



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Ingeniería Automotriz

BANCO DE PRUEBAS PARA EL ANALISIS Y
COMPORTAMIENTO TERMICO DEL
SISTEMA DE FRENOS DE DISCO Y TAMBOR
EN AUTOMOVILES

Director: Ing. Juan Castro
Codirector: Ing. Leónidas Quiróz

Autor: Patricio Vaca

OBJETIVO GENERAL

Diseñar un banco de pruebas del sistema de frenos de disco para el análisis y comportamiento térmico del sistema en diferentes condiciones de operación y funcionamiento.

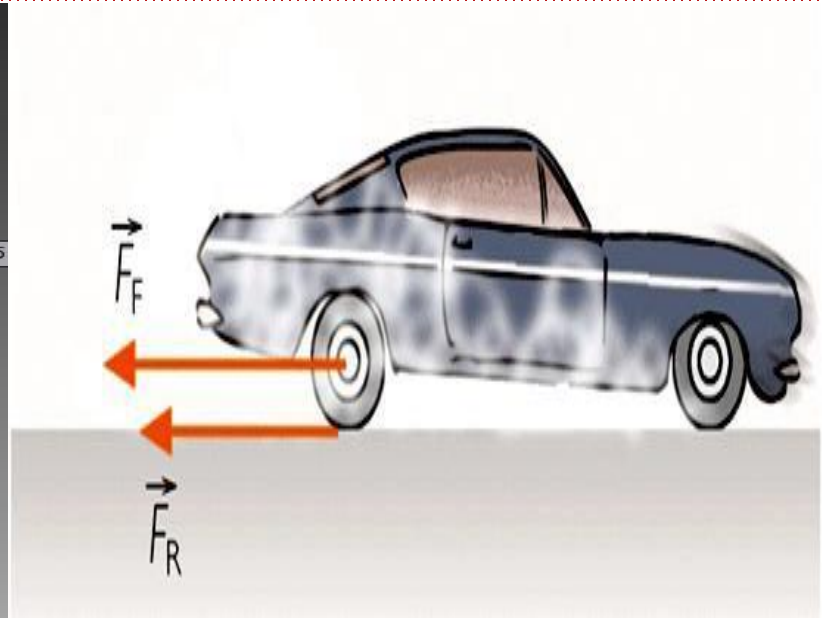
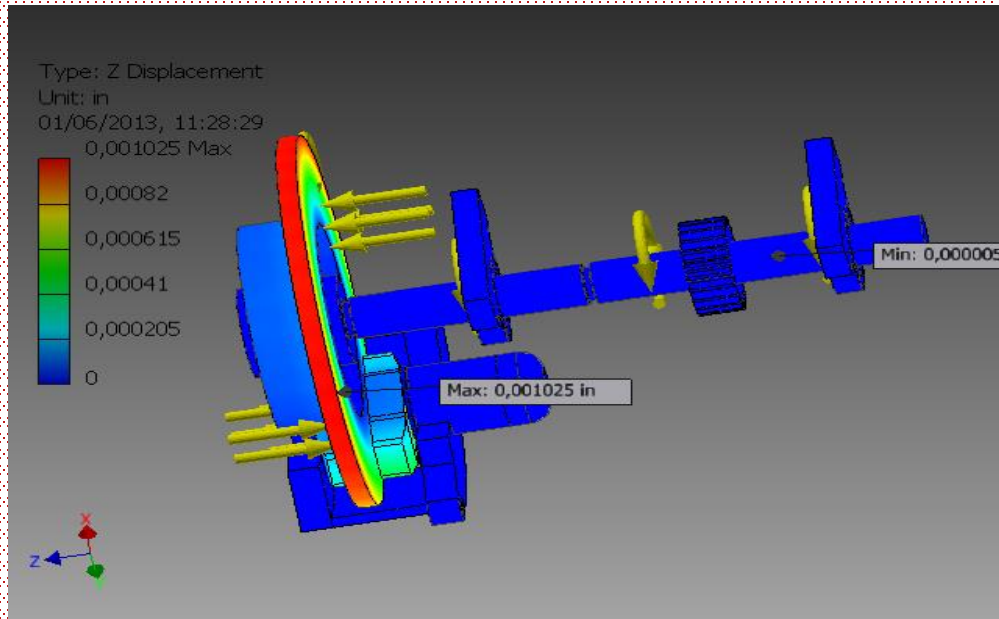
OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar el análisis térmico con la ayuda de una interface de comunicación en tiempo real sobre el comportamiento del sistema de frenos a diferentes regímenes de frenado.
- Implementar un sistema de control de temperatura, fuerza y velocidad de frenado con la ayuda de sensores y actuadores

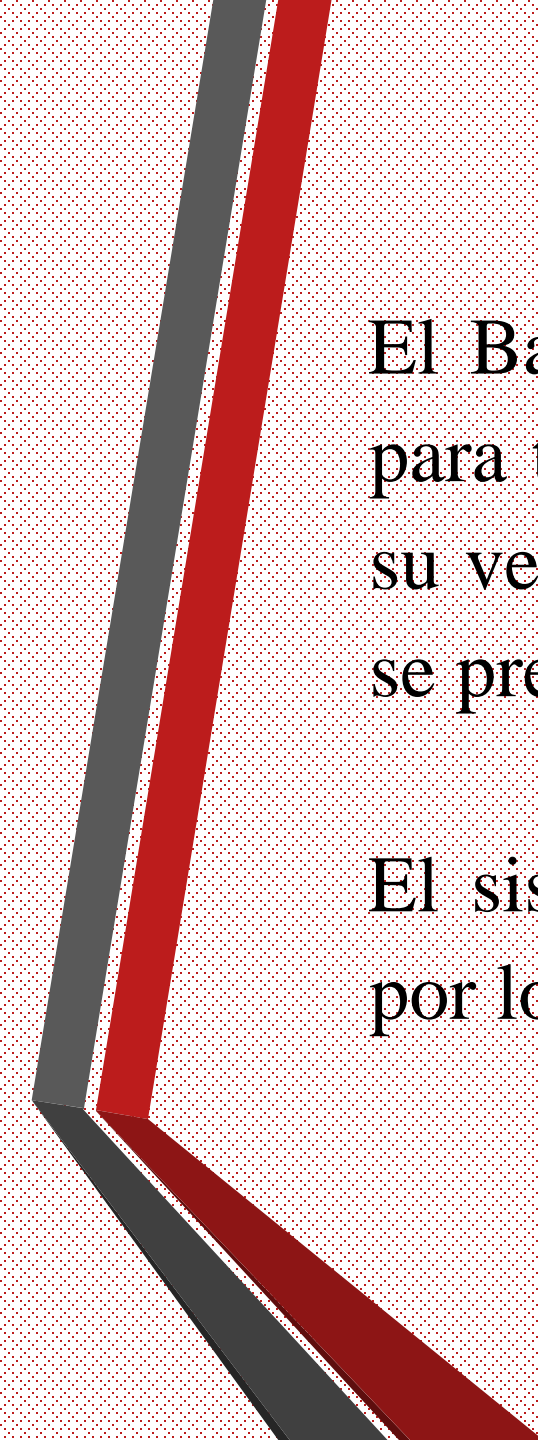
RESUMEN

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, observando en las Gráficas como el flujo de aire que pasa a través de las perforaciones del disco de freno aumenta el coeficiente de convección y mejora el disipado de calor producido en el disco, con lo cual se evita el cristalizado de la pastilla perdiendo el control del vehículo, cuando la pastilla agarra el disco de freno esto crea fricción que genera calor.

