



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA**

**MECÁNICA ELÉCTRICA**

Análisis comparativo del freno de tambor y freno de disco para optimizar la eficiencia del sistema de frenos en vehículo de servicio público de 800 cm<sup>3</sup> de cilindrada

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

Ingeniero Mecánico Electricista

**AUTOR:**

Br. Carrasco Tineo, Exzar (ORCID: 0000-0002-1442-6518)

**ASESOR:**

Mg. Deciderio Enrique Díaz Rubio (ORCID:0000-0001-5900-2260)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN**

Modelamiento y simulación de sistemas electromecánicos

**CHICLAYO – PERÚ**

2019

## **Dedicatoria**

La presente tesis está dedicada a:

A mi familia, por su constante apoyo en cada una de las metas trazadas, por ser el pilar que me da la fuerza para jamás dejar de luchar y por hacer cada uno de mis sueños los suyos también.

## **Agradecimiento**

Agradezco a:

Dios por brindarme la oportunidad en la vida de haber cumplido con una de mis metas.

Mi Familia por ser el impulso que necesito para jamás rendirme y esforzarme cada día más.

Mis docentes, por todos los consejos y enseñanzas depositadas en mí, los cuales me permitieron llegar a culminar mi carrera profesional.

# Página Del Jurado



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

## ACTA DE SUSTENTACION

En la ciudad de Chiclayo, siendo las 13:00 horas del día 04 de julio del 2019, de acuerdo a los dispuesto por la resolución de dirección académica N° 1194-2019/UCV-CH, de fecha 03 de julio de 2019, se procedió a dar inicio al acto protocolar de sustentación de la tesis titulada: "ANÁLISIS COMPARATIVO DEL FRENO DE TAMBOR Y FRENO DE DISCO PARA OPTIMIZAR LA EFICIENCIA DEL SISTEMA DE FRENOS EN VEHICULO DE SERVICIO PÚBLICO DE 800 CM<sup>3</sup> DE CILINDRADA", presentado por el(la) (los) bachiller: CARRASCO TINEO, EXZAR NIXVÁN, con la finalidad de obtener el título de ingeniero mecánico electricista, ante el jurado evaluador conformado por los profesionales siguientes:

Presidente : Ing. Fredy Dávila Hurtado  
Secretario : Ing. James Skinner Celada Padilla  
Vocal : Ing. Deciderio Enrique Díaz Rubio

Concluida la sustentación y absueltas las preguntas efectuadas por los miembros del jurado se resuelve:

APROBADO POR MAYORIA

Siendo las 13:50 del mismo día, se dio por concluido el acto de sustentación, procediendo a la firma de los miembros del jurado evaluador en señal de conformidad.

Chiclayo, 04 de julio de 2019

Ing. Fredy Dávila Hurtado

Presidente

Ing. James Skinner Celada Padilla

Secretario

Ing. Deciderio Enrique Díaz Rubio

Vocal

## Declaratoria De Autenticidad

Yo, EXZAR CARRASCO TINEO con DNI 4601148 a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Cesar Vallejo, Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y autentica.

Así mismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información de la Universidad Cesar Vallejo.

Chiclayo, 18 de agosto del 2019.



---

EXZAR CARRASCO TINEO

**DNI: 46011418**

# Índice

Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Pagina Del Jurado	iv
Declaratoria De Autenticidad	v
Indice	vi
RESUMEN	xii
ABSTRACT	xiii
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 REALIDAD PROBLEMÁTICA	1
a) Problemática internacional	1
b) Problemática nacional	2
c) Problemática local	3
1.2 TRABAJOS PREVIOS	4
1.3 TEORÍAS RELACIONADAS AL TEMA	6
1.3.1 Sistemas de frenos hidráulicos	6
1.3.2 Tipos de sistemas de frenos	6
a) Frenos de disco	7
Ventajas del sistema de disco	7
Pastillas de freno	7
b) Frenos de tambor	8
1.3.3 Componentes del sistema de frenos hidráulicos	9
a) Válvula dosificadora.	9
b) Booster (reforzador de frenos por vacío).	10
c) Caliper o Mordaza.	10
d) Cilindro de rueda.	10
e) Mangueras y líneas de conducción.	11

1.3.4	Líquidos de frenos.-----	11
1.3.5	Resumen del funcionamiento del sistema de frenos.-----	11
1.3.6	Ventajas que representan los frenos de disco frente a los de tambor.-----	12
1.3.7	Fading -----	12
1.3.8	Fuerza de frenado-----	13
1.3.9	Parámetros que define el material de fricción-----	14
a)	Parámetros relativos a la distribución de pesos estáticos del vehículo -----	14
b)	Sistemas de frenos hidráulicos -----	14
1.3.10	Frenometro (anexo nº 7) -----	16
1.4	FORMULACIÓN DE PROBLEMA-----	16
1.5	JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO-----	16
a)	Social -----	16
b)	Económico -----	16
c)	Ambiental-----	17
d)	Técnico-----	17
1.6	HIPÓTESIS-----	17
1.7	OBJETIVOS-----	17
1.7.1	Objetivo general -----	17
1.7.2	Objetivo específico-----	17
II.	MÉTODO-----	18
2.1	DISEÑO DE INVESTIGACIÓN -----	18
2.2	VARIABLES, OPERACIONALIZACIÓN -----	18
2.2.1	Variable independiente-----	18
2.2.2	Variable dependiente -----	18
	Eficacia del sistema de frenado.-----	18
2.2.3	Operacionalización de variables -----	19
2.3	POBLACIÓN Y MUESTRA-----	21

a)	Población -----	21
b)	Muestra-----	21
2.4	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS, VALIDEZ Y CONFIABILIDAD -----	21
2.5	MÉTODO DE ANÁLISIS DE DATOS -----	21
2.6	ASPECTOS ÉTICOS -----	22
III.	RESULTADOS -----	23
3.1	Evaluar el estado de operatividad de los sistemas de frenado del tipo tambor y de disco. 23	
3.1.1	Freno de tambor de la unidad de 800 cm <sup>3</sup> de cilindrada-----	24
a)	Tambor -----	24
b)	Zapatas de freno -----	25
c)	Bombín o cilindro -----	26
d)	Plato de freno -----	26
e)	Regulador de zapatas -----	27
f)	Purgador de aire del sistema hidráulico. -----	27
3.1.2	Freno de disco -----	28
a)	Disco de freno -----	28
b)	Cilindro-----	29
c)	Pinzas de frenado. -----	30
d)	Pastillas de freno. -----	30
3.2	Realizar pruebas de frenado a diversos regímenes de trabajo para freno de disco y freno de tambor en vehículos del servicio público de 800 cm <sup>3</sup> de cilindrada. -----	31
3.2.1	Frenómetro -----	31
3.3	Realizar el análisis de los dos sistemas de freno comparando sus parámetros de funcionamiento relevantes.-----	37
3.4	Realizar la evaluación económica. -----	42

IV. DISCUSIÓN -----	45
V. CONCLUSIONES -----	46
VI. RECOMENDACIONES -----	47
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS -----	48
ANEXOS -----	51
Resolución Suprema N° 11581-2008-MTC/15 -----	51
ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TESIS -----	64
FORMATO DE AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN -----	65
AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN -----	66

## Índice De Figura

Figura 1: sistemas de frenos. ....	24
Figura 2: plato de freno.....	25
Figura 3: zapatas de freno.....	25
Figura 4: bombín o cilindro. ....	26
Figura 5: plato de freno.....	26
Figura 6: regulador de zapatas.....	27
Figura 7: purgador de aire del sistema de freno. ....	27
Figura 8: frenos de disco.....	28
Figura 9: disco de freno de auto tico marca daewoo. ....	29
Figura 10: cilindro.....	29
Figura 11: pinzas de frenado. ....	30
Figura 12: pastillas de freno. ....	30
Figura 13: freno de servicio con tambor. ....	37
Figura 14: freno de servicio con disco. ....	38
Figura 15: freno de estacionamiento con tambor. ....	39
Figura 16: freno de estacionamiento con disco. ....	40

## Índice De Tablas

Tabla 1: propiedades físicas del disco de freno.....	29
Tabla 2: valores correspondientes al frenado con tambor .....	35
Tabla 3: valores correspondientes al frenado con disco. ....	36
Tabla 4: freno de servicio. ....	37
Tabla 5: cuadro comparativo del freno de servicio. ....	38
Tabla 6: freno de estacionamiento. ....	39
Tabla 7: cuadro comparativo del freno de estacionamiento. ....	40
Tabla 8: comparación de las ventajas de sistema de frenos. ....	41
Tabla 9: comparación de desventajas de los sistemas de freno.....	41
Tabla 10: componentes del circuito de freno. ....	42
Tabla 11: mantenimientos y costos de sistema de freno de tambor.....	43
Tabla 12: mantenimiento y costo del sistema de freno de disco. ....	44
Tabla 13: inversión del proyecto.....	44

## RESUMEN

El presente proyecto titulado Análisis comparativo del freno de tambor y freno de disco para optimizar la eficiencia del sistema de frenos en vehículos de servicio público de 800 cm<sup>3</sup> de cilindrada se desarrolló en cuatro capítulos los cuales tuvieron por objetivo específico el evaluar el estado de operatividad de los sistemas de frenado del tipo tambor y de disco, realizar pruebas de frenado a diversos regímenes de trabajo para freno de disco y freno de tambor en vehículos del servicio público de 800 cm<sup>3</sup> de cilindrada, realizar el análisis de los dos sistemas de freno comparando sus parámetros de funcionamiento relevantes y realizar la evaluación económica respectivamente.

Dentro del primer capítulo se realizó una descripción de las características y funcionamiento de cada uno de los componentes o elementos de ambos sistemas de frenado, permitiendo evaluar su estado de operatividad, para su posterior comparación.

El segundo capítulo muestra las pruebas realizadas en carretera, en la que se efectuaron las frenadas oportunas por el conductor con el fin de determinar el comportamiento de los distintos componentes de los frenos y así poder diagnosticar el estado de funcionamiento.

En el tercer capítulo después de haberse realizado las pruebas en carretera, se compararon ambos resultados mediante gráficas, las cuales permitieron una mejor observación de las ventajas y desventajas de cada sistema de frenado, las cuales fueron expuestas dentro de este capítulo.

El cuarto capítulo muestra la evaluación de los costos por mantenimiento de cada sistema de frenado (disco y tambor) cada 5,000 km, con la finalidad de realizar una comparación que permita visualizar cuál de los dos sistemas tiene una ventaja económica.

Finalmente se pudo concluir que, el sistema de frenado de disco es más óptimo y más seguro para los conductores que brindan servicio de transporte público en vehículos de 800cm<sup>3</sup> de cilindra, a ello se le adiciona que su mantenimiento es un poco más económico así como sus repuesto a diferencia del sistema de tambor.

**Palabras claves:** Freno de disco, Freno de tambor, Eficiencia de freno

## ABSTRACT

The present project entitled Comparative analysis of drum brake and disc brake to optimize the efficiency of the braking system in public service vehicles of 800 cm<sup>3</sup> of displacement was developed in four chapters which had as their specific objective the evaluation of the operational state of brake systems of the drum and disc types, carry out braking tests at various work rates for disc brake and drum brake on public service vehicles of 800 cm<sup>3</sup> displacement, perform the analysis of the two brake systems comparing their relevant operating parameters and perform the economic evaluation respectively.

Within the first chapter, a description was made of the characteristics and operation of each one of the components or elements of both braking systems, allowing to evaluate their state of operation, for later comparison.

The second chapter shows the tests carried out on the road, in which the appropriate braking was carried out by the driver in order to determine the behavior of the different components of the brakes and thus be able to diagnose the operating status.

In the third chapter after the road tests were carried out, both results were compared by means of graphs, which allowed a better observation of the advantages and disadvantages of each braking system, which were exposed within this chapter.

The fourth chapter shows the evaluation of maintenance costs of each braking system (disk and drum) every 5,000 km, in order to make a comparison that allows visualizing which of the two systems has an economic advantage.

Finally it was concluded that the disc braking system is more optimal and safer for drivers who provide public transport service in 800cm<sup>3</sup> cylinder vehicles, to which it is added that their maintenance is a little cheaper as well as their spare unlike the drum system

**Key words:** Disc brake, Drum brake, Brake efficiency

# I. INTRODUCCIÓN

## 1.1 REALIDAD PROBLEMÁTICA

### a) Problemática internacional

“En Colombia, los accidentes de transporte dejan cerca de 6.000 personas sin vida al año” (RTVC, 2018). Durante el año pasado se reportaron cerca de 47 000 casos de accidentes de tránsito, de los cuales el 14% fueron mortales.

Así mismo “El Instituto Nacional de Estadística y Geografía (Inegi) informó que durante 2016 se registraron más de 360 mil accidentes de tránsito en la república mexicana en los que murieron cuatro mil 559 personas” (El Universal, 2017).

De estos accidentes se pudo estimar la cifra de 1033 de los fallecidos eran peatones, 940 de estos fallecieron en colisiones, los motociclistas muertos alcanzaron la suma de 539 y en cuanto a ciclistas fueron 197.

En Ecuador “La tasa de fallecidos respecto al número de siniestros ha aumentado en el primer semestre del 2018, respecto al mismo período de los años 2014, 2015, 2016 y 2017, según estadísticas de la Agencia Nacional de Tránsito (ANT)” (Cruz, 2018).

Esto nos permite llevar un registro de los accidentes de tránsito ocurridos en este país, pudiendo observar que la tasa de accidentes de tránsito ha descendido en los últimos años, pero aún siguen habiendo accidentes fatales los cuales se está buscando reducir y erradicar. En Chile, según “la Comisión Nacional de Seguridad del Tránsito (Conaset) reveló que el último año ha sido el con más accidente de tránsito desde hace 45 años; llegando a un registro histórico para el país” (Asencio, 2018).

Los accidentes de tránsito en Chile tan solo en el año 2017 alcanzaron la cifra de 1500 muertos, y en heridos se registraron alrededor de 8500 víctimas.

“En 2017, el índice de siniestralidad vial en Argentina aumento 21,5% respecto de 2016, lo que dejó un 9,2% más de muertos en accidentes y subió en 16,6% los heridos graves” (Buscaglia, 2018).

En los últimos 10 años, se ha tenido anualmente un promedio de 7000 personas accidentadas de muerte, víctimas de accidentes de tránsito, lo cual genera una alarmante cifra de alrededor de 20 muertes por día.

En Bolivia, “una familia de siete miembros perdió la vida cuando el microbús que la transportaba colisionó contra un camión de carga en el poblado rural de Warisaya, a 87 km de Cochabamba, reportó el jefe regional de Tránsito, José Rojas” (El Herald, 2018).

Mientras en Brasil “en 2017 se registraron 89.318 accidentes en las carreteras, con una reducción de 7,5 % en comparación con 2016 (96.590), que dejaron 6.244 víctimas, un número 2,7 % inferior al del año inmediatamente anterior (6.419)” (El nuevo diario, 2018).

A pesar de que se han disminuidos la cantidad de accidentes así como la de víctimas de estos, no es suficiente para las autoridades, quienes siguen buscando la manera de crear conciencia y prevenir estos.

En España, se reportó mediante “Dirección General de Tráfico (DGT) sobre víctimas mortales en vías interurbanas contabilizadas a un máximo de 24 horas tras los accidentes, entre el 1 de enero y el 17 de diciembre de este año murieron 1.165 personas por siniestros viales” (RTVE, 2017).

Es alarmante ver que aun sin haber terminado el año ya se superó la cifra del año anterior, ya que se trata de vidas las cuales se pierden muchas veces por el descuido de conductores.

#### **b) Problemática nacional**

“Cada cinco minutos se registra un siniestro en las carreteras y calles del país” (Chuquín, 2017). Las pistas del Perú son un constante asidero de miles de muertes cada año, esta es la

cruda realidad que se está presentando, los ciudadanos tienen que enfrentarse diariamente a esta incertidumbre de no saber si llegaran sanos y salvos a casa.

Para disminuir la cantidad de accidentes automovilísticos, es necesario crear tanto en pasajeros, peatones y conductores una conciencia hacia el respeto de las normas tanto para el tránsito como para el peatón.

