

BANCO DE PRUEBAS PARA EL ANÁLISIS Y COMPORTAMIENTO TÉRMICO DEL SISTEMA DE FRENOS DE DISCO Y TAMBOR EN AUTOMÓVILES

Patricio Vaca¹ Juan Castro² Leónidas Quiróz³

^{1,2,3,4} *Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica, Escuela Politécnica del Ejército Extensión Latacunga, Márquez de Maenza S/N Latacunga, Ecuador*
email: pvaca1989@hotmail.com, jtcastro@espe.edu.ec, laquiroz@espe.edu.ec

RESUMEN

En el presente trabajo se realizaron diferentes tipos de pruebas térmicas en el disco de freno (Macizo y perforado) usados en los vehículos automotores, para determinar las curvas de comportamiento y la disipación de calor realizadas en distintas condiciones de frenado en el Banco de Frenos.

ABSTRACT

In this work different types of thermal testing on the brake disc (Solid and perforated) used in motor vehicles were conducted to determine the performance curves and heat dissipation made in different braking conditions on the Bank Brake

I. INTRODUCCIÓN

Los Discos de Freno son elementos de seguridad del vehículo, siendo responsables de detener el vehículo en cualquier situación que se presente en la carretera.

El objetivo de este proyecto de Grado es comprobar y desarrollar una programación en LabVIEW para el monitoreo de la capacidad térmica de los discos de freno de frenos en diferentes condiciones de operación, obteniendo las curvas de disipación de calor con diferentes tipos de discos de freno.



Figura 1. Banco Térmico de discos de Freno.

II. DESARROLLO

El Banco de frenos consta de un sistema de frenos fundamental para todo vehículo y es el que le confiere la capacidad de reducir su velocidad incluso llegando a detenerlo en

cualquier índole que se presente en las vías, sí así lo decide el conductor.

El sistema de frenos de un vehículo de turismo está compuesto por los siguientes elementos:

a. SERVOFRENO



Figura 2. Servofreno utilizado en el Banco.

Es un elemento que reduce el esfuerzo que necesita el conductor para presurizar el circuito pisando el pedal, actúan por vacío es decir aprovechan la depresión que se produce en el colector de admisión. Para nuestro caso esta depresión se lo consigue con una bomba de vacío que realiza el mismo efecto, que es movida por medio de poleas conectado al motor eléctrico.

b. LÍQUIDO DE FRENOS, CONDUCTOS Y MANGUITOS.

La principal responsabilidad del líquido de frenos, conductos y manguitos es la de transmitir la presión hidráulica desde la bomba de freno a las pinzas de freno localizadas en cada una de las ruedas del vehículo.

La presión transmitida a las pinzas de freno será igual a:

$$P_{\text{Pistón}} = P_{\text{BOMBA}}$$

c. BOMBA DE FRENO.



Figura 3. Bomba de Freno utilizado en el Banco.

Es un elemento encargado de presurizar el líquido por todo el circuito hidráulico, es decir transforma la fuerza aplicada por el conductor en el pedal de freno al sistema hidráulico en forma de presión.

La bomba utilizada contiene dos pistones, colocados uno a continuación del otro, con los cuales se atiende al suministro del líquido a una presión igual para cada uno de los dos circuitos independientes

$$P_{\text{BOMBA}} = \frac{F_{\text{salida del conjunto del pedal}}}{A_{\text{area del pistón de la bomba}}}$$

c. PINZAS DE FRENO



Figura 4. Pinzas de freno utilizado en el Banco.

Es un elemento encargado de soportar las pastillas además de empujarlas contra el disco cuando se presuriza el sistema y está sometida a esfuerzos importantes durante el frenado como puede ser las temperaturas y las vibraciones.

El Banco consta de un cilindro hidráulico donde la presión aplicada por el líquido de frenos encerrado en un cilindro actúan uniforme en todas las direcciones, se ejerce simultáneamente una fuerza reactiva en el cuerpo deslizándolo sobre los pernos de guía y tira de la pastilla exterior contra el disco siendo el esfuerzo de frenado igual en ambos lados. La separación de la pastilla con el disco después de completar el proceso de frenado se obtiene por medio de la deformación controlada de la junta del pistón.

$$F_{pinza} = N_{pistón} \times P_{pistón} \times A_{pistón}$$

$N_{pistón}$ = # de pistones que actúan sobre la pastilla.

d. LÍQUIDO DE FRENO

El líquido de freno es el elemento que al ser presurizado por la bomba empuja los cilindros de las pinzas contra las pastillas, produciéndose así la acción de frenado

Las características fundamentales de los líquidos de freno son:

- Ser incompresible
- Su punto de ebullición mínimo debe ser superior a los 230 °C, es decir deben permanecer en estado líquido.
- Tener baja viscosidad para desplazarse rápidamente por el circuito.