Si ese calor no puede escapar, lleva al debilitamiento de los frenos. El análisis de las Gráficas de temperatura obtenidas en la PC, generada por el proceso de roce de disco y pastilla se llevó a cabo en el software LabVIEW interface con Arduino con sus respectivos sensores que, permiten demostrar Gráficas y valores que varían dependiendo de su Velocidad, Temperatura y Fuerza de frenado. Finalmente después de realizar las pruebas en el disco de freno perforados se observó que tiene una mayor refrigeración luego de la frenada por lo que se enfrían más rápido, pero como tienen menos material son propensos a calentarse mucho más rápido por lo que estos discos son ideales si el vehículo realiza lapsos cortos de recorrido a altas velocidades.



PARTES DEL SISTEMA DE FRENO



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:

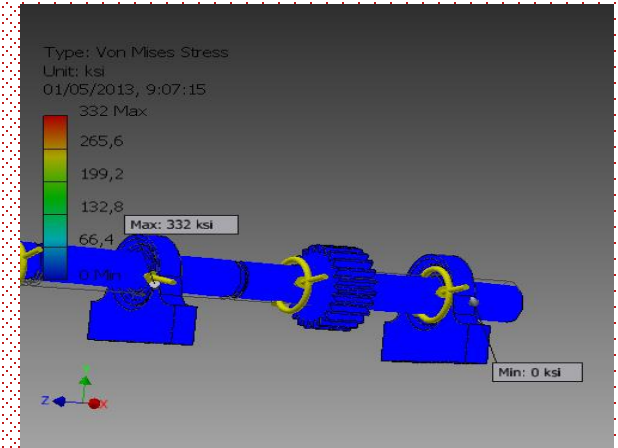
CONVERSIÓN DE ENERGÍA.

El sistema de frenos convierte la energía cinética de un vehículo en movimiento en energía térmica, más comúnmente conocida como calor. La energía a disipar por medio de los frenos, será equivalente a la energía cinética que poseen los automóviles al encontrarse en movimiento.

$$E \text{ cinética} = \frac{1}{2} \times m_v \times v_v^2$$

Donde m_v = Masa del vehículo en movimiento.

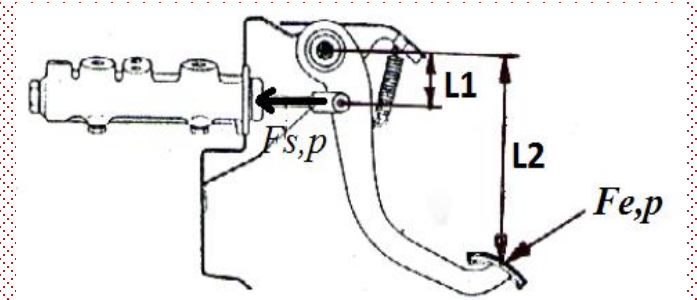
Donde v_v^2 = Velocidad del vehículo en movimiento.



PEDAL DE FRENO

El pedal de freno sirve para multiplicar la fuerza ejercida por el pie del conductor. De la estática elemental podemos comprobar como el incremento de la fuerza será igual a la fuerza aplicada por el conductor multiplicado por la relación del pedal de freno:

$$F_{s,p} = F_{e,p} \times \frac{L_2}{L_1}$$



Donde $F_{s,p}$ = Fuerza a la salida del conjunto del pedal freno.

Donde $F_{e,p}$ = Fuerza a la entrada aplicada por el conductor en la plataforma del pedal.

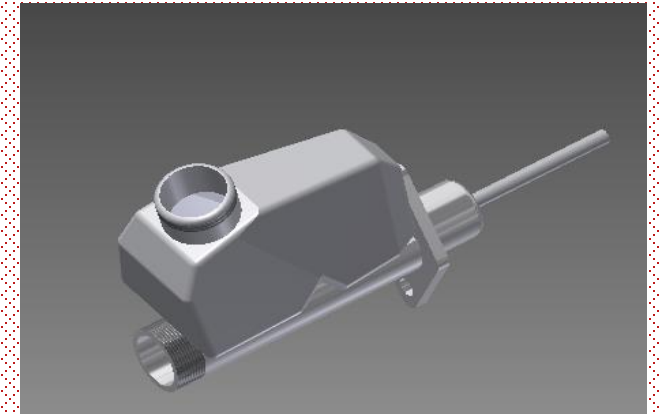
Donde L_1 = Distancia comprendida entre la articulación del pedal de freno hasta la articulación del vástago de salida de accionamiento de la bomba.

Donde L_2 = Distancia comprendida entre la articulación del pedal de freno hasta la plataforma de accionamiento.

BOMBA DE FRENO.

La principal responsabilidad de la bomba de freno es transformar la fuerza aplicada por el conductor en el pedal de freno al sistema hidráulico en forma de presión. Si asumimos la condición de incompresibilidad de los líquidos y rigidez infinita en los conductos hidráulicos, la presión generada por la bomba de freno será igual a:

$$P_b = \frac{F_{s,p}}{A_b}$$



Donde P_b = Presión hidráulica generada por la bomba de freno.
Donde A_b = Área efectiva del pistón de la bomba de freno.

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. Debemos decir que los conductos utilizados en el sistema son de material flexible, a pesar de ello, de nuevo asumiendo incompresibilidad del líquido e infinita rigidez de los conductos, en estas condiciones la presión transmitida a las pinzas de freno será igual a:

$$P_{pistón} = P_b$$

Donde $P_{pistón}$ = Presión hidráulica transmitida a la pinza de freno (cáliper).

SERVOFRENO



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.

PINZA DE FRENO

La principal función de la pinza de freno es transformar la presión hidráulica transmitida a través de los conductos en una fuerza mecánica lineal.

$$F_{pinza} = n_{pistones} \times P_{pistón} \times A_{pistón}$$



Donde F_{pinza} = Fuerza lineal mecánica generada por la pinza de freno.

Donde $A_{pistón}$ = Área efectiva del pistón de la cara de la pinza de freno mencionada.

Donde $n_{pistones}$ = número de pistones que actúan sobre la pastilla.

PASTILLAS DE FRENO.

Su responsabilidad es generar una fuerza de fricción en oposición a la rotación del disco de freno. Esta fuerza de fricción se relaciona con la fuerza de mordaza creada por la pinza de freno de la siguiente forma:

$$F_{fricción} = F_{pinza} \times \mu_{pad}$$



Donde $F_{fricción}$ = Fuerza de fricción generada por la oposición a la rotación del disco de freno producido por las pastillas de freno.

Donde μ_{pad} = Coeficiente de fricción entre las pastillas y el disco de freno.

DISCO DE FRENO.

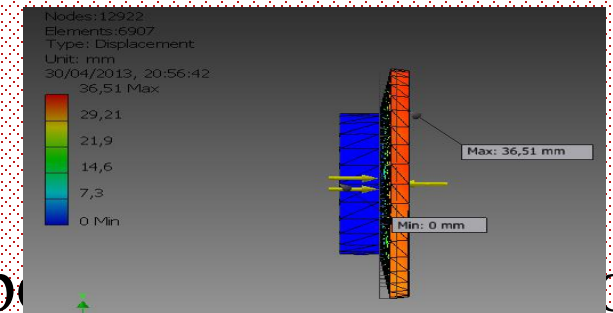
Como hemos visto, el disco de freno constituye el principal disipador de calor del sistema de frenos. Pero además una de sus principales responsabilidades es la de generar un esfuerzo de torsión en función de la fuerza de fricción creada en las superficie de las pastillas de freno. Este esfuerzo está relacionado con la fuerza de fricción a través de la siguiente expresión:

$$N_{frenado} = 2 \times F_{fricción} \times R_{ref}$$

Donde $N_{frenado}$ = Esfuerzo de torsión o par generado por el disco.

