacto con el tambor de freno.

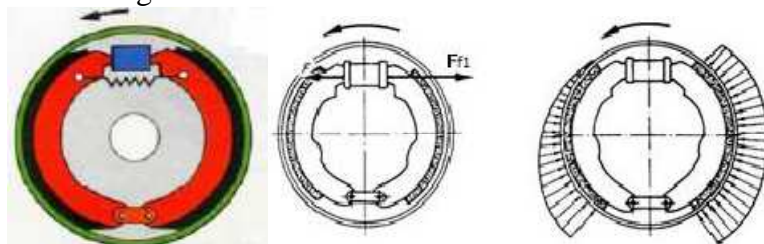
Una característica principal de este tipo de freno es que la zapata de freno primaria, por su montaje que es apoyado en el tambor en contra del giro del mismo obteniendo una presión ejercida superior sobre la superficie de frenado del tambor.

De otro modo la zapata secundaria se apoya en el tambor en el sentido de giro del mismo, por lo que la zapata tiende a salir rechazada, dando una menor presión ejercida sobre el tambor, respecto a la zapata primaria.

Debido a que la presión ejercida por las zapatas no es homogénea en toda la superficie de frenado, tenemos un inconveniente de no haber una frenada muy eficaz.

**3.10.2.2 Auto-arrastre.** Este tipo de freno comprende dos zapatas primarias en serie, aumentando el efecto de auto bloqueo, que son empujadas una a otra por medio de una biela de acoplamiento.

Figura 38: Freno de tambor de auto-arrastre

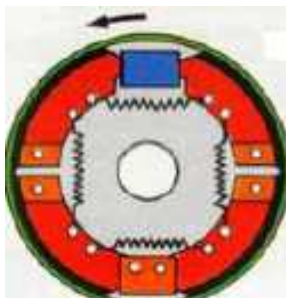


Fuente: <http://www.cdr.es/uploads/MFG/Los%20Frenos.pdf>

Este freno es muy eficaz, pero al mismo tiempo muy sensible a las variaciones del coeficiente de rozamiento. En este freno tenemos esfuerzos más elevados de frenado y las zapatas ejercen igual esfuerzo en cada sentido de giro. En frenos americanos son muy empleado este tipo de freno.

**3.10.2.3** “Farkas”. Este tipo de freno, para mejorar el apoyo de las zapatas en el tambor, utiliza cuatro zapatas en lugar de dos.

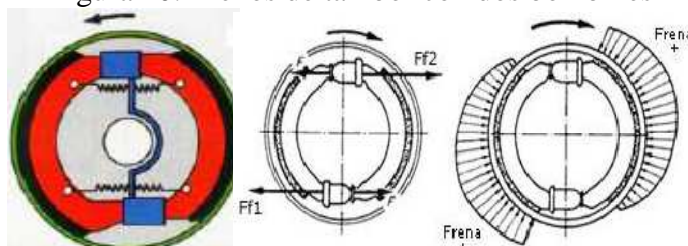
Figura 39: Freno de tambor “Farkas”



Fuente: <http://www.cdr.es/uploads/MFG/Los%20Frenos.pdf>

**3.10.2.4** Con dos bombines. Este tipo de freno tiene dos zapatas primarias montadas en serie constituido de un apoyo en el que pivotan al ser accionado, disponen de dos bombines de freno simples, de tal manera que el bombín de freno de una zapata sirve de punto de apoyo para la otra.

Figura 40: Frenos de tambor con dos bombines



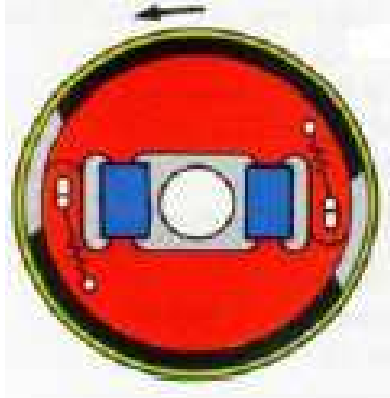
Fuente: <http://www.cdr.es/uploads/MFG/Los%20Frenos.pdf>

Este sistema consigue que ambas zapatas primarias al ser accionadas se apoyen contra el tambor de freno en contra de su giro, obteniendo así una frenada más eficaz ya que la presión que se tiene por las mismas es más uniforme en toda la zona de frenado del tambor.

Son más sensibles a las variaciones de coeficiente de fricción que puedan sufrir los forros de las zapatas.

**3.10.2.5** *Termoestable.* Constituida por dos bombines de doble efecto y dos zapatas tensadas. Este sistema nos muestra la ventaja de una buena estabilidad técnica, pero es de una eficacia media.

Figura 41: Freno de tambor termoestable



Fuente: <http://www.cdr.es/uploads/MFG/Los%20Frenos.pdf>

**3.10.3** *Métodos de aproximación automática del juego de desgaste.* Estos mecanismos son importantes para aproximar automáticamente la distancia, entre zapata y tambor, que se genera por el desgaste de los forros.

Al mismo tiempo, también ocasiona un progresivo aumento en la distancia a recorrer por el pedal.

Con estos sistemas se trata de mantener siempre la misma distancia entre los forros de las zapatas y el tambor de freno, permitiendo lo siguiente:

- En la posición de reposo las zapatas no rocen con el tambor de freno.

- Mantener asimétrica la distancia entre los forros de las zapatas y el tambor, para de tal forma tener una frenada óptima y segura.
- Obtener que las zapatas se apoyen contra el tambor en su punto máximo para así bloquear el tambor.
- Obtener una frenada progresiva durante el desplazamiento de las zapatas.

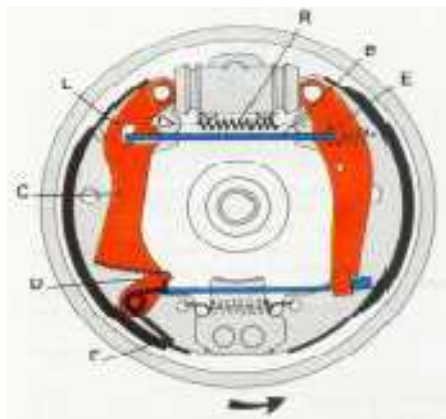
Tenemos dos tipos de sistema de aproximación automática existen dos tipos, el sistema Bendix y el Lucas Girling.

### 3.10.3.1 *Sistema Bendix.*

#### *Detalles.*

- Un levier C articulado sobre la zapata primaria en su parte superior y dentado en su parte inferior.
- Un gatillo dentado D que se engrana bajo la acción de un muelle F sobre el levier de reajuste C.
- Se encuentra fijada a la zapata secundaria por un muelle E y que engrana con C a través de la ventanilla L la Bieleta B.
- Determina la aproximación ideal entre zapatas y tambor un juego J.
- Mantiene las zapatas en reposo un muelle R.

Figura 42: Tambor de freno bendix



Fuente: <http://www.cdr.es/uploads/MFG/Los%20Frenos.pdf>

## ***Funcionamiento.***

### **Frenada**

Al ser superior al juego  $j$  entre zapatas y tambor, las zapatas se apartan, la zapata secundaria acciona la bieleta B, y desplaza también al levier C (luego de caminar el juego J). El levier C se recorre y pasa un número de diente sobre el gatillo D correspondientes al juego a aproximar.

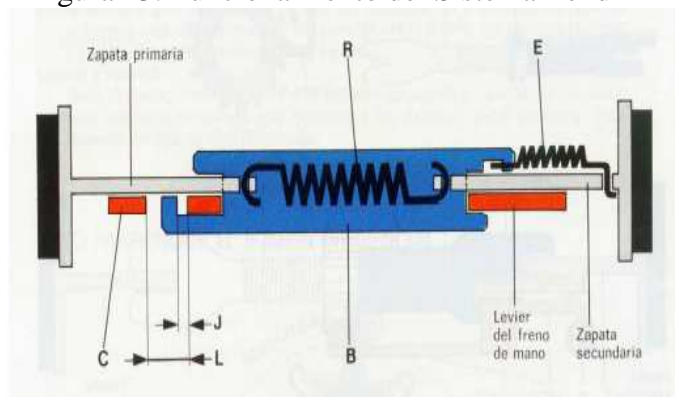
### **Desfrenada**

El levier C no logra retornar por el gatillo dentado D.

El muelle R concibe que las zapatas realicen contacto contra la bieleta B por la labor del levier C.

El juego J establece entonces el juego correcto entre zapatas y tambor.

Figura 43: Funcionamiento del Sistema Bendix



Fuente: <http://www.cdr.es/uploads/MFG/Los%20Frenos.pdf>

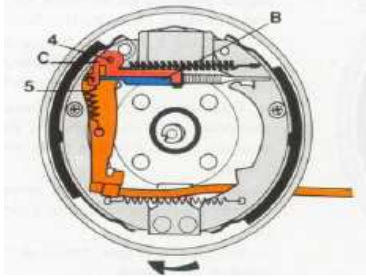
### **3.10.3.2 Sistema Lucas Girling**

#### ***Detalle***

- Una bieleta B de longitud variable mediante una rueda moleteada 3, un empujador fileteado 1 y un vástago 2.
- Un levier C solidario y articulado en 4 sobre el levier de freno de mano y manteniendo contacto con la bieleta B por un muelle 5.

- El levier C tiene un diente en contacto con la rueda 3.

Figura 44: Tambor Lucas Girling



Fuente: <http://www.cdr.es/uploads/MFG/Los%20Frenos.pdf>

**Funcionamiento.**

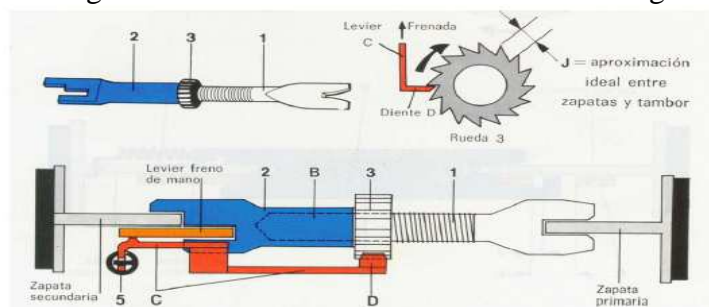
**Frenada:**

- Las zapatas se apartan y libran así la bieleta B.
- El levier C pivota en su eje 4 con la ayuda del muelle 5 y hace que gire la rueda del empujador 1 con el diente D: la bieleta B se prolonga.
- Si hay una separación pequeña, el esfuerzo realizado por el resorte 5 no es suficiente para girar la rueda 3 y la distancia de la bieleta no varía.