“Durante el 2017, un total de 3.327 accidentes de tránsito ocurrieron en las carreteras del país, siendo la penetración sur y la panamericana sur las vías que más de estos hechos registraron” (Medrano, 2018).

Estos accidentes trajeron consigo el fallecimiento de 772 víctimas, también se menciona que la principal causa de estos accidentes son ocasionados por el despiste de los vehículos, en el segundo lugar se encuentran los choques, luego las volcaduras y atropellos.

Alrededor de 3 mil peruanos mueren anualmente por accidentes de tránsito, observándose una diferencia con las víctimas de inseguridad ciudadana que llegan al promedio de 2 mil fallecidos por año, pese a que la cifra supera en 1000 personas, las autoridades aún no toman el interés necesario por solucionar y erradicar el problema de la inseguridad vial.

### **c) Problemática local**

En la ciudad de Lambayeque se sumó un incremento de accidentes entre el año 2015 al 2016 se reportó un 43% solo 2.8 % fueron por fallas mecánicas y el resto es por peatones y alcoholismo entre otros.

La principal problemática en el sistema de freno es que existe una falta de ventilación y regulación lo que ocasiona en el sistema de freno de tambor que se origine altas temperaturas debido a los esfuerzos de fricción al activar el freno que va a estar en relación con la energía cinética del sistema en el instante dado lo que ocasionaría problemas como una baja en la eficiencia del sistema disminuyendo las fuerzas de frenado progresivo y deterioro afectando la seguridad de conductor y pasajeros eventuales.

En tal sentido siendo el sistema de frenado parte importante de automóvil porque la seguridad de sus ocupantes dependen en gran manera que este sistema se encuentre en óptimas condiciones y con máximas estándares de calidad .

Ante tal situación problemática se plante este proyecto de investigación cuya propuesta es analizar y comparar los sistemas de frenado de tambor y de disco con el fin de evaluar la eficiencia de cada uno de ellos para determinar la efectividad de un cambio de sistema de freno por zapatas por uno de disco por los siguientes motivos.

Las zapatas cada cierto tiempo hay que estar regulando y esto origina gasto en los mantenimientos.

Desfase de tiempo que puede ser perjudicial para los discos por que asumiría casi toda la carga o fuerza.

Al tener un sistema de discos en las cuatro ruedas seria sincronizado lo que conlleva a una mayor eficiencia en el sistema y la regulación seria automáticamente.

El líquido de freno cumple un papel muy importante en el sistema de frenado porque trasmite la fuerza que se aplica sobre el pedal de freno hacia cada uno que permite ayudar a detenerlo al vehículo ,por tal razón con el paso del tiempo el líquido sufre un desgaste donde el punto de ebullición del líquido puede llegar a disminuir un 20%.

## **1.2 TRABAJOS PREVIOS**

García, Acosta, & Flórez (Colombia, 2015) De acuerdo a los artículos establecidos indican que los sistemas de frenado hidráulicos deben trabajar de una manera segura y que garantice la seguridad que es lo más predecible en cualquier circunstancia , de tal manera es necesario emplear un material que garantice resistencia a diferentes temperaturas de trabajo, humedad y parámetros geométricos que se utiliza para un correcto diseño y así poder evitar deformaciones térmicos entre otros .

Velástegui,A. (Quito, 2015) La importancia de saber la eficacia de frenado, proporcionada en gran medida por el conocimiento del material con que están construidas ayudan a tomar mejores decisiones al momento del mantenimiento o adquisición de las partillas del freno.

Independientemente de los materiales utilizados, resulta muy importante darle mantenimiento preventivo al sistema de frenos para garantizar la seguridad del vehículo y de sus ocupantes.

Vaca, J.(Lacutanga, 2014) concluyen que el disco de frenado de tipo perforado tiene mayor disipación de temperatura que es ocasionado durante el frenado en comparación al de tipo de disco macizo , en las pruebas que fueron realizadas según el banco de freno tiene un porcentaje 20% ya que este disco perforado está sometido a fuerzas axiales durante el frenado producto a las fuerzas termo mecánicas que se generan por la presión sobre los discos y la temperatura generada , las perforaciones en un disco de freno hace posible que el calor, gas y agua sea rápidamente alejado de la superficie del disco de freno, manteniendo el rendimiento de frenado .

Guzmán, Quimbita, & Quishpe (Quito, 2018) Elaboraron una comparación entre un disco de freno original y un disco de freno genérico, con la finalidad de determinar con el frenómetro la eficiencia de frenado de las cuatro respectivas llantas que se habían utilizado, para poder asegurar la disminución de la velocidad en las respectivas llantas del automóvil, hasta llegar a detenerlo, de este manera, se concluyó que los discos de freno tienen un tiempo determinado de vida útil y un tope del grosor en donde el disco de freno es seguro de usar y debe ser relacionado con el peso y la potencia del vehículo para poder usar un disco.

Se determinó que el disco original a pesar de que es costoso rinde de una mejor manera para el vehículo de lo contrario con el disco genérico aunque el costo sea menor puede llegar a generar problemas en el vehículo y uno de ellos es el menor desgaste de la parte posterior y un mayor desgaste en la parte delantera del vehículo ya que los datos determinar un frenado diferente en las llantas delanteras de vehículo. Existen dos tipos de disco tales como sólidos y ventilados de los cuales el disco solido se determinó un mayor desgaste de la pastilla.

## 1.3 TEORÍAS RELACIONADAS AL TEMA

### 1.3.1 Sistemas de frenos hidráulicos

Este tipo de sistema de frenado está basado en que prácticamente los fluidos hidráulicos son incomprensibles y está basado de acuerdo al principio de pascal, la presión que es ejercida en un punto o área de un líquido encerrado es transmitida con una misma intensidad en todas las direcciones. Al ejecutar una fuerza de frenado todos los cilindros de las ruedas actúan con la misma presión de fluido hidráulico que es ejercida por el conductor.

El freno hidráulico utiliza un líquido que sirve para transmitir la acción en el momento del frenado, Por lo cual en este sistema se requiere diferentes dispositivos como:

Dispositivo de actuación: este medio permite controlar las fuerzas de frenado deseadas por el operador.

Dispositivo de forma transmisión: Este dispositivo es el encargado de transmitir las fuerzas de frenado por el conductor a las ruedas y así poder disminuir los riesgos de este dispositivo de seguridad .

Disposición de una forma diagonal: Este circuito se emplea mayormente en vehículos que tienen transmisión delantera con un circuito de frenado una rueda delantera y trasera de una forma diagonalmente opuesta.

Disposición de forma paralela: mayormente este circuito se emplea en vehículos que tienen una tracción posterior ya que con este tipo es lo más sencillo el tipo de diseño.

Freno de rueda: En este método de frenado es por acción al hacer fricción con los neumáticos y hace que retarde el movimiento de vehículo y de esa forma poder disminuir la velocidad hasta poder detenerlo por completamente.

Formula:

– Principio de pascal  $P = \frac{F}{A}$  (Anexo N° 1).

### 1.3.2 Tipos de sistemas de frenos

Existen variedades de materiales que se utilizan en las guarniciones o balatas que pueden ser metálicas o cerámicas ya que estos materiales soportan altas temperaturas de calor cuando hay contacto en el sistema de frenado se origina fricción tanto en disco como de tambor y así lograr a detenerlo al vehículo o reducir su marcha .

### **a) Frenos de disco**

Los discos de freno tienen una composición de materiales que soporta temperaturas durante el frenado que pueden ser de fundición de hierro, fundición gris con grafito esferoidal o también de acero colado, que se caracteriza por tener una forma de cazuela y que garantiza su tiempo de duración ya que el disco soporta una temperatura de 750 grados con un coeficiente de rozamiento de 0.25 a 0.50 y tiene un espesor de 9 a 16 mm en el caso de discos macizos y los ventilados tiene un espesor de 19mm a 32mm. Los frenos de disco en conjuntamente con las pastillas son los encargados de detener al vehículo durante el rozamiento entre las pastillas y disco donde se genera la energía cinética que es transformada a calor durante el frenado debido a que gira el disco de una forma solidaria con la rueda, de esta manera se logra obtener un enfriamiento por ventilación atmosférico que es enfriado rápidamente y así poder tener un frenado con mucha eficacia y sobre todo garantizar la seguridad de los ocupantes y tener una mejor conservación de los accesorios del vehículo. (Anexo N° 2)

#### **Ventajas del sistema de disco**

- Mayor conservación del disco ya que la presión axial no perjudica deformaciones en la superficie de frenado.
- Los discos son ventilados en ambos lados por el aire del medio ambiente por lo tanto la aparición del fading es retardado.
- Menor costo en el mantenimiento o cambio de las guarniciones y es regulado por si solo el sistema de frenado logrando un mejor
- No pierde su eficacia en el momento de sumergirlo en el agua.
- Gracias al equilibrio en la precisión en ambos lados del disco, no se realizara ningún tipo de reacciones sobre el eje trasero o delantero del vehículo.

#### **Pastillas de freno**

Las pastillas se colocan en una pinza, la cual debe contar con mínimo un pistón, generando que la presión se transforme en fuerza. Estas se diseñan con el propósito de ocasionar una fricción elevada con el disco. Las pastillas se deben reemplazar con regularidad, en su mayoría llevan un sensor, el cual le avisa al conductor si es necesario reemplazarlo. Algunas poseen una pieza metálica, esta pieza genera un chirrido, informando al conductor que es

momento de cambiarla y otras tienen un tipo de material el cual genera un corte en el circuito, este hace que se ilumine en el cuadro del conductor un testigo.

El frenado tendrá una potencia relativa a la fricción otorgada por la pastilla de freno. La fricción suele disminuir cuando aumenta la temperatura y también bajara si la velocidad sube. Cuando la fricción disminuye, la distancia para frenar será más larga. (**Anexo N° 3**)

### **b) Frenos de tambor**

Estos frenos cuentan con un tambor de acero o de hierro el cual está sujeto a una rueda que gira al mismo tiempo que un semieje que se encuentra al interior, las dos pastillas son separadas por un tornillo de ajuste, y un cilindro de rueda en su parte inferior. El cilindro maestro ejerce una presión hidráulica, la cual genera que el cilindro de rueda ocasione una presión en las pastillas hacia las paredes internas del tambor, ocasionando que la velocidad descienda progresivamente.

Las zapatas se encuentran dentro del freno de tambor, las cuales se encuentran forradas por un material que resiste el calor y la acción del bombín del tambor, produciendo el roce entre estas partes.

Las zapatas se van a encontrar montadas en el plato y sujetas al chasis por medio de un sistema suspendido el cual no gira, es por ello el tambor es el que frena en su giro debido a la fricción generada por las zapatas.

El desgaste genera una disminución de superficie producida por la acción mecánica, este se produce generalmente al momento de frenar, ya que la zapata roza contra el tambor, el desgaste crea una separación entre ellas en el momento de reposo, haciendo que durante el frenado haya una mayor distancia y a la vez un mayor uso de líquido de la bomba.

Este se debe realizar periódicamente haciendo un reglaje a los frenos, para esto se debe acercar las zapatas al tambor lo más que se pueda sin que estas rocen.

Para esto se coloca dentro del freno unas excéntricas las cuales van a limitar el recorrido de las zapatas hasta su posición inicial. La eficacia del frenado va a depender de la calidad y el estado del tambor. (**Anexo N° 4**)

### **1.3.3 Componentes del sistema de frenos hidráulicos**

Bomba de frenos o Cilindro maestro.

Este componente tiene la función de proveer la adecuada presión al fluido, mandándolo a los respectivos cilindros de las llantas. Origina la tensión hidráulica en el circuito de freno y regula el desarrollo de frenado. Mediante el apoyo del amplificador de energía de frenado obtiene la presión de pedal de freno y de esta manera presiona el fluido del freno que van hasta los cilindros de los neumáticos. (Roque, 2016, p.4)

Esta bomba de frenos posee un depósito en el cual almacena el fluido liga de frenos. Además de contar con unas aberturas diseñadas para el deslizamiento de dos pistones, estos generan un sello con hule, los cuales se accionan al empujar el pedal del freno, y se retraen cuando el pedal vuelve a su posición inicial. Los pistones al ser accionados generan una fuerza hidráulica, la cual es conducida hasta las ruedas del automóvil. (**Anexo N° 5**)

#### **a) Válvula dosificadora.**

Este elemento, se encuentra dentro del aparato de transmisión y tiene la función de distribuir las líneas de transmisión del líquido mediante dos circuitos independientes con la finalidad de obtener la distribución diagonal. Los automóviles que poseen tracción delantera, poseen la válvula dosificadora. (Roque, 2016, p.5).

Los dos circuitos que posee la válvula tienen a la vez dos conductos de salida. Uno de ellos lleva el fluido con fuerza hasta las ruedas traseras, y el otro a las delanteras. Esta válvula, recibe de los dos conductos el líquido con fuerza y la transmite a dos circuitos, activando los frenos de una forma diagonal en una rueda de adelante y en una trasera. Buscando que el frenado no genera un desequilibrio en el vehículo, mediante la concentración de la fuerza producida por el frenado en una sola rueda.

**b) Booster (reforzador de frenos por vacío).**

Este componente tiene la función principal de reducir la fuerza necesaria, para poder presionar el pedal, y de esta manera conseguir una respuesta de frenado (Roque, 2016, p.5). El booster amplía la fuerza del freno, generando una depresión en la cámara de combustión, aumentando la fuerza con que es presionado el pedal del freno en cinco veces. Hay dos tipos de booster, los hidrovac los cuales usan el vacío que se genera en el motor y los hidromax que usan el hidráulico de dirección.

**c) Caliper o Mordaza.**

Este elemento se ubica posicionado en el rotor del freno, cuya actividad principal es la de recepcionar la energía hidráulica, que proviene desde el cilindro maestro, como reacción, logra mover el embolo que se encuentra alojado dentro de él, empujando las pastillas sobre el rotor, logrando la labor de frenado. En gran parte de los automóviles, los rotores de freno se utilizan para los frenos de las llantas delanteras, por otro lado, también hay otros automóviles que utilizan los rotores en las cuatro llantas. (Roque, 2016, p.6)

La mordaza es aquella que da soporte a los pistones de freno y a las pastillas. Estos pistones son hechos en su mayoría de acero cromado o alunizado. Y existen dos tipos: Las mordazas fijas que no se mueven del disco de freno, y usan de uno a más pistones en pares. Al ser accionadas generan presión en las pastillas a los lados del disco. Y tienen un costo mayor que las mordazas flotantes.

Las mordazas flotantes o mordazas deslizantes, si se mueven con relación al disco, mediante un pistón se empujan la pastilla de un lado haciendo que esta entre en contacto con la parte superior del disco, logrando el desplazamiento de estas. Aplicando presión en los lados del disco logrando frenar.

**d) Cilindro de rueda.**

El cilindro de rueda se encuentra en la rueda de atrás en el plato, este recibe la fuerza hidráulica proporcionada del cilindro maestro, generando una presión mecánica. La fuerza empuja las zapatas hasta los tambores generando una fricción haciendo que se reduzca la velocidad del vehículo.

#### **e) Mangueras y líneas de conducción.**

Estas trasladan desde el cilindro maestro el fluido hasta las ruedas, las mangueras facilitan que se conecte a las partes que son móviles generalmente en las ruedas delanteras. Si una manguera lleva mucho tiempo en uso, se expedirá cuando la fuerza hidráulica entre en ella, creando problemas al frenar. (**Anexo N° 6**)

#### **1.3.4 Líquidos de frenos.**

El líquido de frenos debe transmitir la presión desde el pedal hasta las zapatas. El líquido de freno debe presentar las siguientes características: Incompresible es decir no debe comprimirse por ningún motivo. Que no cree fricción en la tubería del sistema de frenos. No debe ser corrosivo ya que el líquido de freno se mantiene en contacto con los mecanismos del freno, para que no dañe la tubería. Su punto de ebullición debe ser alto entre los 230° y 240°. Y a la vez debe seguir líquido a temperaturas bajas.

Al accionar el pedal del freno, el líquido se dirige con presión hasta los cilindros de ruedas activando las patillas de freno y las zapatas. Ya que el líquido de freno no se comprime, este acciona en las ruedas los frenos.