Donde 2 responde a la utilización conjunta de dos pastillas en posición opuesta.

Donde R_{ref} = Radio efectivo del disco. Distancia comprendida entre el centro de rotación del disco al centro de presión de los pistones.



Donde:

$$R_{ref} = \frac{2}{3} \times \frac{(r_e^3 - r_i^3)}{(r_e^2 - r_i^2)}$$

NEUMÁTICO

Asumiendo que existe una adecuada tracción (fricción) entre el neumático y la calzada que asegure una correcta frenada, el neumático desarrollará un esfuerzo de oposición al esfuerzo de rotación generado previamente por la rueda. Dicho valor será función de las características del neumático, pero la fuerza de reacción generada como respuesta en la calzada será:

$$F_{neumatico} = \frac{N_{frenada}}{R_{neumatico}}$$

Donde $F_{neumatico}$ = Fuerza de reacción entre el neumático y la calzada

(asumiendo que existe fricción suficiente para soportar la fuerza)

Donde $R_{neumatico}$ = Radio efectivo del neumático (brazo del momento)

Actualmente debido los vehículos poseen un sistema de frenos en cada rueda, debemos considerar realmente cuatro fuerzas de reacción del neumático sobre la calzada. Debido a esto, la fuerza total de frenada se define como la suma de las cuatro fuerzas:

$$F_{total} = \sum F_{4\ neumaticos}$$

DECELERACIÓN DE UN VEHÍCULO EN MOVIMIENTO

Basándonos en las leyes de Isaac Newton, si una fuerza es ejercida sobre un cuerpo este experimenta una aceleración. Si esta aceleración se opone a la dirección del movimiento se denomina deceleración. En el caso de un vehículo que experimenta una fuerza de frenada, la deceleración será igual al siguiente factor:

$$a_v = \frac{F_{total}}{m_v}$$

DISTANCIA DE FRENADO

Aplicando esta relación a un vehículo que experimenta una deceleración linear, la distancia de frenada teórica de un vehículo en movimiento puede ser calculada de la siguiente forma:

$$D_f = \frac{v_v^2}{2 \times a_v}$$

CÁLCULOS DE FUERZAS Y TEMPERATURA EN EL DISCO DE FRENO:

$$\varnothing_{DISCO\ exterior} = 251.46\text{ mm} = \text{radio}_{\text{exterior}} = 125.73\text{ mm} = 12.57\text{ cm} = 0.125\text{ m}$$

$$\varnothing_{DISCO\ interior} = 142.24\text{ mm} = \text{radio}_{\text{interior}} = 71.12\text{ mm} = 0.07112\text{ m}$$

$$Area_{\text{disco}} = 2 * \pi * (\text{Radio}_{\text{exterior}}^2 - \text{Radio}_{\text{interior}}^2)$$

$$\text{Espesor del disco} = 10.80\text{ mm} = 0.0108\text{ m}$$

$$Area_{\text{disco}} = 2 * \pi * (0.125^2 - 0.07112^2)$$

$$Area_{\text{disco}} = 0.0317\text{ m}^2$$

$$\text{Potencia del motor} = 4\text{HP}$$

$$W_{\text{ANGULAR}} = 1750\text{ rpm}$$

$$\text{Peso de los elementos} = (30+30)\text{ de los dos ejes} + (20+15)\text{ del disco y tambor} = 95\text{ lb} = 44\text{ kg}$$

$$\text{Masa del disco} = 4.2\text{ kg}$$

$$P_{\text{piston}} = \text{Dato medido por sensor.}$$

– VELOCIDAD ANGULAR

$$W_{ANGULAR} = \frac{2 * \pi * rpm}{60} = \frac{2 * \pi * 1750}{60} = 183.3 \text{ rad/s}$$

– VELOCIDAD LINEAL

$$\begin{aligned} \text{Velocidad}_{inicial} &= w * r \\ &= 183.3 * 0.125 \\ &= 22.9 \text{ m/s} \end{aligned}$$

— PRESIÓN EJERCIDA EN EL PEDAL DE FRENO.

$$P_{\text{piston}} = \frac{F}{A}$$

$$F_{\text{PISTÓN}} = P * A$$

$$F_{\text{PISTÓN}} = P * 0.0317 \text{ m}^2$$

Presión es N/m^2

$$F_{\text{PISTÓN}} = \text{Presión} * 0.0317 * (9.8 \text{ m/s}^2)$$

$$F_{\text{PISTÓN}} = \text{Newton}$$

$\mu < 300 \text{ }^\circ\text{C} = 0.37$ (Para Balatas semi-metálicas Carbón-Hierro)

$\mu > 300 \text{ }^\circ\text{C} = 0.28$ (Para Balatas semi-metálicas Carbón-Hierro)

– FUERZA EJERCIDA EN EL DISCO DE FRENO.

$$\begin{aligned} F_{\text{TANGENCIAL}} &= F_{\text{PISTON}} * \mu \\ &= F_{\text{PISTON}} * 0.37 \end{aligned}$$

– FUERZA EJERCIDA EN EL DISCO DE FRENO.

$$\begin{aligned} F_{\text{TANGENCIAL}} &= F_{\text{PISTON}} * \mu \\ &= F_{\text{PISTON}} * 0.37 \end{aligned}$$

- DISTANCIA DE FRENADO

$$\frac{Masa_{elementos}}{2 * g * F_{tangencial}}$$
$$\frac{44 \text{ kg}}{2 * 9.81 * F_{tangencial}}$$

- DESACELERACIÓN DEL DISCO DE FRENO

$$= \frac{velocidad_{final}^2 - velocidad_{inicial}^2}{2(distanca_{final} - distanca_{inicial})}$$

$$\frac{Velocidad_{final}^2 - 22.9^2}{2(distanca_{final} - 0)}$$

- TIEMPO DE DETENCIÓN DEL DISCO DE FRENO

$$\frac{2(\text{distancia}_{\text{final}} - \text{distancia}_{\text{inicial}})}{(\text{velocidad}_{\text{final}} - \text{velocidad}_{\text{inicial}})}$$

$$\frac{2(\text{Longitud}_{\text{frenado}} - 0)}{(\text{velocidad}_{\text{final}} - 22.9^2)}$$

- **TORQUE DE FRENADO** = $F_{\text{TANGENCIAL}} * \text{r\u00e1dio}$
= $F_{\text{TANGENCIAL}} * 0.125 \text{ m}$

CÁLCULO TÉRMICO EN DISCOS DE FRENO.

La potencia disipada en el sistema de frenos que deriva de la energía cinética y potencial del vehículo, se transforma en energía calorífica, que va a formarse en un corto intervalo de tiempo. Y un buen funcionamiento del sistema de frenos depende de la rapidez de evacuación del calor generado, para que las periódicas frenadas no produzcan una elevada temperatura y así perder la seguridad del sistema, el propio avance del vehículo permite la disipación el calor generado esencialmente por convección y radiación.