**Desfrenada:**

- Al regresar las zapatas, el levier C retorna a su lugar inicial, su diente D va hacia delante de los dientes de la rueda 3 sin girarla.
- El estiramiento de la bieleta B ha logrado disminuir el juego entre zapatas y tambor.

Figura 45: Funcionamiento del Sistema Girling



Fuente: <http://www.cdr.es/uploads/MFG/Los%20Frenos.pdf>



Los componentes del tambor de freno son; zapatas de freno, muelles de recuperación, cilindro receptor de freno (bombín de freno), articulación fija y tambor.

**3.10.4 Junta fija.** Es un punto de apoyo de las zapatas en donde oscilan para realizar la fuerza y frenar el tambor. En muchos casos esta articulación fija se convierte en un componente desplazable, de tal manera que una zapata mueve a la otra.

**3.10.5 Tambor.** Es el elemento delegado a cerrar el sistema y mediante las zapatas de freno, provocar el cambio de la energía cinética en energía calorífica. La energía calorífica es impregnada por el mismo y transmitida al exterior. La superficie interior es la pista en la que las zapatas rozan.

**MATERIAL:** Los tambores normalmente son metálicos fabricado con hierro fundido generalmente tratado.

Figura 46: Tambor



Fuente: <http://www.museoseat.com/biblioteca/manuals%20varis/Manual%20tecnico%20pastillas%20freno.pdf>

**3.10.6 Zapatas de freno.** Están formadas por dos chapas de acero en forma de media luna soldadas y revestidas en su exterior por los forros de freno, los cuales son los que realizan el frenado debido a la fricción con el tambor estos forros van pegados, remachados, y en algunos casos atornillados en la zapata. En caso de ser atornillados estos cuentan con un rebaje para evitar que dicho tornillo roce con el tambor de freno, el pegado ayuda a la amortiguación de vibraciones reduciendo así los ruidos que éstas ocasionan mientras se realiza el frenado.

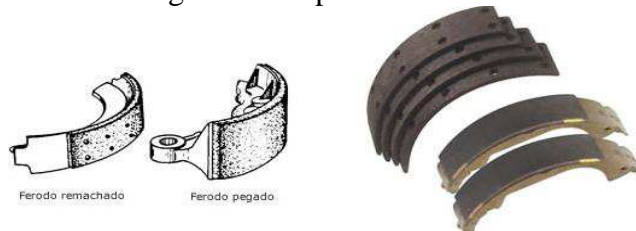
Las zapatas de freno se dividen en dos; zapatas primarias o comprimida y zapatas secundarias o tensadas:

**Las zapatas primarias.** Aquellas que con ayuda de la fuerza de rozamiento tiende a desplazarlas al interior del tambor.

**Las zapatas secundarias.** Al contrario que las primarias son las que la fuerza de rozamiento tiende a desplazarlas al exterior del tambor.

**MATERIAL:** son del mismo material que las pastillas de freno.

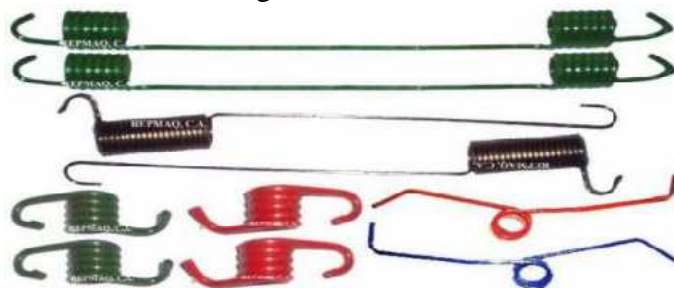
Figura 47: Zapatas de frenos



Fuente: <http://www.mecanicavirtual.org>

**3.10.7 Muelle de recuperación.** Se encarga de retornar a su posición inicial a las zapatas después de haber realizado la acción de frenado.

Figura 48: Muelles



Fuente: <http://cagua.olx.com.ve/resortes-para-frenos-automotriz-iid-15490943>

**3.10.8 Cilindro receptor.** Es el que transmite y transforma la presión hidráulica, que se ejerce sobre el pedal de freno a las zapatas, en un movimiento longitudinal.

Los principales componentes de bombines de freno son; cilindro, embolo, guardapolvo y muelle de retorno.

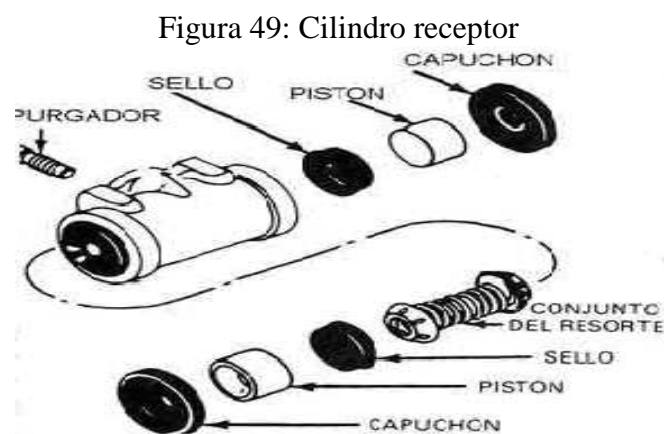
- **El cilindro.** es carcasa del conjunto. En el cual se encuentran todos los elementos así también es donde va sujeto al plato de freno, porque tiene los dos orificios el uno que sirve para la purga del sistema y el otro es para la conexión de la cañería.

- **El émbolo.** es el encargado de comunicar el movimiento longitudinal a las zapatas para que se trasladen hacia el tambor. También posee una junta tórica para impedir que haya alguna fuga de líquido de freno.
- **El muelle de retorno.** es el componente que se encarga de retornar a la posición de inicio a los émbolos una vez que haya acabado la presión del frenado, éste va ubicado en el émbolo y centrado sobre la junta tórica del mismo.
- **El guardapolvo.** es el componente que culmina el conjunto por la parte del émbolo y tiene como función su finalidad no dejar que ingresen humedad ni impurezas dentro del cilindro.
- **El retén.** es de un material de caucho que tiene como función impedir la presencia de fuga de líquido de freno.

Generalmente, va ubicado sobre una entalladura que le sirve de alojamiento y detención para no dejar que se deslice con respecto al émbolo, otorgando así que permanezca fijo.

- **El purgador.** es un tornillo que nos permite abrir y cerrar la salida de líquido del bombín al exterior ya que es hueco en su interior.

Su función principal es retirar todo el aire que se encuentre dentro del bombín y que sólo quede líquido de freno.



Fuente: <http://automecanico.com/auto2036/rearb2.html>

## CAPÍTULO IV

### 4. BANCO DE PRUEBAS

#### 4.1 Detalle del banco de pruebas

Con el propósito de realizar las pruebas experimentales previstas y poder simular el comportamiento de un sistema de frenos en el banco de pruebas. Este dispone de todos los elementos existentes en un sistema convencional de un automóvil que se hallan ubicados en la bancada.

En la siguiente foto se puede observar el banco de pruebas que hemos elaborado:

Figura 50: Banco de pruebas armado



Fuente: Autores

**4.1.1 El pedal de freno.** El pedal de freno instalado en el banco de pruebas, es del modelo del automóvil HYUNDAI -ACCENT.

La relación de palanca del pedal de freno es 4.265 según las medidas obtenidas.

Figura 51: El Pedal de freno



Fuente: Autores

**4.1.2** *El servofreno y cilindro maestro tándem.* El servofreno y cilindro maestro instalados en el banco de pruebas, son de la casa Chevrolet y son diseñados para un modelo de Suzuki forza 2 con especificaciones:

- SERVOFRENO SUZUKI SJ 410 1.0 |
- UNIT No. 09.81 - 12.88

Figura 52: El Servofreno Hidrovac



Fuente: Autores

Especificaciones del cilindro maestro principal:

- cilindro maestro de freno Suzuki bomba maestro
- oem: 0558036
- diam: 20.64mm

Figura 53: El Cilindro maestro tándem



Fuente: Autores

**4.1.3 El disco de frenos.** Los discos de freno instalados en el banco de pruebas, es del modelo del automóvil HYUNDAI-ACCENT, con especificaciones:

- Diámetro: 241 mm.
- Espesor: 19 mm.
- Alto: 53 mm.
- Diámetro de agujero central: 63 mm.
- Número de orificios: 4+2.
- Material: De carbono y baja aleación.

Figura 54: El Disco de freno



Fuente: Autores

**4.1.4 Las pinzas de frenos.** Las pinzas de freno instaladas en el banco de pruebas, es del modelo del automóvil HYUNDAI-ACCENT, con especificaciones:

- Diámetro externo del cilindro: 22.68 mm.
- Diámetro interno del cilindro: 14.15 mm.
- Espesor del cilindro: 4.25 mm.
- Material: Hierro fundido.

Figura 55: La Pinza de freno



Fuente: autor

**4.1.5** *Las mazas de frenos.* Las mazas de freno instalado en el banco de pruebas, es del modelo del automóvil HYUNDAI- ACCENT, con especificaciones:

- Diámetro de la maza: 121 mm.
- Espesor de la maza: 11.8 mm.
- Material: De carbono y baja aleación.

Figura 56: Las mazas de freno



Fuente: Autores

**4.1.6** *El tambor de frenos.* En este banco de pruebas se utilizaron tambores de freno del modelo DATSUN 1200, con las siguientes especificaciones:

- Diámetro interior del tambor: 220 mm.
- Diámetro exterior del tambor: 246 mm.

Figura 57: El Tambor de freno



Fuente: Autores

#### 4.2 Detalle de los componentes del sistema adquisición de datos

Después de haber armado el sistema de freno en el banco didáctico de freno, procedimos a la instalación de los elementos electrónicos (sensores de presión, celda de carga, potenciómetro) para luego adaptarlos a la tarjeta de adquisición de datos con el objetivo de obtener los datos necesarios para poder realizar el análisis pertinente una vez descargados en la PC.

Los principales parámetros a considerar en este sistema de freno son los que a continuación se detalla:

- ***Presión del líquido de frenos en las pinzas de freno delanteras***

Se instaló un sensor para conocer la presión que ejerce el líquido frenos en las pinzas de freno.

- ***Presión del líquido de frenos en los tambores de freno***

Se instaló un segundo sensor para conocer la presión ejercida del líquido de freno en los tambores de freno.