El líquido de freno tiene la propiedad de ser higroscópica, eso significa que absorbe agua, si el líquido presenta un contenido de agua mayor al 3% su punto de ebullición bajara a 80° o 90° C, es por ello que debe ser reemplazado. Cuando el líquido de freno absorbe agua pierde su propiedad de incompresibilidad, afectando el proceso de frenar. El cambio del líquido de freno también debe realizarse cuando se hacen reparaciones en el circuito de frenos, ya que se rompe el hermetismo del circuito. También se recomienda hacer el cambio del líquido de frenos una vez superado los 80 000 km o cada dos años.

#### **1.3.5 Resumen del funcionamiento del sistema de frenos.**

Los reforzadores aumentan la presión que hace el conductor al activar el pedal de freno. La fuerza que se ejerce sobre el pedal se trasmite a los frenos por la instalación hidráulica hasta cada rueda del vehículo. Los discos y tambores son los encargados de frenar las ruedas.

### **1.3.6 Ventajas que representan los frenos de disco frente a los de tambor.**

Desde hace ya muchos años los vehículos vienen con frenos de tambor de los diferentes modelos que existen. Actualmente el frenado está siendo tomado de una manera más seria y severa, y lo que se busca es que el freno sea más efectivo y actúe en menor distancia.

El tambor de frenado se adapta bien a los vehículos ligeros, pero en el caso de unidades extra pesadas, si se pueden observar las deficiencias de este. Los vehículos han aumentado su velocidad promedio, y se ha comprobado que el aumento de la velocidad ocasiona un gran esfuerzo para frenar.

Ahora los conductores de vehículos pesados quieren tener las mismas condiciones de seguridad al frenar que los automóviles, en especial en la estabilidad y el desempeño en el área, lamentablemente el freno de tambor no puede ofrecer esas características de frenado.

Concluyendo así que los vehículos de carga pesada para adaptarse a las exigencias del mercado, en un futuro van a tener que hacer el cambio del freno de tambor al freno de disco. Las ventajas de los frenos de disco son:

- Para eliminar la reacción del eje delantero o trasero se equilibra en ambas caras del disco las presiones.
- En un aumento de temperatura se produce una dilatación transversal que usualmente baja la interacción entre el disco y pastilla, pero aun así esta dilatación es mucho menor que la radial de los frenos de tambor.
- En el exterior se encuentran los cilindros de freno, lo que les permite ser mejor refrigerados, disminuyendo la posibilidad de que aparezca el fading ocasionado por el aumento de la temperatura en el líquido de frenos.

### **1.3.7 Fading**

Deriva del verbo en inglés fade, el cual significa agravar, malograr, es una palabra que se usa cuando los frenos de un automóvil reducen su eficacia ya que los componentes que están en

constante roce (pastilla, tambores y discos) producen un calentamiento excesivo llegando a unas temperaturas que pueden sobrepasar los 500° Celsius. (Chauca & Enriquez, 2012, p.36)

Cuando los frenos se calientan excesivamente, la adherencia del material que se emplea para los forros de las zapatas disminuye, y genera la dilatación del tambor; haciendo que haya una separación más grande entre ellas, a esto se le llama Fading. Esto ocurre también cuando el líquido de frenos empleado no es bueno, y presenta vaporización dentro de los bombines.

Ahora existen discos sólidos que cuentan con ventilación, estos son más costosos ya que es más complicado fabricarlos, pero a la vez son más eficientes y mantienen una temperatura baja. Según el peso y la geometría que presente el auto, la fuerza del freno se debe considerar adelante, Debido a esto los frenos con mayor fuerza se encuentran al frente.

### **1.3.8 Fuerza de frenado**

Esta fuerza se debe distribuir entre los ejes con respecto a la carga sostenida por estos mismos, el cual va a depender de la estructuración de los diferentes mecanismos, los cuales son, el motor, la caja de cambios, el compartimiento del carburante, etc. Como también de la transmisión del peso al momento de frenar (el cual está ligado principalmente a la altura del centro de gravedad), el peso final del automóvil y el espacio entre los ejes. (Coletta, 2009, p.25).

Para que el frenado sea eficiente, las dos ruedas del mismo eje deben ser iguales, así se evita desequilibrios durante el frenado del vehículo.

Durante el proceso de frenado gran parte del peso del auto se posa sobre las llantas delanteras, es por ello que la fuerza que se aplica en los ejes es distinta, es así que para las ruedas delanteras se tienen unos cilindros receptores que son más grandes, otorgando una mayor fuerza sobre ellas al momento de frenar. También es necesario, que se cuente con un mecanismo corrector que prevea la presión que se le aplicara a las llantas traseras.

### 1.3.9 Parámetros que define el material de fricción

El criterio principal que determina la fricción de los distintos tipos de material es el coeficiente de fricción ( $\mu$ ). Este coeficiente manifiesta la reacción opuesta al movimiento que presentan las áreas en contacto de dos cuerpos. Es un valor adimensional, es decir que es solo un valor numérico, el cual se conoce con la letra griega ( $\mu$ ). Gran parte de las superficies, inclusive aquellas que se consideran lisas, son muy ásperas a un nivel microscópico. (Bravo, 2016, p.41)

Para el desarrollo de nuevas formulaciones, se realizan ensayos en el dinamómetro de inercia, dinamómetros de Krause o en la máquina de presión constante para determinar el coeficiente de fricción. Luego se realizan ensayos en los vehículos que hayan sido equipados para la obtención de los datos del ensayo. Los dinamómetros están equipados con sistemas informáticos los cuales medirán los parámetros obtenidos durante el ensayo.

#### a) Parámetros relativos a la distribución de pesos estáticos del vehículo

Cuando un automóvil se encuentra estático, posee una distribución uniforme de la carga total el cual es soportado de manera uniforme por las cuatro llantas del vehículo. De esta manera, desde una perspectiva lateral, la sumatoria de la carga que sostienen las llantas delanteras izquierda y derecha pertenece a la carga que el eje delantero sostiene así mismo, las llantas traseras, serán la carga que sostiene el eje trasero. Conociendo estos parámetros, de manera rápida se puede conocer la distribución de la carga del automóvil para esta ocasión. (Criado, 2012, p.73)

- Distribución en el eje delantero  $= \frac{p_d}{p} \cdot 100$
- Distribución en el eje posterior  $= \frac{p_t}{p} \cdot 100$

Donde:

Pd: fuerza vertical en el eje delantero (peso soportado por el eje delantero).

Pt: fuerza vertical en el eje trasero (peso soportado por el eje trasero).

P: fuerza vertical total del vehículo (peso del vehículo).

#### b) Sistemas de frenos hidráulicos

- Incomprensibilidad de los líquidos.
- Principio de pascal  $P = \frac{F}{A}$

- Principio de la conservación de la energía.

$$\frac{1}{2} m.v^2 = \text{energía calorífica disipada por las pastillas del sistema de frenado}$$

Dónde:

$$m = \text{masa del vehículo (kg)} \quad v = \text{velocidad } \left(\frac{m}{s}\right)$$

$$\text{Frenado de desequilibrio del vehículo} = \frac{100 (F_{max} - F_{min})}{F_{max}}$$

Frenado de eficiencia del vehículo

$$E = \frac{F}{M.M.A.G} \times 100$$

E = Valor de la eficacia en por contaje %

F = Suma de todas las fuerzas de frenado en newton (suma de la lectura del frenómetro para todas las ruedas en Newton).

M. M. A = Masa máxima autorizada del vehículo en kilogramos

G = Aceleración de la gravedad, aproximadamente 9.8 m/s<sup>2</sup>.

Fuerza de rozamiento: Se obtiene de la multiplicación del peso vehicular y del coeficiente de rozamiento o el contacto entre la rueda y asfalto o también conocido como la adherencia.

$$F_{roz} = P \cdot \mu$$

Fuerza de inercia: Es la resistencia que presenta el auto al cambiar de un estado de reposo a uno de movimiento.

$$F_{inercia} = m \cdot a$$

Distancia de frenado: es el espacio que recorre el automóvil, medido desde el instante en que se presiona el pedal de frenado hasta que el auto pase a un estado de reposo total.

$$\text{distancia de frenado} = \frac{v^2}{2a}$$

$$\text{aceleración} = \frac{F}{m}$$

### 1.3.10 Frenometro (anexo n° 7)

“Aparato para medir el esfuerzo, equilibrio y la eficiencia de frenado de las rueda de los vehículos en conjunto o en forma individual”. (Resolución suprema N° 11581-2008-MTC/15, 2008, p.385564)

El frenómetro siempre debe funcionar en las dos ruedas del mismo eje y regirse a las especificaciones mencionadas en la siguiente tabla. (**Tabla N° 1**)

$$F_a \cdot D = F_r \cdot c$$
$$F_f = F_a = F_r \cdot \frac{c}{D} \text{ (Anexo N° 8)}$$

Donde:

$F_a$ : Fuerza de arrastre del rodillo

$F_f$ : Fuerza longitudinal de frenada de la rueda

$F_r$ : Fuerza de reacción que se produce en el brazo de palanca

D: Diámetro del rodillo de arrastre

C: Distancia entre el eje del motor y el punto donde se mide la fuerza.

## 1.4 FORMULACIÓN DE PROBLEMA

¿Cómo determinar la eficiencia de frenado de un freno de tambor y un freno de disco para vehículos de servicio público de 800 cm<sup>3</sup> de cilindrada?

## 1.5 JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

### a) Social

La investigación tiene justificación social porque al utilizar un sistema de frenado más seguro contribuiría a disminuir la tasa de accidentes de tránsito y la tasa de mortalidad y morbilidad se refiere a la cantidad de heridos sucedido en un determinado espacio ocurrida por fallas mecánicas, en especial las ocurridas por fallas en el sistema de frenos.

### b) Económico

Se estima una reducción en el costo de mantenimiento automotor debido a un menor desgaste al utilizar mejores materiales y un sistema más eficiente de frenado.

### **c) Ambiental**

Al dejar de utilizar las zapatas, que son parte importante del sistema de frenos de tambor, se disminuiría la emisión de contaminantes producto del desgaste por fricción, en vez de ello, se utilizaran pastillas de freno que requieren de menor cantidad de material y tienen mayor duración.

### **d) Técnico**

Permitirá determinar cuál de los sistemas tiene mayor eficacia de acuerdo a las especificaciones técnicas proporcionadas por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú

## **1.6 HIPÓTESIS**

El análisis de la eficiencia del frenado entre freno de disco y un freno de tambor de vehículos del servicio público de 800 cm<sup>3</sup> de cilindrada ayudará a optimizar la eficiencia de frenado.

## **1.7 OBJETIVOS**

### **1.7.1 Objetivo general**

Analizar el funcionamiento del sistema de frenado de tambor y disco para optimizar la eficiencia del frenado de vehículos del servicio público de 800 cm<sup>3</sup> de cilindrada.

### **1.7.2 Objetivo específico**

- 1 Evaluar el estado de operatividad de los sistemas de frenado del tipo tambor y de disco.
- 2 Realizar pruebas de frenado a diversos regímenes de trabajo para freno de disco y freno de tambor en vehículos del servicio público de 800 cm<sup>3</sup> de cilindrada.
- 3 Realizar el análisis de los dos sistemas de freno comparando sus parámetros de funcionamiento relevantes.
- 4 Realizar la evaluación económica.

## II. MÉTODO

### 2.1 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

El presente proyecto de investigación es cuasi experimental, según Hernández (2014) porque se manipulará deliberadamente, al menos, una variable independiente para observar su efecto sobre una variable dependiente, en este caso, se adaptará el sistema de frenos de disco al vehículo de transporte público con motor de 800 cm<sup>3</sup> de cilindrada, para analizar su efecto en el tiempo de frenado. Específicamente se aplicará un diseño con pos prueba únicamente y de control.

$$\begin{array}{ccc} G_1 & X & O_1 \\ & & O_2 \end{array}$$

Donde:

G<sub>1</sub>: vehículo de transporte público con un motor de 800cm<sup>3</sup> de cilindrada que se va experimental.

G<sub>2</sub>: vehículo de transporte público con un motor de 800 cm<sup>3</sup> de cilindrada de control.

X: adaptación de un sistema de frenos de disco.

O<sub>1</sub>: tiempo de frenado del vehículo de transporte público con un motor de 800cm<sup>3</sup> de cilindrada que se va experimental.

O<sub>2</sub>: tiempo de frenado del vehículo de transporte público con un motor de 800cm<sup>3</sup> de cilindrada del control.

### 2.2 VARIABLES, OPERACIONALIZACIÓN

#### 2.2.1 Variable independiente

Análisis comparativo del freno de tambor y freno de disco.

#### 2.2.2 Variable dependiente

Eficacia del sistema de frenado.

### 2.2.3 Operacionalización de variables

Variables	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de Medición	Instrumentos
<p><b>Variable Independiente:</b></p> <p>Análisis comparativo del freno de tambor y freno de disco</p>	<p>Mediante esta investigación se plantea un análisis comparativo de ambos sistemas de frenado en lo que se tendrá en cuenta los valores que arrojen en el frenómetro</p>	<p>El conductor al presionar el pedal, de reforzadores se duplica el esfuerzo que el conductor ejercerá sobre el pedal al frenar. Por lo tanto Este esfuerzo sobre el pedal es transmitido a los frenos por medio de una instalación hidráulica, en la que se dispone un cilindro maestro donde se genera la presión en la liga de frenos y la transmite desde su depósito a cada rueda del sistema de freno y de tal manera el frenado será dependiendo de la presión que envié frenara las ruedas ya sea de disco o tambor.</p>	<p>Análisis de freno de disco</p> <p>Análisis freno de tambor</p>	<p>Velocidad</p> <p>Aceleración</p> <p>Torsión</p> <p>Flexión</p> <p>compresión</p> <p>presión</p> <p>caudal</p>	<p>m/s</p> <p>m/s<sup>2</sup></p> <p>N.m</p> <p>n/m<sup>2</sup></p> <p>m<sup>3</sup>/h</p>	<p>Guía de observación</p>

<p><b>Variable Dependiente:</b></p> <p>Optimizar la Eficiencia del sistema de frenado</p>	<p>Es un valor indicativo del estado de actuación global del sistema de freno del vehículo nos da una información general del estado y funcionamiento ,si todo sus elementos actúan correctamente la eficacia de frenado para un vehículo de motor debe ser al menos el 85 %.</p>	<p>Se calcula por medio de un procedimiento en el cual se introduce la ruedas del eje delantero en un equipo denominado frenómetro</p> <p>La eficacia de los frenos depende del peso de su vehículo y la fuerza de los frenos. Aprender a calcular la eficiencia de frenado puede ayudar a determinar si los frenos funcionan normalmente o necesita ser cambiado</p>	<p>Factor de eficiencia.</p> <p>Fuerzas de frenado.</p>	<p><b>Freno de disco del vehículo</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Desequilibrio.</li> <li>- Fuerza</li> </ul> <p><b>Freno de tambor del vehículo.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- desequilibrio</li> <li>- fuerza</li> </ul>	<p><i>porcentaje</i></p> <p><i>newton</i></p>	<p>Guía de observación.</p>
-------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------	-----------------------------

## **2.3 POBLACIÓN Y MUESTRA**

### **a) Población**

Esta población está conformada por los vehículos del transporte público en la ciudad de Chiclayo con un motor de 800 cm<sup>3</sup> de cilindrada.

### **b) Muestra**

En este trabajo de investigación las cifras de estudios serán recogidas de la muestra, el tipo de muestreo que se utilizó es del tipo No Probabilístico, pues en este trabajo de investigación solo los sujetos van a ser obtenidos por los investigadores, en función de nuestra realidad problemática, o sea no influye la casualidad ni la suerte. (Ñaupas, Mejía, Novoa y Villagómez, 2011, p.237).

La muestra está conformada por dos vehículos de transporte público, los cuales poseen un motor de 800 cm<sup>3</sup> de cilindrada, uno de ellos será modificado para analizar las variaciones en cuanto a resultados de eficiencia de frenado.

## **2.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS, VALIDEZ Y CONFIABILIDAD**

La técnica de recolección será el de observación y registro de los parámetros que arrojen los equipos de medición de tiempo de frenado y como instrumento se construirá un cuestionario en el cual se anotará los tiempos de frenado en segundos así como las características relevantes del vehículo.