Problemas a causa de la temperatura producida en e Disco de Freno.

FADE(estrés térmico/fatiga)

¿Cómo y por qué fallan los discos?

Fade de pastilla:

Cuando la temperatura del disco y la pastilla excede la capacidad térmica máxima de trabajo

Fade por ebullición del líquido de frenos:

Hierve y se forman burbujas, aumentando el recorrido del pedal

Green fade (fade de rodaje):

La capa de gases evaporados es tan consistente que se interpone entre la pastilla y el disco

Cracking

Tensiones internas que acaban debilitando el metal, cuando el disco es calentado por encima de los 900 °C

Microfisuras (heat checking o crazing)

Producidas por estrés térmico

Discos doblados

Vibración tanto en el pedal del freno como en el volante, variaciones en el grosor

– CÁLCULO DE ENERGÍA A DISIPAR POR EL DISCO DE FRENO.

$$E_{\text{cinetica}} = \frac{1}{2} \text{masa} * (\text{velocidad}_{\text{final}}^2 - \text{velocidad}_{\text{minima}}^2)$$

$$E_{\text{cinetica}} = \frac{1}{2} 44\text{kg} * (\text{velocidad}_{\text{final}}^2 - 22.9^2) \text{ [J]}$$

– DIFERENCIA DE TEMPERATURA ENTRE LOS DISCOS Y EL MEDIO AMBIENTE (°C)

En donde:

ΔT : Es la diferencia de temperatura entre los discos y el medio ambiente (°C)


E_c : Energía cinética absorbida por un disco (J).

m : Masa del disco de freno (Kg).

C : Calor específico del material del disco = 460,24 J/kg*° C.

$$\Delta T = \frac{E_{cinetica}}{Masa_{disco} * C}$$

$$\Delta T = \frac{E_{cinetica}}{4.2 \text{ kg} * 460.24}$$


$$T_1 - T_{\text{ambiente}} = \frac{E_{\text{cinetica}}}{4.2 \text{ kg} * 460.24}$$

$$T_1 - 20 \text{ }^\circ\text{C} = \frac{E_{\text{cinetica}}}{4.2 \text{ kg} * 460.24}$$

T_1 = Temperatura que alcanzo la superficie del disco de freno

– ENFRIAMIENTO DE NEWTON

El disco sometido a una temperatura T_1 , se enfriara si se deja a temperatura ambiente T de acuerdo con la ecuación exponencial:

$$T_i - T_{ambiente} = (T_1 - T_{ambiente}) e^{\frac{A \cdot U}{m \cdot c} \cdot t}$$

T_i : Es la temperatura instantánea en cada momento ($^{\circ}\text{C}$).

A : Es el área de transferencia de calor (m^2).

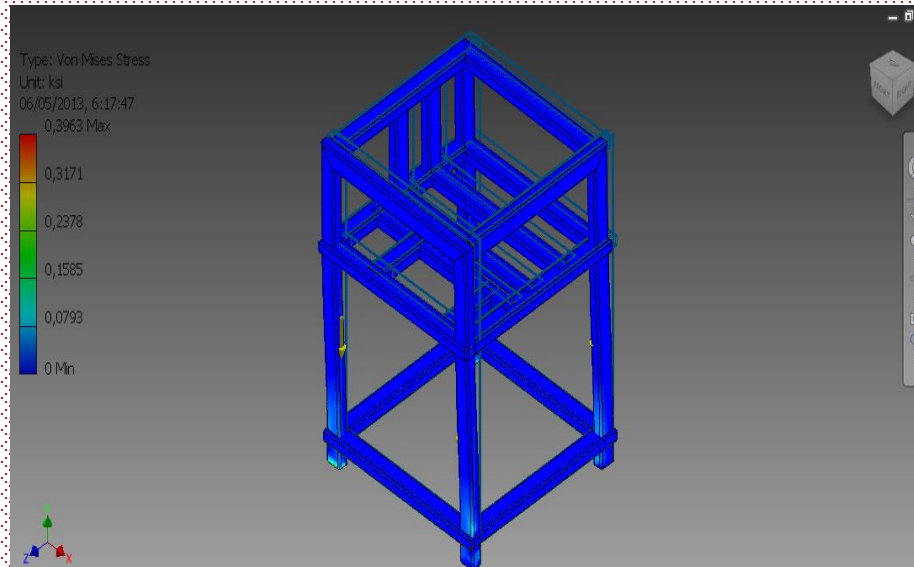
U : Es el coeficiente de transmisión térmica superficial, en el caso del material del disco de freno es $32 \text{ J/m}^2 \cdot \text{s} \cdot ^{\circ}\text{C}$.

m : Masa del disco de freno (Kg).

c : Calor específico del material del disco ($\text{J/kg} \cdot ^{\circ}\text{C}$).

t : Es el tiempo de enfriamiento de newton (s).

CONSTRUCCIÓN DEL BANCO DE PRUEBAS



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.

