4 de Septiembre del 2017

ANÁLISIS MECÁNICO DEL DESGASTE DE LAS PASTILLAS DE FRENO EN LAS MOTOCICLETAS.

Facultad de Ingeniería Mecánica Automotriz - UIDE





Edmundo Francisco Rios Molestina, Carlos Luis Rivera Criollo

UNIVERSIDAD INTERNCIONAL DEL ECUADOR



Universidad Internacional del Ecuador



Facultad de Ingeniería Mecánica Automotriz

ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERÍA MECÁNICA AUTOMOTRIZ

Tema:

Análisis mecánico del desgaste de las pastillas de freno en las motocicletas.

Edmundo Francisco Rios Molestina Carlos Luis Rivera Criollo

Director: Ing. Miguel Granja

Quito, septiembre 2017

CERTIFICADO

Nosotros, Edmundo Francisco Ríos Molestina y Carlos Luis Rivera Criollo, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría, que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional y que se ha consultado la bibliografía detallada.

Cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual a la Universidad Internacional del Ecuador para que sea publicado y divulgado en internet, según lo establecido en la Ley de Propiedad Intelectual, reglamento y leyes.

Edmundo Francisco Rios Molestina

CI: 1718053778

Carlos Luis Rivera Criollo

CI: 1720432655

Yo, Ing. Miguel Granja, certifico que, conozco a los autores del presente trabajo. Siendo el responsable tanto de su originalidad y autenticidad como de su contenido.

Ing. Miguel Granja



CERTIFICADO

Por medio del presente certificado damos a conocer que el artículo presentado es de la autoría de Edmundo Francisco Rios Molestina y Carlos Luis Rivera Criollo, nosotros declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra propiedad intelectual; éste documento no ha sido presentado anteriormente en ningún grado o certificado profesional y que se ha consultado la bibliografía detallada.

Edmundo Francisco Rios Molestina

1718053778

Carlos Luis Rivera Criollo

1720432655

Yo, Ing. Miguel Granja certifico que conozco a los autores de la presente investigación, siendo el responsable exclusivo tanto de su originalidad y de su autenticidad, como de su contenido.

DIRECTOR



AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por permitirme alcanzar el logro de culminar mis estudios en la Universidad Internacional y por sus bendiciones a lo largo de este camino. Doy gracias a mis padres por su gran apoyo y esfuerzo a en cada paso de mi vida.

A mi novia Camila, quien siempre me ha apoyado, brindándome sus consejos y su gran cariño.

A todas las personas que me proporcionaron información, guiaron, aconsejaron y me brindaron experiencias profesionales para superarme y ampliar mis conocimientos.

Edmundo Francisco Rios Molestina





DEDICATORIA

Dedico este proyecto a Dios y a mi familia.

A mis padres, Edmundo y Ana, mi novia Camila y demás familiares por su apoyo y ayuda a lo largo de mi vida.

Edmundo Francisco Rios Molestina



AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis Padres por el esfuerzo realizado, por darme la educación superior, haberme acompañado siempre para lograr mis metas, a mi Abuelito por ser un gran ejemplo a seguir, una gran inspiración.

A todos mis familiares que de alguna manera aportaron a mi crecimiento personal y profesional.

Un especial agradecimiento a Diego y Christian Redín por su guía y confianza que me permitieron adquirir mayores conocimientos.

A mis amigos con quienes he compartido estos años de estudio, con todas las experiencias vividas han sido un pilar fundamental para culminar esta carrera.

Mi gratitud a la Universidad Internacional del Ecuador, institución que a través de sus aulas y docentes impartieron acertadamente la enseñanza, que permitió desarrollarme como profesional.

Carlos Luis Rivera Criollo



DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis Padres, como muestra de gratitud por todo el apoyo recibido siempre.

A todos los jóvenes para que tomen conciencia, que elegir el camino correcto siempre nos llevará a alcanzar el éxito.

Carlos Luis Rivera Criollo



UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR

ANALISIS MECÁNICO DEL DESGASTE DE LAS PASTILLAS DE FRENO EN LAS MOTOCICLETAS.

Edmundo Francisco Rios Molestina

Estudiante egresado de la Facultad de Ingeniería Mecánica Automotriz

UIDE, Quito, Ecuador

Email: panchourios@hotmail.com

Carlos Luis Rivera Criollo
Estudiante de la Facultad de Ingeniería Mecánica Automotriz
UIDE, Quito, Ecuador

Email: calu94 @hotmail.com

RESUMEN

Introducción: Los frenos de una motocicleta son un elemento sometido a desgaste. Irremediablemente van a sufrir desgaste y requerirán una sustitución de diferentes componentes del sistema de frenado.

El sistema de frenos posee dos elementos fundamentales que entran en contacto y por fricción consiguen frenar el ciclomotor (reducir su velocidad).

Cuando son accionadas las pastillas, estas se aprietan contra el disco, y el rozamiento permite el frenando del disco, y por tanto se reduce la velocidad de la rueda.

En el sistema de frenos de una motocicleta existen tres elementos que se revisa y se cambia en un determinado tiempo:

- Las pastillas de freno, o las zapatas, según sean frenos de disco o frenos de tambor.
- Los discos de freno.
- El líquido de frenos.

Palabras clave: sistema de frenado, pastillas de freno, zapatas, discos de freno, líquido de frenos, temperatura de trabajo.





ABSTRACT

Introduction: The brakes of a motorcycle are an element subject to wear. Irremediably they will suffer wear and them require a replacement of different components of the braking system.

The braking system has two fundamental elements that come in contact and by friction manage to brake the moped (reduce its speed).

When the pads are operated, they are pressed against the disc, and the friction allows the braking of the disc, and therefore reduces the speed of the wheel.

In the brake system of a motorcycle there are three elements that is checked and changed in a certain time:

- The tablets of brake, or the shoes, as be disc brakes or drum brakes.
- The brake discs.
- The liquid of brakes.

Key words: braking system, tablets of brake, shoes, brake discs, liquid of brakes, temperature of work.

1. INTRODUCCIÓN

Los frenos de la motocicleta es unos de los principales sistemas, debido a que, sin este, la motocicleta no sería apta para su uso. Ya que si se alcanza altas velocidades y se necesitaría reducir la velocidad no se lograría, si un sistema q ue reduzca la velocidad de giro de las ruedas. Es por esto que se han creado los sistemas de frenos y se han logrado mejoras y nuevos sistemas para hacerlos más eficientes V confiables. describirán los tipos de sistemas de frenos de la motocicleta, nos permita tener una idea de su funcionamiento llevando a discutir sobre sus ventajas y desventajas con respeto uno del otro. [1]

El uso de la huella de frenado es ampliamente empleado como estimador de los parámetros cinemáticos de las motocicletas al frenar. Sin embargo, el uso de la misma, parte de la hipótesis de asumir que el fenómeno es de carácter lineal e independiente de las condiciones iniciales. Otros investigadores han usado distintos mecánicos métodos

analógicos para la determinación de estos parámetros, siendo la mayoría de ellos de difícil calibración (Duchene M, y Charloteaux M, 1979, Reed WS y Keskin TA, 1987). El abaratamiento de los recursos tecnológicos en los últimos años ha permitido que se puedan mejorar las técnicas orientadas a las mediciones. El uso de tecnologías digitales para el análisis del movimiento (Cleva y col, 1996), está reemplazando a complicadas técnicas mecánicas y/o analógicas. El objetivo del presente trabajo es analizar la cinemática de la frenada de una motocicleta a partir de un video digitalizado y compararla con los obtenidos por huellas de frenado. [2]

Los sistemas de frenos de una moto han evolucionado mucho a lo largo del tiempo. Los primeros frenos de las motocicletas fueron derivados de los que se utilizaban en bicicletas; estos al poco tiempo se vieron sustituidos por otros sistemas que ejercían su acción sobre las poleas de las correas de transmisión, aunque todavía presentaban una escasa efectividad.

A principios de los años 20 se empezaron a sustituir esos frenos por los de





expansión interna, conocidos como de "tambor", que se han venido usando hasta hace poco tiempo, siendo sustituidos por los frenos de disco.

Los frenos de disco, al contrario que los de tambor, tienen un accionamiento totalmente externo, lo que mejora uno de los principales problemas de los sistemas anteriores, el sobrecalentamiento y la pérdida de rendimiento.

La eficacia de un sistema de frenos de una moto se resume en tres aspectos:

- -Potencia de frenada.
- -Capacidad de disipar el calor producido por la fricción.
- -Rapidez para alcanzar la temperatura óptima. [3].

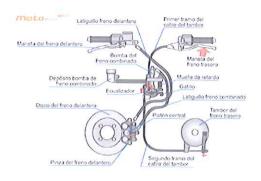


Figura 1. Sistema de frenos de una motocicleta.

Fuente: [1]

Cualquier sistema de frenado está compuesto de 4 elementos:

- 1. Una leva (maneta) o un pedal que acciona el conjunto de freno.
- Un cable, un vástago o un latiguillo (con un fluido hidráulico), que transmite(n) la acción de frenado.
- 3. La bomba de freno que, generalmente está fijada al chasis de la moto (el manillar se considera parte del chasis).
- 4. La parte móvil, generalmente fijada a la(s) rueda(s). [4]

NORMA ASTM-G65

La norma que rige sobre el análisis de desgaste para cualquier tipo de material, sean estos: metales, cerámicos o compuestos, es la norma ASTM-G65. Es una norma que se basa del desgaste abrasivo en seco, que significa desgastar al material en condiciones no húmedas. "[6]" Específicamente se usó esta norma, ya que esta norma simula las condiciones normales a las que esta una pastilla funcionando. La norma ATSM-G65, está normalizada según una máquina, que se conoce como la máquina de desgaste.



Figura 2. Máquina de desgaste.

Fuente: [2]

CARACTERISTICAS DE LA MAQUINA

La máquina está compuesta de: una tolva, un mando de control, un disco cubierto con caucho, un disco, un porta probetas y un brazo de palanca conectado a un balance de pesos como se observa en la imagen. La máquina de desgaste, se rige por unas características específicas, las cuales deben ser elegidas en el momento de realizar la prueba de desgaste. Estas características se muestran a continuación:





Caracteristicas	Valores	
Arena	AFS 50-70	
Flujo Arena	300 gr/min	
Diámetro Disco +caucho	9 "	
Velocidad del disco	200 rpm	
Carga peso adicional	3 kg	
Potencia del motor	1 Hp	
Frecuencia	113 Hz	

Tabla 1: Características de la maquina según norma ASTM-65

Fuente: Acurio, 2015.

El uso de arena lumina AFS 50-70 es primordial, ya que esta arena tiene la propiedad de incrustarse en el material y actuar como un material abrasivo, por lo que en el momento de hacer contacto el caucho con la probeta, facilita que este desgaste al material.

Está definida por la norma ASTM-65 una serie de procedimientos que se manejan para realizar el desgaste para un material determinado, desde el procedimiento A hasta el E. Principalmente porque no se puede realizar un mismo procedimiento para todos los materiales, ya que cada material tiene sus propias características. Estos se muestran a continuación:

PROCEESWENTS ASTV	FUERZA EJERCICA - PROBETA		REVOLUCIONES DE LA RUEDA	DISTANCIA DE DESGASTE	usos	
	N.	124		- Et		
A	130	29	6 000	4 309	Marraes con medal te demands servicia ab acrasion	
B	130	29	2 300	14)6	Minerales atamente residentes a la abrasión, pero el usado en materiales de media a bajo resistencia a la acración. Se apica cuando la perdida de vicuner desarrollados por el procedimiento Alexceden los 100 mm3	
G	130	29	100	71.5	Para uso en capas delgadas	
0	45	10	6000	4339	Se utiliza en materiales con bapares sient a a la acrosión	
E	130	29	1000	712	Minerales con media o bap resistencia a la sorissión	

Tabla 2: Procedimientos de la máquina de desgaste en base de la norma ASTM-G65

Fuente: Gutiérrez, 2015

Los procedimientos se clasifican desde la A hasta la E, que cada una determina el proceso según el material y la resistencia hacia la abrasión. Para nuestra prueba se ha escogido los procesos B y E. El proceso B entra un material altamente resistente a la abrasión y sobre todo de materiales metales y con un alto porcentaje de dureza; el proceso E, es para materiales con baja resistencia a la abrasión y menor dureza.

CARACTERISTICAS DE LA MOTO

Para la presente prueba se va a utilizar una motocicleta Pulsar 200NS con las siguientes características observadas en las Tabla 3.

Motor	Cuatro (4) Tiempos, SOHC, 4 Válvulas		
	Refrigeración fiquida. Triple Bujía:		
	ExhausTEC		
Cilindrada	199.5 cc		
Potencia máxima neta	23.5 Hp a 9500 rpm (potencia medida al eje)		
Torque máximo neto	18.3 Nm a 8000 rpm		
Lubricación	Forzada por bomba de succión		
Refrigeración	Liquida con radiador y electroventilador		
Transmisión	6 velocidades		
Diâmetro por carrera	72 x 49 mm		
Compresión	95 47-05 1		
Carburador	Carburador Ucal UCD 33 mm		
Frenos delantero	Disco autoventilado de 280 mm de diámetro		
Freno traxero	Disco autoventrado de 230 mm de diámetro		
Suspensión delantera	Telescópica hidráulica HDS de 37 mm de diámetro		
Suspensión Trasera	Mono amortiguados de Gas Nitrógeno		
Capacidad tanque de combustible	12 lifros (3 17 galones)		
Reserva tanque de combustible	2.4 litros (0.634 galones)		
Sistema de Encendido	DC. Control independiente de encendido ECU, 3 buías		
Sistema eléctrico	12 V DC para mayor establidad		
Farola	H4, 12V, 55/60W		
Luz trasera stop	Tipo LEO		
Direccionales	12V,10W		
Bateria	12V = 8Ah VRLA		
Peso del vehículo en seco	145 Kg		
Lianta detantera	100 / 80 x 17 -52 P		
Llanta trasera	130 / 70 x 17 -61P		

Tabla 3: Especificaciones técnicas de moto para el estudio

Fuente: Francisco Rios, Carlos Rivera.

2. MARCO TEORICO

1.1.ANTECEDENTES

A finales del siglo XIX donde se dio la aparición de las primeras motocicletas trajo consigo la necesidad de la creación de un sistema que lograse el frenado del mismo, aunque las velocidades a las que llegaban las motocicletas en esa época no eran elevadas ni la transmisión que poseían daba para más se requería de un sistema que ayude a la detención total del mismo. El frenado nace de los coches de caballos donde se usaba una zapata la



cual se aplicaba directamente sobre la banda de rodadura de las ruedas traseras haciendo perder velocidad por la fricción que producía.

Herbert Frood para 1987 implemento la primera pastilla de fricción la cual se fundamentaba en la utilización de una trenza con fibras de algodón, pero tenía una gran limitación (el uso de una fibra natural perdía sus propiedades fricción y por lo tanto llegaba a romperse a 150°C) por lo que no se dudó en buscar alternativas. Pocos años después se implementó las fibras de amianto debido a que daban facilidad en tejer como la fibra de algodón y poseían una elevada resistencia mecánica, flexibilidad, buenas propiedades de fricción, buen comportamiento a las altas temperaturas y tenía una buena compatibilidad con otras sustancias; éste elemento sería la base para la creación de las pastillas de freno por las siguientes décadas. "[2]".