## **2.5 MÉTODO DE ANÁLISIS DE DATOS**

Se calcularán promedios, desviaciones típicas, valores mínimos y máximos. Se determinará la normalidad de los datos por medio de la prueba de Shapiro – Wilk, luego de ello se aplicará la prueba t de student para 2 muestras independientes en caso que las variables en análisis se distribuyan normalmente. El procesamiento estadístico se realizará con el programa SPSS 24.

## **2.6 ASPECTOS ÉTICOS**

Dentro de las consideraciones éticas se guardará absoluta reserva de los datos del propietario así como el registro de los datos recabados en el cuestionario, del mismo modo se elaborará un consentimiento informado en que se indica todos los cambios que implica el nuevo sistema de frenos de disco, incluyendo beneficios y riesgos. Este consentimiento informado deberá ser firmado voluntariamente por el propietario del vehículo que formará parte del experimento.

### **III. RESULTADOS**

#### **3.1 Evaluar el estado de operatividad de los sistemas de frenado del tipo tambor y de disco.**

Para efectuar la evaluación del estado de operatividad, se realizó una descripción de las características y funcionamiento de cada uno de los componentes o elementos de ambos sistemas de frenado.

Antes de la realización de las pruebas en el vehículo que posee el sistema de frenado de tambor como en el de disco, se determinó que era necesario realizar una evaluación del estado de operatividad de ambas piezas, ya que son parte fundamental de dichos sistemas y que de esto depende que se realice un frenado eficiente.

Para ello se utilizaron dos vehículos de servicio público de 800cm<sup>3</sup> de cilindrada con las mismas características y se realizaron los mantenimientos correspondientes buscando que ningún factor externo a los sistemas de frenado afecten los resultados obtenidos, logrando más precisión en estos.

Debido a esto es muy importante que se tenga un buen asentamiento entre las pastillas y el disco, así como, en las zapatas y el tambor, logrando que el frenado sea eficiente, es por ello que se efectuó una inspección, con la finalidad de detectar cualquier problema en estos componentes de los sistemas de frenado, ya que hay que considerar que los equipos ya tienen un tiempo de uso y los componentes tienden a deteriorarse.

Dentro de las revisiones que se realizaron tenemos:

- 1 Disco: Se revisó que este se encuentre en buenas condiciones, que no presente grietas ni deformaciones.
- 2 Pastillas: Revisión de espesor (mayor a 2 mm).
- 3 Tambor: Se verificó que no presente deformaciones.
- 4 Zapata: Espesor mayor a 2 mm.

### 3.1.1 Freno de tambor de la unidad de 800 cm<sup>3</sup> de cilindrada

El vehículo utilizado para las pruebas correspondientes tiene un mecanismo que se encuentra en la parte posterior del vehículo denominado freno de tambor, ya que debido a sus características y accesorios permiten una mayor potencia de frenado, ya que este tipo de freno tiene una gran superficie de contacto, pero por su elevado contacto durante el frenado produce una gran temperatura, la cual no se disipa adecuadamente por encontrarse en una cavidad muy cerrada, alcanzando temperaturas aproximadas a los 450°C en el momento que se genera la fricción contra un tambor giratorio que se encuentra al interior unido a la rueda, debido al tamaño de sus accesorios se mantienen mucho más tiempo a elevada temperatura porque estos componentes se encuentran cubiertos por el arco del neumático.

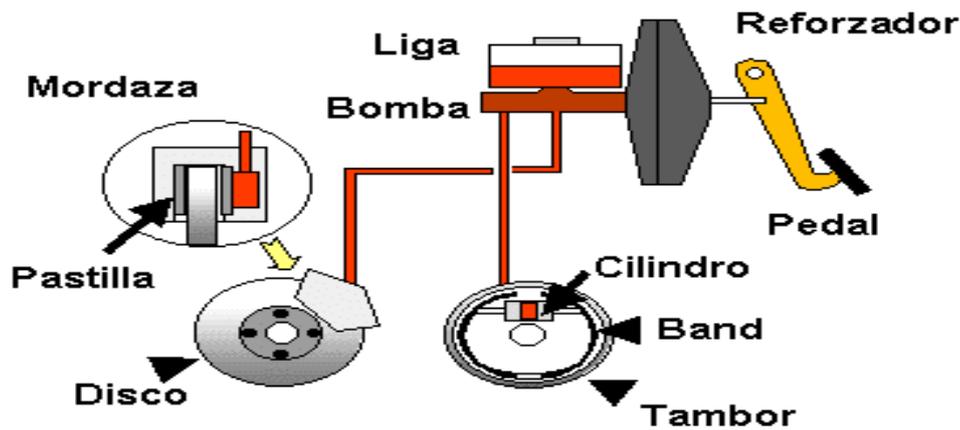


Figura 1: sistemas de frenos.

#### Componentes:

Dentro de este sistema de freno tenemos los siguientes componentes:

Tambor, Bombín, regulador de zapatas, líquido de freno, plato de freno

#### a) Tambor

El tambor de freno es una pieza muy útil en el vehículo, ya que constituye la parte giratoria del freno y la que recibe casi toda la totalidad del calor ocasionado durante el frenado ya sea el utilizado el freno de servicio o de estacionamiento. Este es fabricado de grafito esferoidal con fundición gris perlita, estos materiales ofrecen resistencia al desgaste y menor precio en

su fabricación, además absorbe bien el calor que se produce durante el rozamiento en el frenado.

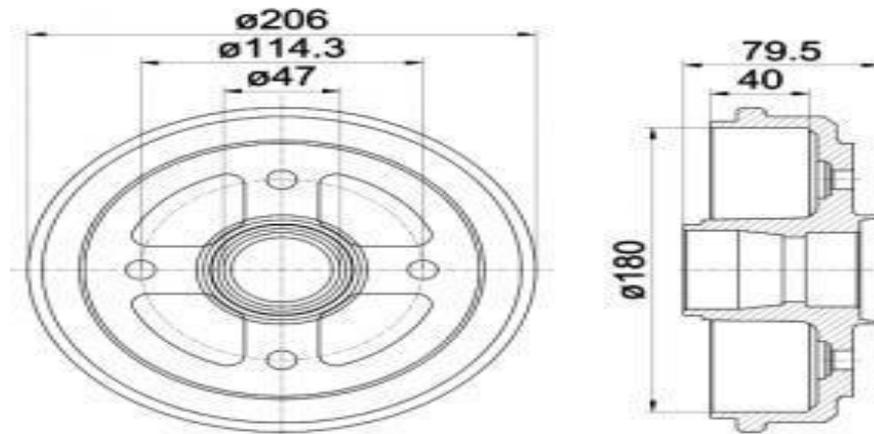


Figura 2: plato de freno

### b) Zapatas de freno

En este tipo de vehículos las zapatas de freno por lo general están fabricadas de dos piezas de acero soldado entre sí, estos están remachados al revestimiento o pegados con adhesivo como grafito o metales pulverizados. Este revestimiento les permite soportar el calor y el desgaste, ya que tienen un alto coeficiente de fricción en el momento que entran en contacto con el tambor durante el frenado.



Figura 3: zapatas de freno.

### c) Bombín o cilindro

Estos elementos que conforman el freno de tambor en el vehículo de muestra son los encargados de efectuar el desplazamiento lateral de las zapatas para que se realice el frenado del tambor. El bombín está constituido por dos émbolos y resortes espaciados, además en el centro del cilindro tiene un orificio que alberga una válvula que sirve para purgar el sistema después de que se realizó el mantenimiento correspondiente.



Figura 4: bombín o cilindro.

### d) Plato de freno

Está constituido por un porta plato de frenos o soportes de las zapatas, bombín o bombines de accionamiento hidráulico que permita soportar esfuerzos en el momento de frenado.

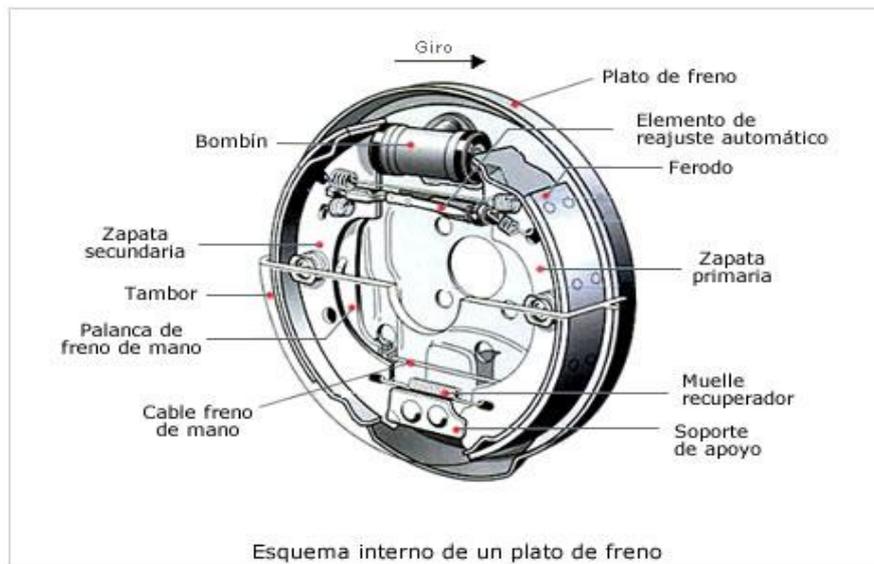


Figura 5: plato de freno.

### e) Regulador de zapatas

Una vez terminado de realizar el mantenimiento correspondiente del sistema de tambor se procede a efectuar la regulación de las zapatas, para ello se realiza el trabajo colocando el tambor de freno en el neumático ajustado correctamente con las herramientas adecuadas, accione el regulador de freno hasta ajustar el tambor logrando que este no tenga giro, luego se procede a soltar el regulador graduando hasta conseguir el adecuado giro para que permita un óptimo frenado.

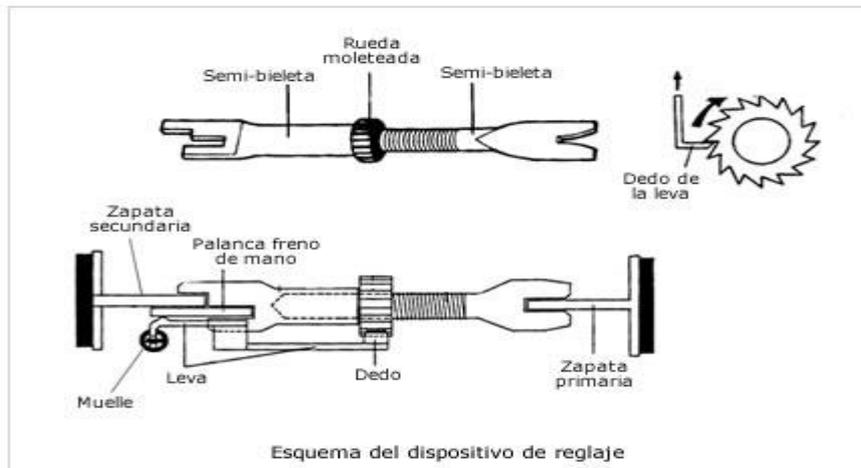


Figura 6: regulador de zapatas.

### f) Purgador de aire del sistema hidráulico.

Una vez que se realizó la regulación, se procede a efectuar el purgado del freno con el propósito de eliminar el aire contenido en el interior del circuito hidráulico, para ello el depósito de líquido de frenos debe encontrarse al nivel adecuado, se purga la bomba de freno accionando el pedal y accionando los purgadores manteniendo presionado por unos segundos, luego se repite el mismo procedimiento para los siguientes circuitos de las ruedas del vehículo, luego se debe rellenar al nivel que indica el depósito de la bomba de freno.



Figura 7: purgador de aire del sistema de freno.

### 3.1.2 Freno de disco

El sistema de frenado de disco es mucho más dinámico, ya que este sistema nos permitirá tener un adecuado frenado debido a su estructura y tamaño, obteniendo como resultado un tiempo más corto de frenado al igual que la distancia de frenado se reduce considerablemente. Esto es debido a que los componentes de fricción están acoplados al aire, por lo que su sistema de enfriado, de esta manera, la energía absorbida como su transformación se lleva a cabo de manera veloz.



*Figura 8: frenos de disco.*

#### **Componentes:**

Disco de freno, pinza o mordaza, pastilla y cilindro.

#### **a) Disco de freno**

El freno de disco está fabricado por los siguientes materiales; de hierro fundido y con una superficie sólida y lisa en donde las pastillas entran en contacto para que se realice el frenado, estos materiales que conforman el sistema nos ofrece mayor seguridad ya que soportan una temperatura de 750°C provocado durante la detención del vehículo.

Tabla 1: propiedades físicas del disco de freno.

PROPIEDADES FÍSICAS	CARACTERÍSTICAS
Resistencia a tracción	240 N/mm <sup>2</sup>
Dureza	170.250 HB

Fuente: elaboración propia.



Figura 9: disco de freno de auto tico marca daewoo.

### b) Cilindro

Este tipo de cilindro que se ubica en la parte interior del Caliper y que actúa directamente sobre una de las pastillas de freno, se produce dentro cuando el conductor realiza el frenado; la presión ejecutada por el pedal hace que el líquido de frenos fluya sobre el pistón empujando las pastillas para que detengan el vehículo.

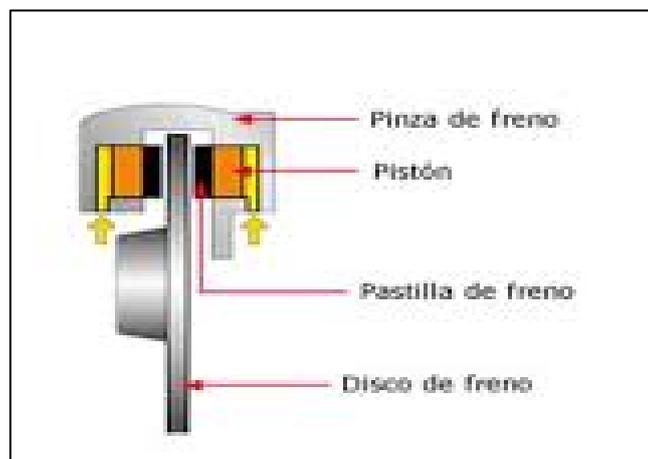


Figura 10: cilindro.

**c) Pinzas de frenado.**

En el momento en que se realiza el desmontaje del sistema de freno por disco se inspección el componente del freno llamado pinza de freno, este es el encargado de soportar las pastillas y empujarlas contra el disco cuando se realiza el frenado y está sometida a esfuerzos importantes tal como vibración, temperaturas muy altas, entre otros elementos por lo tanto se realiza una inspección visual para ver si no existen rajaduras, grietas o deformaciones para no tener problemas en el momento de las pruebas que se realicen y así evitar un desgaste irregular de las pastillas.



*Figura 11:* pinzas de frenado.

**d) Pastillas de freno.**

Dentro de la inspección que se realizó en el vehículo de muestra se observó que las pastillas se encuentren en buen estado que tengan un límite de desgaste de 2mm, están hechas de fibras de materiales orgánicos, que se mezclan con fibras inorgánicas para modificar sus propiedades de frenado. Por lo general, estas fibras están pegadas con resina fenólica que cumplan con sus características de diseño ya que están expuestas a un elevado coeficiente de rozamiento, permitiendo que se genere una alta fricción entre ellas y el disco.



*Figura 12:* pastillas de freno.

### **3.2 Realizar pruebas de frenado a diversos regímenes de trabajo para freno de disco y freno de tambor en vehículos del servicio público de 800 cm<sup>3</sup> de cilindrada.**

Antes de realizar las pruebas en el frenómetro se realizaron pruebas en el taller para comprobar que no hubiera problemas que alteren los valores de la muestra del proyecto que se está desarrollando.

Una vez realizado los procesos de inspección y la descripción del funcionamiento y partes de cada uno de los sistemas se procedió al montaje en cada sistema y se realizaron pruebas en carretera, en la que se realizaron las frenadas oportunas por el conductor con el fin de determinar el comportamiento de los distintos componentes de los frenos y así poder diagnosticar el estado de funcionamiento, la dureza relativa del pedal y la elasticidad, para esto se utilizó como instrumento de medición el manómetro obteniendo un resultado de 3 bar.