EJE DEL DISCO DE FRENO

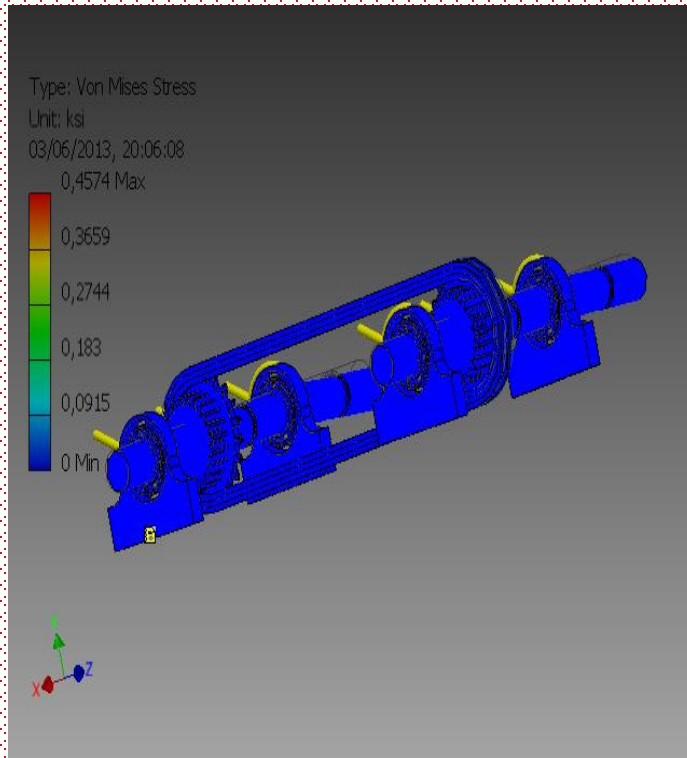


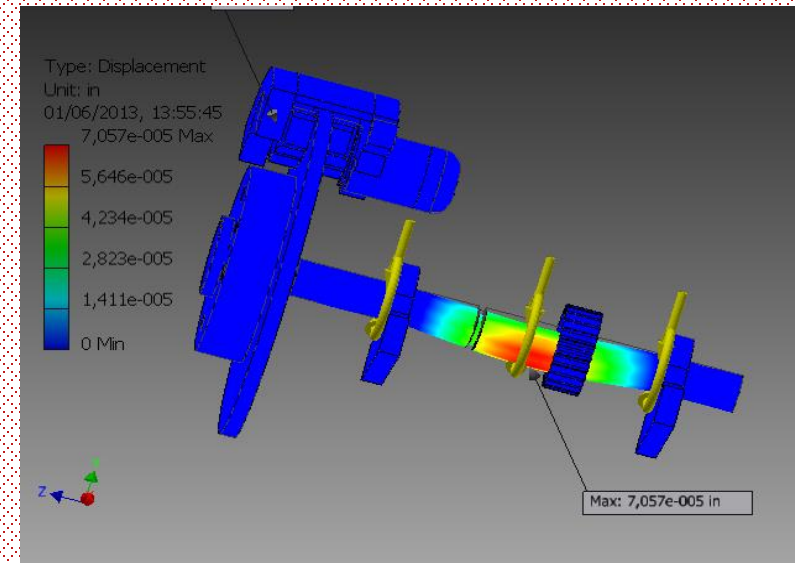
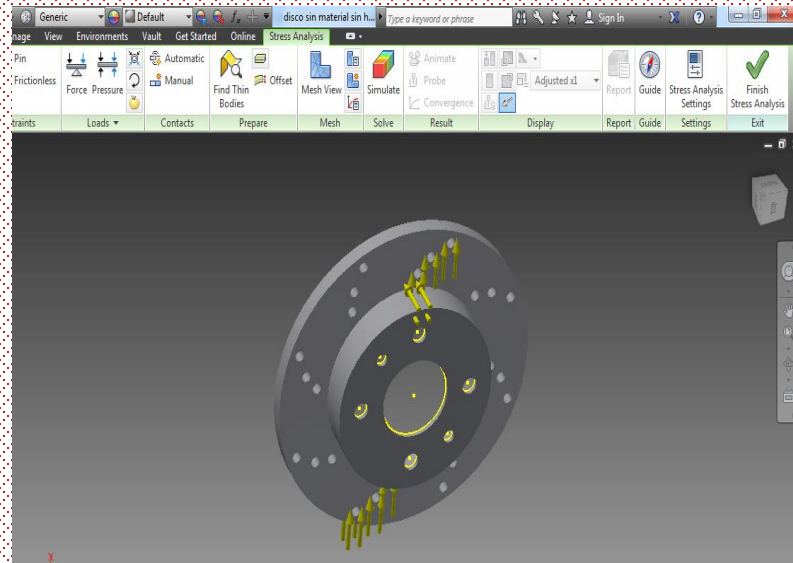
Tabla 2: Resultados del análisis del eje del disco de freno.

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

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.

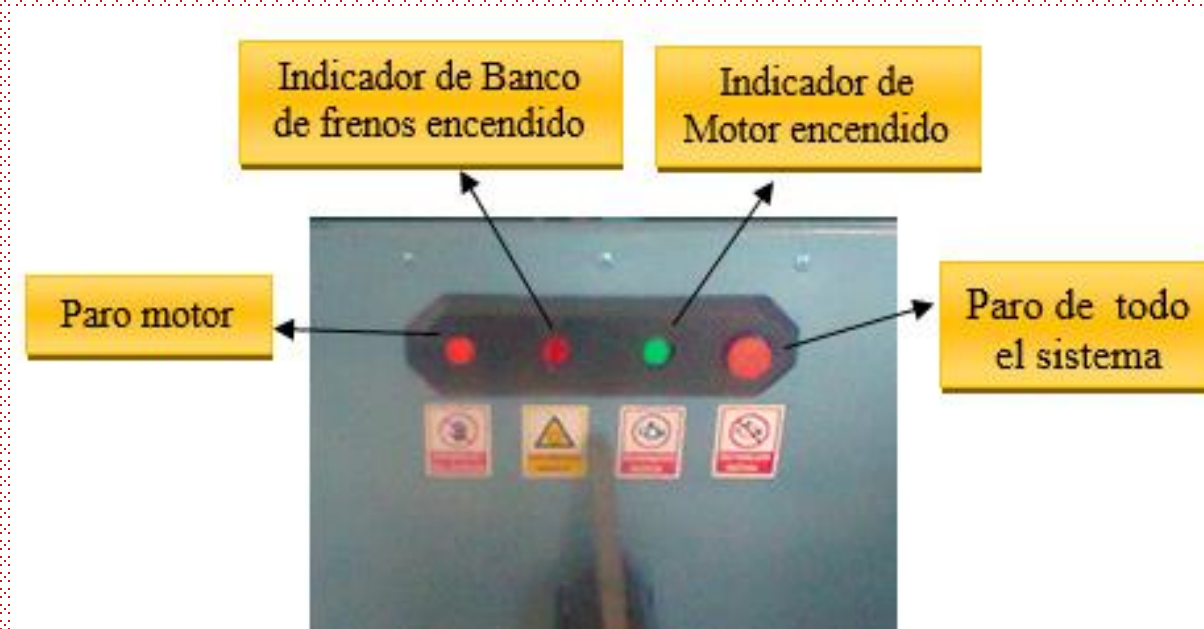
DISCO PERFORADO.



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.]

LINEAMIENTOS DE SEGURIDAD PARA MANEJO DEL BANCO DE FRENO

El Banco de Frenos esta dotado de dos luces indicatoras y de dos Botones de accionamiento. Que se detalla a continuación.



- **Parada de emergencia:** Accionada por un Botón que permite la parada de la máquina en las mejores condiciones posibles, mediante un corte de energía al Banco de Frenos.
- **Paro motor:** Accionado por un botón que permite el corte de energía solo al motor trifásico.
- **Indicador de banco de frenos encendido:** Es un foco rojo y se ilumina cuando enchufamos a 220 v, el conector del banco de frenos.

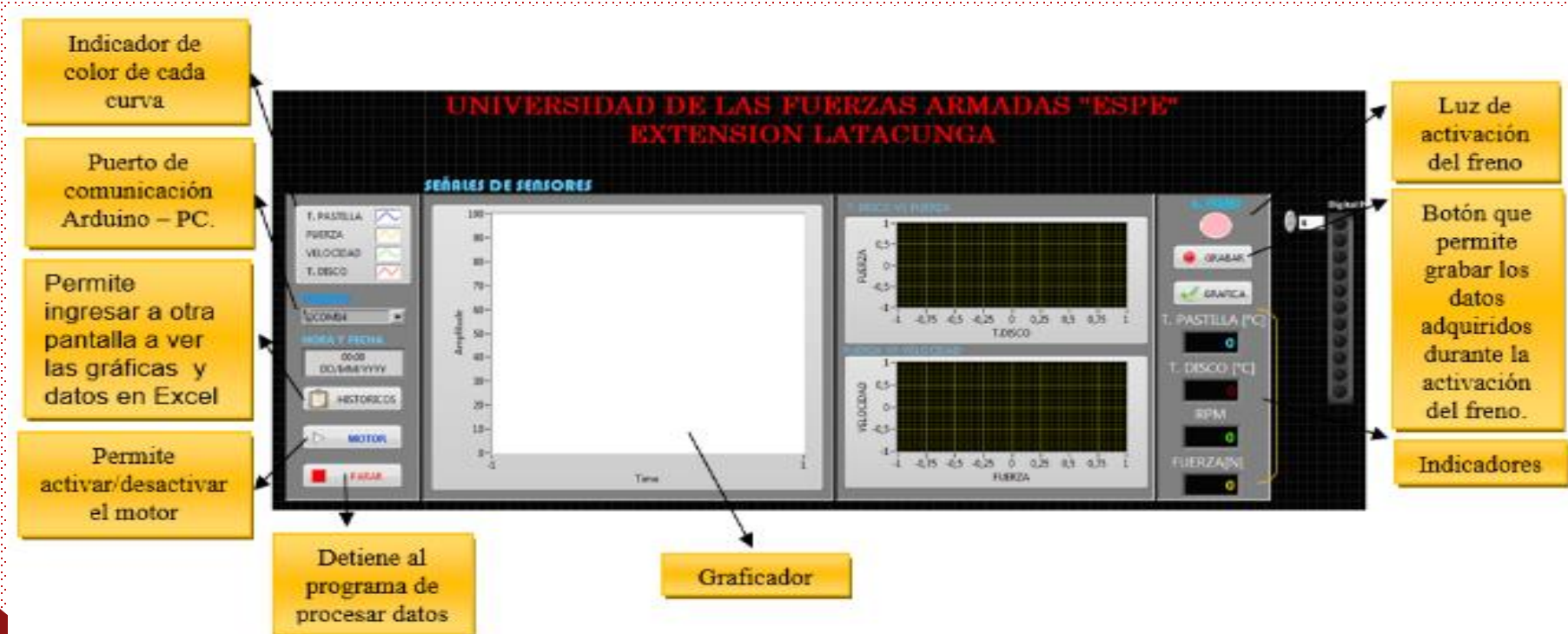
Indicador de motor encendido: Este foco se ilumina cuando se activa el icono desde la pantalla principal de LabVIEW