- Su composición química debe ser lubricante para que los elementos móviles del sistema de freno.

Los líquidos más comercializados son:

DOT 4: Empleado en sistemas de (disco y Tambor) o (disco / disco) sin ABS. Su punto de ebullición es de 255 °C.

DOT 5: Utilizado para vehículos de altas prestaciones y los sistemas que tiene ABS. Su punto de ebullición es de 270 °C

III. CONSTRUCCIÓN DEL BANCO DE PRUEBAS

a. Estructura Metálica.

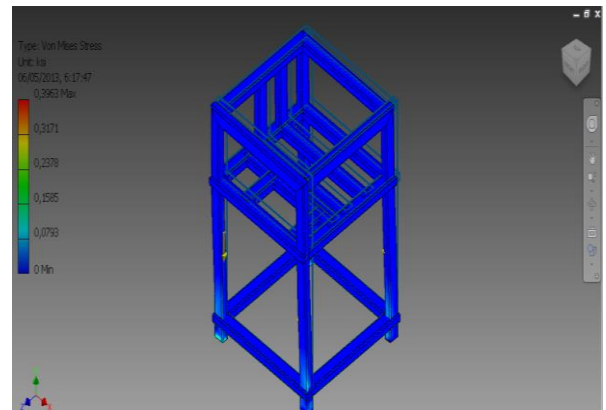


Figura 5. Estructura del Banco de Pruebas diseñado en Inventor.

El diseño mecánico es importante para la construcción de un sistema mecatrónico, es por ello que es el primer paso que se realizó en el desarrollo del proyecto, de esta manera se conoce las características físicas del sistema antes de construirlo y por medio del análisis mecánico realizar las correcciones en el diseño, obteniendo un sistema confiable y seguro. El diseño fue realizado por medio de una herramienta informática (Inventor Autodesk 2013), que

posibilita realizar los estudios mecánicos correspondientes.

Obteniendo un factor de Seguridad Optimo que me permite realizar la construcción de la estructura metálica. Y la simulación me indica que si va a soportar los pesos del sistema de frenos.

Tabla 1: Resultados del análisis de la Estructura.

Result Summary		
Name	Minimum	Maximum
Volume	1127,51 in ³	
Mass	319,77 lbmass	
Von Mises Stress	0,0000558203 ksi	0,37823 ksi
1st Principal Stress	-0,116798 ksi	0,2955 ksi
3rd Principal Stress	-0,384844 ksi	0,110711 ksi
Displacement	0 in	0,000214789 in
Safety Factor	15 ul	15 ul

(ul) es unittles, Inventor usa para representar valores sin unidades.

b. Eje del disco de freno

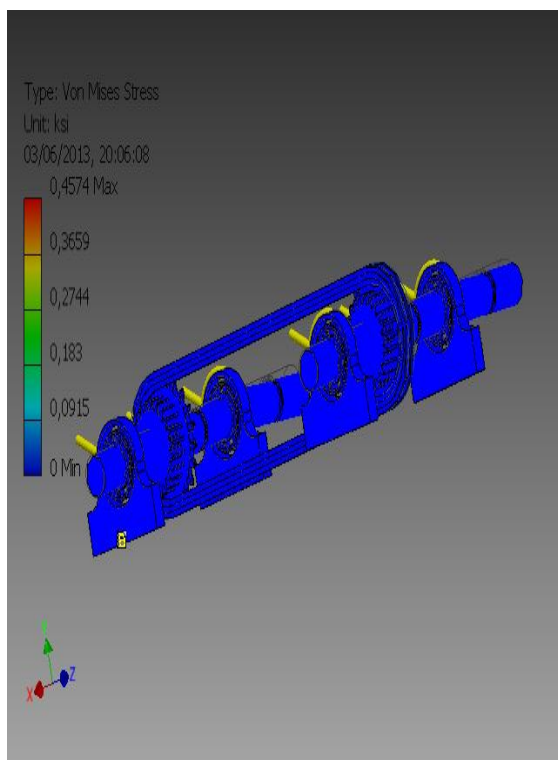


Figura 6. Eje aplicado los momentos para el análisis.