Para el desarrollo de este objetivo se realizaron tres ensayos en cada uno de los vehículos, con el propósito de obtener resultados más precisos.

Para la realización de las pruebas se ha empleado un equipo llamado FRENOMETRO (BD600 S 6095).

#### **3.2.1 Frenómetro**

El frenómetro es un instrumento automatizado que fue diseñado especialmente para para ver en qué estado de funcionamiento está el vehículo, por lo cual soporta pesos de hasta cuatro toneladas por cada eje, cuya función fundamental es ejecutar de manera veloz y eficiente la condición de funcionamiento de la inspección de frenado del automóvil, evaluando con mucha exactitud la frenada máxima de los ejes delantero y trasero, freno manual, y los tambores del sistema de frenado. La bancada posee motores que son independientes, que sirven para mover a los rodillos, los cuales tienen un diámetro de  $\geq 160\text{mm}$  y longitud  $\geq 60\text{mm}$  y con un coeficiente de rozamiento de fricción ( $\mu$ ) de 0,8, que posee además, procedimientos de seguridad, los cuales pueden localizar la presencia del automóvil, en todo momento del estudio, así mismo, como la disminución de adhesión de las llantas a la hora de la medición. Una máquina de computadora, tiene la función de dirigir todo lo que implica

el sistema de medición y el trabajo óptimo del equipo. Este control se puede dar, ya sea mediante por un teclado, un ratón o también mediante un mando de control remoto, los datos se pueden observar mediante gráficos y números. La información obtenida de cada llanta es independiente.

**a) Velocidad de pruebas.**

Para llevar a cabo las pruebas de frenado en los vehículos de muestra tanto de disco como de tambor se tuvo en cuenta que el frenómetro trabajaba a una velocidad constante de 2 a 8 km/h para vehículos livianos.

**b) Freno De Servicio.**

Es el freno del vehículo que utiliza el conductor para detener el desplazamiento. Este freno está alejado, de manera mecánica, del freno manual, y generalmente sus componentes se constituyen por un sistema de frenos de disco, de tambor o inclusive un acoplamiento entre los dos, los cuales se fundamentan en el empuje hidráulico para activar la acción de frenado.

Pruebas que se realiza en el freno de servicio.

Peso del vehículo (kg).

Fuerza de frenado.

Desequilibrio.

Eficiencia.

**c) Freno De Estacionamiento.**

También llamado freno de mano, está ubicada en las ruedas posteriores, el cual e utiliza cuando el automóvil está detenido por lo cual este freno lo inmoviliza, de manera manual. Se utiliza también en caso de emergencia o cuando el freno de servicio ha fallado.

**d) La Fuerza de Frenado.**

La acción de frenar es básicamente la operación de absorber la energía cinética que se genera cuando el vehículo se encuentra en movimiento y transformarla en calor mediante el rozamiento continuo que se produce dentro del sistema de freno y las ruedas.

La fuerza de frenado necesaria para que un vehículo se detenga es equivalente al peso de este multiplicado por el coeficiente de adherencia producido entre las ruedas y la superficie por la que se desplaza.

$$F_F = P \times \mu$$

Dónde:

$F_F$ : Fuerza de frenado

$P$ : Peso del vehículo

$\mu$ : Coeficiente de adherencia

#### e) **Desequilibrio.**

Es la diferencia que se presenta en ruedas de un mismo eje al momento de realizar la acción de frenado. Para determinar el desequilibrio de frenado entre las ruedas de un mismo eje se utiliza el frenómetro.

Para el cálculo de desequilibrio se emplea la siguiente formula:

$$d = \frac{100(F_{max} - F_{min})}{F_{max}}$$

Dónde:

$d$ : Desequilibrio

$F_{max}$ : Fuerza de frenado máxima

$F_{min}$ : Fuerza de frenado mínima

El desequilibrio solo se podrá medir en las siguientes condiciones: cuando cualquiera de la fuerza mayor de ambas, llegue a ser mayor o igual a 600 N en automóviles que no son pesados, o 2400 N en automóviles que si son considerados pesados.

#### f) **Eficiencia.**

Es la relación que hay entre las fuerzas de frenado y la masa máxima autorizada, determinándose mediante la siguiente formula:

$$E = \frac{F}{M.M.A. \cdot g} \times 100$$

Donde:

*E*: Valor de la eficacia (%).

*F*: Suma de las fuerzas de frenado en Newton(N)

*M.M.A.*: Masa máxima autorizada del vehículo en kilogramos (Kg)

*g*: Aceleración de la gravedad (9.8 m/s<sup>2</sup>)

En la tabla N°1 se observa las condiciones de funcionamiento del vehículo con los valores especificados en dicha tabla la cual corresponde al sistema de frenado por tambor el cual se subdivide en **freno de servicio y de estacionamiento**.

En la tabla N° 2 se observa el mejoramiento del sistema de frenado por disco por lo cual este sistema nos brinda mejor seguridad en el momento que se realiza el frenado realizado por el conductor. En cual nos indica por el intermedio del frenómetro el desequilibrio y la eficiencia nos dan mayor seguridad y garantía y así podemos evitar accidentes no deseados en comparación al sistema de tambor.

Tabla 2: valores correspondientes al frenado con tambor

GUÍA DE OBSERVACIÓN													
TÍTULO DE TESIS													
CARACTERÍSTICAS DEL VEHÍCULO													
	PLACA		M3Q-574										
	CATEGORIA		M1										
	MARCA		DAEWOO										
	MODELO		TICO										
	AÑO		1997										
	PESO		680 Kg										
	DATOS DEL EQUIPO DE MEDICIÓN		BTOQ ESPAÑOL										
	LINEA		L1 LIVIANO										
SISTEMA DE FRENADO POR TAMBOR													
FRENO DE SERVICIO								FRENO DE ESTACIONAMIENTO					
Prueba N°	peso (Kg)	Fuerza Frenado (N)		Deseq. (%)	Resul .	Efic. (%)	Resul .	Fuerza Fren. (kN)		Deseq. (%)	Resul .	Efic. (%)	Resul .
		Der.	Izq.					Der.	Izq.				
1	428	1.21	1.3	7	A	66	A	X	X	X	X	X	X
	245	0.87	0.96	9	A	66	A	0.85	0.95	11	A	27	A
2	429	1.05	0.98	7	A	55	A	X	X	X	X	X	X
	254	0.78	0.84	7	A	55	A	1	0.85	15	A	28	A
3	432	1.1	1.17	6	A	62	A	X	X	X	X	X	X
	247	0.89	0.96	7	A	62	A	0.85	0.79	7	A	25	A

Fuente: elaboración propia

Tabla 3: valores correspondientes al frenado con disco.

GUÍA DE OBSERVACIÓN													
TÍTULO DE TESIS													
CARACTERÍSTICAS DEL VEHÍCULO													
	PLACA		M2X205										
	CATEGORIA		M1										
	MARCA		DAEWOO										
	MODELO		TICO										
	AÑO		1997										
	PESO		680 Kg										
	DATOS DEL EQUIPO DE MEDICIÓN		BTOQ ESPAÑOL										
	LINEA		L1 LIVIANO										
SISTEMA DE FRENADO POR DISCO													
FRENO DE SERVICIO								FRENO DE ESTACIONAMIENTO					
Prueba N°	peso (TN)	Fuerza Frenado (N)		Deseq. (%)	Resul	Efic (%)	Resul	Fuerza Fren. (KN)		Deseq. (%)	Resul	Efic (%)	Resul
		Der.	Izq.					Der.	Izq.				
1	428	1.21	1.29	2	A	67	A	X	X	X	X	X	X
	248	0.99	1.01	3	A	67	A	0.78	0.81	4	A	29	A
2	432	1.2	1.32	2	A	63	A	X	X	X	X	X	X
	251	0.89	0.92	3	A	63	A	0.96	0.92	4	A	28	A
3	427	1.14	1.12	2	A	59	A	X	X	X	X	X	X
	254	0.83	0.84	1	A	59	A	1	0.98	2	A	30	A

Fuente: elaboración propia

### 3.3 Realizar el análisis de los dos sistemas de freno comparando sus parámetros de funcionamiento relevantes.

Después de obtener los resultados de las pruebas de los vehículos de muestra de servicio particular de 800cc se compararon ambos resultados en las siguientes graficas que están mostradas de grafico de barras agrupadas:

Tabla 4: freno de servicio.

Sistema de Frenado por Tambor	Sistema de Frenado por Disco
<b>Freno de Servicio</b>	<b>Freno de Servicio</b>
Dentro de los ensayos que se realizaron al sistema de frenado por tambor se obtuvo del freno de servicio un promedio en el desequilibrio de 7.2 % y en la eficiencia un promedio de 61%.	Dentro de los ensayos que se realizaron al sistema de frenado por disco se obtuvo del freno de servicio un promedio en el desequilibrio de 2.2 % y en la eficiencia un promedio de 63%.

**Fuente:** elaboración propia.

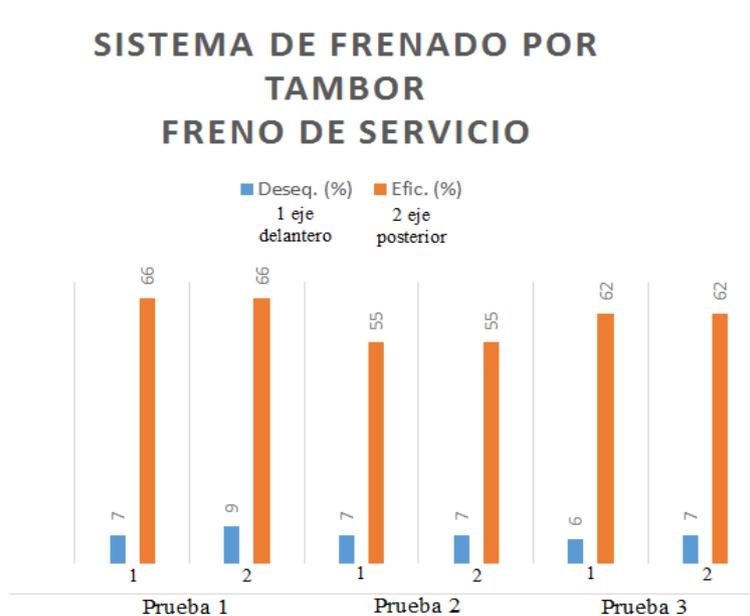


Figura 13: freno de servicio con tambor.

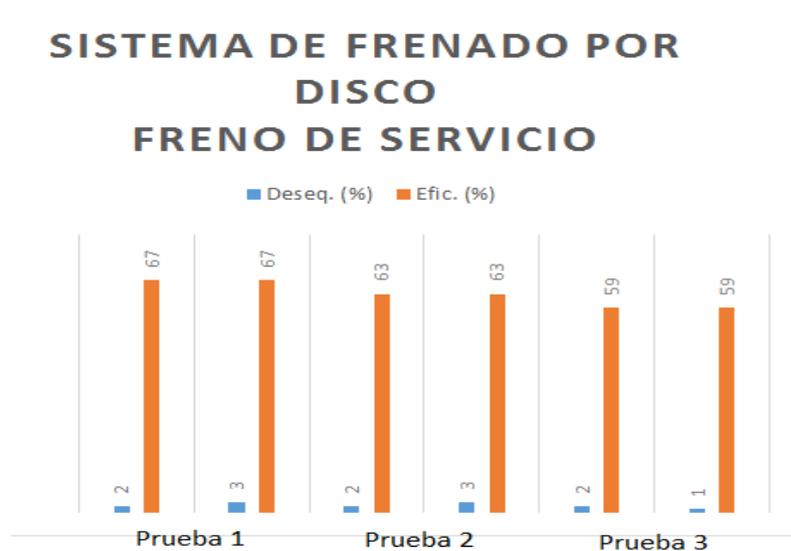


Figura 14: freno de servicio con disco.

A continuación se muestra un cuadro comparativo con los parámetros de funcionamiento obtenidos en las pruebas del sistema de frenado por tambor y disco del freno de servicio.

Tabla 5: cuadro comparativo del freno de servicio.

Cuadro comparativo del freno de servicio								
Pruebas	Desequilibrio				Eficiencia			
	Tambor		Disco		Tambor		Disco	
	Eje delantero	Eje posterior						
Prueba 1	7	9	2	3	66	66	67	67
Prueba 2	7	7	2	3	55	55	53	53
Prueba 3	6	7	2	1	62	62	59	59

**Fuente:** elaboración propia.

Después de evaluados los resultados de las pruebas de frenado, en cuanto al freno de servicio de ambos sistemas, se puede observar que el freno de servicio del sistemas de frenado de tambor supera en su porcentaje de desequilibrio en un 5% al sistema de freno de disco.

También se observa en cuanto a la eficiencia del frenado, que el freno de servicio del sistema de freno de disco es un 2% más eficiente que el freno de Tambor.

Tabla 6: freno de estacionamiento.

Sistema de Frenado por Tambor	Sistema de Frenado por Disco
<b>Freno de estacionamiento</b>	<b>Freno de estacionamiento</b>
Dentro de los ensayos realizados para el freno de estacionamiento del sistema de frenado por tambor se obtuvo en el desequilibrio un promedio de 11% y una eficiencia de 26.7%.	Dentro de los ensayos realizados para el freno de estacionamiento del sistema de frenado por disco se obtuvo en el desequilibrio un promedio de 3.3% y una eficiencia de 29%.

**Fuente:** elaboración propia.

A continuación se muestra un cuadro comparativo con los parámetros de funcionamiento obtenidos en las pruebas del sistema de frenado por tambor y disco del freno de estacionamiento.

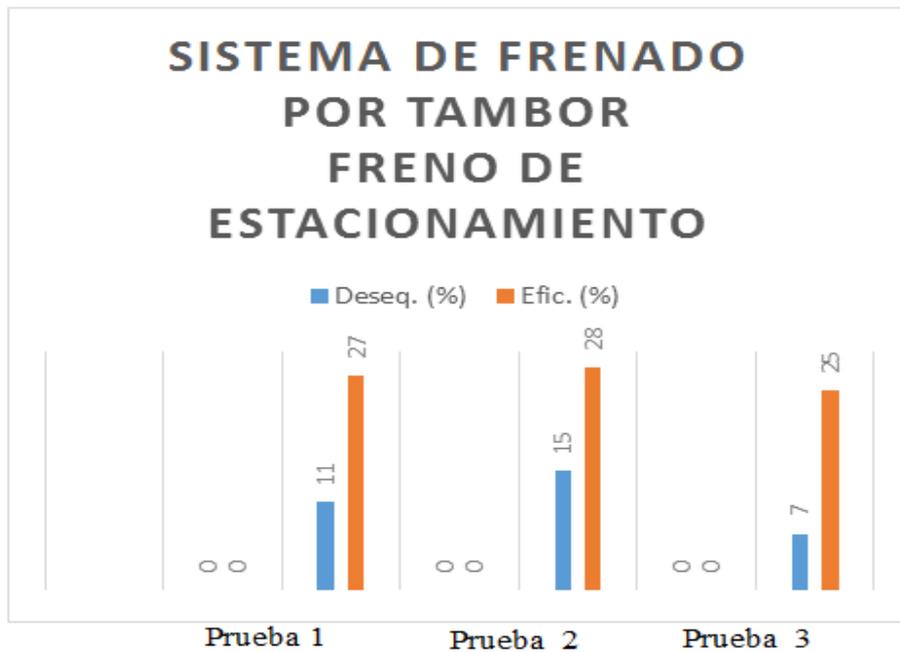


Figura 15: freno de estacionamiento con tambor.