- ***Fuerza ejercida sobre el pedal de freno.***

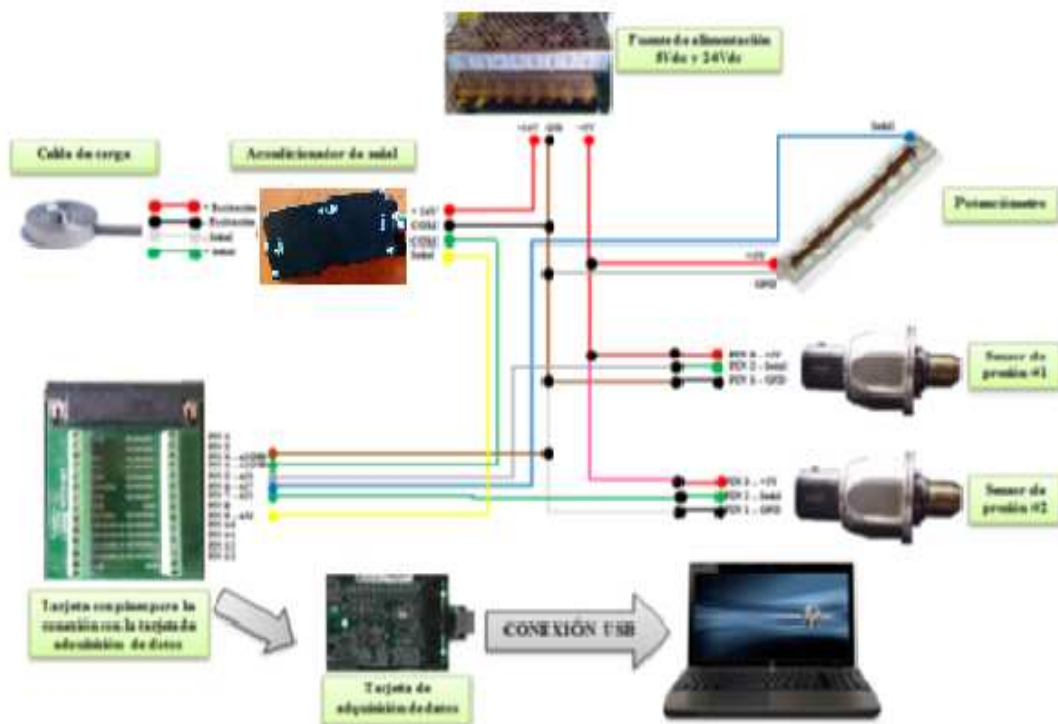
También se procedió a instalar una celda de carga en el pedal para medir la fuerza aplicada en el momento del frenado.

- ***Recorrido del pedal de freno.***





Figura 59: Detalle de la conexión de elementos electrónicos del banco didáctico



Fuente: Autores

**4.2.1 Sensores de presión.** Para poder conocer la presión del líquido de frenos en las pinzas de freno de disco del eje delantero y la presión del líquido de frenos en los tambores del eje posterior, se ha colocado un sensor de presión para cada eje en el banco de pruebas.

En las pruebas dará a notar una diferencia en la presión del líquido en los frenos delanteros y posteriores. Se colocara estos dos sensores para medir las presiones en los frenos delanteros y en los frenos posteriores, y diferenciar los cambios existentes en el transcurso de las pruebas.

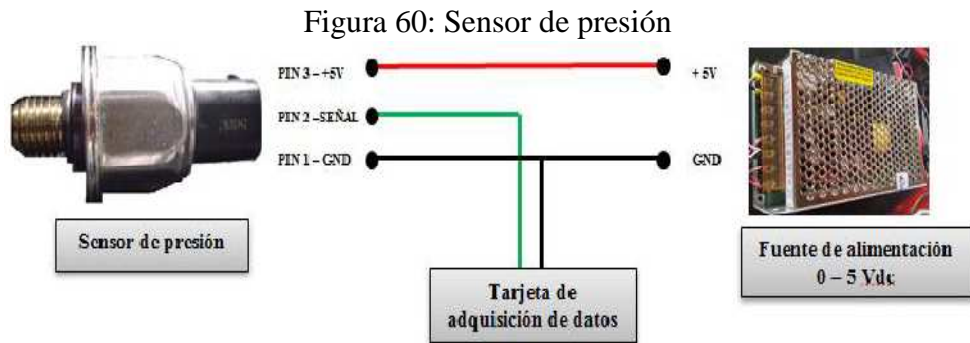
Los sensores de presión de frenos utilizados son de la serie 59150-2E500 de la compañía HYUNDAI.

Los dos sensores son iguales y con las siguientes especificaciones técnicas:

- La alimentación para los transductores es de 5 voltios de corriente continua, provenientes de una fuente de alimentación.
- El rango de presiones para los transductores será de 0 a 25 MPa.

- El rango de la señal de salida será de 0 a 5 voltios, que captaremos con la tarjeta de adquisición de datos según la presión a la que este expuesta.

El esquema de conexión eléctrica del sensor de presión:



**4.2.2 Potenciómetro lineal.** Para medir el desplazamiento del pedal de freno, se ha instalado un potenciómetro lineal, que unido a la varilla de entrada de la bomba de freno nos dará a conocer la posición del pedal, tanto en el momento de frenado como en el momento de retorno del pedal.

Para esta prueba se ha utilizado un potenciómetro lineal con las siguientes especificaciones técnicas:

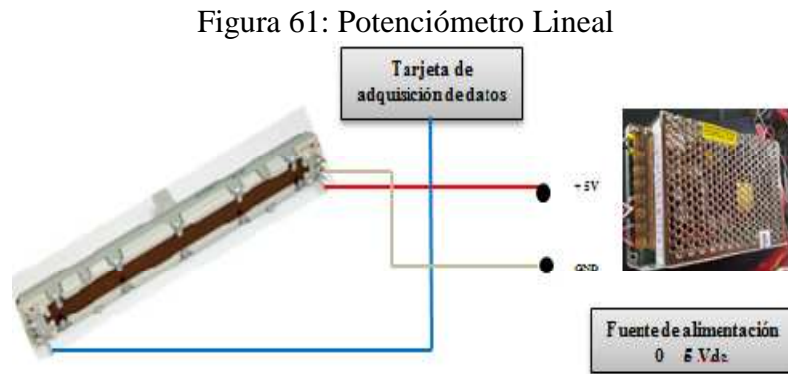
Potenciómetro ajustable de 10k. Permite variaciones lineales de resistencia, proporcionando a la salida del potenciómetro, un voltaje proporcional a la posición de la perilla

Al tener una señal de salida máxima de 5 Vdc en el potenciómetro, y al ser éste lineal y de 6.5 centímetros de longitud, tendremos que la equivalencia entre recorrido y tensión de salida será de 1 voltio equivalente a 1.3 cm. de recorrido.

- Longitud de 6.5 centímetros, suficientes para medir los desplazamientos del pedal durante el proceso de frenado.
- La alimentación del potenciómetro es de 5 voltios de corriente continua, provenientes de una fuente de alimentación.

- El rango que captaremos de la señal de salida es de 0-5 V, con la tarjeta de adquisición de datos.

En la figura siguiente se presenta el esquema de conexión eléctrica del potenciómetro:



Fuente: Autores

**4.2.3 Acondicionador y celda de carga.** El acondicionador elegido para realizar las pruebas es de modelo YOKOGAWA, con las siguientes especificaciones:

Tabla 5: Especificaciones acondicionador de señal

Amplifier		Bridge Supply	
Gain		Fixed Output	+10V ±1.5%
Adjustment Range	333 to 1000	Temperature Coefficient	0.05% / °C
Input for 10V Output	10mV to 30mV	Load Current	30mA Max
Linearity: 0 to 10V Out	±0.01%	<b>Power Requirements</b>	
Temperature Coefficient	0.05% / °C	Voltage	18 to 26 VDC
Input Offset Voltage	±70µV	Input Current (1 - 350 Ohm Bridge)	40 mA
Temperature Coefficient	0.7µV / °C	<b>Environment</b>	
Common Mode Voltage	0 to +5 Volts	Operating Temperature	0°C to +55°C
Common Mode Rejection - DC	100 dB	Storage Temperature	-40°C to +80°C
Input Noise	0.3µV pp Typ	<b>Size</b>	
0.1Hz to 10Hz		Size	1.65"H x 1.06"W x 3.78"L (42 x 27 x 96mm)
<b>Output</b>		Weight	3 oz. (85g)
Output Range	0V to +10V	<b>Agency Approval</b>	
Load Current	5mA Max	UL, CE	UL508, UL1604, CE Pending
Frequency Response	DC to 10Hz		
2 Pole Filter			
Total RMS Gain			
Temperature Coefficient	0.007% / °C		

Fuente: <http://www.omega.com/manuals/manualpdf/M4738.pdf>

Para poder configurar el acondicionador de señal YOKOGAWA Especificaciones versátiles de la entrada-salida que satisfacen una amplia gama de usos. Dos salidas aisladas Output-1 puede ser cambio para la C.C. de 1 a 5 V o 4 a la C.C. de 20 mA por el interruptor del back-panel. La C.C. también aislada de 1 a 5 V de Output-2 está disponible (MA5D, MH5D, MU5D, MS5D).

Figura 62: Acondicionador de señal

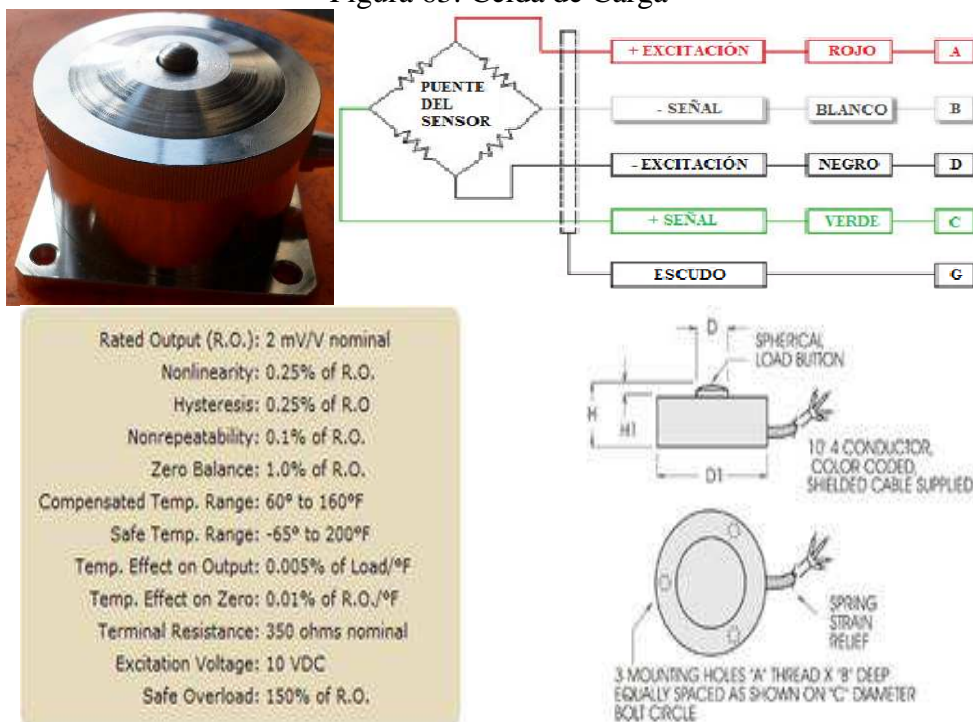


Fuente: Autores

Sirve para medir la fuerza ejercida sobre el pedal de freno en el proceso de frenado, se ha instalado una celda de carga.