1.2. SISTEMA DE FRENOS

Los frenos no son sólo los discos o las pinzas, es un conjunto de piezas que tienen que actuar de forma coordinada.

Pinzas

Existen variados tipos de pinzas, pero estas se diferencian por varios apartados, el número de pistones que empujan las pastillas, el tipo de construcción, el modo en que se anclan y sus materiales.

De acuerdo a su fabricación, existen de una pieza y de dos, en este caso unidas por tornillos. En general, las de una pieza son más rígidas, pero puede que una pinza mono bloque de gama baja acabe deformándose más que una de dos más elaborada, por ejemplo, si lo hace su material de construcción.

Discos

Los discos son los elementos más pesados de una rueda, y al girar con ella, su masa afecta mucho al efecto giroscópico. En cuanto a los materiales con los que se fabrican, la fundición de hierro es el mejor en el caso de los discos.

Bombas

En las motos las bombas de freno son de tipo radial, es decir que el recorrido del pistón que empuja el fluido se efectúa en sentido perpendicular al manillar.

Las bombas están fabricadas normalmente de fundición, posteriormente el aluminio se mecaniza y se instalan todos los mecanismos y juntas, pero algunos modelos de gama alta se realizan directamente mecanizando desde bloques de aluminio, lo que permite obtener una bomba más rígida y con mayor posibilidad de mecanizar con alta precisión.

Pastillas

En general, las pastillas tienen que ofrecer capacidad de frenado, esto es evidente, pero también se enfocan en el «confort», es decir, que no posean un sonido molestoso, que tengan un comportamiento constante tanto en frenadas fuertes como en suaves, que funcionen bien desde el primer momento, que lo hagan en seco y en húmedo, etc. "[5]".

Latiguillos

Entre la bomba y la pinza de freno están los latiguillos metálicos. Son unos tubos con unas características especiales que permite el flujo del líquido de frenos, que es un líquido muy corrosivo. Los de más alta calidad son los de trenzado metálico,





que hace que no se expandan cuando se ejerce presión en el circuito.

Líquido

El fluido hidráulico es una mezcla de glicoles, que está perfectamente clasificada por calidad." [4]".

1.3.TIPOS DE PASTILLAS SEGÚN SU MATERIAL

Orgánicas: Tienen un buen coeficiente de "agarre" (fricción) en un uso moderado, son silenciosas y dan buen resultado a bajas temperaturas. El inconveniente de estas pastillas de freno es que se desgastan rápidamente.

Semimetálicas: Son pastillas de todo uso, en altas temperaturas es cuando se optimiza su uso, cuanto mayor carga metálica tienen mejor rendimiento, eso sí, son más ruidosas y son menos efectivas en temperaturas bajas, es decir cuando los frenos todavía están fríos.

Metálicas: A base de metal sinterizado, alta calidad en la frenada, aunque exigen frenar fuerte, al desgastarse producen un polvo negro corrosivo, que obliga a un mantenimiento y limpieza cuidadosa de llantas y discos.

Carbono: Pastillas semimetálicas tratadas con carbón para mejorar sus características, al igual que las anteriores hay que tener cuidado con los sedimentos procedentes del desgaste, que también es muy corrosivo. "[5]".

3. METODOLOGÍA

La metodología establecida para el análisis de desgaste abrasivo sigue los siguientes procesos:

Motocicleta a usar

Moto pulsar 200NS, con sus especificaciones vistas en las tablas 3.



Figura 3. Moto pulsar 200ns

Fuente: [6]

Diseño de las probetas

Para la elaboración de las probetas, fue necesario separar las pastillas de su base metálica utilizando un sujetador de piezas У un cincel; se cuidadosamente de la base metálica, debido a que este material es blando y tiende a romperse; después se procede a realizar el corte utilizando una sierra y el sujetador, el corte debe ser manual para evitar pérdida de material y masa; después de esto se procede a pulir las probetas para que tengan la medida exacta de ancho, largo y altura respectivamente, para poder colocarla en la máquina de desgaste, la cual es de : 25.4 x 76.2 x 3.2-12.7 mm, "[6]"

Medición de masa inicial.

Se midió la masa inicial antes de realizar la prueba de desgaste para cada probeta.

Configuración de la máquina

El funcionamiento de la maquina esta dado en que se ubica un tipo de arena específica (lúmina) en la tolva, luego se coloca si es necesario un peso adicional para ejercer más presión (Fuerza) sobre la probeta. Se revisa que todo esté en correctas condiciones y se procede a encender la maquina usando el mando de control; que se maneja con: un potenciómetro (regulador de frecuencia), contador de vueltas y un interruptor para





encender/apagar la máquina, donde al momento de prenderla, se abre la válvula de la tolva para permitir el flujo de arena.

Prueba de desgaste

Se monta correctamente la probeta en el sujetador de probetas. Se inicia la máquina y se realiza el procedimiento anterior, tomando en cuenta las características propias del funcionamiento de la maquina (ver Tabla 1 y Tabla 2). Se realiza la prueba de desgaste para todas las probetas.

Medición de masa final.

Se midió la masa final después de realizar la prueba de desgaste para cada probeta.

4. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultados

Después de haber expuesto las probetas al desgaste, se han obtenido los siguientes resultados. En la primera gráfica se puede notar claramente el desgaste que ha sufrido cada probeta;



Figura 3: Resultados del ensayo de tracción en pastillas ecuatorianas.

Fuente: [3]

En este primer cuadro se puede observar 3 pastillas de freno de origen ecuatoriano que se pusieron a prueba con la ayuda del banco.



Figura 4: Resultados del ensayo de tracción en pastillas colombianas.

Fuente: [4]

En esta segunda tabla se puede observar otras marcas de pastillas procedentes de Colombia que de igual manera fueron sometidas a una prueba de frenado con el fin de sacar las distintas conclusiones.



Figura 5: Resultados del ensayo de tracción en pastillas coreanas.

Fuente: [5]

Por último, se puede observar estas pastillas de freno de marca coreana las cuelas también fueron analizadas en el banco para la prueba de frenado y hacer las respectivas comparaciones.

Por último, la tabla 3 nos indica los resultados de diferencia de masa de las probetas; en la tabla se muestra claramente cuál fue su masa inicial y su masa final. Sin embargo, se puede apreciar en la tabla que los valores de las pastillas coreanas con las ecuatorianas tienen una similitud entre la diferencia de masa, pero esto se debe a al parámetro que se utilizó.





	Pastillas Semimetálicas Ecuatorianas		
	1	2	3
Masa inicial (g)	33,232	33,428	33,523
Masa final (g)	32,163	32,268	32,501
Diferencia de masa (g)	1,069	1,16	1,022

Tabla 4: Resultados del desgaste en diferencia de masa en pastillas ecuatorianas

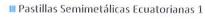
Fuente: Francisco Rios, Carlos Rivera.

	Pastillas Semimetálicas Colombianas		
	1	2	3
Masa inicial (g)	30,512	28,124	33,501
Masa final (g)	28,947	25,899	31,745
Diferencia de masa (g)	1,565	2,225	1,756

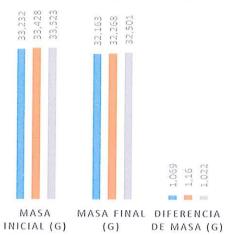
Tabla 5: Resultados del desgaste en diferencia de masa en pastillas colombianas

Fuente: Francisco Rios, Carlos Rivera.

ECUATORIANAS



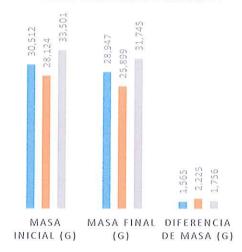
- Pastillas Semimetálicas Ecuatorianas 2
- Pastillas Semimetálicas Ecuatorianas 3



En conclusión, se puede observar como las distintas pastillas de freno fueron afectadas en su masa debido a la prueba de frenado, dejándonos como resultado que las pastillas de freno #2 son las más perjudicadas en cuento a desgaste, seguidas de las #1 y por último las #3.

COLOMBIANAS

- Pastillas Semimetálicas Colombianas 1
- Pastillas Semimetálicas Colombianas 2
- Pastillas Semimetálicas Colombianas 3



En conclusión, se puede observar como las distintas pastillas de freno fueron afectadas en su masa debido a la prueba de frenado, dejándonos como resultado que las pastillas de freno #2 son las más perjudicadas en cuento a desgaste, seguidas de las #3 y por último las #1.



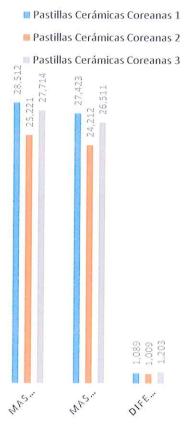


	Pastillas Cerámicas Coreanas		
	1	2	3
Masa inicial (g)	28,512	25,221	27,714
Masa final (g)	27,423	24,212	26,511
Diferencia de masa (g)	1,089	1,009	1,203

Tabla 6: Resultados del desgaste en diferencia de masa en pastillas coreanas

Fuente: Francisco Rios, Carlos Rivera.

COREANAS



En conclusión, se puede observar como las distintas pastillas de freno fueron afectadas en su masa debido a la prueba de frenado, dejándonos como resultado que las pastillas de freno #3 son las más perjudicadas en cuento a desgaste, seguidas de las #1 y por último las #2

5. CONCLUSIONES

A partir de los resultados obtenidos y el análisis de los ensayos realizados y a partir de la tabla 2 se puede afirmar que las pastillas coreanas poseen una menor diferencia de masa en comparación a las otras dos, aunque estas no son las pastillas más resistentes al desgaste; esto ocurrió porque estas pastillas fueron desgastadas siguiendo el parámetro E de la norma ASTM G65 mientras que las semimetálicas pastillas fueron analizadas con el parámetro B de la norma ASTM G65. Esta elección de los parámetros se hizo de esta manera porque las pastillas cerámicas no cumplían con las mismas características que las pastillas semimetálicas las cuales podían ser desgastadas siguiendo el parámetro B de la norma ASTM G65.

En los ensayos de desgaste realizados en las pastillas de freno logramos identificar que las pastillas semimetálicas son más resistentes al desgaste abrasivo que las cerámicas generalmente, pero específicamente en este caso se obtuvo el resultado que las pastillas de freno ecuatorianas fueron las más resistentes al desgaste abrasivo.

Por el análisis de desgaste, de los tres tipos pastillas de diferente procedencia, se determinó cuál de las tres llega a ser más óptima dando como resultado con alto nivel de resistencia al desgaste las pastillas de procedencia ecuatoriana, seguida de las colombianas, y finalmente de las coreanas. Sin embargo, se determinó que a pesar de su baja resistencia al desgaste por parte de pastillas coreanas; estas utilizadas en competencias de motos y cuadrones por su alta resistencia al calor, impidiendo que se dilaten al momento de producir el frenado.





Adicionalmente, se evidenció que el desgaste no es una propiedad del material, el material puede ser más duro o más denso y, sin embargo, esto interfiere con la resistencia al desgaste.

Para un buen mantenimiento de los discos de freno conviene revisarlos cada 20000 km. como norma general. Este control no debe de ser solo visual, ya que existe una cota mínima tras la cual el disco debe de ser sustituido

6. REFERENCIAS

- [1] Circula seguro. (2017). No olvidemos estar atentos al desgaste de los frenos. Recuperado el 30 de mayo de 2017 desde http://www.circulaseguro.com/olvi demos-estar-atentos-al-desgaste-de-los-frenos/
- [2] Tamayo, L. (marzo de 2017). Estudio de la eficiencia de frenado para valorar pastillas de freno de producción nacional mediante norma ECE 13H. UIDE. Recuperado el 30 de mayo de 2017 desde http://repositorio.uide.edu.ec/bitstre am/37000/1052/1/T-UIDE-0854.pdf
- [3] Moto1Pro. (29 de marzo de 2016). Los frenos de la moto. Problemas y ajustes básicos. 20 minutos. Recuperado el 30 de mayo de 2017 desde http://www.moto1pro.com/reportaj es-motos/los-frenos-de-la-motoproblemas-y-ajustes-basicos
- [4] Burgaleta, P. (18 de diciembre de 2013). Todo sobre los frenos. motociclismo. Recuperado el 30 de mayo de 2017 desde http://www.motociclismo.es/equipa miento/para-moto/articulo/todo-sobre-frenos

- [5] Motoralia. (02 de julio de 2012). Pastillas de freno ¿qué tipos hay? Recuperado el 30 de mayo de 2017 desde http://www.motoralia.es/blog/motoralia/accesorio-de-moto/pastillas-de-freno-que-tipos-hay/
- [6] Mouhad (2012). Dry Sand
 Rubber/Wheel Abrasion Test.
 NOVA SWISS. Recuperado el 25
 de junio de 2017 desde
 http://www.novaswiss.ch/webautordata/56/8-Dry-sand-Rubber-Wheeltribometer_Dez12.pdf
- [7] Acurio, D. (2015). Diseño y construcción de un equipo de laboratorio de desgaste abrasivo según normas ASTM 65, ASTM G105 y ASTM B611.
- [8] Gutiérrez, W. (2015). Resistencia al desgaste abrasivo de recubrimientos producidos por proyección térmica para aplicaciones navales. Universidad Nacional de Colombia

REFERENCIAS IMÁGENES

- [1] Cuadra,2014 «Sistema de frenos de una motocicleta».
- [2] Francisco Rios, Carlos Rivera, «Maquina de desgaste».
- [3] Francisco Rios, Carlos Rivera, «Resultado del ensayo de traccion en pastillas ecuatorianas».
- [4] Francisco Rios, Carlos Rivera, «Resultado del ensayo de traccion en pastillas colombianas».
- [5] Francisco Rios, Carlos Rivera, «Resultado del ensayo de traccion en pastillas coreanas».





Francisco Rios, Carlos Rivera, «Moto pulsar 200ns».







Nova Werke AG Vogelsangstrasse 24 CH-8307 Effretikon Tel: +41 52 354 16 07 Fax: +41 52 354 16 91

www.novaswiss.com

Dry Sand Rubber/Wheel Abrasion Test (ASTM G 65)

Dry sand rubber/wheel abrasion test is one of the most widely used abrasion testing method. The abrasive, for example dry sand, is fed between the specimen and the rotating rubber wheel (Fig 1). Other abrasives can be used depending on the application such as, industrial equipment for grinding grain, paints, plastics, coatings, slurry abrasion, construction and farm equipment. A wide range of materials can be tested for example; metals, ceramics, plastics, composite materials and coatings. Parametric flexibility (e.g. load, sliding speed and distance, sand size and quality) of this set-up can provide many advantages in simulating various tribological systems.

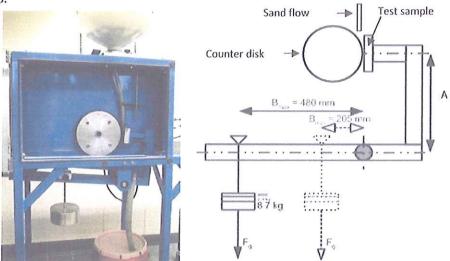


Figure 1: Rubber/Wheel set-up with loading flexibility system

The testing parameters are:

Test sample dimension: 1" x 3" x 0.12 - 0.5" (25.4 x 76.2 x 3.2-12.7 mm)

Abrasive and feeding rate: Alumina, 30-600 gr/min.