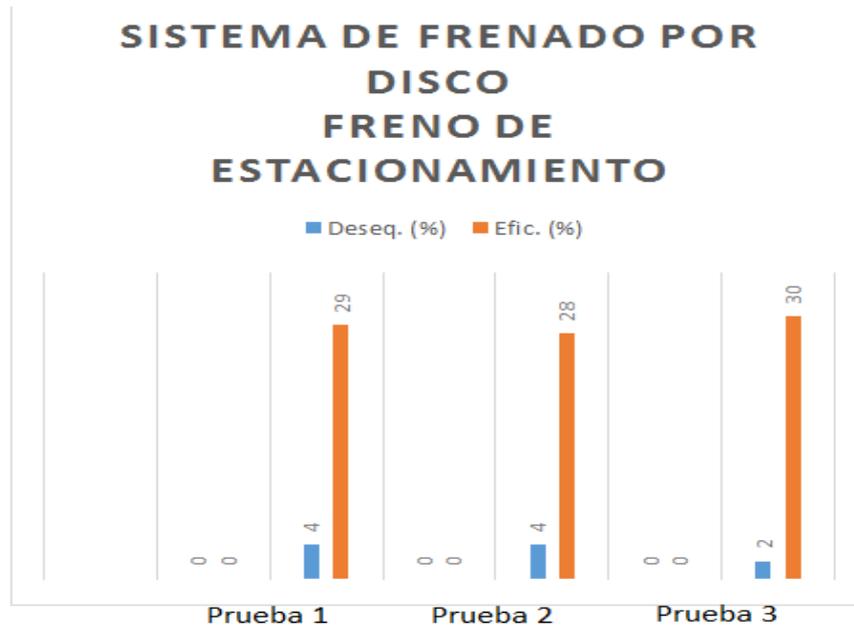


Figura 16: freno de estacionamiento con disco.

Tabla 7: cuadro comparativo del freno de estacionamiento.

Cuadro comparativo del freno de estacionamiento				
Pruebas	Desequilibrio		Eficiencia	
	Tambor	Disco	Tambor	Disco
Prueba 1	11	4	27	29
Prueba 2	15	4	28	28
Prueba 3	7	3	25	30

**Fuente:** elaboración propia.

En cuanto a las pruebas realizadas en el freno de estacionamiento de ambos sistemas de frenado se pudo observar que el desequilibrio del sistema de freno de tambor es mayor en un 7.7% al sistema de freno de disco.

La eficiencia del sistema de freno de disco es mucho mejor que la del sistema de freno de tambor superándola en un 2.3%.

Dentro de las ventajas y desventajas que se observaron en cada uno de los sistemas de frenado encontramos:

Tabla 8: comparación de las ventajas de sistema de frenos.

Sistema de Frenado por Tambor	Sistema de Frenado por Disco
Ventajas	Ventajas
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mayor superficie de fricción contra los conjuntos de zapatas de freno. Gracias a esto, se obtienen mayores coeficientes de fricción y, por lo tanto, una mayor energía calorífica.</li> <li>- El precio de este sistema de frenado es mucho más reducido que el del sistema de frenado por disco.</li> <li>- Se encuentra más protegido ante los agentes contaminantes exteriores.</li> <li>- La temperatura de trabajo es menor que en el sistema de freno por disco.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Respuesta bastante rápida.</li> <li>- Gran disipación del calor porque está expuesto al aire del medio ambiente por ambos lados del disco.</li> <li>- Espacio reducido para la gran potencia desarrollada.</li> <li>- reparación fácil y sencilla (cambio de pastillas).</li> <li>- El ajuste de las pastillas al disco es automático.</li> <li>- La acción de frenado no es dependiente del sentido de marcha del vehículo.</li> </ul>

**Fuente:** elaboración propia.

Tabla 9: comparación de desventajas de los sistemas de freno.

Sistema de Frenado por Tambor	Sistema de Frenado por Disco
Desventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cuando logra altas temperaturas, fallan por sobre calentamiento, ya que la temperatura dilata el material y pierde la fricción.</li> <li>- Los tambores se deforman u ovalan, en casos más severos se agrietan por efecto de la temperatura.</li> <li>- Se aumenta el peso, debido a que el sistema es más pesado que el de disco</li> <li>- Requiere mayor cantidad de piezas para lograr su función</li> <li>- El ensamblaje es más complejo</li> <li>- Tienden a generar mayor ruido.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sus pastillas son más pequeñas que las zapatas de los frenos de tambor.</li> <li>- Se produce un desgaste más rápido.</li> <li>- El freno de emergencia es más complejo que en freno de tambor.</li> <li>- La superficie de fricción es plana en este sistema actuando en forma axial.</li> <li>- Debido a la proximidad de los pistones a las pastillas puede conducir el calor al líquido y producir burbujas de vapor.</li> </ul>

**Fuente:** elaboración propia.

### 3.4 Realizar la evaluación económica.

En este objetivo se evaluó los costos por mantenimiento de cada sistema de frenado (disco y tambor) cada 5,000 km, con la finalidad de realizar una comparación que permita visualizar cuál de los dos sistemas tiene una ventaja en este aspecto. Para realizar la evaluación económica de las unidades tanto de disco como de tambor se tomó en cuenta sus componentes de cada uno y el tiempo empleado en el mantenimiento para que se conserven en buenas condiciones y se usaron guías de observaciones marcadas con una “x” que nos indicara el uso de cada sistema de frenado.

Tabla 10: componentes del circuito de freno.

IDENTIFICACION DE COMPONENTES DE CIRCUITO DE FRENO		
Marca : DAEWOO		
Año de fabricación: 1997		
Componentes	Circuito de frenado de tambor	Circuito de frenado de disco
Pinza de freno		X
Pistón		X
Pastilla de freno		X
Disco de freno		X
Cilindro de pistón		X
Entrada de líquido de freno	X	X
Conexión purgador	X	X
Soporte	X	X
Bastidor flotante	X	
Anillo obturador		X
Resorte de retorno	X	
Cilindro de rueda	X	X
Regulador	X	
Zapata	X	
Resorte de retención	X	
Resorte de anclaje	X	
Caliper		X
Seguros de pastillas		X
Tambor	X	
Bomba de freno	X	X

**Fuente:** elaboración propia.

Una vez analizados cada uno de los componentes de las unidades de muestra de 800cm<sup>3</sup> de cilindrada, se realizó la evaluación económico tanto de disco como de tambor mostradas en los presupuestos 1 y 2 en los cuales de efectuó un costo por manteniendo y sus repuesto para cada sistema de frenado.

Con estos presupuestos nos indica que presupuesto número 2 que es por freno de disco es más accesible de los repuestos y de la mano de obra o el manteniendo que se realiza cada 5000 km de uso para evitar fallas en sistema de frenado.

Tabla 11: mantenimientos y costos de sistema de freno de tambor.

SISTEMA DE FRENO DE TAMBOR					
Ítem	Trabajos a realizar	Cantidad	Unidad de Medida	Valor Unitario	Valor Total
1	Mantenimiento preventivo de frenos de tambor 5000 Km	4	Servicio	30.00	120.00
<b>Sub total mano de obra</b>					120.00
Ítem	Repuestos / Material	Cantidad	Unidad de Medida	Valor Unitario	Valor Total
1	Zapatas de freno	1	jgo	60.00	60.00
2	Seguro de zapatas	1	jgo	15.00	15.00
3	Tambor	2	pza	95.00	190.00
4	Separador	2	pza	10.00	20.00
5	Líquido de frenos	1	pza	25.00	25.00
6	Accesorios de bombín de freno	1	jgo	20.00	20.00
<b>Subtotal Repuestos / Materiales</b>					330.00
<b>Precio Total</b>					450.00

**Fuente:** Cotización de Empresa J.C. AUTOMOTRIZ E.I.R.L.

Tabla 12: mantenimiento y costo del sistema de freno de disco.

SISTEMA DE FRENO DE DISCO					
Ítem	Trabajos a realizar	Cantidad	Unidad de Medida	Valor Unitario	Valor Total
1	Mantenimiento preventivo de frenos de disco 5000 Km	4	Servicio	30.00	120.00
Sub total mano de obra					120.00
Ítem	Repuestos / Material	Cantidad	Unidad de Medida	Valor Unitario	Valor Total
1	Pastillas de freno	1	jgo	30.00	30.00
2	Seguro de pastillas	1	jgo	10.00	10.00
3	Accesorios de Caliper	1	jgo	30.00	30.00
4	Anillos selladores	1	jgo	10.00	10.00
5	Líquido de frenos	1	pza	25.00	25.00
6	Disco de freno	2	pza	30.00	30.00
Subtotal Repuestos / Materiales					165.00
Precio Total					285.00

**Fuente:** Cotización de Empresa J.C. AUTOMOTRIZ E.I.R.L.

Después de haber realizado las cotizaciones de cada uno de los Sistemas de Frenado junto con sus respectivos mantenimientos se concluye que:

Tabla 13: inversión del proyecto.

PRESUPUESTO GENERAL	
Sistema de Freno por tambor	S/. 450,00
Sistema de Freno de disco	S/. 285,00
TOTAL	S/. 735,00

**Fuente:** elaboración propia.

## IV. DISCUSIÓN

El autor Velástegui (2015) en su investigación Los materiales de fricción y su influencia en la eficiencia del frenado concluye que es de suma importancia el saber la eficacia de frenado, proporcionada en gran medida por el conocimiento del material con que están construidas ayudando a tomar mejores decisiones al momento del mantenimiento o adquisición de las pastillas del freno. Independientemente de los materiales utilizados, resulta muy importante darle mantenimiento preventivo al sistema de frenos para garantizar la seguridad del vehículo y de sus ocupantes.

Así mismo en esta investigación se concuerda con la conclusión del autor, es por ello que dentro de los objetivos considerados para el desarrollo del proyecto se considera el realizar un análisis de ambos sistemas de frenado comparando sus parámetros de funcionamiento relevantes, teniendo en cuenta cada uno de los componentes que conforman a cada sistema de frenado.

## V. CONCLUSIONES

- ✓ Para la evaluación del estado de operatividad de los sistemas de frenado del tipo de tambor y de disco, se realizó una descripción de las características y funcionamiento de cada uno de los componentes o elementos de ambos sistemas de frenado. Para ello se utilizaron dos vehículos de servicio público de 800cm<sup>3</sup> de cilindrada con las mismas características y se realizaron los mantenimientos correspondientes. Dando como resultado que el sistema de frenado de disco obtiene un tiempo más corto de frenado al igual que la distancia de frenado se reduce considerablemente. Esto es debido a que los componentes de fricción están acoplados al aire, por lo que su sistema de enfriado, de esta manera, la energía absorbida como su transformación se lleva a cabo de manera veloz.
- ✓ De acuerdo a las pruebas de frenado realizadas con el apoyo del instrumento Frenómetro podemos observar los diferentes porcentajes obtenidos del sistema de frenado por disco y el de tambor al realizar por tres veces consecutivas cada una de las pruebas permitiendo apreciar dichas variaciones.
- ✓ Al comparar los 2 sistemas de frenado, se pudo apreciar que en cuanto al freno de servicio el freno de tambor supera en su porcentaje de desequilibrio en un 5% al sistema de freno de disco y en la eficiencia del frenado, el freno de disco es un 2% más eficiente que el freno de Tambor. Las pruebas realizadas en el freno de estacionamiento de ambos sistemas de frenado mostró que el desequilibrio del freno de tambor es mayor en un 7.7% al sistema de freno de disco y en la eficiencia se apreció que el sistema de freno de disco es mucho mejor que la del sistema de freno de tambor superándola en un 2.3%.
- ✓ En la evaluación económica realizada se comprobó que el sistema de frenado por disco es mucho más accesible en cuanto ha repuesto, también se muestra que el mantenimiento en ambos casos tienen el mismo costo y se realiza en las mismas condiciones (5000 Km).

## **VI. RECOMENDACIONES**

- ✓ Es importante que antes de realizar cualquier comparación en cuanto a sistemas de frenado se verifique que ambos vehículos se encuentren en óptimas condiciones para que ningún factor externo afecte los resultados obtenidos.
- ✓ Se recomienda difundir los resultados obtenidos dentro de la investigación, con el fin de informar a conductores dedicados a brindar el servicio de transporte público los beneficios que brinda el Sistema de Freno de Disco buscando que sus labores sean más seguras, tanto para el conductor como para los pasajeros.
- ✓ Considerar la información obtenida en el presente estudio para futuras investigaciones relacionadas al tema.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Accidentes de tránsito en carreteras de Brasil dejaron 6.244 muertos en 2017 [en línea]. El nuevo diario.com. 19 de enero de 2018. [Fecha de consulta: 8 de setiembre de 2018].  
Disponible en:  
<https://www.elnuevodiario.com.ni/internacionales/453251-accidentes-transito-carreteras-brasil-dejaron-6-24/>.
- Mortalidad por accidentes de tránsito en Colombia [en línea]. Radio Televisión Nacional de Colombia. 21 de junio de 2018. [Fecha de consulta: 8 de setiembre de 2018]. Disponible en: <https://www.radionacional.co/noticia/contacto-directo/mortalidad-accidentes-de-transito-colombia>
- Asencio, S. Accidentes de tránsito alcanzan récord histórico en Chile: cuestionan límite de velocidad [en línea]. biobiochile.cl. 16 de abril de 2018. [Fecha de consulta: 8 de setiembre de 2018].  
Disponible en:  
<https://www.biobiochile.cl/noticias/nacional/chile/2018/04/16/accidentes-de-transito-alcanzan-record-historico-en-chile-cuestionan-limite-de-velocidad.shtml>.
- Bardahl. (2015). Mangueras de frenos [Figura].  
Recuperado de <http://www.bardahl.com.mx/accesorios-mejora-desempeno-moto/>.
- Bravo, D. (2016). Análisis del funcionamiento del frenómetro para medir eficiencia de frenado en vehículos livianos en la empresa ATA IRH. SAC. (tesis de grado). Universidad Cesar Vallejo, Chiclayo.
- Buscaglia, T. Accidentes de tránsito: más muertes y miles de familias destruidas [en línea]. La Nación. 9 de abril de 2018. [Fecha de consulta: 8 de setiembre de 2018].  
Disponible en: <https://www.lanacion.com.ar/2123824-accidentes-de-transito-mas-muertes-y-miles-de-familias-destruidas>.
- Chauca, M y Enriquez, E. (2012). Elaboración de un módulo didáctico para la enseñanza de un motor eléctrico mg1 y los frenos regenerativos, del vehículo Toyota Prius (tesis de pregrado). Universidad Técnica del Norte, Ibarra.
- Chuquín, R. MTC: Cada 5 minutos hay un accidente de tránsito en el Perú [en línea]. Correo.pe. 14 de octubre de 2017. Fecha de Consulta 8 de setiembre de 2018].

Disponible en:

<https://diariocorreo.pe/peru/mtc-cada-5-minutos-hay-un-accidente-de-transito-en-el-pais-779782/>

- Coletta, M. (2009). Análisis de mercado para el establecimiento de un taller exclusivo para el servicio y mantenimiento de frenos automotrices, en el Área de los altos Mirandinos para el segundo semestre del año 2008. (tesis de posgrado). Universidad Católica Andrés Bello, Caracas.
- Criado, E. (2012). Diseño y cálculo del sistema de frenado para un prototipo formula Student. (tesis de grado). Universidad Carlos III de Madrid, Leganés.
- Cruz, E. Tasa de fallecidos por accidentes de tránsito en Ecuador ha aumentado en el 2018 [en línea]. El Universo.com. 17 de agosto de 2018. [Fecha de consulta: 8 de setiembre de 2018].

Disponible en:

<https://www.eluniverso.com/noticias/2018/08/17/nota/6908768/tasa-mortalidad-accidentes-transito-ecuador-ha-aumentado-2018>.

- En 2016, más de 4 mil muertes en accidentes de tránsito en México [en línea]. El Universal.com. 16 de noviembre de 2017. [Fecha de consulta: 8 de setiembre de 2018]. Disponible en: <http://www.eluniversal.com.mx/nacion/seguridad/en-2016-mas-de-4-mil-muertes-en-accidentes-de-transito-en-mexico>.
- Ferrer, A. (2015). Frenos de tambor [Figura].  
Recuperado de:  
<https://www.autonocion.com/frenos-disco-tambor-componentes-tipos-funcionamiento/>.
- García, G. (2018). Bomba de frenos [Figura].  
Recuperado de:  
<https://www.pruebaderuta.com/bomba-de-frenos-o-cilindro-maestro.php>.
- García, R., Acosta, M. y Flores, E. (2015). Análisis del comportamiento de los frenos de disco de los vehículos a partir de la aceleración del proceso de corrosión.  
Recuperado de:  
<http://www.redalyc.org/pdf/2570/257040047005.pdf>.
- Guzmán, H. Quimbita, J. y Quishpe, M. (2018). Eficiencia de frenado entre discos originales y alternos (tesis de pregrado). Universidad Interncial de Ecuador, Quito.