En la siguiente figura se muestra el esquema conexión eléctrica de la celda de carga y sus características:

Figura 63: Celda de Carga



Fuente: <http://www.transducertechniques.com/lbo-load-cell.cfm>

Tabla 6: Especificaciones de la celda de carga

**DIMENSIONS (INCHES)**

MODEL	CAPACITY LBS.	D DIA.	D1 DIA.	H	H1	BUTTON RADIUS	A THREAD UNC	B THREAD DEPTH	C BOLT CIRCLE	NATURAL RINGING FREQUENCY HZ	DEFLECTION INCHES	WT. OZS.
LBO-100A	100	.21	1.000	.40	.05	2.0	4-40	.22	.750	25,000	.001	1.0
LBO-100	100	.32	1.240	.40	.07	2.0	6-32	.22	1.000	25,000	.001	1.2
LBO-250	250	.32	1.240	.40	.07	2.0	6-32	.25	1.000	25,000	.001	1.2
LBO-500	500	.32	1.240	.40	.07	2.0	6-32	.25	1.000	28,000	.001	1.2
LBO-750	750	.32	1.240	.40	.07	2.0	6-32	.25	1.000	25,000	.001	1.2
LBO-1K	1,000	.32	1.240	.40	.07	2.0	6-32	.25	1.000	32,000	.001	1.3
LBO-2K	2,000	.32	1.240	.40	.07	2.0	6-32	.25	1.000	25,000	.001	1.3
LBO-3K	3,000	.45	1.490	.62	.08	4.0	6-32	.25	1.250	28,000	.002	3.0
LBO-5K	5,000	.45	1.490	.62	.08	4.0	6-32	.25	1.250	22,000	.002	3.0
LBO-10K	10,000	.45	1.490	.62	.08	4.0	6-32	.25	1.250	24,000	.002	3.0
LBO-15K	15,000	.60	1.990	1.00	.12	6.0	6-32	.25	1.625	20,000	.002	8.0
LBO-20K	20,000	.60	1.990	1.00	.12	6.0	6-32	.25	1.625	20,000	.002	9.0
LBO-30K	30,000	.60	1.990	1.00	.12	6.0	6-32	.25	1.625	15,500	.002	9.0
LBO-50K	50,000	.80	2.990	1.50	.18	6.0	6-32	.25	2.375	10,000	.003	33.0

Fuente: <http://www.transducertechniques.com/lbo-load-cell.cfm>

Para esta prueba se ha utilizado una celda de carga con las siguientes especificaciones técnicas:

- La capacidad de la celda de carga para medir es de 11 lb y queda definida por la carga que el conductor puede llegar a realizar en una situación de frenado.
- La alimentación de la celda de carga es de 10 voltios de corriente continua, proveniente del acondicionador de señal.
- La señal de salida de la celda de carga es de 2mV/V, 20mV.

**4.2.4 Tarjeta de adquisición de datos.** Esta tarjeta es para recibir las señales eléctricas provenientes de los sensores situados en el banco didáctico de pruebas, ha sido necesario el uso de una tarjeta de adquisición de datos.

La tarjeta de adquisición de datos es de modelo NI USB-6009 OEM de la casa NATIONAL INSTRUMENTS.

Figura 64: Tarjeta de adquisición de datos



Fuente: <http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/en/nid/202752>

La tarjeta de adquisición de datos se conectará a través del puerto USB del PC. Esta conexión proporciona un voltaje de salida de +5V para la alimentación de la tarjeta, y también comunicación entre la tarjeta y el ordenador. Las conexiones que se utilizarán para la adquisición de los datos de los sensores, serán las siguientes entradas:

Tabla 7: Descripción de conexión en la tarjeta con sus respectivos sensores

TARJETA DE ADQUISICIÓN DE DATOS	ENTRADA DE PINES	SENSORES
Canal de entrada 2 - Pin 7	Pin 7	Sensor de presión del circuito delantero.
Canal de entrada 3 - Pin 5	Pin 5	Sensor de presión del circuito posterior.
Canal de entrada 6 - Pin 8	Pin 9	Celda de carga.
Canal de entrada 7 - Pin 6	Pin 6	Potenciómetro.

Fuente: Autores

Los pines de la tarjeta para las conexiones se mostrarán en la siguiente figura:

Figura 65: Pines de la tarjeta de adquisición de datos

+5 V	34	33	PFI 0
D GND	32	31	P1.3
P1.2	30	29	P1.1
P1.0	28	27	P0.7
P0.6	26	25	P0.5
P0.4	24	23	P0.3
P0.2	22	21	P0.1
P0.0	20	19	D GND
LED	18	17	D+
VBUS	16	15	D-
AI GND	14	13	AI GND
AI 4 (AI 0-)	12	11	AI 0 (AI 0+)
AI 5 (AI 1-)	10	9	AI 1 (AI 1+)
AI 6 (AI 2-)	8	7	AI 2 (AI 2+)
AI 7 (AI 3-)	6	5	AI 3 (AI 3+)
AI GND	4	3	AI GND
AO 1	2	1	AO 0

Fuente: <http://www.ni.com/pdf/products/us/371728b.pdf>

Las especificaciones de la tarjeta se indican en la siguiente tabla:

Tabla 8: Descripciones de la tarjeta de adquisición de datos

<b>Analog Input</b>	
Converter type .....	Successive approximation
Analog inputs.....	8 single-ended, 4 differential, software selectable
Input resolution	
NI USB-6009.....	14 bits differential, 13 bits single-ended
Max sampling rate (aggregate) <sup>1</sup>	
NI USB-6009.....	48 kS/s
AI FIFO .....	512 bytes
Timing resolution .....	41.67 ns (24 MHz timebase)
Timing accuracy.....	100 ppm of actual sample rate
Input range	
Single-ended.....	±10 V
Differential.....	±20 V <sup>1</sup> , ±10 V, ±5 V, ±4 V, ±2.5 V, ±2 V, ±1.25 V, ±1 V
Working voltage.....	±10 V
Input impedance.....	144 kΩ
Overvoltage protection.....	±35
Trigger source.....	Software or external digital trigger
System noise <sup>2</sup>	
Single-ended	
±10 V range.....	5 mVrms
Differential	
±20 V range.....	5 mVrms
±1 V range .....	0.5 mVrms
<b>Analog Output</b>	
Analog outputs.....	2
Output resolution .....	12 bits
Maximum update rate .....	150 Hz, software-timed
Output range .....	0 to +5 V
Output impedance.....	50 Ω
Output current drive.....	5 mA
Power-on state .....	0 V
Slew rate .....	1 V/μs
Short circuit current .....	50 mA
Absolute accuracy (no load) .....	7 mV typical, 36.4 mV maximum at full scale
<b>Digital I/O</b>	
Digital I/O	
P0.<0..7> .....	8 lines
P1.<0..3> .....	4 lines
Direction control.....	Each channel individually programmable as input or output
Output driver type	
NI USB-6009.....	Each channel individually programmable as active drive (push-pull) or open collector (open-drain)
Compatibility.....	TTL, LVTTTL, CMOS
Absolute maximum voltage range .....	-0.5 to 5.8 V with respect to GND
Pull-up resistor .....	4.7 kΩ to 5 V
Power-on state.....	Input
<b>External Voltage</b>	
+5 V output (200 mA maximum) .....	+5 V typical, +4.85 V minimum
+2.5 V output (1 mA maximum).....	+2.5 V typical
+2.5 V accuracy .....	0.25% max
Reference temperature drift .....	50 ppm/°C max
<b>Bus Interface</b>	
USB specification .....	USB 2.0 Full-Speed
USB bus speed.....	12 Mb/s

Fuente: <http://www.ni.com/pdf/products/us/371728b.pdf>



**4.2.5 Ordenador PC.** Para adquirir, y analizar todos los resultados se dispone de un PC conectado a la tarjeta de adquisición de datos y posterior al banco didáctico de pruebas.

### **4.3 Software para el banco de pruebas**

El software utilizado es LabView para la obtención de datos del banco de pruebas de frenos “Hidrovac” es compatible con la tarjeta de adquisición de datos NI USB-6009 OEM que usaremos para las pruebas.

**4.3.1 Detalle del programa.** Este programa es para graficar las pruebas, esto significa que los programas no se escriben, sino que se dibujan, facilitando su comprensión.

La principal característica del programa es la facilidad de uso. Este nos facilitará la obtención de los datos de las pruebas realizadas.

El programa consta de dos partes principales y diferenciadas:

- **Panel frontal.** es la interfaz con el usuario, la utilizamos para interactuar con el usuario cuando el programa se está ejecutando.

Los usuarios podrán observar los datos del programa actualizados, es decir cómo van fluyendo los datos. En esta pantalla están ubicados los *controles* que son los que usamos como entradas, estos pueden ser botones, marcadores etc. Y los *indicadores* que son los usamos como salidas, estos pueden ser gráficas.

- **Diagrama de bloques.** es el programa propiamente dicho, donde se define su funcionalidad, aquí se colocan íconos que realizan una determinada función y se interconectan (el código que controla el programa).

**4.3.2 Detalle del programa de adquisición de datos Hidrovac.** El programa se encargará de reunir y guardar los datos de los sensores, celda de carga y potenciómetro del banco didáctico de pruebas mediante la tarjeta de adquisición de datos para ser analizados.