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

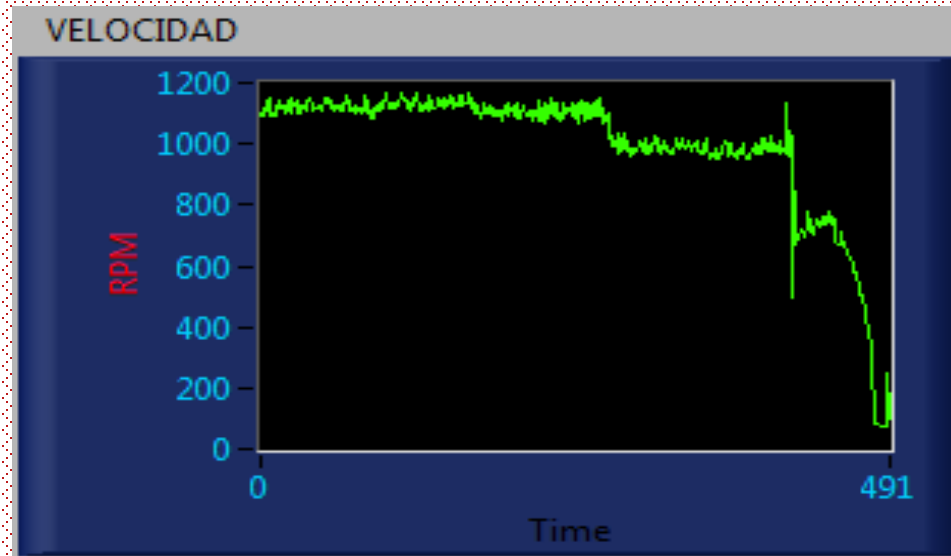
- PANTALLA DE INICIO EN LABVIEW

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



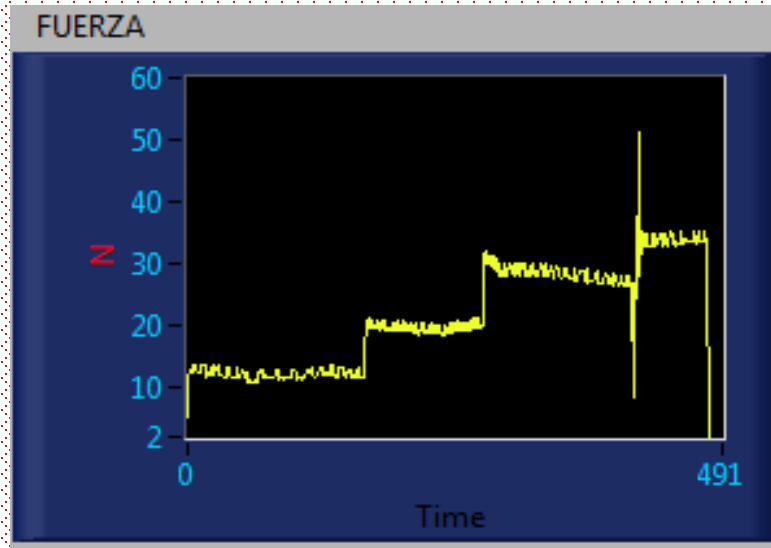
La pantalla en Labview contiene indicadores de valores numéricos, y de gráficos. Se pueden identificar los medidores tanto de temperatura, fuerza, velocidad que variaran en cada prueba.

GRÁFICA DE VELOCIDAD DEL DISCO DE FRENO EN TIEMPO REAL.



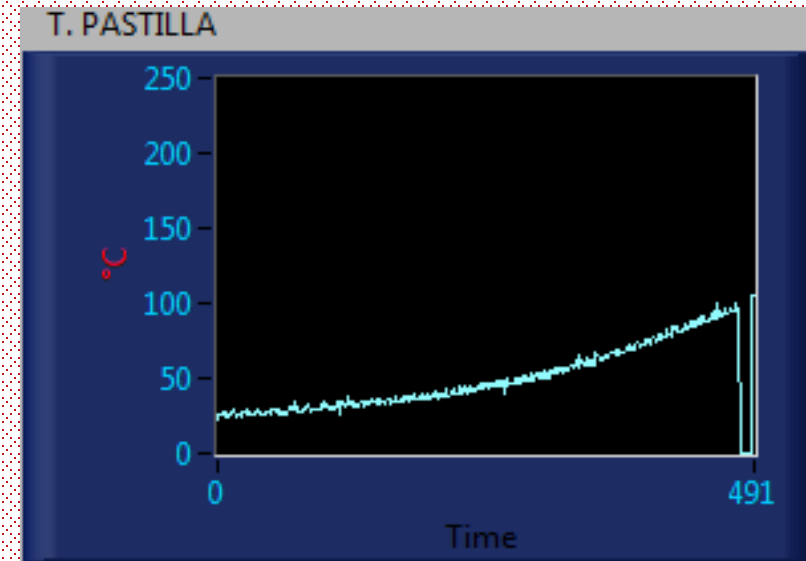
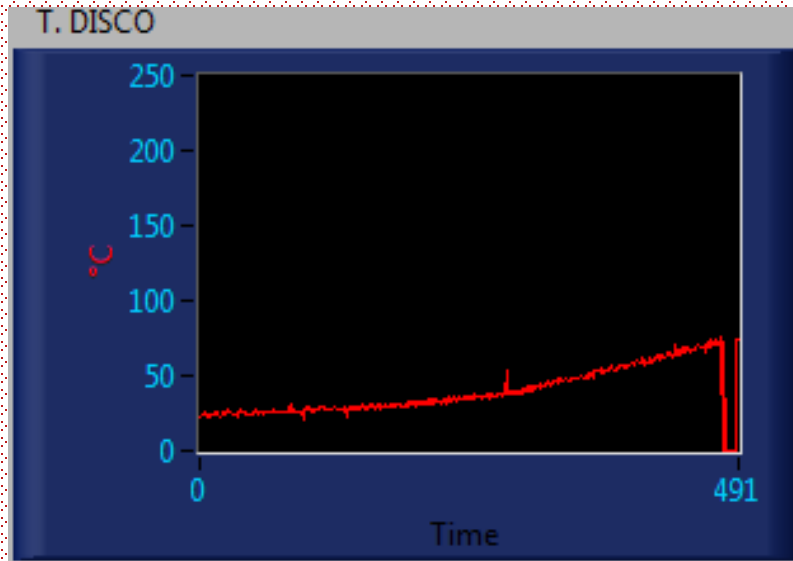
Las Gráficas obtenida del programa LabVIEW permite desarrollar nuestro estudio térmico, como lo tenemos en el eje **Y** (la velocidad) y en el eje **X** el tiempo que transcurre. Podemos observar que la máxima velocidad alcanzada es de 1200 rpm, sin aplicar la fuerza de frenado.