En la simulación se aplicó los momentos de 10.2 lbf y 12.5 lbf y se obtuvo un factor de seguridad satisfactorio para el ensamble del motor eléctrico con los ejes y sus componentes del sistema de frenos.

Tabla 2: Resultados del análisis del eje del disco de freno.

Result Summary

Name	Minimum	Maximum
Volume	64,0128 in ³	
Mass	18,154 lbmass	
Von Mises Stress	0 ksi	0,457081 ksi
1st Principal Stress	-0,18921 ksi	0,514785 ksi
3rd Principal Stress	-0,578876 ksi	0,175418 ksi
Displacement	0 in	0,0000225281 in
Safety Factor	15 ul	15 ul

b. Disco Perforado.

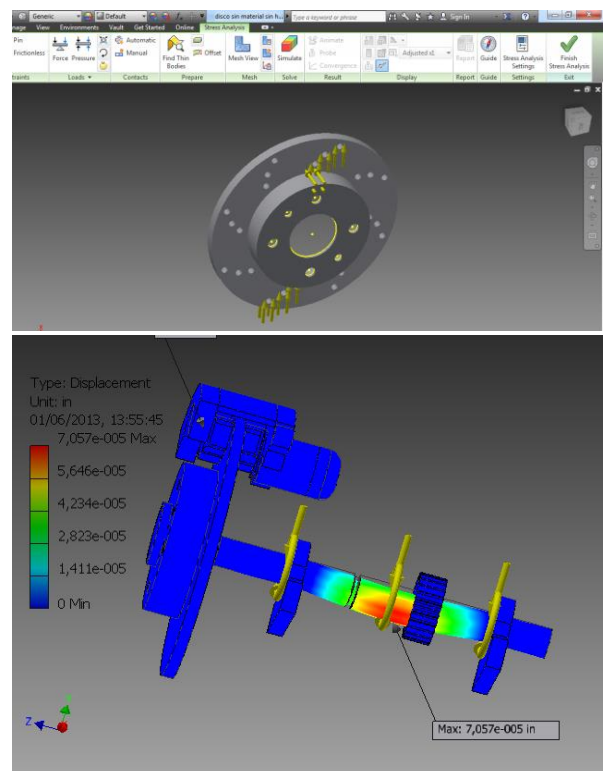


Figura 7. Disco perforado aplicado esfuerzos axiales en la superficie de contacto.

El disco perforado se diseñó en Inventor y se aplicó esfuerzos axiales en toda la superficie de contacto (pastilla de freno y disco). Y en las

perforaciones. Llegando a soportaren la simulación la fuerza de unos 989[N.]

IV. ANÁLISIS DE GRÁFICAS POR LABVIEW OBTENIDAS DE LAS PRUEBAS REALIZADAS EN LOS DISCOS DE FRENO.

a. Pantalla de inicio en labview

El programa LabVIEW nos permitirá facilitar la adquisición de datos por medio de la conexión USB (PC), para el estudio termodinámico de los discos.

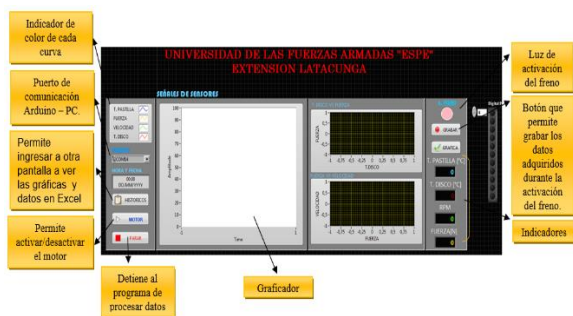


Figura 8. Pantalla de Presentación.

La pantalla en Labview contiene indicadores de valores numéricos, y de gráficos. Se pueden identificar los medidores tanto de temperatura, fuerza, velocidad que varían en cada prueba.

b. Gráfica de velocidad del disco de freno en tiempo real.