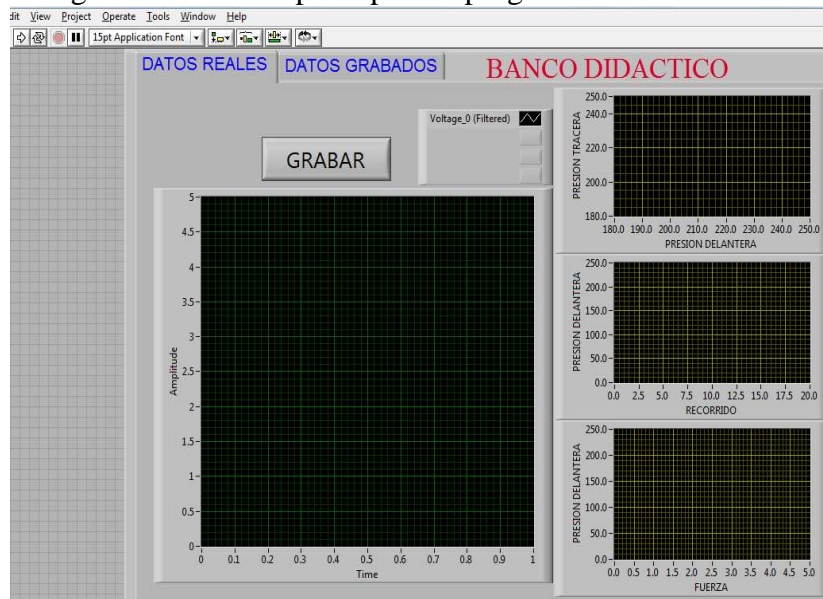
Figura 66: Acceso directo programa banco didáctico



Fuente: Autores

Al abrir el programa aparecerá la siguiente pantalla principal, la cual permitirá obtener una vista previa de los resultados adquiridos una vez se haya concluido la prueba.

Figura 67: Pantalla principal del programa banco didáctico



Fuente: Autores

En esta pantalla principal se observan cuatro gráficas:

- Esta gráfica nos mostrará las señales de cada uno de los sensores del banco de pruebas representadas en curvas en función del tiempo.

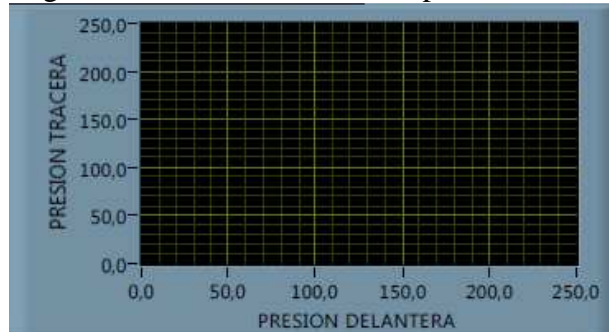
Figura 68: Pantalla de señales principales



Fuente: Autores

- Esta gráfica nos mostrará la curva característica de frenado, obtenida mediante la presión de frenado posterior en función de la presión de frenado delantera.

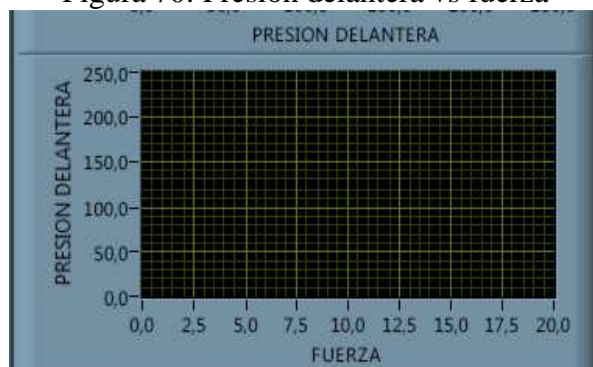
Figura 69: Presión delantera vs presión trasera



Fuente: Autores

- Esta gráfica nos mostrará la presión, obtenida mediante la presión de frenado delantero en función de la fuerza ejercida sobre el pedal de freno.

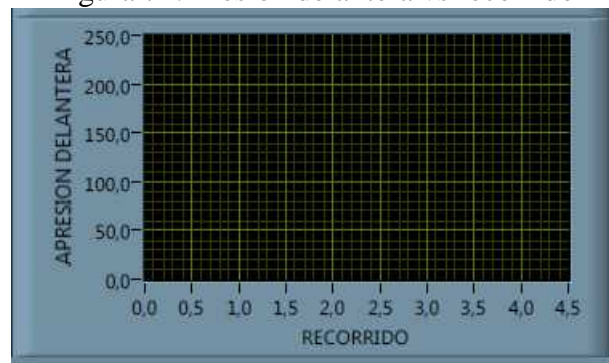
Figura 70: Presión delantera vs fuerza



Fuente: Autores

- Esta pantalla no mostrara la gráfica de presión delantera con respecto al recorrido del pedal.

Figura 71: Presión delantera vs recorrido

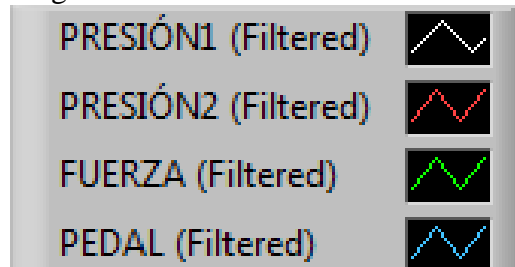


Fuente: Autores

Adicionalmente:

- En la parte izquierda se presenta la denominación de cada sensor del banco de pruebas con su respectivo color de curva.

Figura 72: Denominación de sensores



Fuente: Autores

En la parte superior de la pantalla está el botón datos grabados, y los envía a una base de datos para para posteriormente analizar.

Figura 73: Datos grabados



Fuente: Autores

En la parte inferior se encuentran cuatro botones que son:

- El botón GRABAR DATOS permite iniciar y finalizar la adquisición de datos una vez que se ha verificado que todas las señales mostradas en la pantalla son correctas.

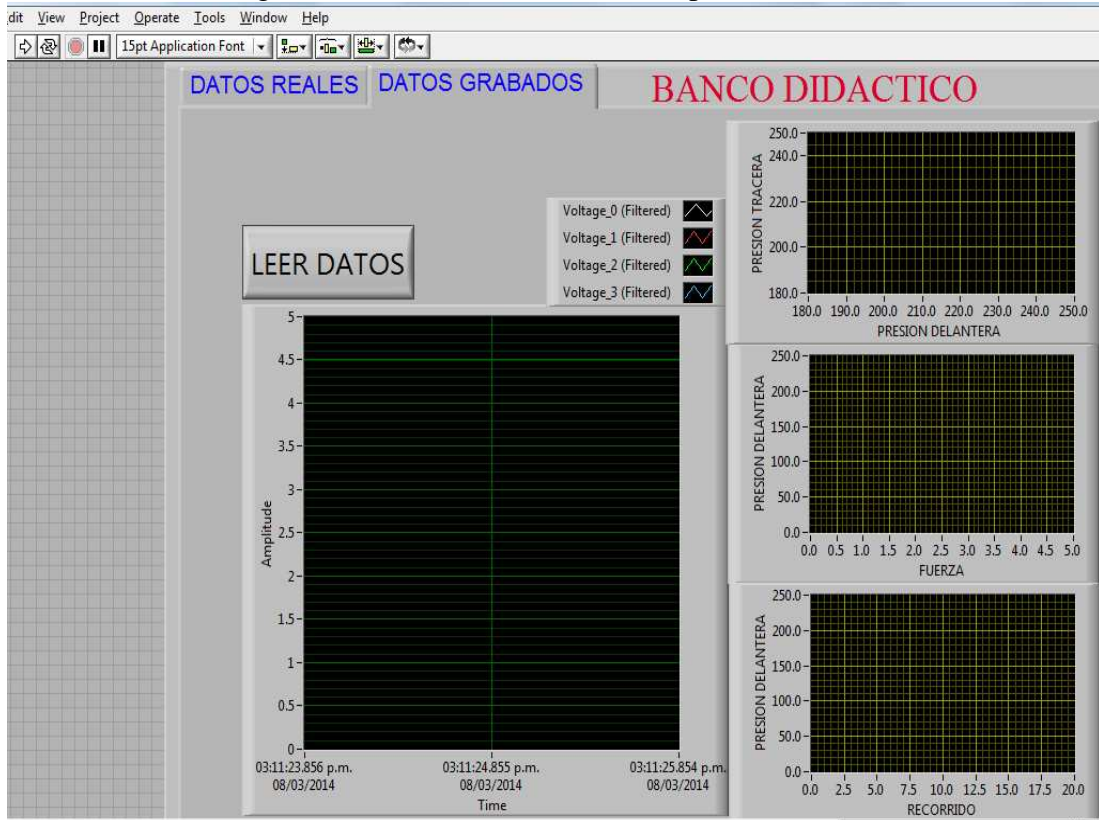
Figura 74: Botones de la pantalla principal



Fuente: Autores

En el programa BANCO DIDÁCTICO tiene una pantalla secundaria al pulsar el botón DATOS GRABADOS, la cual permitirá observar y analizar los datos obtenidos de la pantalla principal al finalizar la prueba exitosamente.

Figura 75: Pantalla secundaria de reporte de datos



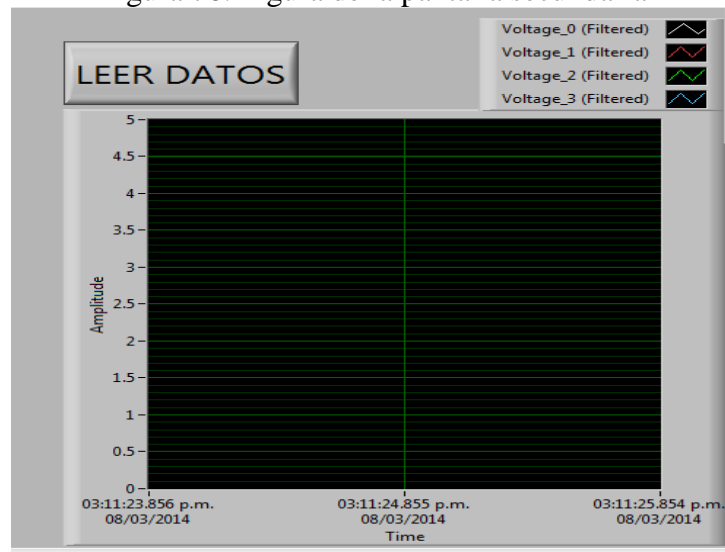
Fuente: Autores

En esta pantalla secundaria se observan cuatro gráficas:

- La gráfica de la izquierda nos mostrará las curvas de cada uno de los sensores del banco de pruebas que se han grabado de la pantalla principal del programa.
- La gráfica superior derecha nos mostrará la curva característica de frenado, obtenida mediante la presión de frenado posterior en función de la presión de frenado delantera.
- La gráfica intermedia derecha nos mostrará la curva característica del servofreno, obtenida mediante la presión de frenado delantero en función de la fuerza ejercida sobre el pedal de freno.
- La gráfica inferior derecha nos mostrará la curva característica de carrera, obtenida mediante la presión de frenado delantera en función del recorrido del pedal.