GRÁFICA DE FUERZA APLICADA AL DISCO DE FRENO EN TIEMPO REAL.

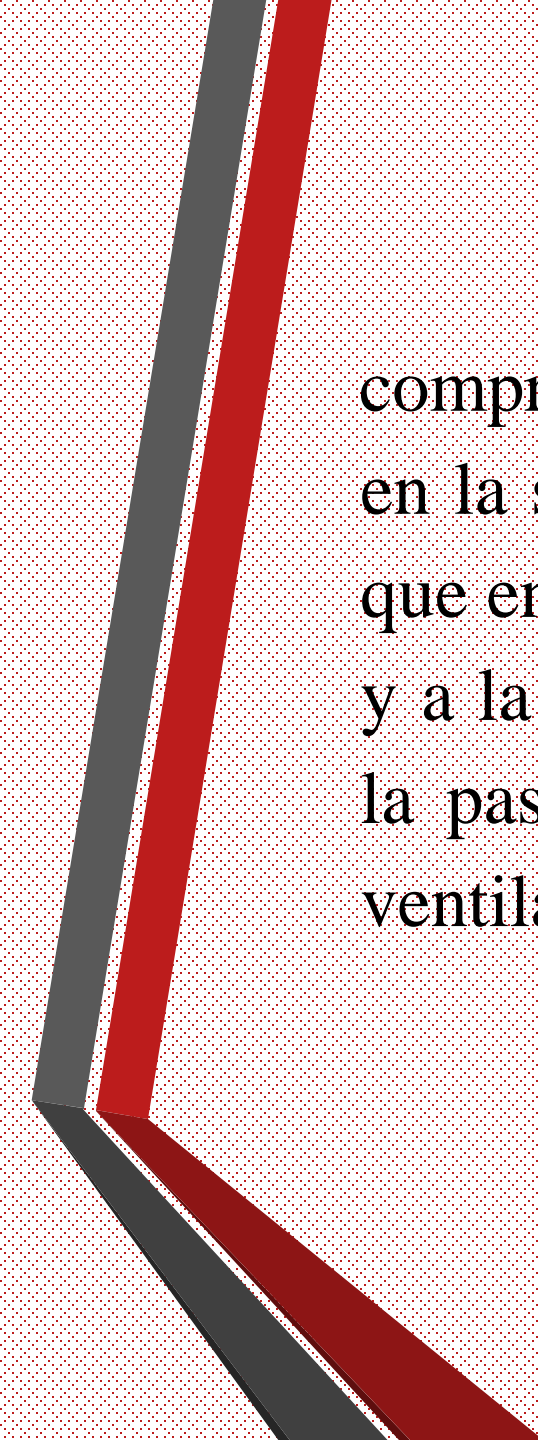


El diagrama de Fuerza monitoreado en tiempo real nos señala que la fuerza ha ido incrementando constantemente hasta un valor máximo de 51[N]; en cuatro lapsos hasta que decae a cero, En el eje **Y** tenemos la fuerza en Newton; mientras que en el eje **X** esta el tiempo transcurrido.

GRÁFICA DE LA TEMPERATURA DEL DISCO Y PASTILLA DE FRENO EN TIEMPO REAL.

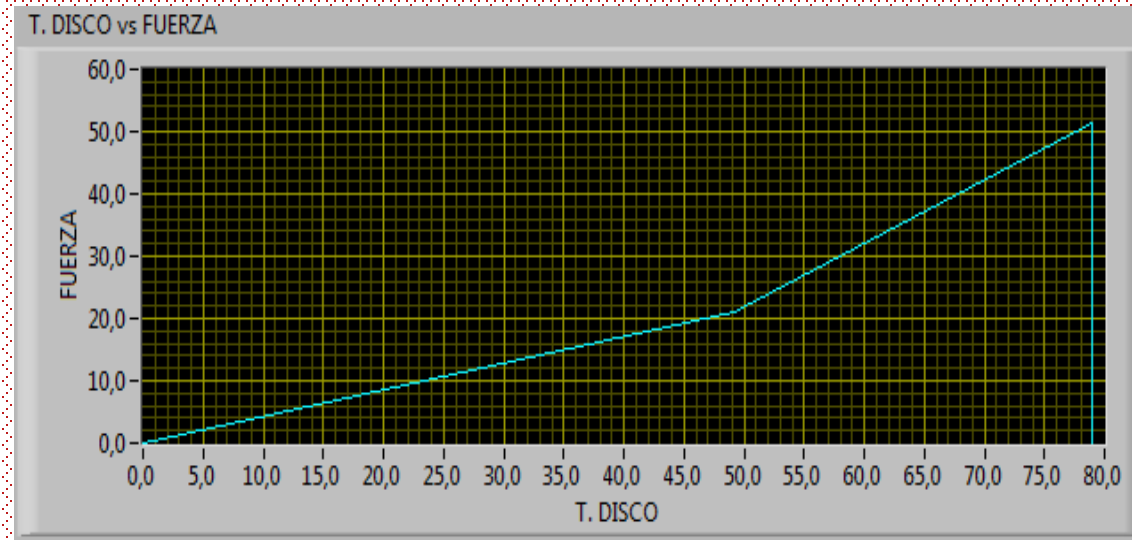


En los dos diagramas se evidencian con las prácticas realizadas en el Banco térmico de frenos que el disco Perforado tiende a calentarse más rápido que el disco macizo pero que disipa de mejor manera el calor después de aplicar la fuerza de frenado; también se concluye que la pastilla sufre más calentamiento 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.