Load: 20, 130, 250 N Sliding distance: 718 to 4309 m

Disks (also available): (St37, CK45, GG25, X155)

Typical Standard Method

ASTM G65: Standard Test Method for Measuring Abrasion Using the Dry Sand/Rubber

Wheel Apparatus

ASTM B611: Standard Test Method for Abrasive Wear Resistance of Cemented Carbide

Contact:

Dr. Mousab Hadad, Head of Tribology Laboratory: Dr. Stephan Siegmann, Head of Coating Technology: Mail: mousab.hadad@novaswiss.com
Mail: stephan.siegmann@novaswiss.com

Tel: +41 52 354 51 41 Tel: +41 52 354 16 07

Nova Werke AG Vogelsangstrasse 24 CH-8307 Effretikon Tel: +41 52 354 16 07 Fax: +41 52 354 16 91 www.novaswiss.com

Example of an abrasive tribological test:

Self-fluxing WC-NiCrSiB flame sprayed coating is usually applied for abrasion and erosion wear resistance materials. The high wear resistance of this type of coating is caused by the combination of both mechanical properties of the hardness of tungsten carbide particles and the toughness of the metallic matrix NiCrSiB. Therefore, to reveal the effect of WC particles shape on the tribological behavior of such coatings, different kinds of powders with various WC shapes were HVOF sprayed (Fig 2). The standard abrasive Rubber/Wheel tests were carried out. To understand the wear mechanism, few of SEM observations have been performed on the worn surface (Fig 3).

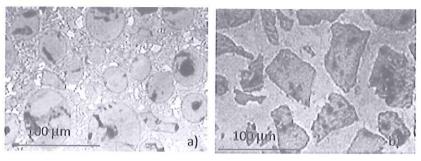


Figure 2: SEM micrographs of the coated samples, a) spherical WC shape, b) blocky WC shape.

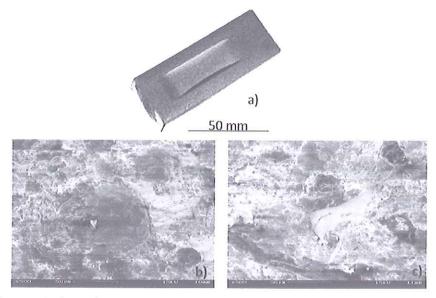


Figure 3: a) the morphology of worn surface of test sample, b) SEM micrographs of the worn surface of the spherical WC shape, and c) blocky WC shape.



Referencia 1.

No olvidemos estar atentos al desgaste de los frenos



En mayo repasamos lo importante que es tener los neumáticos en buen estado, y <u>cómo</u> identificar los diferentes desgastes que <u>pueden presentar</u>. En junio repasamos <u>lo</u> importante que es tener los amortiguadores en buen estado. Y ahora en julio vamos a hacer lo mismo con los **frenos**. Todo conductor tiene que tener siempre perfectamente claro que neumáticos, amortiguadores y frenos son fundamentales para la **seguridad** de la conducción.

Además de <u>saber frenar</u>, es importante **revisar** periódicamente los frenos, saber reconocer los síntomas de que están desgastados o de que algo va mal, y proceder con rapidez para cambiarlos o repararlos. La diferencia entre frenar y detener el coche a tiempo, o no hacerlo, puede ser vital.







Los frenos se desgastan, ¿Qué vamos a hacer?

Los **frenos** de un automóvil son un elemento sometido a **desgaste**. Irremediablemente, aunque no queramos, se van a gastar y más tarde o más temprano tendremos que sustituir diferentes componentes del sistema de frenado, por muy bien que tratemos y cuidemos nuestro coche.

En los frenos tenemos dos elementos fundamentales que entran en contacto y por **fricción** consiguen frenar el coche (reducir su velocidad). En unos frenos de disco, por ejemplo, que son los más habituales, tenemos un disco que gira solidario con el eje, y unas pastillas de freno que se mantienen fijas en la misma posición, una a cada lado del disco, muy cerca de él.

Cuando frenamos las pastillas se aprietan contra el disco, y el rozamiento que aparece va frenando el giro del disco, y por tanto va frenando la rueda y el coche.

Como es lógico, cuantos más kilómetros hagamos, más se desgastarán los frenos, y en general, cuanto más rápido hagamos esos kilómetros, antes llegará el momento de pasarse por el taller. Obviamente la manera de conducir de cada uno, y las circunstancias en las que se conduce, hacen que los frenos puedan durarnos más o menos.

Por ejemplo, quien conduzca con **tranquilidad y anticipación**, gastará menos los frenos que quien conduzca muy rápido y de manera más deportiva o agresiva. Del mismo modo, cuando se conduce más por ciudad, con casi constantes arranques y frenadas, se desgastarán más que cuando se conduce más por autopista, a velocidad constante, pues, aunque se hacen muchos kilómetros, se toca mucho menos el freno.





Tres elementos a controlar

En el sistema de frenos de un coche hay tres elementos que hay que revisar y cambiar cada cierto tiempo:

- Las pastillas de freno, o las zapatas, según sean frenos de disco o frenos de tambor. A partir de unos 30.000 km pueden estar ya para cambiar, y conviene echarles un ojo (habrá a quien le duren más o menos). El desgaste de las pastillas se suele ver con relativa facilidad, pues se puede ver el espesor del material.
- Los discos de freno. La fricción entre la pastilla y el disco de freno no solo gasta la pastilla, también desgasta el disco. Lo habitual es que el disco dure más que la pastilla, pero a partir de unos 60.000 km conviene también echarles un ojo (de nuevo habrá a quien le duren más o menos). El desgaste de los frenos también se puede observar a simple vista, pues el disco se va adelgazando.
- El **líquido de frenos**. Este es un componente que se cambia en el plazo que indique el fabricante, normalmente se recomienda hacerlo cada dos años. Lo que suele suceder es que va acumulando aire o incluso aire, y eso merma su eficacia, además de que el líquido se puede ir degradando, por ejemplo, por la temperatura a la que trabaja.







Síntomas de que algo no va bien

Al igual que sucede con los neumáticos y con los amortiguadores, el desgaste de los frenos es paulatino. Así que como produce poco a poco, nos vamos acostumbrando y no siempre notamos los cambios. Pero la realidad es que cuanto más desgastados están los frenos y más viejo es el líquido de frenos, menos eficaces son y más distancia se necesita para frenar.

Si notamos alguno de los siguientes síntomas conviene que pasemos por el taller a que nos revisen el sistema de frenos, o bien hacerlo nosotros mismos si nos apañamos bien con la mecánica del coche.

Si coche frena menos tarda más pararse. en - Si tenemos que pisar con más fuerza el pedal del freno de lo que era normal en nuestro Estos dos síntomas suelen indicar desgaste. - Si el pedal del freno está demasiado blando y esponjoso, y no es normal en nuestro coche. Esto suele indicar que el líquido de frenos está mal, o que hay aire en el circuito. - Si el pedal del freno está demasiado duro. Esto indicaría un problema con el servofreno, el sistema que nos ayuda a que se aprieten las pastillas contra el disco. Si hay ruidos o temblor en el pedal del freno al frenar, pero siempre, no solo cuando se trata de una frenada muy fuerte o con agua, caso en el que funcionaría el ABS. Esto suele indicar disco que el está dañado У Si a pesar de tener ABS se bloquea alguna rueda al frenar o si el coche frena desigualmente y en lugar de seguir recto se desvía hacia un lado (y no es un neumático desinflado). Hay que pasarse por el taller Y desde luego ante cualquier anomalía y síntoma extraño, es mejor prevenir que lamentar y pasarse por el taller.





Pues eso. Hay que mirar bien por cada euro que nos gastamos, pero en estos tres elementos fundamentales para la seguridad de nuestro coche, neumáticos, amortiguadores y frenos, no conviene apurar demasiado su revisión y sustitución.





Referencia 2.

SISTEMAS DE FRENOS Y SUS DIFERENTES TIPOS.

Un **freno** es un dispositivo utilizado para detener o disminuir el <u>movimiento</u> de algún cuerpo, generalmente, un <u>eje</u>, <u>árbol</u> o <u>tambor</u>. Los **frenos** son transformadores de <u>energía</u>, por lo cual pueden ser entendidos como una <u>máquina</u> *per se*, ya que transforman la <u>energía cinética</u> de un cuerpo en <u>calor</u> o <u>trabajo</u> y en este sentido pueden visualizarse como "extractores" de energía. A pesar de que los frenos son también máquinas, generalmente se les encuentra en la literatura del diseño como un elemento de máquina y en literaturas de <u>teoría de control</u> pueden encontrarse como actuadores.

Usos

Es utilizado en numerosos tipos de <u>máquinas</u>. Su aplicación es especialmente importante en los <u>vehículos</u>, como automóviles, trenes, aviones, motocicletas o bicicletas.

Tipos de frenos

Frenos de fricción

Los frenos de fricción están diseñados para actuar mediante fuerzas de <u>fricción</u>, siendo este el medio por el cual se transforma en calor la energía cinética del cuerpo a desacelerar. Siempre constan de un cuerpo fijo sobre el cual se presiona un cuerpo a desacelerar. Son muy utilizados en los vehículos.

- Frenos de cinta o de banda: Utilizan una banda flexible, las mordazas o zapatas se aplican para ejercer tensión sobre un cilindro o tambor giratorio que se encuentra solidario al eje que se pretenda controlar. La banda al ejercer presión, ejerce la fricción con la cual se disipa en calor la energía cinética del cuerpo a regular.
- Freno de disco: Un freno de disco es un dispositivo cuya función es detener o reducir la velocidad de rotación de una rueda. Hecho normalmente de acero, está unido a la rueda o al eje.
- Freno de tambor: El freno de tambor es un tipo de freno en el que la fricción se causa por un par de zapatas o pastillas que presionan contra la superficie interior de un tambor giratorio, el cual está conectado al eje o la rueda.
- Freno de llanta: Utilizan como cuerpo móvil la llanta de una rueda. Son muy utilizados en bicicletas y existen varios tipos.

Otros tipos de tipos de frenos

Según el tipo de accionamiento

- Freno neumático
- Frenos mecánicos
- Frenos hidráulicos



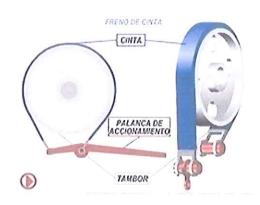


- Freno de estacionamiento
- <u>Freno eléctrico</u>. Hay dos tipos: <u>freno regenerativo</u> y <u>freno reostático</u>. Cuando utiliza los sistemas de tracción eléctrica se denomina <u>freno dinámico</u>.

Dispositivos especiales

- Frenos ABS (Antilock Brake System) (Sistema anti blouse)
- Freno Prony
- Freno motor
- Freno de inercia

Frenos de cinta



Frenos de disco





Frenos de tambor



Frenos de llantas



Freno hidráulico

El **Freno hidráulico** es el que aprovecha la acción multiplicadora del esfuerzo ejercido sobre un <u>líquido oleoso incompresible</u>.

Funcionamiento: Los frenos hidráulicos utilizan la presión de un líquido (presión hidráulica) para forzar las zapatas de freno hacia fuera, contra las tamboras. El sistema consta esencialmente de dos componentes: el pedal del freno con un cilindro maestro y el mecanismo de freno de ruedas, junto con los tubos o conductos correspondientes y las piezas de sujeción.

Al funcionar, el movimiento del pedal del freno fuerza a un pistón para que se mueva en el cilindro maestro. Esto aplica presión a un líquido delante del pistón. Obligándolo a pasar — bajo presión — a través de los conductos de freno hacia los cilindros de ruedas. Cada cilindro de rueda tiene dos pistones. Cada pistón está acoplado a una de las zapatas de freno mediante un pasador accionado. Por tanto, cuando el líquido es forzado al interior de los cilindros de ruedas, los pistones resultan empujados hacia fuera. Este movimiento fuerza las zapatas también hacia fuera, poniéndolas en contacto con la tambora.





Freno mecánico

Es accionado por la aplicación de una <u>fuerza</u> que es transmitida <u>mecánicamente</u>, por <u>palancas</u>, cables u otros mecanismos a los diversos puntos del frenado. Se utiliza únicamente para pequeñas potencias de frenado y suele requerir frecuentes ajustes para igualar su acción sobre las ruedas.

Freno neumático

Freno de disco de accionamiento neumático en un camión.

Circuito neumático de frenos de un camión.

- 1) Compresor.
- 2) Regulador de presión.
- 3) Secador de aire.
- 4) Depósito de regeneración.
- 5) Válvula de protección de cuatro vías.
- 6) Depósitos de aire comprimido.
- 7) Válvula de freno de mano.
- 8) Válvula de descarga del freno de mano.
- 9) Válvula de freno de servicio.
- 10) Cámaras de aire de frenos delanteros.
- 11) Válvula de control del reparto de frenada.
- 12) Cámaras de aire de frenos traseros.

El **freno neumático** es un tipo de <u>freno</u> cuyo accionamiento se realiza mediante <u>aire</u> <u>comprimido</u>. Se utiliza principalmente en <u>trenes</u>, <u>camiones</u>, <u>autobuses</u> y <u>maquinaria</u> pesada.

Utiliza <u>pistones</u> que son alimentados con depósitos de <u>aire comprimido</u> mediante un <u>compresor</u>, cuyo control se realiza mediante <u>válvulas</u>. Estos pistones actúan como <u>prensas</u> neumáticas contra los <u>tambores</u> o <u>discos de freno</u>.

El primer freno neumático factible para <u>ferrocarriles</u> fue inventado en los <u>años 1860</u> por <u>George Westinghouse</u>.

Los líquidos de frenos son fluidos importantes para la seguridad de un vehículo, por esta razón, deben cumplir una serie de normas que conviene conocer, según explica <u>Total</u> en un artículo en su <u>blog</u>.





Atendiendo a algunos antecedentes históricos, de acuerdo con el fabricante de lubricantes, fue en 1958 cuando surgieron las especificaciones US SAE J 70 R1 y R2 para líquidos de freno. Desde 1972 en adelante, los grados DOT 3, DOT 4 y DOT 5 se establecieron en la especificación FMVSS 116.

Finalmente, "esas especificaciones han sido superadas por las **normas SAE J 1703** para cumplir los requerimientos de seguridad y de los fabricantes de vehículos", detallan los profesionales de **Total**. Por otra parte, también existe la **norma japonesa JIS K 2233**, que requiere el cumplimiento de todos los puntos de la norma SAE y de la FMVSS 116.

Para clasificar un fluido de frenos hay que tener en cuenta tres factores, según especifican los profesionales de Total: su punto de ebullición seco, su punto de ebullición húmedo y su viscosidad cinemática a baja temperatura. En concreto, en España se emplean las normas UNE 26.071.78, 26.106.77 y sucesivas para los aceites sintéticos y minerales.

En cuanto a los requerimientos de los fabricantes de vehículos, según indican desde **Total**, "las **normas DOT 3 y DOT 4 son las que se han impuesto**".

En el caso de los fluidos **DOT 3**, se basan en **éteres de glicol**, "aunque **no** sea una característica de **imprescindible cumplimiento**". No obstante, la industria ha optado por trabajar con éteres de glicol "porque es la **vía más económica** para cumplir los requerimientos de las normas", apunta.