- La mortalidad por accidentes de tráfico repunta en 2017 por segundo año consecutivo [en línea]. RTVE. 18 de diciembre de 2017.
- Medrano, H. Este es el número de muertes por accidentes de tránsito en carreteras del Perú [en línea]. El Comercio. 23 de febrero de 2018. [Fecha de consulta: 8 de setiembre de 2018].  
Disponible en:  
<https://elcomercio.pe/peru/numero-accidentes-transito-carreteras-peru-2017-noticia-499060>.
- Meganeboy, D. (2014) Freno de disco con mordaza flotante [Figura].  
Recuperado de:  
<http://www.aficionadosalamecanica.net/frenos-3.htm>.
- Ministerio de Economía y Finanzas. (2016). Familia 94080079 Sistema de frenos para automóviles y camionetas: Repuestos.  
Recuperado de:  
<http://studylib.es/doc/5049762/sistema-de-frenos-autom%C3%B3viles-y-camionetas-repuestos>.
- Nueve muertos en accidentes de tránsito en Bolivia [en línea]. El Herald. 4 de febrero de 2018. [Fecha de consulta: 8 de setiembre de 2018].  
Disponible en:  
<https://www.elheraldo.co/mundo/nueve-muertos-en-accidentes-de-transito-en-bolivia-455772>.
- Rosique, J. Efecto fundamental del sistema hidráulico [Figura].  
Recuperado de:  
<http://autoescuelasjulio.com/los-frenos/>
- Rodríguez, A. (2013). Frenometro [Figura].  
Recuperado de:  
<https://e-archivo.uc3m.es/handle/10016/18748>.
- Vaca, J. (2014). Banco de pruebas para el análisis y comportamiento térmico del sistema de frenos de disco y tambor en automóviles (Tesis pregrado). Universidad de las fuerzas armadas- ESPE, Latacunga.
- Valástegui, A. (2015). Los materiales de fricción y su influencia en la eficiencia del frenado (tesis de pregrado). Universidad San Francisco de Quito, Quito.

## ANEXOS

### Resolución Suprema N° 11581-2008-MTC/15

#### ANEXO N° 1

#### MANUAL DE INSPECCIONES TÉCNICAS VEHICULARES

El proceso de inspección técnica vehicular debe realizarse de acuerdo al siguiente procedimiento:

- 1.1 **Registro de información vehicular:** En esta etapa el técnico encargado debe ingresar al sistema la información que identifica plenamente al vehículo.
- 1.2 **Revisión Documentaria:** El personal del Centro de Inspección Técnica Vehicular-CITV autorizado debe solicitar y verificar físicamente la correcta y completa información consignada en los documentos listados a continuación:
  - 1.2.1 **Tarjeta de Propiedad o Tarjeta de Identificación Vehicular:** Especialmente debe constatarse la información relativa a:
    - 1.2.1.1 **Placa Única Nacional de Rodaje:** Comprobar coincidencia del número de la Placa Única de Rodaje con la Tarjeta de Propiedad o Tarjeta de Identificación Vehicular, el estado, ubicación, legibilidad de la misma y su fijación al vehículo.
    - 1.2.1.2 **Número de Identificación Vehicular (VIN) o Chasis y Número de Motor:** Comprobar coincidencia de los caracteres y que no hayan sido adulterados.
    - 1.2.1.3 **Pesos y Medidas:** Corroborar los datos en la Tarjeta de Propiedad o Tarjeta de Identificación Vehicular y en los demás documentos presentados.
  - 1.2.2 **Certificado del Seguro Obligatorio de Accidentes de Tránsito (SOAT) o Certificado contra Accidentes de Tránsito (CAT) según corresponda:** Comprobar la existencia y la vigencia del mismo.
  - 1.2.3 **En el caso de vehículos habilitados para el servicio de transporte terrestre, Certificado de Habilitación o documento de formalización del vehículo, según corresponda a la modalidad del servicio que presta.**
  - 1.2.4 **Autorizaciones o permisos especiales de circulación, en el caso de Vehículos Especiales.**
  - 1.2.5 **Informe de Inspección Técnica anterior:** Comprobar la subsanación de las observaciones efectuadas en la Inspección Técnica anterior, de ser el caso.
  - 1.2.6 **Certificado de Inspección Técnica anterior:** Comprobar la existencia del mismo, de ser el caso.
- 1.3 **Inspección Técnica:** La Inspección Técnica contempla los siguientes tipos de control:
  - 1.3.1 **Inspección Técnica con equipos**

SISTEMA	CATEGORIA			
	L3, L4 y L5	M1 y N1	M2, M3, N2 y N3	O2, O3 y O4
<i>Alineamiento</i>	<i>Visual</i>	<i>Si</i>	<i>Si</i>	<i>Si</i>
<i>Suspensión</i>	<i>Visual</i>	<i>Si</i>	<i>Visual</i>	<i>Visual</i>
<i>Peso</i>	<i>Si</i>	<i>Si</i>	<i>Si</i>	<i>Si</i>
<i>Frenos</i>	<i>Si</i>	<i>Si</i>	<i>Si</i>	<i>Si</i>
<i>Luces</i>	<i>Si</i>	<i>Si</i>	<i>Si</i>	<i>Visual</i>
<i>Emisiones de combustión</i>	<i>Si</i>	<i>Si</i>	<i>Si</i>	<i>No Aplica</i>
<i>Emisiones Sonoras</i>	<i>Si</i>	<i>Si</i>	<i>Si</i>	<i>No Aplica</i>
<i>Holguras</i>	<i>Visual</i>	<i>Si</i>	<i>Si</i>	<i>Si</i>
<i>Tacógrafo</i>	<i>No Aplica</i>	<i>No Aplica</i>	<i>Si</i>	<i>No Aplica</i>
<i>Reflectómetro</i>	<i>Si</i>	<i>Si</i>	<i>Si</i>	<i>Si</i>



- 1.3.1.1 Verificar alineación:
  - a) Asegurar que el vehículo esté paralelo a la línea del verificador y no girar el volante al pasar por el mismo.
  - b) Registro automático de desviación por eje.
- 1.3.1.2 Evaluar la suspensión:
  - a) Inicio automático de la prueba, notar deficiencias y ruidos.
  - b) Resultados por rueda registrados automáticamente.
- 1.3.1.3 Verificar el peso:
  - a) Registro automático de peso por punto de apoyo, definición automática para la interpretación de resultados en el Frenómetro.
- 1.3.1.4 Evaluar frenos (Frenómetro): Se verificará por cada eje del vehículo, registrándose automáticamente los siguientes resultados:
  - a) La fuerza de frenado del freno de servicio, freno de estacionamiento y freno de emergencia.
  - b) La diferencia de fuerzas de frenado entre las ruedas de un mismo eje, tanto en el eje delantero y eje(s) posterior(es).
  - c) Las oscilaciones de las fuerzas de frenado debidas a la ovalidad en tambores o alabeos en discos.
  - d) La existencia de fuerza de frenado sin accionar el freno.
  - e) Ruidos extraños, vibraciones, firmeza de pedal y presión en el pedal necesaria para la prueba.
  - f) Caída del pedal al presionar y gradualidad de la acción del frenado.

Tratándose de vehículos con tracción integral, esta debe ser evaluada con equipos especiales.
- 1.3.1.5 Efectuar pruebas con Regloscopio y Luxómetro: Centrar altura y ángulo del equipo y registrar automáticamente los siguientes resultados:
  - a) Probar alineación de luces bajas y altas, comprobar su luminosidad (lux).
  - b) De ser el caso repetir para luz neblinera y/o luz alta adicional.
- 1.3.1.6 Efectuar pruebas de emisiones contaminantes: Esta evaluación debe efectuarse de acuerdo a lo dispuesto en la normativa vigente para emisiones de gases o partículas contaminantes y sonoras.

1.3.2 Inspección Visual: La Inspección visual se debe llevar a cabo verificando cada uno de los aspectos señalados a continuación, registrándose las observaciones en el archivo electrónico:

- 1.3.2.1 Inspección en las Placas del Probador de Holguras:
  - a) Sistema de dirección: Verificar que no existan piezas soldadas, deformadas, con exceso de juego, pernos, tuercas o seguros faltantes o mal ajustados, pérdidas de líquido hidráulico, montaje inadecuado de la caja o cremallera de la dirección, verificar que no existan terminales de dirección en mal estado.
  - b) Sistema de suspensión: Verificar que no existan fisuras, fugas de aire o líquido hidráulico, exceso de juego, mala fijación, falta de pernos, tuercas o seguros de tuercas, tuercas o pernos mal ajustados en barra estabilizadora y de torsión, resortes, amortiguadores, muelles mecánicos o neumáticos, brazos y rótulas de suspensión, barras de regulación y tensión, soportes y balancines, entre otros.

#### 1.3.2.2 Revisión del Freno de Servicio:

- a) Circuito de frenos: Verificar que no existan tuberías o mangueras flexibles torcidas y/o deterioradas, sometidas a tracción o fricción con algún otro elemento, cañerías y conectores deteriorados o con fugas. Verificar que los elementos de fijación estén en buen estado.
- b) Sistema de frenos hidráulicos y/o mixtos: Verificar el estado del depósito del líquido de frenos, nivel y fugas del líquido, fugas de vacío, fugas de aire o fluido hidráulico para el reforzador (según corresponda). Verificar la fijación de la bomba maestra de frenos.
- c) Sistema de frenos neumáticos: Verificar la capacidad y estado del compresor de aire, estado de las válvulas de distribución, control y seguridad, estado de los cilindros de accionamiento, estado general, fijación y capacidad de los tanques de aire. Revisar las mangueras de acoplamiento del sistema de frenos con el remolque o semirremolque, de ser el caso.
- d) Adicionalmente se debe verificar el excesivo desgaste de las pastillas y/o zapatas de freno, y que no tengan manchas de aceite o grasa.
- e) En los vehículos de categoría L, verificar el estado de los cables y fundas de freno.

#### 1.3.2.3 Revisión del Freno de Estacionamiento o de Emergencia: Verificar mecanismo de accionamiento, cables, fundas, varillas, palancas y conexiones.

#### 1.3.2.4 Revisión de Chasis:

- a) Bastidor: Verificar que el bastidor no esté desalineado, torsionado o flexado, fisurado, con soldaduras o reparaciones mal ejecutadas, pernos sueltos, cortados o faltantes, extensiones en longitud no permitidas por el fabricante o por el Reglamento Nacional de Vehículos. También verificar ausencia de corrosión y perforaciones indebidas en el bastidor.
- b) Transmisión: Verificar que las juntas cardánicas o acoplamientos no tengan excesivo juego, árboles de transmisión con soldaduras o reparaciones mal ejecutadas o deformados, abrazadera o soporte de seguridad en malas condiciones o faltante.
- c) Sistema de alimentación de combustible: Verificar el estado, fijación y estanqueidad de tanque(s), mangueras y/o tuberías de alimentación.
- d) Neumáticos y aros: Verificar el estado adecuado de los neumáticos, sin desgaste excesivo, cortes, deformaciones, reencauchado deficiente. Los aros no deben presentar deformaciones, soldaduras mal ejecutadas ni fisuras.
- e) Ejes: Verificar que los ejes no tengan roturas, deformaciones, fijaciones inadecuadas, soldaduras o reparaciones mal ejecutadas ni juego excesivo en las ruedas.
- f) Bocamasa: Verificar que la bocamasa de los vehículos no presenten soldaduras o reparaciones mal ejecutadas.
- g) Sistema de escape (tubo de escape): Verificar si existe corrosión avanzada, defectos en la fijación, roturas y fugas en los tubos o en los silenciadores.
- h) Pérdidas de líquidos y/o gases: Verificar que el vehículo no pierda ningún tipo de líquido, como aceites, combustibles, refrigerantes y/o gas combustible en el caso de vehículos bi-combustibles o duales.



#### 1.3.2.5 Habitáculo de Cabina o Carrocería :

- a) Habitáculo: Verificar que no existan elementos con aristas salientes y/o puntiagudos o con riesgo previsible de desprendimiento que presenten peligro para sus ocupantes.
- b) Timón o Volante: Verificar el excesivo juego libre circular, lateral y axial, ruidos y/o flexión del timón, notar el estado de volante y su fijación a la columna de dirección. El límite máximo de juego libre circular es de 30° y se mide con las ruedas delanteras en posición recta, en vehículos con dirección asistida medir con motor encendido.
- c) Columna de dirección: Verificar ruidos y/o exceso de juego en las juntas cardánicas bajo el tablero y la fijación de la columna de dirección a la estructura.
- d) Pedales de freno y embrague: Verificar estado, fijación, que no exista exceso de juego y holguras, así como la existencia de superficie antideslizante de los pedales.
- e) Cables y caja o tablero de fusibles: Verificar estado de cables, su aislamiento y empalmes, fusibles adecuados y no anulados.
- f) Asientos: Verificar el número de asientos para las que el vehículo esta autorizado, y que éstos reúnan las condiciones y características exigidas de acuerdo al uso al que está destinado el vehículo. Adicionalmente verificar el estado y fijación de los mismos, que no cuenten con aristas cortantes, resortes u otros elementos sobresalientes que puedan ocasionar lesiones a los ocupantes del vehículo.
- g) Cinturones de seguridad: Verificar existencia, estado de los cinturones y hebillas, así como de los puntos de fijación y mecanismo de retención cuando corresponda.
- h) Instrumentos e indicadores para el control de operación: Verificar existencia y estado de los mismos, así como la indicación de velocidad en km/h y el recorrido en Km.

#### 1.3.2.6 Dispositivos de Alumbrado y Señalización Óptica:

- a) Se debe verificar el adecuado funcionamiento, luminosidad, estado y fijación de los dispositivos de alumbrado y señalización óptica que los vehículos deben tener de acuerdo a lo dispuesto en el Anexo III del Reglamento Nacional de Vehículos.

#### 1.3.2.7 Carrocería y Elementos Exteriores:

- a) Anclajes al chasis: Verificar el estado, ubicación y fijación los anclajes de la carrocería con el chasis, de ser el caso.
- b) Sistema de combustible: Revisar fugas de combustible desde el depósito hasta el motor. La boca y la tapa deben ser diseñadas y fabricadas para su uso en depósitos de combustible.
- c) Sistema de escape: Verificar su estado, ubicación y fijación.
- d) Neumáticos: Verificar estado, desgaste y que no sobresalgan de la carrocería o faldones.
- e) Aros: Verificar estado de los aros, así como la existencia de todos los pernos o tuercas de cada rueda, el estado de los asientos de los mismos, si existen salientes que presentan riesgo para los peatones.
- f) Estado general de carrocería exterior: Verificar sobresalientes, fijaciones defectuosas, quebraduras o elementos sueltos que comprometen la seguridad. También verificar ausencia de corrosión de las partes portantes y perforaciones indebidas en la carrocería autoportante.

- 
- g) Puertas: Verificar mecanismo de apertura y cierre tanto interior como exterior, probar cerraduras y bisagras.
  - h) Tapas de motor, maletera y bodegas: Verificar mecanismo de apertura exterior, probar cerraduras y bisagras.
  - i) Ventana posterior y ventanas laterales: Verificar existencia, estado y funcionamiento, grado de oscurecimiento o transparencia y sello del fabricante cuando corresponda.
  - j) Parabrisas: Verificar existencia, estado, campo de visión y que permita al conductor la visibilidad directa y diáfana de la vía por la que circula; así mismo verificar grado de oscurecimiento o transparencia y sello del fabricante cuando corresponda. Debe ser de vidrio de seguridad.
  - k) Limpiaparabrisas y lavaparabrisas: Verificar existencia, correcto funcionamiento, área de barrido y estado de las plumillas.
  - l) Parachoques y defensas: Verificar estado, fijación y aristas peligrosas en parachoques delantero y posterior, defensas especiales delanteras y/o posteriores, dispositivo anti-empotramiento y defensas laterales.
  - m) Retrovisores: Verificar estado, fijación y ubicación, deben permitir una imagen clara y nítida del tránsito lateral y posterior.
  - n) Rueda de repuesto: Verificar existencia, estado y fijación de la rueda de repuesto, así como la existencia de las herramientas de cambio de ruedas.
  - o) Triángulo de seguridad: Verificar existencia y estado del triángulo de seguridad cuando sea exigido por el servicio de transporte.
  - p) Batería: Verificar fijación de batería, que tenga las tapas de celdas completas y fijas.
  - q) Guardabarros: Verificar que no existan salientes peligrosas.
  - r) Peldaños: Verificar estado, fijación y aristas de peldaños, así como su condición antideslizante.
  - s) Letreros exteriores: Verificar existencia, estado e instalación en lugares visibles de acuerdo a las exigencias del servicio.
  - t) Láminas retroreflectivas: Verificar el estado, fijación y correcta ubicación de las láminas retroreflectivas.