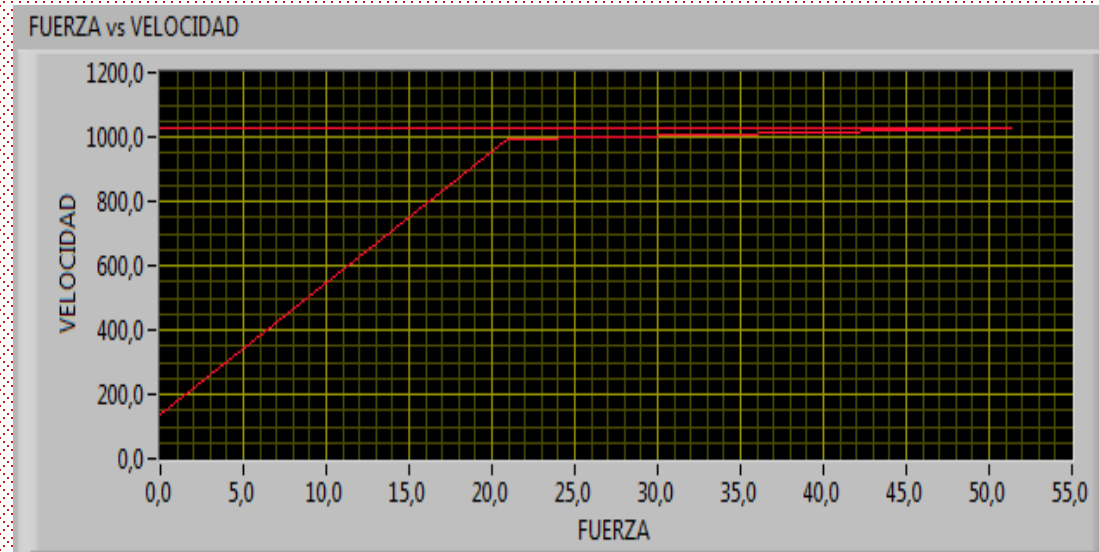
comprobándose que el disco perforado como tiene menos material en la superficie de fricción contra la pastilla se caliente mucho mas que en el disco macizo. El disco perforado lleva aire frío a la pastilla y a la superficie del disco, lo que ayuda a enfriar la temperatura de la pastilla al tener contacto, el disco perforado tienen una mayor ventilación por lo que se enfrían más rápido.

GRÁFICA DE TEMPERATURA DEL DISCO VS LA FUERZA APLICADA EN TIEMPO REAL.



La Programación realizada en el Banco de Pruebas nos facilita la relación entre las Fuerza en el eje Y, la temperatura del disco en el eje X, permitiendo observar gráficamente y numéricamente como se comporta el disco de freno, es decir la temperatura del disco va aumentando igual que la fuerza aplicada al sistema de freno llegando a un máximo de 51[N] , y la temperatura llega a 79 [°C] seguidamente dejando de aplicar la fuerza hasta descender a cero.

GRÁFICA DE FUERZA VS VELOCIDAD DEL DISCO DE FRENO EN TIEMPO REAL



Otra Grafica que tenemos en la Programación del Banco de Frenos es la Velocidad en el eje Y, La Fuerza en el eje X, y analizando como se comporta las curvas de cada variable vemos como la velocidad aumenta mientras seguimos aplicando la Fuerza en el sistema , llegando la velocidad a un valor de 1000 rpm ; y la fuerza aumentando hasta un valor de unos 51[N] . Estas Graficas nos permiten saber como el disco reacciona al momento de aplicar el freno del vehículo. Además que nos permite comparar cualquier disco dependiendo de la calidad o diseño y saber cual disipa de mejor manera la temperatura.


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.

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

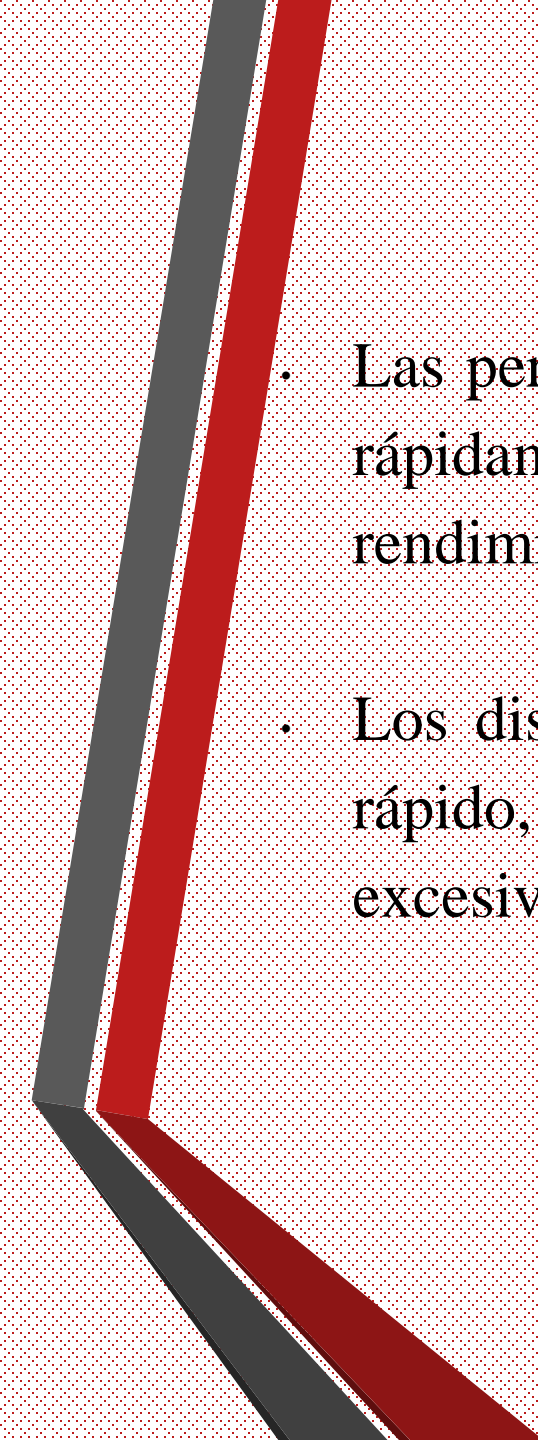
Disco Macizo				
FECHA	T. PASTILLA	FUERZA	VELOCIDAD	T. DISCO
21/03/2014 15:09:46	77,17	10	1096,96	61,25

- Obteniendo el valor de temperatura en el disco macizo de $61.25\text{ }^{\circ}\text{C}$, Y el disco perforado $49.61\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- Para la pastilla de freno usando el disco macizo es de $77.17\text{ }^{\circ}\text{C}$, y usando el disco perforado $64.92\text{ }^{\circ}\text{C}$.

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%.


CONCLUSIONES

- El análisis de la distribución de temperatura, generada por el proceso de roce pastilla y disco de freno, se llevó a cabo en el software Labview con sus respectivos sensores que, permiten demostrar Graficas y valores que varían dependiendo de su Velocidad, Temperatura y Fuerza de frenado con lo cual su análisis permitió definir algunos parámetros, como el aumentar la superficie de contacto del disco con el medio es posible disipar una mayor cantidad de calor. Las grandes temperaturas generadas en el proceso de frenado pueden afectar el desempeño del sistema de freno, produciendo la disminución de la presión disponible por el sistema, y la cristalización de los discos y la concentración de tensiones.
- 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.

RECOMENDACIONES

- Es aconsejable que el operador del Banco de frenos lea los lineamientos de seguridad y manejo del sistema mismo, evitando así algún percance en todo la práctica realizada.
- Por ello es importante resaltar que si desea tener discos perforados, es necesario hacer las perforaciones en discos nuevos, ya que los discos usados, aunque no se pueden ver a simple vista, por su desgaste ya tienen estrías (fisuras) las cuales en toda la mayoría de los casos están presentes en la parte interna entre las dos capas de contacto, por ello si se realiza la perforación en discos gastados, se corre el riesgo de que estos simplemente se rompan.

- 
- Se debe realizar una inspección visual periódica y mantenimiento adecuado del sistema de frenos para brindar seguridad al operador.
 - Para un mayor análisis del estudio Térmico de los discos de frenos realizar un Banco de Frenos para vehículos (Pasajeros-Usos múltiples-Carga), realizando un adaptador para las diferentes medidas de diámetros los discos de Freno.

GRACIAS



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