En cuanto a los líquidos **DOT 4**, también se basan en **éteres de glicol**, pero contienen **borato de ésteres**, que aumenta algunas propiedades como los puntos de ebullición húmedo y seco. "Los fluidos de frenos que cumplen esta norma son **más estables** y son **los más utilizados comercialmente**", asegura **Total**.

Por otro lado, también existen los fluidos **DOT 5.1** que, básicamente, son líquidos de frenos DOT 4 que cumplen con los **estándares** del nivel **DOT 5** respecto a **punto de ebullición y viscosidad**. "Por eso **se pueden mezclar** tanto con productos DOT 3 como DOT 4 sin problema alguno".

En este punto, **Total** advierte que **no** hay que confundirse y **mezclar líquidos DOT 5.1 con líquidos DOT 5**, "por muy parecido que tengan el nombre". De hecho, en muchos casos se les denomina DOT 4 Plus o Súper DOT 4 porque "se parecen mucho más en su formulación convencional a los DOT 4 que a los DOT 5".

Por último, **Total** recuerda que hay que tener en cuenta que "un líquido de frenos de **buena calidad** absorbe un 3% de agua en 20.000 km o en un año", por lo cual el punto de ebullición puede llegar a caer por debajo de los 150 °C. De este modo, "conviene realizar una sustitución periódica que garantice su funcionalidad ante cualquier imprevisto", concluye.





Referencia 3

- Pruebas
- MotoGP
- Fichas Técnicas
- Noticias
- Segunda Mano
- Consejos
- Rutas
- Concurso BMW Heritage
- Fuel
- La Moto
- Moto Verde
- Fotos

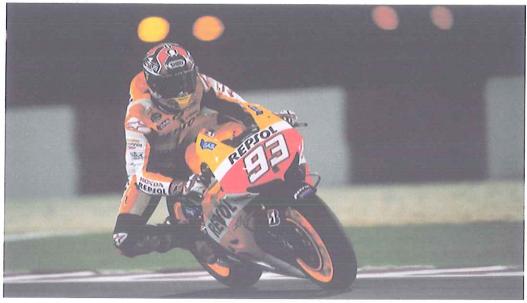
Para la moto

Todo sobre los frenos

Casi todos tenemos un cierto conocimiento sobre los frenos de nuestra moto, sabemos las diferencias entre unos y otros tipos, y lo que podemos esperar de cada uno, pero aquí te vamos a hablar del detalle para que puedas elegir exactamente lo que necesitas.

Pepe Burgaleta. Fotos: Joan Carles Orengo / Brembo. Colabora: David Viejo -

18/12/2013 11:48















































En la actualidad hay algunas empresas que dominan con mano de hierro sus sectores. Son firmas que han logrado casi un monopolio cuando de lo que se trata es de encontrar las máximas prestaciones en ciertos elementos, y cuando hablamos de frenos, siempre llega el mismo nombre a nuestras mentes, **Brembo**.

Hacemos esta introducción, porque puedes pensar que éste no es un artículo de **frenos**, sino un reportaje sobre esta firma, pero la realidad es la que es, y no tienes nada más que echar una ojeada al exterior para comprobar el dominio casi absoluto que ha conseguido. El mundo de la competición lo tiene copado, no ya **MotoGP** en todas sus categorías o el de **SBK**, sino también los nacionales. Las deportivas europeas hace muchos años que no montan otra cosa, y ahora también las japonesas las equipan. Cuando alguien se plantea trabajar sobre sus frenos, es el primer nombre, aunque no sea el único, que acude a su mente. Por eso, aunque lo que sigue es válido para cualquier fabricante, vas a ver que está ilustrado con el fabricante italiano, que el que tiene el catálogo más amplio, y, por lo que se ve en la **competición**, también el más efectivo.

Sistema global

Cuando pienses en frenos, tienes que hacerlo como en un conjunto. Los frenos no son sólo los **discos** o las **pinzas**, es un conjunto de piezas que tienen que actuar de forma coordinada. Si hay algún elemento que desentona, el resultado final no solo se resiente, sino que puede que acabe presentando **problemas**. Unas pinzas que proporcionen mucha **presión** pueden machacar un disco pequeño, unas **pastillas** preparadas para trabajar a alta temperatura no tienen sentido si nunca van a llegar a ella.

La moto también marca lo que se necesita, su **peso**, su **velocidad**, e incluso la forma de pilotar influyen a la hora de elegir el material. Hay pilotos que frenan suavemente y de forma prolongada, alargándola hasta muy dentro de la curva, y que necesitan **tacto**. Otros frenan brutalmente en línea recta en el menor espacio, y para ellos es necesario hacer mecanismos especiales. Seguro que tú no llegas a su nivel de **exigencia**, pero eso no quiere decir que no puedas adaptar la filosofía de funcionamiento de tus frenos a tus gustos personales. Vamos pues a darte las claves para que lo consigas realizando un viaje a lo largo de todo el sistema de frenos.

Pinzas

Sin duda son uno de los elementos más espectaculares del sistema. Son las piezas más elaboradas, con diseños exquisitos, realizadas casi con materiales nobles, normalmente el escaparate donde el fabricante exhibe orgulloso su logotipo.

Hay bastantes tipos de pinzas, pero podemos diferenciarlas por varios apartados, el **número de pistones** que empujan las **pastillas**, el tipo de **construcción**, el modo en que se anclan y sus materiales. Como este artículo versa sobre frenos deportivos, vamos a dejar de lado todo el material que no sea de alto rendimiento, así que en el caso de las pinzas nos ceñiremos a modelos de **cuatro pistones**.

Atendiendo a su fabricación las tenemos de una pieza y de dos, en este caso unidas por





tornillos. En general, las de una pieza son más rígidas, pero puede que una pinza mono bloque de gama baja acabe deformándose más que una de dos más elaborada, por ejemplo, si lo hace su material de construcción. Todas las pinzas están hechas de aluminio, pero pueden haber sido conformadas por fundición o mecanizadas. El material será diferente, y también su rigidez. Las de aleaciones de aluminio y litio pesan menos y son más rígidas, pero este material es cada vez más difícil de conseguir por las necesidades que de él tiene el mundo de la electrónica, lo que también hace que cada vez sean más caras. Un escalón más abajo están las de duraluminio, trabajadas desde un bloque fundido, y en la base de la pirámide, las fundidas desde aleaciones menos resistentes.

Una pinza tiene un tremendo trabajo, tanto de realización, como de diseño. Hay que pensar en su **rigidez**, en el **peso** y volumen, en su **refrigeración**, en la **aerodinámica**. Una sola pinza puede necesitar ocho horas de mecanizado automático para llegar a su forma

Si te fijas, normalmente los pistones de las pinzas no son iguales, los situados por detrás son más pequeños, ya que el propio **giro del disco** tiende a apretar la parte inicial de la pastilla con la que toma contacto, y es necesario presionarlas más en la parte final. Si los pistones son todos iguales, hay que descentrarlos adelantando o atrasando una **pareja**.

Los pistones son una parte fundamental porque necesitan tener un perfecto **ajuste**, una buena **refrigeración** y la rigidez adecuada. Pueden ser de aluminio o de **titanio**, y algunos se taladran perimetralmente para refrigerarse. Hay que tener en cuenta que el giro de la **rueda** ventila bastante la parte interior de la pinza, y que, aunque pueda pensarse lo contrario, es más crítica en este sentido la zona exterior. La **temperatura** de trabajo de una pinza comercial no debe exceder unos **220** °C para que las juntas teóricas, que son plásticas, aguanten sin deteriorarse y perder estanqueidad. El peso de la pinza es otro aspecto muy importante, porque afecta a la manejabilidad y al funcionamiento de las **suspensiones**, ya que giran con el manillar afectando al momento de inercia de la dirección, y forman parte de la **masa** no suspendida que se mueve con la rueda. Para disminuir el primero, las pinzas se colocan en la prolongación del eje de la dirección, en la punta inferior de la **horquilla**, de manera que se desplacen lo menos posible al hacerlo el manillar.

Discos

Existe siempre la teoría con ellos que va por el camino de «disco grande, ande o no ande», pero lo cierto es que el mejor siempre es el más pequeño que sea capaz de hacer frente a nuestras necesidades. Los discos pueden acabar siendo los elementos más pesados de una rueda, y al girar con ella, su masa afecta mucho al efecto giroscópico. Si tenemos en cuenta además que la parte más pesada del disco es la exterior, la pista de frenado, y que el momento de inercia aumenta con el cuadrado del radio al que se coloque la masa, puedes concluir que cuanto más peso pongamos ahí, más torpe será nuestra moto. A partir de unas ciertas prestaciones, los discos son todos flotantes, lo que quiere decir que el anclaje de la pista de frenado con el soporte a la llanta tiene un cierto juego axial. Este juego es capaz de hacerse cargo de una cierta deformación y descentramiento, que en otro caso provocaría el desplazamiento de las pastillas y un consiguiente mal acoplamiento sobre la pista. Se puede jugar con ese nivel de flotación, aumentándolo en



ciertas condiciones, como por ejemplo si ruedas en un circuito con pianos muy agresivos que agitarían los discos, separando con ello las pastillas. En las motos comerciales se reduce el juego para aumentar la **duración**, ya que un sistema muy flotante produce mayor desgaste, y también más **ruido** y **vibraciones**. Lo habitual es que los discos se anclen sobre rodillos, pero Brembo también tiene un sistema llamado **T-Drive**, que como su nombre indica, emplea un anclaje en forma de «T».

Las medidas máximas de un disco, además de por la propia lógica, que de hecho muchas veces se obvia, están limitadas por la **llanta**, ya que hace falta espacio para colocar la pinza. Los más grandes son de **330 mm**, aunque en estos casos se emplean pistas de frenado más estrechas. El diámetro de un disco marca la posición en la que actúa la pastilla, y por tanto el brazo de palanca y el par de frenada que el sistema aplica sobre la rueda.

Hay que tener en cuenta que las pistas de frenado están limitadas en sus dimensiones por una serie de condicionantes. Primero por la necesidad de contar con una determinada superficie de frenado para la **fricción** de las pastillas, y después por la generación de calor, de manera que su medida de estrechez no puede estar por debajo de unos ciertos valores. Lo habitual es que presenten una anchura de pista de **34 mm**, pero en la actualidad ya se están empleando las de **30 mm**, con espesores de discos que oscilan entre los 5 y los 8 milímetros.

En cuanto a los materiales con los que se fabrican, la fundición de hierro es el mejor en el caso de los discos, claro está, si nos olvidamos del carbono o la cerámica, materiales a los que no tenemos acceso. Por eso, para evitar que se **oxiden**, se suele trabajar con aleaciones con bastante **carbono**, tratadas convenientemente, para conseguir más potencia de frenado. Muy diferente es el caso de las campanas de anclaje para los discos que son flotantes, ya que éstas se fabrican siempre de ligero duraluminio. Posteriormente, se recurre a tratamientos superficiales específicos para endurecer la zona más externa, aquella en la que se colocan los rodillos de soporte.

Bombas

Hace ya tiempo que en las motos deportivas las **bombas** de freno son de tipo radial, es decir que el recorrido del pistón que empuja el fluido se efectúa en sentido perpendicular al **manillar**. De esta manera se consigue más presión con la misma fuerza, y el recorrido de la **maneta** es más efectivo al final de su carrera.

Podemos hablar de tres diámetros de pistón: 15, 16 y 19 mm. Lógicamente, cuanto mayor es este valor, más cantidad de fluido hidráulico se trasvasa en el mismo recorrido de la maneta, y por tanto más grande pueden ser los pistones y la pinza. Las bombas de 15 mm se emplean en las motos más pequeñas, por ejemplo, en las de supermotard, mientras que las de 16 mm valen para modelos que tengan solo un disco o un par de ellos, pero en este caso su diámetro no debe ser mayor de 230 mm. Hay algunos modelos concretos con sistemas de freno especiales, como las Yamaha YZF-R1 de pinzas de seis pistones, que las pueden usar precisamente porque los pistones son muy pequeños, pero en general en motos de media y alta cilindrada, la reina de las bombas es la de 19 mm. En cualquier caso, todo depende de tu forma de frenar, ya que una bomba más pequeña acaba desplazando el mismo volumen de líquido con un mayor recorrido, y si quieres una



frenada suave, puedes utilizar en una superbike una bomba de 16 mm, eso sí, hay que desplazar la maneta más para lograr la misma potencia de frenado. También se puede jugar con la palanca para variar el desplazamiento del pistón dependiendo del recorrido de la maneta, para, por ejemplo, hacer que el freno se vuelva más potente al final. Para identificar la bomba se dan dos medidas. La primera se refiere al diámetro del pistón y la otra al recorrido que puede realizar. Las más empleadas son las de 19/18 y 16/16, pero en las de 19 mm tienes recorridos de 16 mm y 20 mm (19/16 y 19/20), y en las de 16 mm, también las tienes de 18 mm de recorrido. Las bombas están fabricadas normalmente mediante fundición, y posteriormente el aluminio se mecaniza y se instalan todos los mecanismos y juntas, pero algunos modelos de gama alta se realizan directamente mecanizando desde bloques de duraluminio, lo que permite obtener una bomba más rígida y con mayor posibilidad de mecanizar con alta **precisión**. Los precios también dependen mucho del tipo de bomba y de su precisión. Así, te encuentras modelos por poco más de 200 euros y otros que cuestan casi 10 veces más.

La gran diferencia entre las bombas de mayor calidad y las demás es el ajuste de los **mecanismos**, que obliga a multiplicar la precisión del mecanizado del cuerpo de la bomba y de todos los elementos que la componen. Para que te hagas una idea, las bombas de MotoGP tienen lo que denomina «**juego** "0"» en la maneta. Y como habrás visto al menos en la tele, hay un sistema de ajuste que se puede instalar en las bombas y que consiste en un regulador y un cable que puede accionarse desde el manillar izquierdo. Giras el **regulador** y la maneta se aproxima o aleja del manillar.

Pastillas

Aquí nos adentramos en un mundo casi infinito, porque mientras los sistemas de frenos están acaparados por Brembo tanto en el terreno **deportivo** como en gran parte del **comercial** de altas prestaciones, existen múltiples fabricantes de pastillas de frenos con material de **alta calidad** y una experiencia considerable.

En general, las pastillas tienen que ofrecer capacidad de frenado, esto es evidente, pero también lo que podemos denominar «confort», es decir, que no chirríen, que tengan un comportamiento constante tanto en grandes como en pequeñas frenadas, que funcionen bien desde el primer momento, que lo hagan en seco y en mojado, etc. Como ves, muchos condicionantes.

Las áreas críticas para lograr todo esto son, por una parte, el **soporte**, que debe ser rígido y no deformarse, además de conducir bien el calor; y por otra, la **mezcla** que utiliza la pastilla en sí. Todas están realizadas en material sinterizado, es decir, compactadas desde productos en **polvo**. En general tienen bastante carbono. Cuanto más porcentaje de carbono contengan, más agarre ofrecerán y mayores temperaturas pueden soportar, pero también son más **agresivas**, porque trabajan peor a baja temperatura.