Todas las gráficas se despliegan al pulsar el botón LEE DATOS

Figura 76: Figura de la pantalla secundaria



Fuente: Autores

Adicionalmente:

- En la parte superior izquierda se presenta la denominación de cada sensor del banco de pruebas con su respectivo color de curva.

Figura 77: Denominación de los sensores

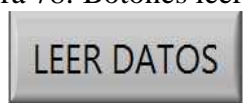


Fuente: Autores

En la parte inferior se encuentran tres botones que son:

- El botón LEE DATOS despliega las curvas con los datos de archivos guardados anteriormente, para ser analizados.

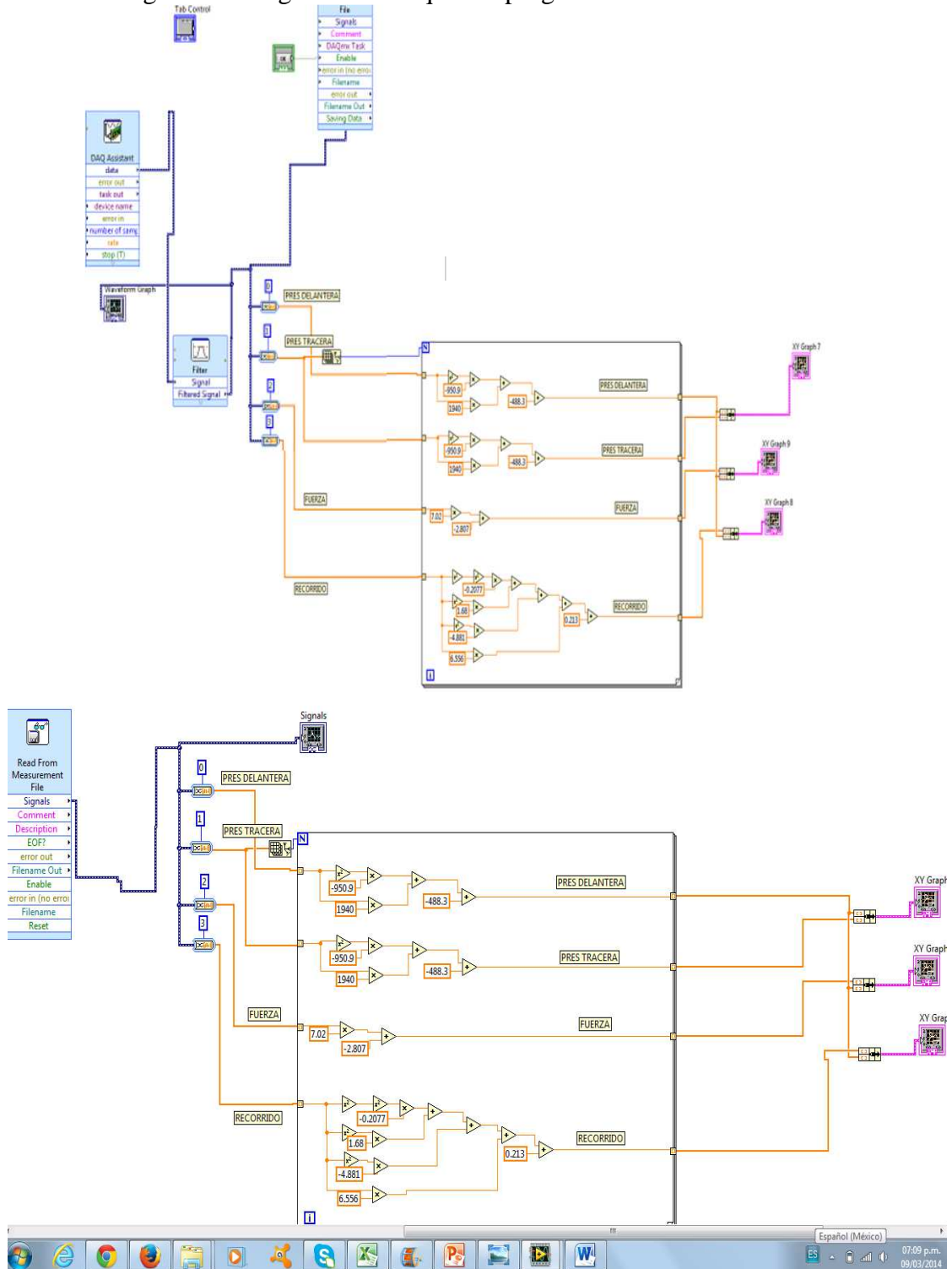
Figura 78: Botones leer datos



Fuente: Autores

A continuación se indica la programación gráfica que ha sido necesaria para ejecutar el programa BANCO DIDÁCTICO HIDROVAC, y así observar el diagrama de flujo que siguen todos los datos, desde la tarjeta de adquisición de datos hasta el archivo de Excel que se guardará en el ordenador.

Figura 79: Diagrama de bloque del programa del banco didáctico.



Fuente: Autores

## Procedimiento de la prueba

Para iniciar el proceso de adquisición de datos, en la pantalla principal del programa se procederá a pulsar el botón GRABAR e interactuar con el momento de presionar el pedal de freno para obtener las curvas en las pruebas, iniciando así la recolección de datos de los cuatro sensores por medio de la tarjeta, los cuales serán almacenados en un archivo grabado. Para realizar un análisis más detallado de los resultados se pulsará el botón DATOS GRABADOS, el cual desplegará una pantalla secundaria, en la que aparecerá un botón de LEER DATOS la que nos permitirá cargar los datos grabados.

A continuación se presenta la pantalla del programa cuando hemos acabado de realizar una prueba en el banco:



Fuente: Autores

**4.3.3 Macro de Excel.** Al haber elaborado un macro de Excel se puede analizar de una manera rápida y sencilla los resultados obtenidos por el banco didáctico, que al introducir los datos obtendremos los datos necesarios para estudiar el comportamiento de los elementos de frenado existentes en el banco didáctico.



Los datos que indica el macro se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 9: Macro de Excel

<b>TABLA DE DATOS</b>		
Fuerza de ataque/practica	11,83	Kgf
Presión delantera máx.	346,2128	Psi
Presión trasera máx.	578,2256	Psi
Recorrido máximo	3,7141	Plg
Diferencia de presiones	232,0128	Psi

Fuente: Autores

## CAPÍTULO V

### 5. FASE DE PRUEBAS

Después de realizar la prueba de frenado y obtener los datos que nos da el banco didáctico, podremos realizar el estudio del servofreno. En seguida los estudios que podemos hacer y las características principales de los mismos.

#### 5.1 Curva de la relación de presión de frenado

Esta curva es la que se compara con la relación de presión que existe entre la presión de frenado de las ruedas posteriores con respecto a la presión que existe en las ruedas delanteras. Es la curva que muestra el punto teóricamente óptimo de reparto de frenada al que se debe llegar al momento de aprovechar al máximo la frenada. Sin embargo, es difícil, llegar a estar en la práctica sobre la curva de frenado y tener una eficacia del 100%. Prácticamente se tiene una recta de frenado que se aproximará lo mayor posible a la curva de frenado.

En el automóvil se encuentran bastantes tipos de curvas de frenos dependiendo esto de la carga en la que se encuentre el vehículo, el estado y el nivel del líquido que pasa en el sistema.

Los principales puntos que vamos a encontrar en la recta de frenado son los siguientes:

Figura 81: Curva de la relación de presión de frenado.



Fuente: <http://www.aficionadosalamecanica.net/frenos-5.htm>

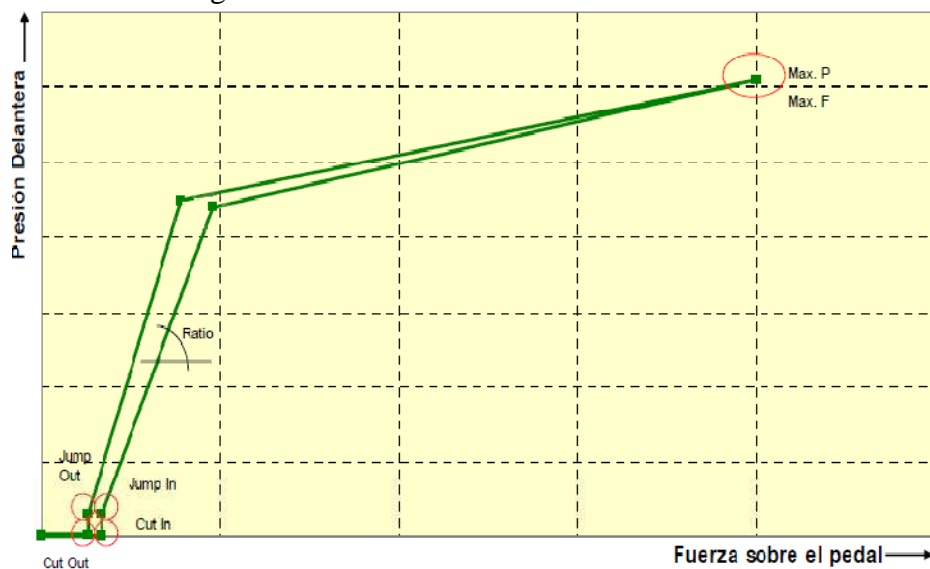
## 5.2 Curva característica del servofreno

Esta curva es la que relaciona la presión existente en el circuito de freno delanteros con relación a la fuerza que se le es aplicada sobre el pedal, esta curva se la estudia según los niveles de vacío a los cuales está sometido el servofreno.

Los puntos de análisis en esta curva son:

- **Fuerza de Ataque o “Cut In” (lb).** Es aquella fuerza que es aplicada sobre el pedal de freno, por lo cual se obtiene la presión de salida en el circuito de frenado. Con el recorrido del pedal no obtenemos presión en el circuito de frenado, esto depende del fabricante generalmente es de 2mm.
- **Salto o “Jump In” (psi).** Es el incremento de presión existente cuando hay presión en los circuitos de frenado.
- **Pendiente de la recta de asistencia o “Ratio”.** Es la pendiente que hay cuando está en funcionamiento el servofreno, la cual cambia dependiendo del fabricante o el tipo de vehículo.
- **Max Presión (psi).** Es la presión al momento de tener el recorrido máximo del pedal, momento en el cual el cilindro maestro tándem hace tope.