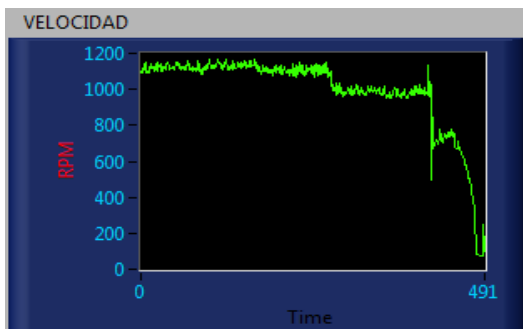


Figura 9. Curva de Velocidad [Rpm]

Las Gráficas obtenida del programa LabVIEW permite desarrollar nuestro estudio térmico,

como lo tenemos en el eje Y (la velocidad) y en el eje X el tiempo que transcurre. Podemos observar que la máxima velocidad alcanzada es de 1200 rpm, sin aplicar la fuerza de frenado.

c. Gráfica de fuerza aplicada al disco de freno en tiempo real.

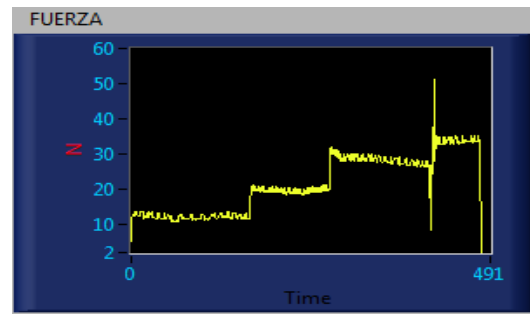


Figura 8. Curva de Fuerza [N]

El diagrama de Fuerza monitoreado en tiempo real nos señala que la fuerza ha ido incrementando constantemente hasta un valor máximo de 50[N]; en cuatro lapsos hasta que decae a cero, En el eje Y tenemos la fuerza en Newton; mientras que en el eje X esta el tiempo transcurrido.

d. Gráfica de la temperatura del disco y pastilla de freno en tiempo real.

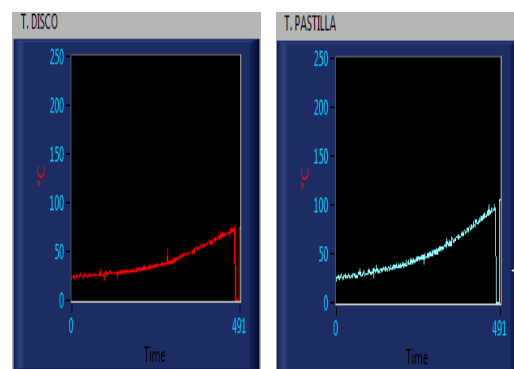


Figura 9. Curvas de Temperaturas[°C]

En los dos diagramas se evidencio con las practicas realizadas en el Banco térmico de frenos que el disco Perforado tiende a

calentarse mas rápido que el disco macizo pero que disipa de mejor manera el calor después de aplicar la fuerza de frenado; también se concluye que la pastilla sufre mas calentamiento que el disco por lo cual si queremos tener un mejor frenado todo depende de la calidad del material de construcción tanto del disco como de la pastilla, y se comprobó que el disco perforado como tiene menos material en la superficie de fricción contra la pastilla se calienta mucho mas que en el disco macizo. El disco perforado lleva aire frío a la pastilla y a la superficie del disco, lo que ayuda a enfriar la temperatura de la pastilla al tener contacto, el disco perforado tienen una mayor ventilación por lo que se enfrían más rápido.

V. DIAGNÓSTICO Y LECTURA DE LAS PRUEBAS EFECTUADAS EN LOS DISCOS DE FRENO

El programa arroja Gráficas y valores numéricos en Tablas de Excel, con el siguiente formato

Datos censados por el programa LabVIEW al inicio de la práctica.

Tabla 3: Datos iniciales censados por el Programa LabVIEW.