Los fabricantes suelen disponer de varios modelos, cada uno con prestaciones diferentes, que favorecen la potencia de frenado o la duración, aunque hay que intentar llegar a un buen compromiso. Si hablamos del fabricante italiano, en las carreras se decanta por la misma política que sus rivales, unos compuestos más agresivos y de menor duración, el Z04, capaz de aguantar unos 1.500 km, y el Z03, más resistente, hasta el doble de





duración, pero que tiene menos éxito. Un aspecto curioso es que el freno trasero está mucho menos dimensionado que el delantero, y si se usa, se gasta más que el delantero, pero eso... si se usa, porque muchos pilotos de velocidad prácticamente se olvidan de él.

Latiguillos

Los latiguillos son probablemente los elementos del sistema de frenos que más aficionados cambian en sus motos. Los fabricantes japoneses son poco dados a emplear modelos reforzados de PVC, y siguen, por sus motivos; utilizando frecuentemente los de goma. Está claro que los primeros tienen más prestaciones, sencillamente porque son más resistentes, y además más ligeros, aunque hay que tener cuidado con su diámetro, que debe ser siempre el adecuado, y con sus medidas. La estructura de los latiguillos «after market» está formada por un conducto de PVC que se recubre de una malla de hilo de acero inoxidable, y para protegerlos a ellos y a las piezas con las que puedan rozarse con el uso, envuelto de nuevo en un tubo de PVC, normalmente transparente.

Un aspecto a tener en cuenta es que en el latiguillo no debe favorecer cambios de **presión**, al menos con longitudes cortas de **menos de un metro**, que es lo que se usa, y así se diseñan. Da lo mismo el número de conexiones que se utilicen. Muchas pueden aumentar el peso mínimamente, pero no disminuyen la presión, así que es mejor diseñar un recorrido corto y lógico con varios codos, que emplear un tramo largo de latiguillo que tendría además poca capacidad de girar. Otro aspecto muy importante en el latiguillo es que todos los **racores** y los **tornillos** sean de acero inoxidable. El **empleo de aluminio está prohibido** porque se oxida, especialmente si se anodiza, y pues precisamente el líquido se come el anodizado y, por tanto, se contamina. Las **arandelas** suelen ser de cobre y tienen que estar calibradas.

Líquido

Bueno, ya tenemos nuestro sistema de frenos completo, de la maneta a los discos, con sus conexiones. Ahora hace falta que el circuito tenga el líquido, que al final es lo que realmente conecta tu mano con las pastillas de freno. El **fluido hidráulico** es una mezcla de **glicoles**, que está perfectamente clasificada por calidad. Hay que utilizar siempre y solo **DOT4**, los inferiores tienen peores propiedades y el **DOT5** probablemente acabe con los retenes de tu sistema de freno, si no está preparado para utilizarlo, que es lo más frecuente.

Hay también muchos líquidos de frenos en el mercado, y casi todos valen para circular por la calle, pero en las carreras todos acaban empleando uno de estos tres: AP 600, Brembo LCF 600 Plus o Castrol SRF600. El número proviene de la temperatura mínima de ebullición del líquido de cada calidad, que son 600 °F, que en medida «cristiana» son 316 °C. Así, líquidos con números inferiores hierven a temperaturas inferiores.

Concretamente, al DOT4 se le exige una temperatura mínima de 230 °C. Algo fundamental es saber que este líquido absorbe agua ferozmente, y la que se mezcla en él, como todos sabemos, hierve a 100 °C, a presión ambiente, y a algo más si se encuentra bajo presión, pero, en cualquier caso, muy por debajo de los 316 °C. Así que hay que





impedir que se formen en su interior **gotas de agua** que corroan el circuito o se congelen, pues de nada sirve emplear un líquido de alta calidad si al final en el circuito hay agua. Por este motivo, nunca hay que guardar el líquido una vez abierto, porque lo que rellenemos con un bote que ha estado medio lleno y en contacto con el aire, solo va a fastidiarnos el sistema. Es mejor comprar botes pequeños y resignarnos a tirar lo que sobre en un **«Punto Limpio»**

) 7

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO

Colegio de Ciencias e Ingeniería

Diseño y Construcción de un Equipo de Laboratorio de Desgaste Abrasivo Según Normas ASTM G65, ASTM G105 y ASTM B611

Alex David Acurio Peralta

Lorena Bejarano Ph.D., (c), Directora de Tesis

Tesis de Grado presentada como requisito para la obtención del Título de Ingeniero Mecánico

Quito, mayo de 2015

RESUMEN

Uno de los principales problemas que existen en los materiales y que han existido desde el inicio del desarrollo de la humanidad es el desgaste. Las pruebas en laboratorio han permitido estudiar y analizar el desgaste para clasificar los materiales resistentes a la abrasión y prolongar la vida útil de las máquinas y herramientas, entre otros. En el presente trabajo se realizan el diseño, construcción y puesta en marcha de un equipo para ensayos de desgaste abrasivo. El diseño del equipo de desgaste abrasivo se realiza basado en métodos de ensayo estandarizados, esto es en las normas ASTM G65 Método estándar de pruebas para medir la abrasión utilizando arena seca/disco con caucho, ASTM G105 Método estándar para realizar pruebas con arena húmeda/disco de caucho y ASTM B611 Método estándar de pruebas para determinar la resistencia a la abrasión de alto esfuerzo de materiales duros. Primero se realiza el diseño de los componentes principales de la máquina que son disco, difusor de arena y sistema de brazo de palanca. Una vez que esto está diseñado, se realiza el análisis y cálculo de: mecanismos, potencia requerida y diseño de las demás piezas. Luego de esto, se determina el tamaño del motor, el sistema de contador de vueltas y la regulación de la velocidad. Se realiza la construcción de componentes mecánicos y ensamblaje de sistemas eléctricos, para finalmente dar lugar al arranque de la máquina que incluye la prueba de los distintos mecanismos por separado: mecanismo del sistema de brazo, motor y puntos tangentes al disco. La máquina diseñada permite realizar pruebas de abrasión según las tres normas ASTM.

1.3. Objetivos del proyecto

1.3.1 Objetivo general

Diseño, construcción, puesta en marcha de un equipo para ensayos de desgaste abrasivo y obtención de resultados de las pruebas realizadas a las distintas probetas con las normas ASTM G65, ASTM G105 y ASTM B611.

1.3.2 Objetivos específicos

- Diseñar la máquina en función a las normas
- Diseñar un sistema de control de velocidades para las normas a utilizar
- Implementar un mecanismo que permita el cambio de dimensión de disco cumpliendo con las especificaciones de las normas
- Buscar un diseño que sea versátil y de tamaño limitado, esto sin comprometer las especificaciones de las normas
- Diseñar el control electrónico que permita visualizar el número de vueltas y parada al momento que cumpla las especificaciones de norma.

1.4 Fundamentos teóricos

1.4.1 Introducción al desgaste

El desgaste forma parte del término tribología, cuya palabra deriva del griego *tribos*, que significa rozamiento. Entonces se puede decir que, la tribología es la ciencia que estudia el rozamiento entre dos o más cuerpos en un movimiento relativo (Pérez, 1993).

La tribología es un fenómeno que incluye el estudio de aspectos relacionados a la fricción y lubricación. Este tema se desarrolla en el año de 1966 cuando se publica el "Reporte de Jost" (conocido como "Jost Report"), en éste se pone en conocimiento que el Reino Unido logró un ahorro de más de 500 millones de libras esterlinas por poner en

práctica la tecnología tribológica en el diseño, construcción y operación de maquinaria industrial (Pérez, 1993).

En la actualidad las industrias buscan generar ahorros importantes por medio de la conservación de materiales y/o disminución de consumo energético, esto hace que sean dos pilares fundamentes del diseño. El desgaste y la corrosión son causas principales de pérdidas de recursos en las empresas. Asimismo, la fricción es una causa de pérdida de energía. De manera que si dichos factores se controlan es posible obtener ahorros significativos para la industria (Bushan & Gupta, 1997). La lubricación es parte de la tribología, y su rol es separar las superficies en movimiento por medio de una película de baja resistencia, ya sea esta sólida, liquida o gaseosa (Totten, 2006). Este proyecto se enfoca únicamente en el desgaste, por lo que los demás temas no serán tratados.

1.4.2 Categorías de Desgaste

Para poder entender de mejor manera los múltiples términos de los efectos del desgaste Kenneth G. Budinski, lo describe en cuatro categorías como se puede ver en la siguiente figura (Budinski, 1988).

desgaste al tener el desgaste de bajo esfuerzo provocara remoción de material y el de alto esfuerzo será el que produzca la deformación plástica de la superficie, todos estos desgates son usualmente de carácter macroscópico. En la figura 7 se puede ver un esquema de dicho desgaste en el cual hay un impacto de una partícula grande, que cumple con las características de un agente de desgaste bajo y alto esfuerzo, contra una superficie provocando un desgaste por rozamiento. (Budinski, 1988)

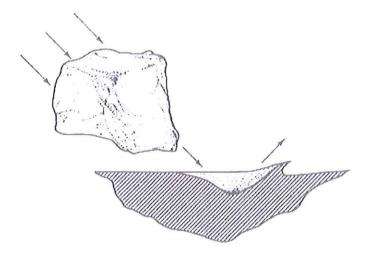


Figura 7 Esquema del desgaste de rozamiento. (Budinski, 1988)

1.4.3.4 Desgaste Abrasivo De Pulido.

El desgaste de pulido es la remoción de material de superficie de manera progresiva todo esto sin obtener debilitamiento, fractura o deformación plástica. Por definición el pulido es la obtención de una superficie suave y brillante, pero para obtener dicha superficie se requiere la remoción de material que puede provocar pérdida de sensibilidad en mecanismos precisos si no se la realiza con precaución.

El pulido no es considerado como desgaste abrasivo pero según Budinski (1988) existen debilitamientos de 3 micras, en su contra parte Rabinowicz (2013) propone que no existe debilitamiento alguno a nivel de micras. Además, Rabinowicz (2013) establece que este mecanismo de desgaste produce una remoción de material de carácter

2. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN: EQUIPO DE DESGASTE ABRASIVO

Teniendo en cuenta que existen diferentes tipos de desgaste y que dicho fenómeno está presente en todos los materiales, es razonable considerar necesario el desarrollo de un equipo que permita el estudio de la resistencia a la abrasión.

2.1 Diseño conceptual

Para diseñar un equipo de desgaste abrasivo robusto es importante tomar en cuenta métodos de ensayo basados en estándares. La Sociedad Estadounidense de Pruebas y Materiales (ASTM por sus siglas en inglés) cuenta con normas para la realización de pruebas de abrasión; presenta métodos de ensayo por medio de pruebas de laboratorio para determinar la resistencia de materiales metálicos sometidos al desgaste (ASTM, 2013). Los métodos establecidos por la ASTM tienen como objetivo producir datos para categorizar los materiales de acuerdo a su resistencia a la abrasión bajo un conjunto de condiciones específicas (ASTM, 2013).

Por lo tanto, el diseño del equipo se basa en las siguientes normas:

- ASTM G65 para desgaste de bajo esfuerzo
- ASTM G105 para desgaste de bajo y alto esfuerzo
- ASTM B611 para desgaste de alto esfuerzo

Las normas mencionadas describen los mecanismos básicos necesarios para el bosquejo general de la maquinaria. En la Figura 9 mostrada a continuación se presenta lo mencionado:

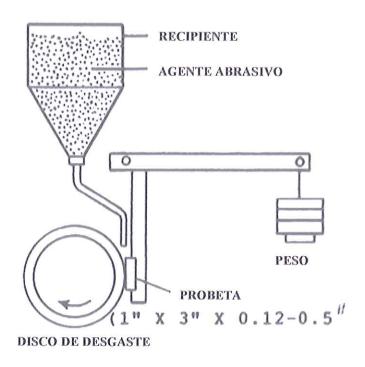


Figura 9 Esquema de la Maquina Abrasiva. ASTM G65 (ASTM, 2010)

En la Figura 9 se presentan los principales componentes de la máquina para obtener un desgaste abrasivo según las normas especificadas:

- Agente abrasivo: es el reactivo que provocará el desgaste a la probeta.

 Estos pueden ser arena seca para la norma ASTM G65, "slurry" (mezcla entre arena y agua) para la norma ASTM G105 y alúmina para la norma ASTM B611
- Mecanismo de desgaste: está compuesto por un disco de desgaste y un brazo. El disco, dependiendo de la norma puede estar cubierto de caucho (ASTM G65 y ASTM G105). El brazo está compuesto por un porta probetas y sistema de anclaje para el peso.

2.2 Componentes y Materiales

En la Figura 9 se presentaron varios componentes necesarios para la construcción de la maquinaria, algunos de ellos varían de acuerdo a la norma. El tipo de caucho, el tipo de agente abrasivo, la abertura del difusor y el sistema de brazo de palanca deben ser considerados ya que de ellos depende el buen desgaste abrasivo.

2.2.1 Cauchos en discos

Anteriormente se mencionó que las normas ASTM G65 y ASTM G105 son para ensayos de desgaste de bajo esfuerzo y alto esfuerzo en la última mencionada. En estas normas es necesario utilizar cauchos en el disco para disminuir el esfuerzo. Los cauchos a usarse varían en cuanto a dureza y dimensiones según la norma aplicada. En la siguiente Tabla 1 podemos observar el valor de dureza del caucho requerida y las dimensiones de acuerdo a la norma ASTM G65 y ASTM G105:

NORMAS	DUREZA (SHORE A)	DIMENSIONES [mm] Diámetro exterior x altura x espesor
ASTM G65	A-60	228.6 x 12.7 x 12.7
ASTM G105	A-50/A-60/A-70	178 x 12.7 x 12.7

Tabla 1: Especificaciones básicas cauchos. (ASTM 65 Y ASTM G105, 2007).

Se debe tomar en consideración que al realizar la construcción de los cauchos prensados, se debe realizar una relajación de tensiones a una temperatura de 153 grados Celsius por un lapso de tiempo entre 40 y 60 min (ASTM, 2010).

2.2.2 Difusor de arena

El difusor de arena se lo utiliza en la norma ASTM G65. Para que los ensayos sean de acuerdo a lo establecido en la norma la apertura del difusor no debe exceder los 1.59 mm, además la abertura debe ser uniforme (ASTM, 2007). Esto se ejemplifica en la Figura 10, mostrada a continuación:

2.3.2 Potencia Requerida

Para determinar la potencia del motor, primero se deben definir los componentes que actúan sobre éste: el brazo con el peso máximo, la velocidad máxima a la que gira el motor, el tamaño del disco de desgaste y el sistema desgaste de materiales.

a) Brazo:

En la Figura 17 se muestra el diagrama de cuerpo libre del brazo. la configuración geométrica es la siguiente:

- A es el punto pivote
- B es el punto de aplicación de la fuerza
- C es el punto del centro de masa
- R es el punto donde se mide la fuerza

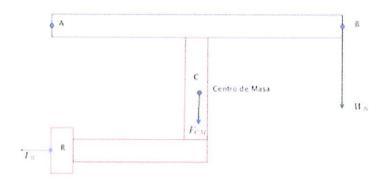


Figura 17 Diagrama de cuerpo libre Brazo- Maquina de Desgaste

 W_B Fuerza que ejerce el peso externo colgado en el punto B

 M_{GM} Masa del centro de masa del brazo.

AB distancia del punto A al punto B

AR distancia del punto A al punto R

Datos:



Figura 20 Sierra mecánica

En la Figura 20 Sierra mecánica se puede observar el corte para un posterior ajuste de medidas en fresadora o torno.