Figura 82: Curva característica del servofreno



Fuente: <http://www.aficionadosalamecanica.net>

### 5.3 Test de carrera

El test de carrera es la relación de la presión obtenida en el circuito de freno delantero en función del recorrido del pedal de freno.

En la gráfica siguiente observamos un ejemplo de test de carrera:



Fuente: <http://www.xtremeracers.info/forums/viewtopic.php?f=45&t=9305&start=75>

### 5.4 Pruebas realizadas

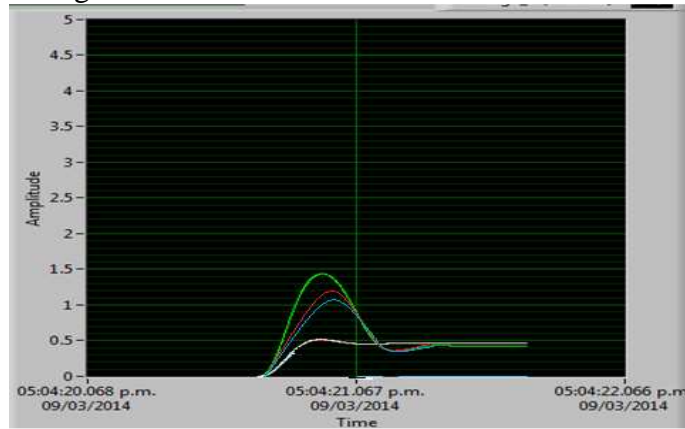
Estas pruebas realizadas se basan en el funcionamiento del circuito con la presencia de servofreno y sin la presencia de servofreno y éstas son:

- Prueba con utilización servofreno.
- Prueba sin utilización de servofreno.

En todas las pruebas se mostrara la pantalla en la cual se obtuvo la señal de cada uno de los sensores así como también las señales de la celda de carga y el potenciómetro lineal.

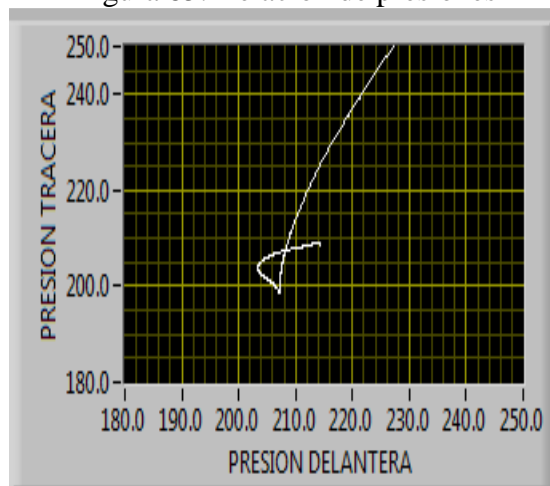
**5.4.1 Prueba 1: curvas con utilización de servo freno.** En la gráfica siguiente observaremos las curvas generadas con el vehículo funcionando con servofreno.

Figura 84: Curvas con utilización de servofreno



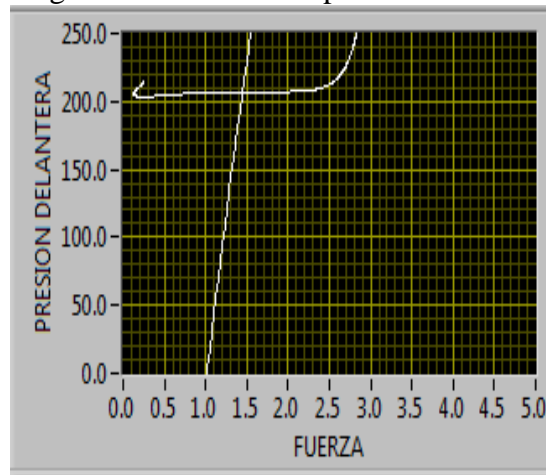
Fuente: Autores

Figura 85: Relación de presiones



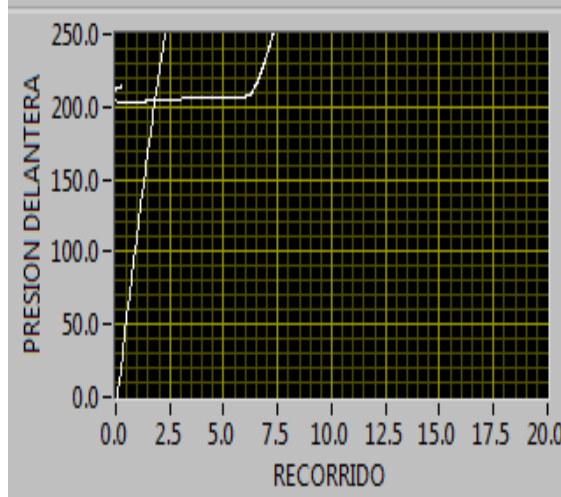
Fuente: Autores

Figura 86: Relación de presión vs fuerza



Fuente: Autores

Figura 87: Relación de presión vs recorrido



Fuente: Autores

Después de realizarlas pruebas y de obtener los datos que fueron enviados a Excel se puede realizar un estudio de los mismos y tomar de ellos los puntos más importantes que veremos siguiente tabla.

Tabla 10: Análisis de datos con utilización de servo frenos

TABLA DE DATOS		
Fuerza de ataque/practica	5,5575	Kgf
Presión delantera máx.	260,6308	Psi
Presión trasera máx.	255,5030	Psi
Recorrido máximo	1,4613	Plg
Diferencia de presiones	5,1278	Psi

Fuente: Autores

Cálculos de comprobación:

Reducción del factor de multiplicación del servofreno

$$P = \frac{P_{servo}}{2}$$

$$P = \frac{258,0669 \frac{lbf}{plg^2}}{2}$$

$$P = 129,0335 \frac{lbf}{plg^2} \quad \text{Presión del servo freno}$$

Fórmula de Presión

$$P = \frac{F}{A}$$

$$F = P * A$$

$$F = P * \pi r^2$$

$$F = 129,0335 \frac{lbf}{plg^2} * \pi(0,2785plg)^2$$

$$F = 129,0335 \frac{lbf}{plg^2} * 0,243669plg^2$$

$$F = 31,4415lbf \quad \text{Fuerza sobre el émbolo del cilindro}$$

Fórmula del seno de un ángulo

$$\sin \alpha = \frac{\text{cateto opuesto}}{L_1 + L_2}$$

$$\sin \alpha = \frac{30,708 plg}{27,559plg + 3,937plg}$$

$$\alpha = \sin^{-1} 0,974981$$

$$\alpha = 77,1570^\circ \quad \text{Ángulo de inclinación del pedal}$$

Fórmula de la fuerza sobre el pedal de freno

$$F_o = F_p * \cos \alpha * \frac{L_2 + L_1}{L_1}$$

$$F_p = \frac{F_o}{\cos \alpha * \frac{L_2 + L_1}{L_1}}$$

$$F_p = \frac{31,4415\text{ lbf}}{\cos 77,175 * \frac{27,559\text{ plg} + 3,937\text{ plg}}{3,937\text{ plg}}}$$

$$F_p = \frac{31,4415\text{ lbf}}{0,223 * 8}$$

$$F_p = \frac{31,4415\text{ lbf}}{1,784}$$

$$F_p = 17,6241 \text{ lbf}$$

$$F_p = 8,0111 \text{ kgf}$$

Cálculo del porcentaje de error

$$F_{\text{calculado}} = 8,0111\text{ kgf} \quad F_{\text{práctica}} = 7,2700 \text{ kgf}$$

$$E = \frac{(F_{\text{calculado}} - F_{\text{práctica}}) * 100}{F_{\text{calculado}}}$$

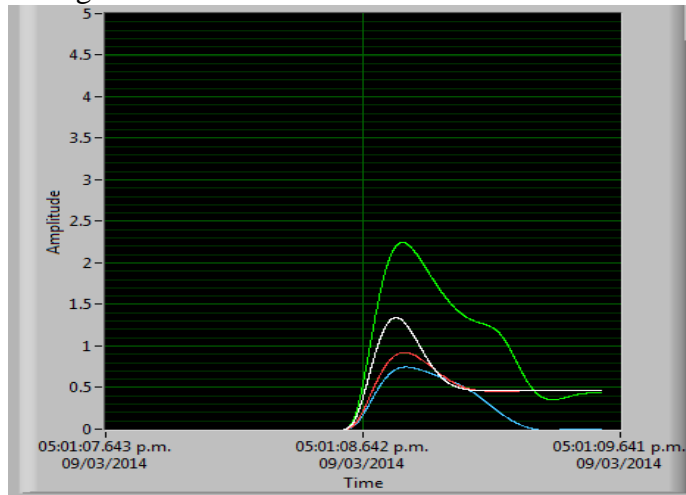
$$E = \frac{(8,0111\text{ kgf} - 7,2700\text{ kgf}) * 100}{8,0111\text{ kgf}}$$

$$E = 9,2494\%$$

**5.4.2 Prueba 2: curvas sin utilización de servo freno.** En la gráfica siguiente observaremos las curvas generadas con el vehículo funcionando sin servofreno.

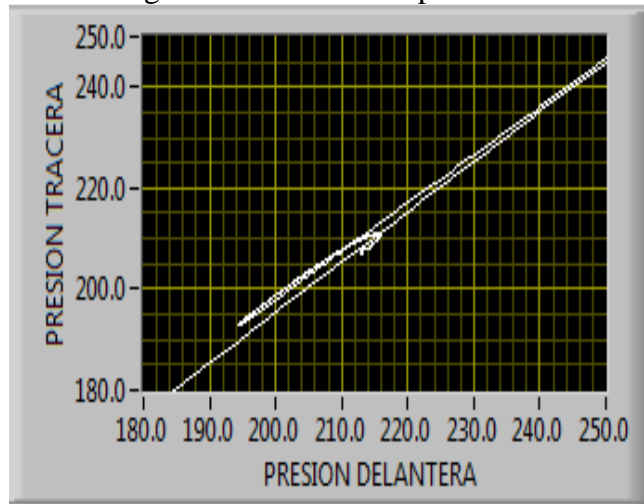


Figura 88: Curvas sin utilización de servofreno.