Disco Perforado				
FECHA	T. PASTILLA	FUERZA	VELOCIDAD	T. DISCO
21/03/2014 11:47:28	70,08	10	1156,11	51,67

Disco Macizo				
FECHA	T. PASTILLA	FUERZA	VELOCIDAD	T. DISCO
21/03/2014 15:08:40	72,27	10	1033,24	51,45

Cuenta con una Fecha y Hora que guarda el programa en el momento de correr, al mismo tiempo que los sensores de Temperatura del disco y de la pastilla están censando cada segundo que pasa, y así mismo consta de un sensor de velocidad que

está constantemente enviando datos de los cambios de velocidad producidos en el disco de freno.

Para lo cual relacionamos las dos tablas obtenidas del programa de Labview, para realizar la práctica debemos empezar en las mismas condiciones de Temperaturas tanto para el disco (macizo y perforado) y en adelante observar cómo se comportan cada uno, es decir aplicando la misma fuerza de frenado a los dos disco.

Para lo cual pasa 1 minuto con 7 segundos a una fuerza de 10 [N]

Adquiriendo la siguiente tabla:

Tabla 4: Datos al final de la prueba realizada.

Disco Perforado				
FECHA	T. PASTILLA	FUERZA	VELOCIDAD	T. DISCO
21/03/2014 11:48:35	64,92	10	1109,59	49,61

Disco Macizo				
FECHA	T. PASTILLA	FUERZA	VELOCIDAD	T. DISCO
21/03/2014 15:09:46	77,17	10	1096,96	61,25

- Obteniendo el valore de temperatura en el disco macizo de 61.25 °C, Y el disco perforado 49.61 °C.
- Para la pastilla de freno usando el disco macizo es de 77.17 °C, y usando el disco perforado 64.92 °C.

Llegando a la conclusión que el disco perforado es una muy buena opción de utilizarlos debido a que disipa de mejor manera la temperatura que va obteniendo el disco y la pastilla, es decir vamos a mejorar el frenado con menos riesgos de daño del sistema debido a la temperatura del sistema. Llegando a obtener una eficiencia de un 20% en el disco de freno, y en la pastilla una eficiencia de 23%.

VI. CONCLUSIONES

• Se concluye que los discos de freno perforados disipan el calor de una mejor manera que los discos macizos en un porcentaje de un 20% en las practicas realizadas en el Banco de freno, conjuntamente el disco perforado demuestra una mayor concentración de esfuerzos axiales al momento de aplicar el freno, producto de los esfuerzos termomecánicos que son generados por la presión sobre el disco y el calor generado.

• Las perforaciones en un disco de freno hace posible que el calor, gas y agua sea rápidamente alejado de la superficie del disco de freno, manteniendo el rendimiento de frenado.

• Los discos perforados tienen una mayor ventilación por lo que se enfrían más rápido, pero como tienen menos

material son propensos a calentarse excesivamente.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Kreith, Frank y Bohn. (2001). Principio de Transferencia de Calor 6 Ed. Thomson. Madrid.
- Orovio Astudillo. (2002). Manual Técnico del Automóvil. Editorial Paraninfo. Barcelona /España.
- Pompon, J. (1998). Manual del disco de freno., Barcelona., Ediciones CEAC.
- Vera C. y Felez J. (1995). Diseño y Cálculo del Sistema de Frenos en Automóviles. Editorial UNIÓN EDITORIAL S.A. Universidad Politécnica de Madrid.

BIOGRAFÍA.



Patricio Vaca, nació en Ambato, Ecuador. Es Ingeniero Automotriz. Presta sus servicios profesionales como asesor de Garantías.



Juan Castro, nació en Ambato, Ecuador. Es Ingeniero Mecánico dispone estudios de Posgrado en Docencia y Administración Educativa en la Universidad Tecnológica Indoamérica de Ambato-Ecuador, Especialista en proyectos de investigación científica y tecnológica en la Universidad Técnica de Ambato, Actualmente se desempeña como Docente Y Director de la carrera de Ing. Automotriz del Departamento Ciencias de la Energía y Mecánica en la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE en la ciudad de la Latacunga.



Ing. Leónidas Quiróz, nació en Latacunga, Ecuador, Es Ingeniero Automotriz, dispone estudios de Posgrado en Autotrónica, Gestión para el aprendizaje universitario, Gestión de Energías. Actualmente se desempeña como Docente en la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE.

Registro de Publicación	
Fecha recepción	25 Abril 2014
Fecha aceptación	28 Abril 2014
Revisado por:	Juan Castro Leónidas Quiróz