Siguiendo con el proceso de construcción las piezas pasan por un torno o una fresa, dependiendo de la pieza a construir.



Figura 21 Maquinado en torno discos

En la Figura 21 Maquinado en torno discos se muestra el ajuste de medidas de acuerdo a los planos de las piezas, en este caso para un disco de desgaste.



Figura 22 Maquinado en fresa tapas de disco

En la Figura 22 se muestra en maquinado realizado por una fresa en una tapa de discos, siguiendo las medidas de acuerdo a los planos de diseño.

Dependiendo del trabajo que va a realizar cada pieza este también puede pasar por un proceso de rectificado.



Figura 23 Rectificado tapas de disco

En la Figura 23 se muestra el proceso de rectificado de la tapa del disco, el criterio para rectificar esta pieza se basa en la precisión que estos deben tener para no provocar un desbalance en el ensamble en general.

Para piezas de mayor precisión o a su vez de tamaños grandes se utilizó la fresadora CNC para la fabricación de las mismas.

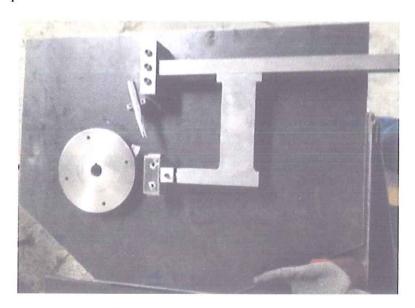


Figura 24 Piezas de maquina abrasiva



Figura 26 Ubicación de componentes.

Se realizan las perforaciones en el tablero y se ubican los componentes. Una vez ubicados se comienza con el cableado y luego el ordenamiento de cables.

Posteriormente se realizan las configuraciones para contador de vueltas y variador de frecuencia en un banco de pruebas, culminada esta etapa se instalan los sensores en la máquina y el tablero.



Figura 27 Máquina abrasiva, pruebas con norma ASTM G65

3. PRUEBAS Y RESULTADOS

3.1 Arranque de la máquina

Para el arranque de la máquina primero se hace la prueba de los distintos mecanismos por separado, esto es, mecanismo del sistema de brazo, motor y puntos tangentes al disco. Así también las pruebas de hermeticidad para el tanque y el contenedor. Para el contenedor se ponen a prueba los sellos en el eje y el sello del contendor. Las normas ASTM G105 y B611 utilizan agitadores por lo que estos se los prueba primero con agua, después con arena y por último con alúmina. Una vez superadas todas las pruebas individuales se procede al ensamble y se prueba el funcionamiento completo con cada norma y con cada uno de sus parámetros descritos de la Tabla 9.

Para la parte eléctrica se realizan las conexiones para energizar el tablero, se comprueba que los sensores estén funcionando según lo planeado, se revisa que la fuente este entre 208 y 230 V

3.2 Preparación de la probeta

La probeta con la que se van a realizar las pruebas de desgaste debe cumplir con la siguientes dimensiones de acuerdo a la norma con la que se va a trabajar.

NORMA	DIMENSIONES (ancho X alto X espesor) [mm]
ASTM G65	25.4 x 76.2 y entre 3.2 – 12.7
ASTM G105	25.4 x 57.2 y entre 6.4 – 15.9
ASTM B611	25.4 x 76.5 x 12.7

Tabla 8 Dimensiones de la probeta

Además de su tamaño, la cara que va a estar contra el disco debe ser completamente lisa con un a variación de 0.125 mm como máximo.

Este tipo de ensayos permite hacer pruebas a todo tipo de metales incluyendo metales forjados, piezas fundidas, piezas termorociadas, piezas cementadas, piezas cerámicas, entre otros. Esto es para las normas ASTM G65 y G105. Para la norma ASTM B611 metales con recubrimiento tales como carburos cementados, cerámicos, cementados y metales con una dureza superficial mayor a 55 HRC.

El acabado final de la probeta tiene que ser suave, plano y libre de impurezas. Superficies con imperfectos tales como porosidades o asperezas pueden dar un falso resultado en una prueba de desgaste, solo en casos donde la probeta tenga un tipo especifico de rugosidad que este bajo investigación, los datos serán validos. El tipo de rugosidad se tendrá que poner en la hoja de datos, esto puede ser acero laminado, recubrimiento por electro depósitos, termorociado, etc.

3.3 Parámetros de pruebas

Cada norma cuenta con parámetros de prueba, como: número de vueltas, velocidad, fuerza resultante entre la probeta y el disco y peso en brazo. El peso necesario para generar la fuerza establecida entre la probeta y el disco se calcula por medio de los momentos que actúan alrededor del punto pivote del brazo (en la sección 2.3.1 Análisis de Mecanismos se puede observar la manera de realizar el cálculo mencionado). En la Tabla 9 se muestra cada parámetro detallado por norma.

Norma ASTM	Parámetro	# de Vueltas	Velocidad [rmp]	Fuerza [N]	Peso en brazo [Kg]
G65	A	6000	200	130	3
G65	В	2000	200	130	3
G65	С	100	200	130	3

D	6000	200	45	0
Е	1000	200	130	3
Α	1000	245	222	6,5
Α	1000	100	200	5,5
В	1000	50	200	5,5
	E A A	E 1000 A 1000 A 1000	E 1000 200 A 1000 245 A 1000 100	E 1000 200 130 A 1000 245 222 A 1000 100 200

Tabla 9 Parámetros por cada norma

Cada uno de los parámetros tienen distintos usos por lo que para mayor información se debe revisar la norma.

Los tipos de agentes abrasivos que deben ser utilizados se especifican en la Tabla 3.

3.4 Procedimiento

El procedimiento a seguir depende de la norma aplicada. Sin embargo el resultado obtenido por cualquiera de ellas es el mismo.

A continuación se detalla el procedimiento según cada una de las tres normas en estudio.

3.4.1 Procedimiento ASMT G65

- 1. Pesar la probeta teniendo en cuenta que se debe realizar una limpieza previa exhaustiva. En caso de probetas con residuos magnéticos es necesario realizar una desmagnetización o preferiblemente no utilizarlas. La balanza en la que se pesa la probeta debe tener una precisión de 0.0001g.
- Con el brazo levantado colocar la probeta en el sujetador y ajustar correctamente, asegurarse que el porta probetas este limpio. Añadir el peso adecuado de acuerdo a la Tabla 9.

3. Programar el contador de vueltas de acuerdo a la Tabla 9.



Figura 28 Contador de vueltas

Para que la máquina comience a funcionar siempre se debe tener el contador en 0 para eso se debe oprimir el botón RST. Para programar el número de vueltas utilice el botón >> oprimiéndolo dos veces seguidas y para modificar el número por línea oprimir las dos flechas en dirección hacia arriba.

- 4. Regular el flujo de la arena mediante la válvula para mantener un flujo entre 300g/min y 400g/min. No comenzar las pruebas hasta que el flujo no sea constante y laminar. Para verificar el flujo de arena se debe utilizar un cronómetro y una balanza.
- 5. Fijar la velocidad de acuerdo a la Tabla 10 mostrada a continuación:

Velocidad (rpm)	Frecuencia (Hz)	
200	113	
245	138,5	
100	56,5	
50	30	
	200 245 100	

Tabla 10 Velocidad y frecuencia

En este caso, la velocidad a la que se debe calibrar la máquina es 200 rpm es decir 113Hz.



Figura 29 Variador y potenciómetro

En la Figura 29 se tiene el potenciómetro con el que se regula la velocidad según cada norma.

- 6. Bajar el brazo para que la probeta esté en contacto con el disco girando y la arena fluyendo. Durante la prueba, tener en consideración el nivel de arena disponible en el tanque, si esta está cerca del nivel mínimo volver a llenar el tanque.
- Revisar constantemente que el sensor de posición no esté tocando el brazo. Una vez que se terminan de contar las vueltas y el motor se

detiene, se debe retirar la probeta y comparar el desgaste con el de la figura mostrada a continuación:

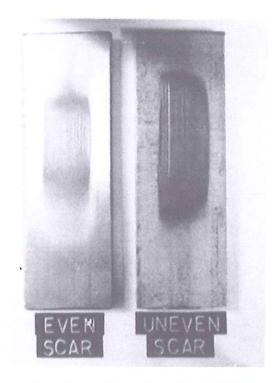


Figura 30 Desgaste de probeta uniforme e irregular. (ASTM, 2010)

En caso de obtener un desgaste uniforme (EVEN SCAR) como el mostrado en la Figura 30 pasar al siguiente paso. En caso de que se obtenga un desgaste irregular (UNEVEN SCAR) es necesario realizar la prueba nuevamente ya que esto indica que la rueda no estaba balanceada.

- 8. Remover la probeta y pesarla.
- 9. Registrar los resultados obtenidos.

3.4.2 Procedimiento ASTM G105

- Lavar minuciosamente el tanque donde se encuentra la arena húmeda antes de empezar las pruebas para eliminar los remanentes de pruebas anteriores.
- 2. Instalar el disco de 50 Durómetro nominal, medir y registrar su dureza.

- a. Tomar por lo menos cuatro (preferiblemente ocho) lecturas de dureza en lugares equidistantes del perímetro del disco. Tomar las medidas después de un tiempo de permanencia de 5 segundos.
- 3. Antes de realizar las pruebas, desmagnetizar la probeta. Luego, limpiar la probeta de manera que quede libre de suciedades, en caso de que sea necesario desengrasar con acetona antes de pesarla. Asegurarse que la probeta tenga las medidas especificadas en la Tabla 8.
- 4. Pesar la probeta con una precisión de 0,0001g.
- Configurar el contador de revoluciones para que el motor se detenga automáticamente cuando llegue 1000 revoluciones del disco. Ver en la Figura 28
- 6. Con el brazo levantado colocar la probeta en el sujetador; si la superficie de la probeta se encuentra a menos de 9.5mm sobre la superficie del sujetador se debe utilizar una laina apropiada; luego se debe instalar el sujetador en la posición necesaria para realizar las pruebas. Llenar el tanque con 1,500kg de arena de cuarzo y 0,940kg de agua des-ionizada a temperatura ambiente; por cada 1,6g de arena se debe colocar 1 ml.
- El peso que se debe añadir para generar la fuerza contra el disco se puede observar en la Tabla 9.
- Iniciar la rotación del disco. El disco debe rotar a una velocidad periférica de 245rpm o 2.5m/s (ver Tabla 10 para la configuración de la frecuencia).
- Al finalizar el ensayo, se debe quitar la probeta de la máquina. La probeta se debe limpiar, secar y volver a pesar. Sacar la arena húmeda del tanque y botarla.
- 10. Utilice el mismo procedimiento, repitiendo los pasos 1-8 con discos de dureza60 y 70, para incrementar la severidad del ensayo.

11. Registrar los resultados obtenidos

Es importante tomar en cuenta las siguiente recomendaciones:

- a. Se recomienda que el disco sea re-vestido cuando se acumulen
 aproximadamente 6.000 revoluciones. Se ha demostrado que más de
 6.000 revoluciones pueden afectar la reproducibilidad de los resultados.
- Si el caucho presenta ranuras o genera marcas desiguales o trapezoidales debe ser cambiado.
- c. El disco del caucho puede ser usado hasta que el diámetro sea reducido a 165 mm (6.5in.). La duración del caucho no debe exceder 2 años. Almacenar los discos de manera que no se ejerza ningún tipo de fuerza sobre el caucho.

3.4.3 Procedimiento ASTM B611

- Antes de realizar las pruebas, desmagnetizar la probeta. Luego, limpiar la
 probeta de manera que quede libre de suciedades, en caso de que sea necesario
 desengrasar con acetona antes de pesarla. Asegurarse que la probeta tenga las
 medidas especificadas en la Tabla 8.
- 2. Pesar la probeta con una precisión de 0,0001g.
- Poner la probeta en el brazo levantado: colocar la probeta en el brazo sin tocar la superficie que será analizada.
- El peso que se debe añadir para generar la fuerza contra el disco se puede observar en la Tabla 9
- 5. Preparar la alúmina húmeda: colocarla en el tanque una vez que la probeta esté colocada contra el disco. El nivel de la alumina debe ser entre 25 y 30mm abajo del centro del disco. Se debe determinar el peso de la arena utilizada para llenar el tanque poniendo la arena en un contenedor que haya sido pesado: vacío y con

la arena. La alúmina húmeda tiene una relación abrasiva de 4g de arena por cada mililitro de agua. El agua destilada debe ser agregada en el tanque cuando empiece a rotar el disco. Es necesario utilizar nueva alumina húmeda para cada prueba realizada.

- La velocidad de la rueda debe ser 50rpm o 100rpm dependiendo del procedimiento utilizado. Ver la Tabla 10 para la configuración de la frecuencia.
- 7. La correcta preparación de alúmina húmeda se presenta si es posible observar cómo la arena pasa por el disco y si se escucha un sonido debido al contacto generado por el disco, la probeta y la arena.
- 8. Pesar la probeta luego de la prueba. La probeta y el tanque deben ser lavados para remover impurezas. Se debe pesar la probeta con una precisión de +-0.001g y calcular la pérdida de masa.

3.5 Resultados

Luego de hablar sobre los procedimientos de cada norma, se realizan pruebas para comprobar el funcionamiento correcto de la máquina, para lo cual se realiza una prueba de desgaste a un acero ASME A36 obteniéndose lo siguiente:

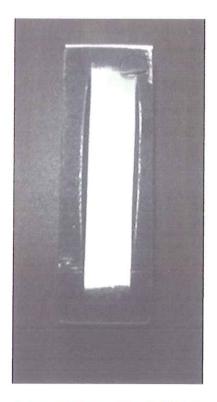
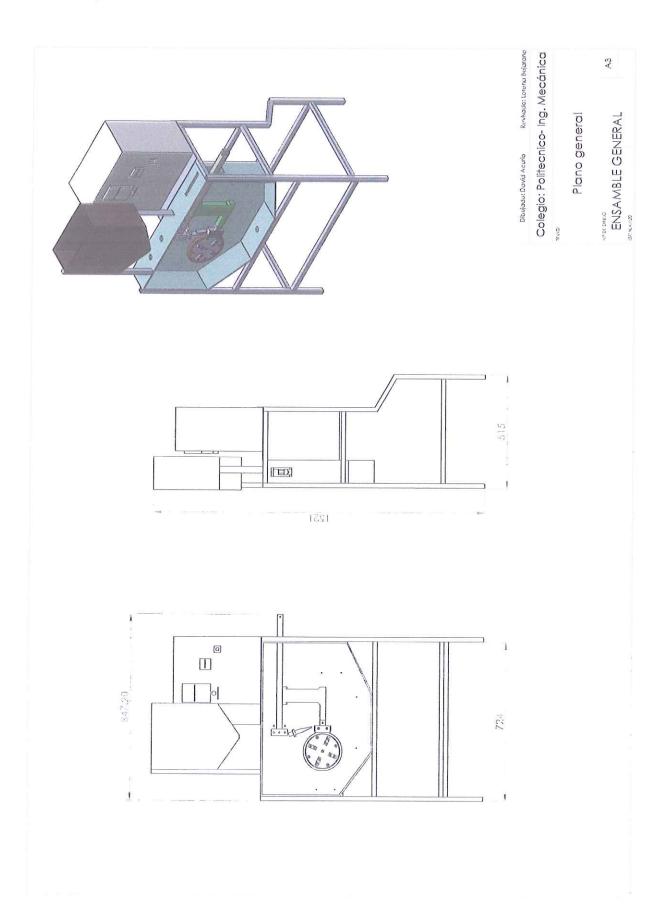


Figura 31 Desgaste acero ASME A36

En la Figura 31 se muestra el desgaste realizado con la máquina, este comparado con la Figura 30, se puede decir que el desgaste es uniforme por lo que la máquina esta trabajando correctamente.