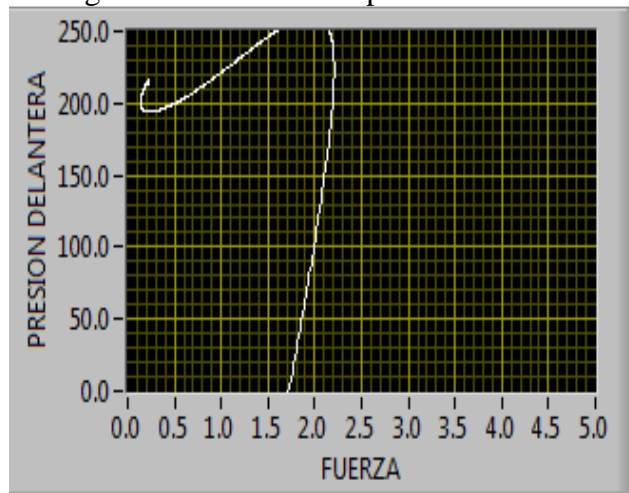
Fuente: Autores

Figura 89: Relación de presiones.



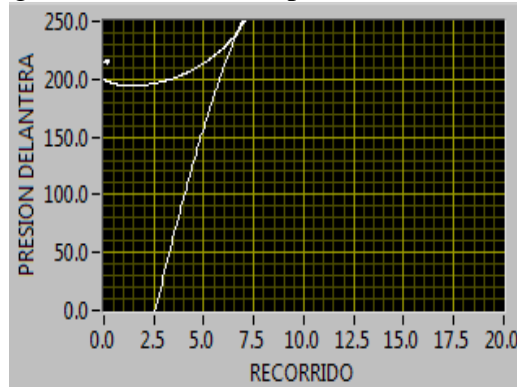
Fuente: Autores

Figura 90: Relación de presión vs fuerza.



Fuente: Autores

Figura 91: Relación de presión vs recorrido.



Fuente: Autores

Después de realizar las pruebas y de obtener los datos que fueron enviados a Excel se puede realizar un estudio de los mismos y tomar de ellos los puntos más importantes que veremos siguiente tabla.

Tabla 11: Análisis de datos sin utilización de servo freno.

TABLA DE DATOS		
Fuerza de ataque/practica	7,2700	Kgf
Presión delantera máx.	239,9067	Psi
Presión trasera máx.	250,9428	Psi
Recorrido máximo	2,0602	Plg
Diferencia de presiones	11,0361	Psi

Fuente: Autores

Cálculo de comprobación

Reducción del factor de multiplicación del servofreno

$$P = \frac{P_{servo}}{2}$$

$$P = \frac{245,4248 \frac{lb}{plg^2}}{2}$$

$$P = 122,7124 \frac{lb}{plg^2} \quad \text{Presión del servofreno}$$

Fórmula de la presión

$$P = \frac{F}{A}$$

$$F = P * A$$

$$F = P * \pi r^2$$

$$F = 122,7124 \frac{lbf}{plg^2} * \pi(0,2785plg)^2$$

$$F = 122,7124 \frac{lbf}{plg^2} * 0,243669plg^2$$

$$F = 29,9012lbf \text{ Fuerza sobre el émbolo del cilindro}$$

Fórmula del seno de un ángulo

$$\sin \alpha = \frac{\text{cateto opuesto}}{L_1 + L_2}$$

$$\sin \alpha = \frac{30,708 plg}{27,559plg + 3,937plg}$$

$$\alpha = \sin^{-1} 0,974981$$

$$\alpha = 77,157^\circ \text{ Ángulo de inclinación del pedal}$$

Fórmula de la fuerza sobre el pedal de freno

$$F_o = F_p * \cos \alpha * \frac{L_2 + L_1}{L_1}$$

$$F_p = \frac{F_o}{\cos \alpha * \frac{L_2 + L_1}{L_1}}$$

$$F_p = \frac{29,9012\text{ lbf}}{\cos 77,175 * \frac{27,559\text{ plg} + 3,937\text{ plg}}{3,937\text{ plg}}}$$

$$F_p = \frac{29,9012\text{ lbf}}{0,223 * 8}$$

$$F_p = \frac{29,9012\text{ lbf}}{1,784}$$

$$F_p = 16,7607 \text{ lbf}$$

$F_p = 7,6185 \text{ kgf}$  Fuerza sobre el pedal de freno

Cálculo del porcentaje de error

$$F_{\text{calculado}} = 7,6185\text{ kgf} \quad F_{\text{práctica}} = 5,5575 \text{ kgf}$$

$$E = \frac{(F_{\text{calculado}} - F_{\text{práctica}}) * 100}{F_{\text{calculado}}}$$

$$E = \frac{(7,6185\text{ kgf} - 5,5575\text{ kgf}) * 100}{7,6185\text{ kgf}}$$

$$E = 27,0529\%$$

## 5.5 Costos

**5.5.1 Definición de costo.** Es la valoración económica del uso o consumo de recursos necesarios para la ejecución del proyecto de tesis denominado “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DIDÁCTICO DE PRUEBAS DE FRENOS HIDROVAC PARA LA ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRÍZ”. Contemplando dentro de estos todos los valores desde su inicio hasta su finalización. Según su aplicación tenemos que los costos se clasifican en costos directos y costos indirectos.

**5.5.1.1 Costos directos.** Son aquellos que se pueden identificar en la “CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DIDACTICO DE PRUEBAS DE FRENOS HIDROVAC”. Estos costos corresponden a materiales, mano de obra, equipos y materiales comprometidas directamente con la ejecución del presente proyecto.

Tabla 12: Costos directos

<b>Cantidad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Valor unitario (\$)</b>	<b>Valor total (\$)</b>
1	Pedal de frenos	45,00	45,00
1	Servofreno	90,00	90,00
1	Cilindro maestro tándem	40,00	40,00
2	Kit de frenos delanteros (mordaza, porta mordaza, pasadores, disco, pastillas)	180,00	360,00
2	Kit de frenos traseros (tambor, zapatas, pinzas de freno)	160,00	320,00
2	Sensores de presión	120,00	240,00
1	Elaboración de Software	150,00	150,00
1	Motor de combustión de 6 hp	140,00	140,00
1	Celda de carga y acondicionador de señal	300,00	300,00
1	Potenciómetro lineal	10,00	10,00
1	Tarjeta de adquisición de datos	460,00	460,00
1	Banda	15,00	15,00
2	Poleas	15,00	30,00
1	Cañerías ,acoples y T	40,00	40,00
2	Líquido de frenos	4,00	8,00
1	Estructura metálica	150,00	150,00
2	Diferencial delantero y posterior	200,00	200,00
	<b>Total</b>	<b>2.119,00</b>	<b>2.598,00</b>

Fuente: Autores

**5.5.1.2 Costos indirectos.** Son aquellos costos que afectan al proceso de “CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DIDACTICO DE PRUEBAS DE FRENOS HIDROVAC”, razón por la cual no se puede asignar directamente al presente proyecto.

Tabla 13: Costos indirectos

Cantidad	Descripción	Valor total (\$)
	Documentación e investigación	200,00
	Transporte	150,00
	Total	350,00

Fuente: Autores

**5.5.1.3 Costos totales.** Es la sumatoria de los costos directos e indirectos en los que se ha incurrido para la “CONSTRUCCIÓN DEL BANCO DIDACTICO DE PRUEBAS DE FRENOS HIDROVAC”.

Tabla 14: Costos totales

Descripción	Valor total (\$)
Costos directos	2.598,00
Costos indirectos	350,00
Total	2.948,00

Fuente: Autores

## **CAPÍTULO VI**

### **6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **6.1 Conclusiones**

Se llevó a cabo la construcción del banco didáctico para realizar pruebas de frenado montando todo un sistema de freno y montado también los elementos electrónicos los mismos que servirán para obtener y guardar señales que serán analizadas en el software.

Se identificó cada una de las partes, y su funcionamiento, que tiene el sistema de freno de un vehículo.

Se realizó pruebas del comportamiento del banco de pruebas durante el frenado y se comparó los resultados con los datos teóricos.

Se conoció más sobre programación en LABVIEW que es un tipo de lenguaje de programación gráfico.

Se analizó resultados y se obtuvo valores de porcentajes de errores aceptables ya que hay factores que interviene para que se dé esto, como son el peso de vehículo y conductor, la adherencia a la calzada, la resistencia que ofrece el viento etc. Que no lo tenemos al realizar nuestras prácticas en el banco didáctico.

## **6.2 Recomendaciones**

Utilizar el banco didáctico de frenos Hidrovac revise bien la teoría del mismo para tener un buen conocimiento de cómo realizar las pruebas y así tener unos resultados óptimos.

Verificar todas las cañerías al momento de realizar las pruebas para evitar alguna fuga de líquido ya que si existiera estas fugas los resultados arrojados no serían los óptimos para el análisis pertinente.

Manipular el equipo electrónico con mucho cuidado para no quemar o dañar ya que son elementos muy costosos y que se consigue solo con importación por lo que es difícil su adquisición en el país.

Realizar cada prueba con la mayor precisión y cuidado posible para así evitar que nos dé como resultado un porcentaje de error muy alto ya que lo que se busca es un porcentaje mínimo.



## BIBLIOGRAFÍA

**ARROYO. 1994.** Los Frenos En El Automovil. *Los Frenos En El Automovil*. España : s.n., 1994.

**CASTRO. 2003.** manual CEAC del automovil. *manual CEAC del automovil*. España : CEAC, 2003.

**museoseat. 2011.** manual tecnico de pastilla de frenos . *www.museoseat.com*. [En línea] 11 de febrero de 2011. [Citado el: 25 de julio de 2013.] Fuente: <http://www.museoseat.com/biblioteca/manuals%20varis/Manual%20tecnico%20pastillas%20freno.pdf>.

**PAZ, Arias -. 2006.** Manual Del Automovil. *Manual Del Automovil*. España : s.n., 2006.

**slideshare. 2009.** manual tecnico de la pastilla de freno. *slideshare.net*. [En línea] 13 de septiembre de 2009. [Citado el: martes 20 de agosto de 2013.] <http://www.slideshare.net/xipri/el-sistema-de-frenado>.

**HERMOGENES.** "Resistencia de materiales" .Madrid : McGraw-Hill, 2007.

GIL H.: "Manual del automóvil reparación y mantenimiento". Cultural S.A., España, 2004.

[http://www.mecanicavirtual.org/sistema\\_abs.htm](http://www.mecanicavirtual.org/sistema_abs.htm)

<http://es.wikipedia.org/wiki/LabVIEW>