Después de realizar el análisis de funcionamiento se realizan pruebas ya teniendo en cuenta el peso inicial y después de realizar el desgaste se tiene la siguiente información:

ANEXO 2



J

-)

Universidad Internacional del Ecuador



Facultad de Ingeniería Mecánica Automotriz

Tesis de grado para la obtención del Título de Ingeniería Mecánica Automotriz

Estudio de la eficiencia de frenado para valorar pastillas de freno de producción nacional mediante norma ECE 13H

Luis Bolívar Tamayo Nieto

Director: Ing. Gorky G. Reyes C. MSc.

Quito, Marzo 2016

ESTUDIO DE LA EFICIENCIA DE FRENADO PARA VALORAR

PASTILLAS DE FRENO DE PRODUCCIÓN NACIONAL MEDIANTE NORMA

ECE 13H

Las pastillas de freno forman parte fundamental del sistema de frenos al ser este el

componente que entra en contacto con el disco de freno, transformando así la energía

cinética del vehículo en energía calorífica. Para que una pastilla de freno preste no solo

seguridad, sino también confort y durabilidad se realizan pruebas o ensayos de laboratorio

acogidas a normas internacionales.

En el Ecuador a raíz del alza de los impuestos a la importación de productos en

especial de automóviles ha traído como consecuencia la creación de empresas

manufactureras destinadas a la producción de repuestos alternos, por lo cual se a decidió

analizar la conveniencia que tienen estos repuestos en comparación a los originales y a los

repuestos alternos extranjeros que cumplen una serie de normas para ser comercializados

en los diferentes países.

Para llegar a una comparación óptima entre las pastillas de freno mediante la

Regulación ECE 13H se ha realizado un estudio de mercado de los vehículos europeos más

comercializados sobretodo en el Distrito Metropolitano de Quito, ya que las normas a

utilizar son Europeas.

PALABRAS CLAVE: Pastillas de freno, normas INEN, regulación ECE 13 H.

xvii

STUDY OF THE EFFICIENCY OF BRAKING BRAKE FOR ASSESSING

NATIONAL PRODUCTION BY ECE 13H

The brake pads are an essential part of the brake system when this component that

comes into contact with the brake disc, thereby transforming the vehicle's kinetic energy

into heat energy. For a brake pad provide not only safety but also comfort and durability

tests or laboratory trials qualifying for international standards are performed.

In Ecuador as a result of higher taxes on the import of products in special car it has

resulted in the creation of manufacturing enterprises for the production of alternative parts,

so is a decided to analyze the convenience to have these parts in Compared to the original

and alternate foreign parts that meet a set of standards to be marketed in different

countries.

To reach optimal comparison between the brake pads by ECE Regulation 13H has

done a market study of the market especially in the Distrito Metropolitano de Quito

European vehicles, since the rules to be used are European.

KEYWORDS: Brake pads, INEN standards, regulation ECE 13 H.

xviii

empuja a la otra zapata teniendo un reparto uniforme de la presión (Domínguez y Ferrer, 2012).

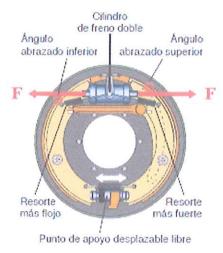


Figura 1.20: Freno dúo-servo Fuente: Domínguez y Ferrer, 2012

1.7.2. FRENO DE DISCO

Según la constitución y los principios de funcionamiento, los tipos de montaje más empleados en los sistemas de freno de disco son (Domínguez y Ferrer, 2012):

- Freno de disco con pinza fija.
- Freno de marco flotante.
- Freno de disco con pinza flotante.
- Freno de disco neumático con pinza flotante.
- Freno de mordaza oscilante.
- Freno de disco totalmente cubierto.

1.7.2.1. Freno de disco con pinza fija

Se lo conoce también como de doble acción, la mordaza se encuentra sujeta haciéndola permanecer fija en el frenado. Para evitar que las pastillas de freno se muevan son apretadas en la mordaza mediante ballestas expansibles. Dentro, se encuentran en cada

lado del disco de freno, uno o más cilindros como se muestra en la Figura 1.21 (Domínguez y Ferrer, 2012).

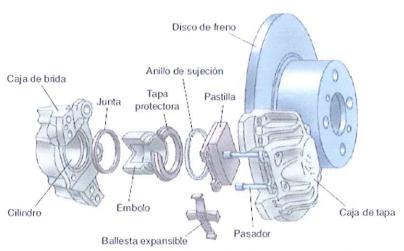


Figura 1.21: Partes del freno de disco con pinza fija Fuente: Domínguez y Ferrer, 2012

Cuando el freno es accionado, mediante la bomba se va a generar una presión hidráulica sobre los pistones interior y exterior apretando las pastillas de freno contra el disco (Figura 1.22). La presión generada P es la misma para cada pistón, y su regreso a la posición inicial se da con la ayuda de retenes estanqueizantes o por gomas. Son utilizados en vehículos rápidos y pesados debido a que los frenos de pinza fija contra el disco son muy sólidos (Domínguez y Ferrer, 2012).

Entre las principales características:

- La pinza se encuentra montada fija en el cuerpo del eje.
- Gracias a que solo un cilindro se encuentra a cada lado del disco de freno el espacio para el montaje es relativamente amplio

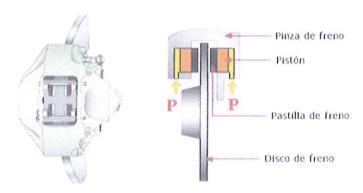


Figura 1.22: Funcionamiento de un freno de disco con mordaza fija Fuente: Domínguez y Ferrer, 2012

1.7.2.2. Freno de marco flotante

En la suspensión de las ruedas se encuentra el marco que está en un alojamiento desplazable mediante un soporte fijo atornillado, existe un cilindro y su pistón en la parte interior de la rueda. Cuando el freno es accionado el pistón se encarga de apretar las pastilla contra el disco de freno, a su vez el disco de freno ejerce una fuerza de reacción la cual es transmitida desde el pistón hacia el cilindro y el marco, haciendo que el marco se apriete hacia el interior y a su vez la segunda pastilla se mueva hacia el disco, mediante el retén estanqueizante del pistón y el tambaleo del disco se logra que las pastillas regresen a su posición inicial (Domínguez y Ferrer, 2012).

Al sistema poseer un solo cilindro se gana espacio para el montaje y desmontaje. Al tener los conductos del líquido de freno más separados del disco existe un menor calentamiento del líquido de frenos, lo que disminuye la probabilidad de formación de burbujas de vapor, es utilizado en vehículos pequeños (Domínguez y Ferrer, 2012).

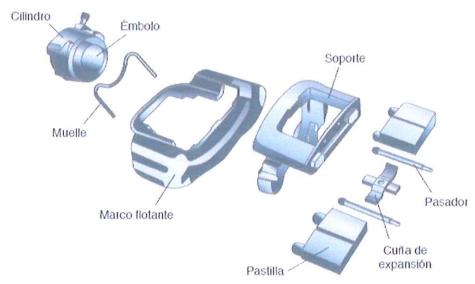


Figura 1.23: Freno de disco de marco flotante Fuente: Domínguez y Ferrer, 2012

1.7.2.3. Freno de disco con pinza flotante

Posee dos componentes principales, la caja que posee forma de puño en la cual se encuentran las pastillas, las bridas de fleje y el cilindro con el pistón, y el soporte como se muestra en la Figura 1.24.

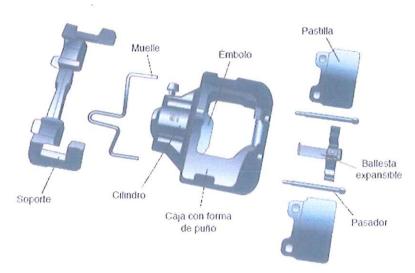


Figura 1.24: Freno de disco con pinza flotante **Fuente:** Domínguez y Ferrer, 2012

Al tener una mayor superficie del pistón se tiene una mayor fuerza en el disco con la misma presión. Luego de ser accionado y tener la misma reacción que el freno de marco

flotante en la cual el pistón desplaza la pastilla contra el disco de freno, la fuerza de reacción del disco es la causante de que la caja se mueva hacia dentro y así la segunda pastilla recorra hacia el disco de freno. Posee las siguientes características (Domínguez y Ferrer, 2012):

- Debido a la forma que posee la caja tiene una mayor superficie del pistón ejerciendo más fuerza sobre el disco de freno.
- La probabilidad de que se formen burbujas de vapor es mínima ya que los conductos del líquido de freno no se encuentra cerca del disco.
- Son implementados en vehículos industriales ligeros en su eje delantero, y en turismos, en ambos ejes.

1.7.2.4. Freno de mordaza oscilante

La mordaza se encuentra sujeta alrededor de un perno el cual funciona como eje de giro mostrado en la Figura 1.25. En la mordaza se cilindro con el pistón y las pastillas de freno. Debido a sus dimensiones y al peso de la mordaza este sistema es usado por motocicletas (Domínguez y Ferrer, 2012).

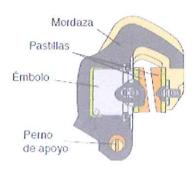


Figura 1.25: Freno de mordaza oscilante Fuente: Domínguez y Ferrer, 2012

Al aplicar la presión hidráulica se acciona el pistón ejerciendo una presión igual y opuesta sobre el extremo cerrado del cilindro haciendo que la mordaza se desplace en

dirección contraria al movimiento del pistón describiendo un leve giro alrededor del perno de apoyo incide sobre él embolo, éste empuja la pastilla contra el disco de freno como se observa en la Figura 1.26 (Domínguez y Ferrer, 2012).

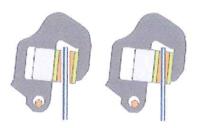


Figura 1.26: Movimiento oscilante de las mordazas **Fuente:** Domínguez y Ferrer, 2012

1.7.2.5. Freno de disco totalmente cubierto

El freno de disco totalmente cubierto se encuentra compuesto por una caja de freno rotatorio la cual se halla en el cubo de la rueda, funcionando también como un disco con su pared interna. Los forros de freno anulares se hallan en la caja, entre los discos de freno que están conectados con la caja fija de cojinetes de la rueda mostrada en la Figura 1.27.

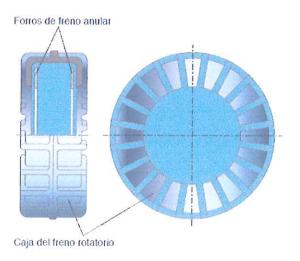


Figura 1.27: Freno de disco cubierto Fuente: Domínguez y Ferrer, 2012

Al accionar este sistema gracias a la presión hidráulica las pastillas se separan y aprietan contra el disco. Al tener una gran superficie de rozamiento existe un mejor

comportamiento a las altas temperaturas, y por su diseño cerrado se reduce el ingreso de suciedad. Es usado en vehículos agrícolas y algunos vehículos blindados (Domínguez y Ferrer, 2012).

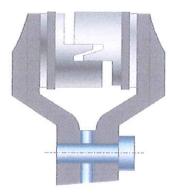


Figura 1.28: Acoplamiento del freno de desco cubierto Fuente: Domínguez y Ferrer, 2012

1.8. PASTILLAS DE FRENO

Las pastillas de freno forman parte del sistema de freno de disco, siendo éste el elemento frenante. Esto se realiza ejerciendo presión en ambos lados del rotor del freno, que gira junto con las ruedas. Debido a las elevadas temperaturas y a la alta fricción a la que se encuentra debe poseer cualidades específicas.



Figura 1.29: Pastillas de freno Fuente: Tamayo L.

Las pastillas de freno son en sí las encargadas de transformar la energía cinética del vehículo en movimiento en energía calorífica, la cual será disipada hasta conseguir la detención total del vehículo. El paso de energía cinética a calorífica se da gracias al contacto que existe entre el disco de freno que viene a ser la parte móvil solidaria a la rueda y las pastillas de freno que vienen a ser el elemento fijo que ese encuentra en conjunto a la estructura del vehículo mediante el cáliper. Los pistones alojados en el cáliper de la rueda son los encargados de empujar las pastillas de frenos sobre el disco de freno (Anónimo, 2011).

1.8.1. CARACTERÍSTICAS

Los requerimientos que han de cumplir las pastillas de freno son los establecidos para aplicación del producto. Para definir las características de este elemento lo dividiremos en tres aspectos de confort, duración y seguridad (Anónimo, 2011):

1.8.1.1. *Confort*

- Amortiguación de vibraciones
- Buen comportamiento frente al ruido

1.8.1.2. Duración

Resistencia al desgaste

1.8.1.3. *Seguridad*

- Soportar altas temperaturas sin deformación
- Resistencia al cizallamiento
- Resistencia a la abrasión
- Estabilidad del coeficiente de rozamiento incluso a elevadas temperaturas y presiones.

- Conductividad térmica para evacuación del calor con rapidez
- Resistencia a la corrosión
- Estabilidad de volumen
- Compresibilidad para que el material absorba vibraciones e irregularidades
- Comportamiento de rodaje

1.8.2. COMPONENTES

Para mejorar las prestaciones que entrega una pastilla de frenos cada fabricante implementa componentes y accesorios que ayudan a llegar al objetivo. A continuación se encuentra los accesorios más importantes que lleva una pastilla de freno (Anónimo, 2011).

1.8.2.1. *El soporte:*

El soporte es un elemento metálico, que cumple la misión de mantener unida a la pastilla con el porta pinzas del cáliper. Para evitar que existan fisuras entre el soporte y la pastilla de frenos en el proceso de prensado y curado de las pastillas es primordial que el soporte sea totalmente plano, por lo que son fabricados por estampación.

Con el fin de que no exista corrosión se los pinta con barniz de alta resistencia y se lo impregna con una resina da alta adherencia para garantizar la unión de la pastilla de freno con el soporte (Anónimo, 2011).



Figura 1.30: Soporte de la pastilla de freno Fuente: Tamayo L.

1.8.2.2. Láminas anti ruidos:

La función que cumplen es la de absorber las vibraciones y evitar los ruidos cuando existe el contacto entre las pastillas de freno con el disco, se encuentran unidas al soporte por remaches o pegadas con resinas fenólicas bajo tratamiento térmico a 150° C. Dependiendo del automóvil en el cual ira montada se establece el material de la lámina (fibra de vidrio, laminas metálicas, etc.) (Anónimo, 2011).

Una de las cualidades que posee las láminas anti ruidos es la de mejorar la compresibilidad de la pastilla cuando se produce una frenada en frío (Anónimo, 2011).



Figura 1.31: Láminas anti ruidos Fuente: Tamayo L.

1.8.2.3. • Avisadores de desgaste:

Los avisadores de desgaste informan cuando la pastilla llego al fin de la vida útil y se debe proceder a sustituirlas. Existen varios tipos de avisadores, entre los más comunes encontramos los sonoros y luminosos (Anónimo, 2011).

Los avisadores sonoros informan al usuario mediante un chirrido producido por el contacto de un pequeño fleje localizado en los laterales del soporte contra el disco. El ruido se produce cuando el espesor de la pastilla es de 2 mm.

Los avisadores luminosos están conformados por un cable conductor con una cabeza de polímero. Cuando este cabezal ubicado a 3 mm del espesor de la pastilla llega a tener contacto con el disco, el material es desprendido dejando en contacto al cable con el disco, haciendo masa y cerrando el circuito, produciendo así que en el tablero se encienda un testigo informando el cambio de las pastillas (Anónimo, 2011).



Figura 1.32: Pastilla con avisador luminoso Fuente: Tamayo L.

1.8.3. FABRICACIÓN

La fabricación de las pastillas de freno es un proceso estandarizado, aunque existen variables en el proceso dependiendo de cada fabricante y en especial del material que lo va a componer, en si el proceso va a tener la siguiente base de pasos a llevar :

1.8.3.1. Proceso de mezclado

En este paso se cumple la función de unir y mezclar todos los componentes que van a formar parte de la pastilla de freno de una forma homogénea. Hay que tener en cuenta que el factor primordial en este proceso es el tiempo que debe estar cada material en el mezclador estandarizado por el tipo de fibras que se va a mezclar, ya que cada fibra tiene un tiempo estimado en el cual se va a lograr su longitud máxima y a posteriori una reducción de las fibras evitando que logre cumplir su función. El mezclador posee un eje central el cual gira los componentes, y posee otro eje con dos cuchillas que es el que homogeniza la mezcla (Anónimo, 2011).

1.8.3.2. Prensado en caliente

Proceso encargado de aglutinar los componentes, es decir, formar una masa homogénea con resina, a raíz de la presión que se va a ejercer vamos a lograr reducir el volumen de la misma y con la elevada temperatura se logra que la resina se funda y fluya por todo el material uniendo así los componentes. El soporte de la pastilla de freno es aquí donde es pegada al material de fricción debido a que la resina con la que se juntan estos elementos necesita temperatura para su fijación y también porque los orificios pasantes en el soporte es donde debe alojar el material de fricción para lograr una fijación completa. El tiempo aproximado de este proceso es de 10 a 12 minutos acorde las fibras que se hayan utilizado (Anónimo, 2011).

1.8.3.3. Curado

Es el proceso en el cual se realiza la polimerización de las resinas consiguiendo una compactación del material y va eliminando el contenido de volátiles que todavía existe. En este proceso se establecen dos parámetros, la temperatura y el tiempo, las pastillas pasan por ciclos conforme varia la temperatura en un determinado tiempo establecido para cada ciclo (Anónimo, 2011).

1.8.3.4. Escorchado

Esta es la última fase donde se busca eliminar materiales orgánicos que aún persisten en la pastilla de freno mientras que la resina se grafitiza, para ello el material de fricción es sometido a temperaturas de 500°C o superiores gracias a la ayuda de una llama o de una placa caliente (Anónimo, 2011).

1.8.3.5. *MECANIZADO*

En esta etapa lo que se hace es el definir y adaptar las dimensiones que tendrán cada una de ella de acuerdo a su aplicación final, se las rectifican para obtener el espesor de material de fricción requerido (Anónimo, 2011).

1.8.3.6. PUESTA DE ACCESORIOS

Se incorpora a las pastillas de freno todos los elementos o accesorios para su finalización como muelles, avisadores de desgaste, etc. (Anónimo, 2011).

1.8.3.7. MARCADO Y ESTUCHADO

Se finaliza con la marcación designada acorde la estandarización y son empacadas para poderlas distribuir y venderlas (Anónimo, 2011).

1.8.4. Composición

La composición de las pastillas de freno viene dada por cuatro grupos de materiales, las proporciones de cada una de ellas va acorde a la función o aplicación y al coeficiente de adherencia para los frenos de estacionamiento, es decir, un las pastillas de un vehículo pesado no van a tener la misma composición que las pastillas de un vehículo pequeño

Tabla 1.4: Composición de las pastillas de freno

Grupo de materiales	Materiales	% en vol.
Metales	Lana de acero	14
	Polvo de cobre	
Sustancias de relleno	Oxido de aluminio	23
	Polvo de mica	
	Espato pesado	
	Oxido ferroso	
Antigripantes	Sulfuro de antimonio	35
	Grafito	
	Polvo de coque	
Componentes orgánicos	Fibra de aramida	28
	Polvo de relleno de resina	
	Resina aglutinante	

Fuente: Manual Técnico de la Pastilla de Freno

La composición exacta de las pastillas de frenos es un secreto guardado por cada fabricante. En la actualidad la base general de componentes se encuentra enfocada en los siguientes grupos:

1.8.4.1. FIBRAS

Cumple la función de unir a los demás elementos, trabaja como un aglutinante existiendo dos tipos las sintéticas y las minerales. Para las pastillas de freno se utilizan: fibras de vidrio, fibras de aramida, lana de roca, etc. (Anónimo, 2011).

1.8.4.2. CARGAS MINERALES

Son los que entregan al material resistencia tanto a la abrasión como a la cortadura dando una consistencia mecánica, también cumple con la función de elevar la resistencia a altas temperaturas. Entre los elementos que destacan están:: barita, magnesita, talco, mica, carbonato, feldespato, etc. (Anónimo, 2011).

1.8.4.3. COMPONENTES METÁLICOS

Buscan la homogenización del coeficiente de rozamiento y la transferencia de calor de la pastilla de freno mediante la adición de viruta o polvo de alguno de estos elementos: latón, cobre, bronce, etc. (Anónimo, 2011).

1.8.4.4. LUBRICANTES O MODIFICADORES DE COEFICIENTE

Cumplen la misión de hacer variar el coeficiente de rozamiento, dependiendo de la temperatura a la que se encuentre trabajando, al igual que los componentes metálicos son agregados en forma de polvo tales como grafitos, cokes, sulfuros, antracitas, etc. (Anónimo, 2011).

1.8.4.5. MATERIALES ORGÁNICOS

Al momento de llegar a la temperatura adecuada fluyen y unen el resto de componentes por lo que es la encargada de unir los demás componentes. Los más utilizados son las resinas fenólicas termoendurecibles, algunos tipos de cauchos, ceras, aceites (Anónimo, 2011).

1.8.4.6. *ABRASIVOS*

Es prácticamente la capa intermedia la cual entra en contacto con el disco enfocado en elevar el coeficiente de rozamiento y limpiar la superficie del disco (Anónimo, 2011).

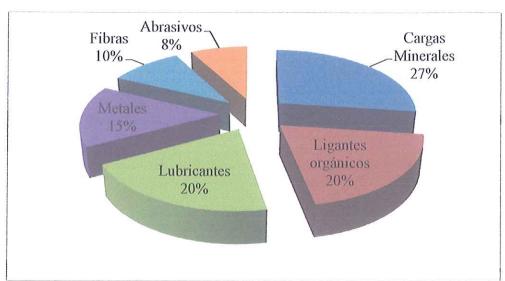


Figura 1.33: Composición de las pastillas de freno Fuente: Tamayo L.

4.6. COMPARATIVA DE RESULTADOS

A continuación se muestran las gráficas con los respectivos resultados obtenidos en con cada una de las pastillas, tomando un promedio de las pruebas realizadas.

4.6.1. DISTANCIA DE FRENADO

Una vez realizadas las pruebas prácticas y con los datos recolectados se puede apreciar en la Figura 4.15 el promedio de las distancias de frenado que cada pastilla obtuvo a los 50 km/h, siendo la más efectiva la pastilla Extranjera, seguida por la Original y finalmente la Nacional, se toma en cuenta que ninguna distancia obtenida en las pruebas supera el límite máximo al cual deberían frenar siendo este de 20m.

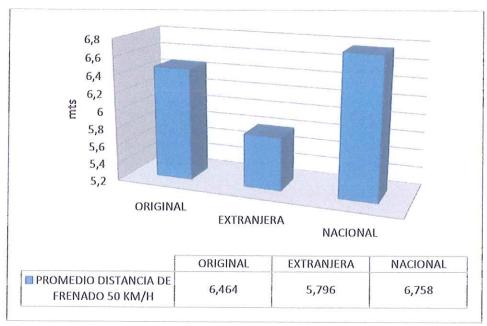


Figura 4.15: Promedio distancia de frenado 50 km/h Fuente: Tamayo L.

En la Figura 4.16 se observa la distancia promedio de frenado que tuvo cada pastilla a 70 km/h, sobresaliendo la eficiencia de la pastilla Nacional, luego la Extranjera y por último la Original, ninguna de ellas sobrepasando el valor límite de la distancia de frenado que es 36.4 m para esta velocidad.

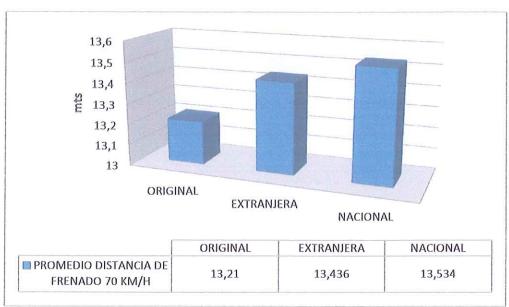


Figura 4.16: Promedio distancia de frenado 70 km/h Fuente: Tamayo L.

4.6.2. TEMPERATURAS FINALES DE LAS PASTILLAS DE FRENO

En cuanto a las temperaturas finales obtenidas de las pastillas de freno se ha realizado un promedio de las cinco pruebas de cada pastilla demostrando que las temperaturas a este rango de velocidad de 50 km/h no se recalientan en ninguno de los tres tipos ni existe una mayor diferencia entre estas temperaturas como se observa en la Figura 4.17.

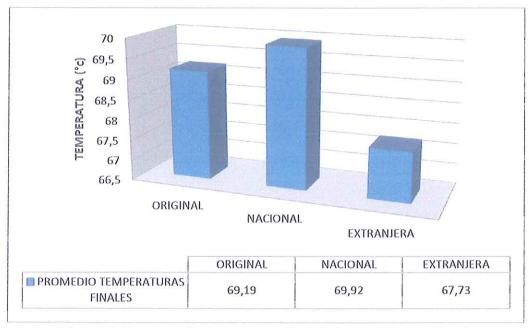


Figura 4.17: Promedio temperatura final de las pastillas a 50 km/h **Fuente:** Tamayo L.

Mientras que las temperaturas a una velocidad de 70 km/h si bien es cierto tuvieron una elevación en sus resultados que no fue tan brusca en las pastillas originales y extranjeras, a diferencia de las pastillas nacionales que llegaron a tener un promedio de 89.83° C superando en un 20.62% a las pastillas originales y en un 23.26% a las extranjeras.

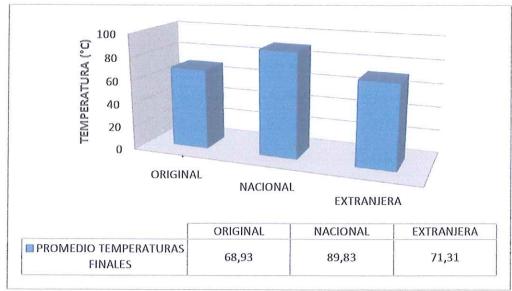


Figura 4.18: Promedio temperatura final de las pastillas a 70 km/h Fuente: Tamayo L.

4.6.3. ACELERACIONES MÁXIMAS

Las aceleraciones máximas arrojadas por el acelerómetro a 50 km/h determinan que la pastilla original es la que mayor aceleración posee con 1.014 m/s², seguida de la pastilla extranjera y al final la nacional.

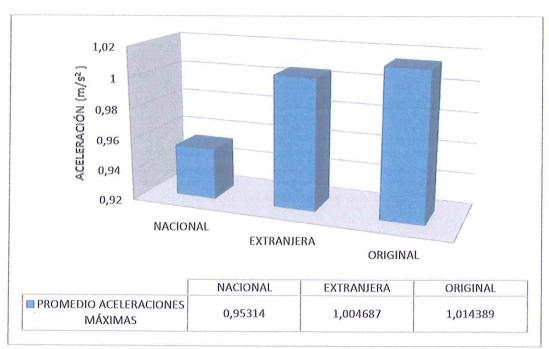


Figura 4.19: Promedio aceleraciones máximas a 50 km/h Fuente: Tamayo L.

A 70 km/h se establece que las pastillas con mayor aceleración es la extranjera, siendo superior con un 8.66% que las pastillas originales y con un 8.87% con respecto a las pastillas nacionales.

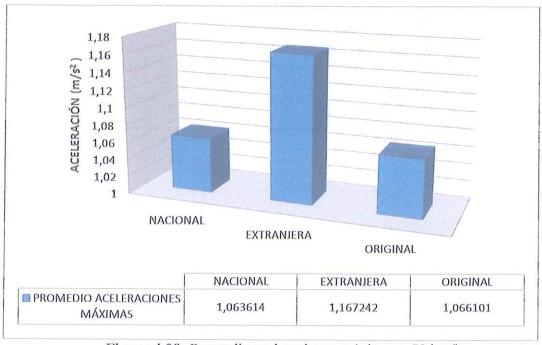


Figura 4.20: Promedio aceleraciones máximas a 70 km/h Fuente: Tamayo L.

4.6.4. TIEMPOS DE FRENADO

Para la toma del tiempo se ha verificado los datos dados por el acelerómetro desde el momento que es accionado el pedal de freno hasta el momento en el que el vehículo llega a detenerse en su totalidad, siendo así para la velocidad de 50 km/h el tiempo que fue necesario para que el vehículo se detenga fue de 2.398s para las pastillas extranjeras, de 2.627s para las pastillas originales y de 2.789s para las pastillas nacionales como se encuentra en la Figura 4.21.

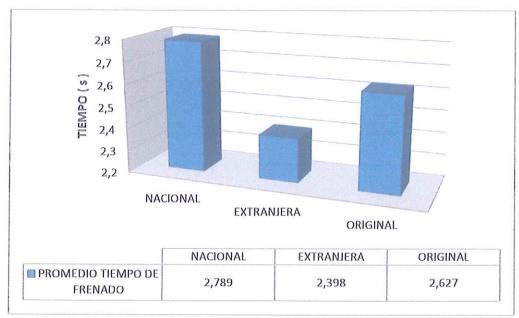


Figura 4.21: Promedio de tiempo de frenado a 50 km/h Fuente: Tamayo L.

De acuerdo a las distancias promedio obtenidas en la Figura 4.15 se esperó que los resultados de los tiempos vayan acorde a los resultados de las distancias, siendo asi el mismo orden, teniendo un menor tiempo las pastillas originales, seguidas de las extranjeras y las nacionales.

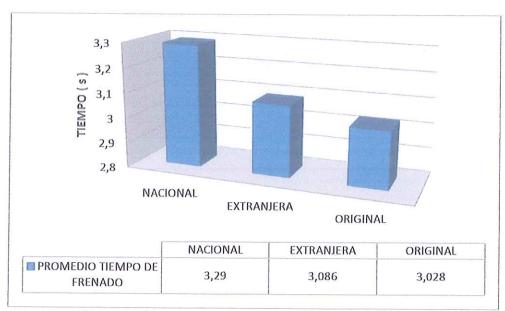


Figura 4.22 : Promedio de tiempo de frenado a 70 km/h Fuente: Tamayo L.