1.3.2.8 Carrocería de vehículos de las categorías M2 y M3: De modo adicional a lo señalado anteriormente, debe revisarse lo siguiente:

- a) Luces interiores: Verificar existencia, fijación y funcionamiento de las luces de salón, pasillo y paso/contrapaso.
- b) Agarraderas y pasamanos: Verificar existencia, fijación, estado y dimensiones.
- c) Piso: Verificar que el piso sea antideslizante, que no presente excesivo desgaste, rajaduras y orificios.
- d) Ventilación: Verificar existencia, estado y funcionamiento del sistema de ventilación.
- e) Pasillo: Verificar que éste reúna las condiciones y características exigidas de acuerdo al uso al que esta destinado el vehículo.
- f) Extintor: Verificar tipo, capacidad y fijación, además la carga y su fecha de vencimiento. Debe ubicarse en el interior del habitáculo, en un lugar accesible y visible. Contiguo al extintor o en el mismo, deben encontrarse las indicaciones para su uso.
- g) Letreros e indicaciones interiores: Verificar existencia, estado e instalación en lugares visibles de acuerdo a las exigencias del servicio.
- h) Salidas de emergencia: Verificar existencia según la normativa vigente, su estado y funcionamiento cuando corresponda.
- i) Sistema de escape: Verificar ubicación, que no pueda caer

---

combustible o lubricante sobre el mismo ni presencia de material inflamable a menos de 100 mm de distancia.

1.3.2.9 Vehículos de las categorías N y O: De modo adicional a lo señalado anteriormente, de ser el caso, debe revisarse lo siguiente:

- a) Remolcador (Tracto-Camión): Verificar estado, sistema de anclaje al chasis, mecanismos de bloqueo y seguridad de la quinta rueda, adicionalmente el juego axial y radial del alojamiento del pin de enganche.
- b) Camión Remolcador: Verificar estado del sistema de enganche, fijación al chasis, mecanismos de bloqueo y seguridad del mismo.
- c) Cabina rebatible: Verificar estado, sistema de anclaje, fijación y suspensión, así como mecanismos de bisagras y cierre fijador anti-basculante.
- d) Remolque: Verificar los sistemas hidráulicos, neumáticos, eléctricos, sistema de acoplamiento mecánico instalado en el vehículo, así como la fijación de la barra de tiro y estado de su acople, juegos y holguras excesivos de la tornamesa, así como cadena o cable de seguridad y freno de inercia de ser el caso. Revisar los acoplamientos del sistema de frenos y de luces.
- e) Semirremolque: Verificar los sistemas hidráulicos, neumáticos, eléctricos; sistema de acoplamiento conformado por el king pin y el plato king pin al cual esta fijado. Revisar los acoplamientos del sistema de frenos y de luces. Verificar las patas de apoyo.

#### **1.4 Inspección Técnica Vehicular Complementaria:**

De modo adicional a lo señalado anteriormente, se debe revisar lo siguiente:

##### **1.4.1. Para el Servicio de Transporte Interprovincial Regular de Personas.-**

El vehículo que se habilite para el transporte interprovincial regular de personas debe reunir las siguientes características:

- a) Debe ser diseñado originalmente de fábrica para el transporte de personas y su chasis no debe haber sido objeto de modificación. No se admitirán vehículos que presenten modificaciones de la fórmula rodante original, de chasis y/o la carrocería del vehículo destinado al transporte de personas.
- b) Corresponder a la Categoría M3, Clase III, de la clasificación vehicular establecida en el Reglamento Nacional de Vehículos, cuenta con un peso neto vehicular mínimo de 8,5 toneladas y con una relación potencia / motor no menor de 12,2 HP/t.
- c) Contar por lo menos con una puerta de servicio ubicada en la delantera, central o posterior de la parte lateral derecha, la que tendrá un ancho mínimo de 0.60 cm y una altura mínima de 1.85 cm.
- d) Contar con un mínimo de cinco (5) salidas de emergencia, dos (2) a cada lado y una en el techo, con las dimensiones reglamentarias correspondientes y con las instrucciones sobre su ubicación y uso.
- e) Contar con cinturón de seguridad de tres (3) puntos en el asiento del conductor y de dos (2) puntos como mínimo, en todos los asientos de los pasajeros.
- f) Contar con asientos:
  - En número igual o menor al indicado por el fabricante. En ningún caso el número máximo de asientos de un vehículo destinado al transporte interprovincial regular de personas de ámbito nacional podrá exceder de setenta y dos (72) asientos, incluyendo el asiento del conductor.

- Fijados adecuadamente a la estructura del vehículo, contar con protectores de cabeza, con espaldar de ángulo variable, con apoyo para ambos brazos y estar instalados en forma transversal al vehículo y cumplir con una distancia útil mínima de setenta y dos (72) centímetros entre asiento y tener un ancho mínimo por pasajero de cuarenta y cinco (45) centímetros.
- g) Contar con iluminación para el salón y pasadizo del vehículo.
- h) Contar con cabina del conductor aislada del salón destinado a los pasajeros.
- i) Contar con dispositivo registrador de velocidad.
- j) Contar con limitador de velocidad.
- k) Contar con portapaquetes ubicado en la parte superior del salón de pasajeros, diseñado de manera tal que impide la expulsión de los paquetes.
- l) Contar con sistema de comunicación fijado al vehículo que permita su interconexión con las oficinas de la empresa.
- m) Contar con dispositivo de conexión inalámbrica que permita el control y monitoreo permanente del vehículo en ruta.

#### **1.4.2. Para el servicio de transporte interprovincial regular de personas en automóviles colectivo**

El vehículo que se habilite para el servicio de transporte interprovincial regular de personas en automóviles colectivos, debe reunir las siguientes características:

- a) Debe ser diseñado originalmente de fábrica para el transporte de personas y su chasis no debe haber sido objeto de modificación, salvo que ésta se encuentre garantizada por el fabricante del vehículo y que cumpla con las especificaciones y requisitos establecidos por el Reglamento Nacional de Vehículos.
- b) Contar con chasis y carrocería sin fracturas o algún debilitamiento que ponga en riesgo la seguridad de los pasajeros.
- c) Pertener a la categoría M1 y contar con carrocería SEDAN (Sedan/Station Wagon), de acuerdo al Reglamento Nacional de Vehículos y a la Directiva N° 002-2006-MTC/15, "Clasificación Vehicular y Estandarización de Características Registrales Vehiculares ", aprobada por Resolución Directoral N° 4848-2006-MTC/15.
- d) Tener instalados cinturones de seguridad mínimo de tres (03) puntos en los asientos delanteros y de dos (02) puntos en los asientos posteriores.
- e) El número de asientos debe ser igual o menor al indicado por el fabricante.
- f) Contar como mínimo cuatro (04) puertas de acceso.
- g) Contar con láminas retroreflectivas que cumplan con las especificaciones técnicas establecidas en el Reglamento Nacional de Vehículos.
- h) Contar con peso neto igual o superior a una (01) tonelada y una cilindrada del motor igual o superior a los 1450 centímetros cúbicos.
- i) Contar con sistema de transmisión del vehículo, incluida la palanca de cambios, sin modificaciones en relación a su diseño original de fábrica.

#### **1.4.3. Para el servicio de transporte turístico terrestre**

El vehículo que se habilite para el transporte turístico terrestre debe reunir las siguientes características:

- a) Debe ser diseñado originalmente de fábrica para el transporte de personas y su chasis no debe haber sido objeto de modificación. No se admitirán vehículos que presenten modificaciones de la fórmula rodante original, de chasis y/o la carrocería del vehículo destinado al transporte de personas.

- b) El vehículo de la categoría M2 debe contar con un mínimo de tres (3) salidas de emergencia y el vehículo de la categoría M3 debe tener un mínimo de cinco (5) salidas de emergencia, con las dimensiones reglamentarias correspondientes y con las instrucciones sobre su ubicación y uso.
- c) Contar con cinturones de seguridad de tres (3) puntos en los asientos delanteros y dos (2) puntos en los asientos posteriores.
- d) El número de asientos debe ser igual o menor al indicado por el fabricante del vehículo salvo que la modificación de éste se encuentre inscrita en el Registro de Propiedad Vehicular de la Superintendencia Nacional de los Registros Públicos.
- e) Los asientos deben estar fijados rígidamente a la estructura del vehículo con una distancia útil mínima de setenta y cinco (75) centímetros entre asientos y con un ancho mínimo por pasajero de cuarenta y cinco (45) centímetros. En el caso del vehículo de la categoría M1, los asientos delanteros deben tener un ángulo variable y contar con protector de cabeza y, en el caso de los vehículos de las categorías M2 y M3, todos los asientos de los pasajeros deben tener un ángulo variable, protector de cabeza y apoyo para brazos en los extremos laterales del asiento. No es exigible el apoyo de brazos intermedio en caso de asientos corridos.
- f) Contar con iluminación para el salón, pasadizo y estribo del vehículo.
- g) El vehículo de la categoría M3 debe contar con dispositivo registrador de velocidad.
- h) El vehículo de la categoría M3 debe contar con portapaquetes ubicado en la parte superior del salón de pasajeros, diseñado de manera tal que impida la expulsión de los paquetes.
- i) Contar con equipo de comunicación que permita su interconexión con las oficinas del transportista.

#### **1.4.4. Para el servicio de transporte de mercancías**

El vehículo que se habilite para el servicio de transporte de mercancías debe reunir las siguientes características:

- a) Se permite la modificación de la fórmula rodante, chasis o carrocería, siempre que ésta cuente con la autorización y/o certificación del fabricante, o de una certificadora autorizada.
- b) Debe reunir las características técnicas generales y las características especiales por la clase del vehículo establecidas en los artículos 12°, 13°, 14°, 16° y 17° en lo que corresponda, del Reglamento Nacional de Vehículos.

##### **1.4.4.1. Requisitos técnicos adicionales para los vehículos destinados al transporte de agua para consumo humano**

El vehículo destinado al transporte de agua para consumo humano debe cumplir con las características y/o contar con los dispositivos señalados a continuación y, de ser el caso, conforme a las precisiones del Anexo III del Reglamento Nacional de Vehículos. Asimismo, debe cumplir con las características técnicas y/o mecánicas establecidas en la normatividad emitida por la Autoridad correspondiente.

- a) Debe estar destinado única y exclusivamente para el transporte de agua para consumo humano.
- b) Contar con carrocería cerrada tipo sistema con recubrimiento interior (incluye rompeolas y mamparos de ser el caso) resistente a la oxidación y corrosión, que no altere la calidad bacteriológica, física y química del agua. Cuando el

material de fabricación del casco de la cisterna es resistente a la oxidación y corrosión no es obligatorio el uso de un recubrimiento interior protector.

- c) Contar con Entrada de Hombre (man hole) al interior de la cisterna y, de ser el caso, a cada uno de sus compartimientos.
- d) Contar con dispositivo para ventilación de la cisterna, que no permita derrames de agua o ingreso de elementos extraños.
- e) Contar con sistema de descarga de agua por el fondo con válvula de servicio de cierre hermético.
- f) Contar con tuberías, conexiones y mangueras de distribución flexibles, de material químicamente inerte al agua, que no permitan fugas.
- g) Contar con bomba para la distribución de agua, ésta no debe presentar fugas de combustible o lubricantes.
- h) Contar con rótulo en color negro, en los laterales de la cisterna consignando: AGUA POTABLE PARA CONSUMO HUMANO. Los caracteres del rótulo deben tener una altura mínima de 150 mm y un grosor mínimo de 25 mm.
- i) Cuando el material de fabricación del casco de la cisterna es resistente a la oxidación y corrosión no es obligatorio el uso de un recubrimiento interior protector.

#### **1.4.4.2. Requisitos técnicos adicionales para los vehículos destinados al transporte de contenedores**

El vehículo destinado al transporte de contenedores debe cumplir con las características y dispositivos de seguridad establecidos en el artículo 21º del Reglamento Nacional de Vehículos.

#### **1.4.4.3. Requisitos técnicos adicionales para los vehículos destinados al transporte y recolección de residuos sólidos domiciliarios, comerciales, industriales y de limpieza de espacios públicos.**

Los vehículos de las categorías N y O destinados al servicio de transporte y recolección de residuos sólidos domiciliarios, comerciales, industriales y de limpieza de espacios públicos, deben cumplir con las siguientes características, de acuerdo a lo establecido en el artículo 22º del Reglamento Nacional de Vehículos:

- a) Contar con circulina de color amarillo para los vehículos de la categoría N.
- b) Para el caso de los vehículos con cajas compactadoras:
  - Deben tener una altura mínima de carga, 800 mm desde el piso.
  - La caja de depósito de los residuos debe impedir la caída de líquidos y sólidos a la vía pública.
  - Los controles del sistema de compactación deben estar ubicados únicamente en la zona de carga.
  - Contar con un mecanismo que impida el funcionamiento del sistema de compactación cuando el vehículo esté en movimiento.
  - Contar con un sistema de parada automática durante el ciclo. En el punto de parada el espacio entre el borde del compartimiento de carga y el panel transportador debe ser mínimo 200 mm.
  - Los sistemas hidráulicos de compactación deben tener mecanismos de accionamiento que inviertan inmediatamente el ciclo.
  - Los comandos de apertura y cierre de la compuerta de descarga deben estar separados de los comandos del sistema de compactación.
  - Contar con dispositivo de iluminación para el depósito de carga.
- c) Para el caso de vehículos para el transporte desde plantas de transferencia:
  - Contar con sistemas hidráulicos de descarga.

- La caja de depósito de los residuos debe evitar la caída de líquidos y sólidos a la vía pública, contando con un cobertor en la parte superior.
- Los sistemas hidráulicos de compactación deben tener mecanismos de accionamiento que inviertan inmediatamente el ciclo.

#### **1.4.4.4. Para el servicio de transporte de materiales y residuos peligrosos**

El vehículo que se habilite para el servicio de transporte de materiales y residuos peligrosos debe reunir las siguientes características, de acuerdo a lo establecido en el artículo 19º del Reglamento Nacional de Vehículos.

##### **1.4.4.4.1. Vehículos de Categoría N2 y N3:**

- a) Contar con sistema de comunicación con capacidad de enlazar al vehículo con su base.
- b) Contar con tacógrafo o dispositivo electrónico de registro de tiempo y velocidad.
- c) El calibre de los conductores eléctricos debe ser el adecuado para evitar sobrecalentamientos. El conductor debe tener un aislamiento adecuado. Todos los circuitos deben estar protegidos por fusibles o interruptores automáticos de circuito, excepto en los siguientes casos:
  - Circuito de la batería a los sistemas de arranque en frío y parada del motor.
  - Circuito de la batería al alternador.
  - Circuito del alternador a la caja de fusible.
  - Circuito de la batería al arrancador.
  - Circuito de la batería a la caja de control de potencia del sistema de freno auxiliar, si este sistema es eléctrico o electromagnético.
  - Circuito de la batería al mecanismo de elevación que eleva el eje del boggie.

Los mencionados circuitos desprotegidos, deben ser tan cortos como sea posible. Los cables deben estar seguramente sujetos y ubicados de tal manera que los conductores estén adecuadamente protegidos contra esfuerzos mecánicos y térmicos.

- d) Contar con interruptor principal de batería.
- e) Contar con sistema de encapsulado de las zonas calientes y de los cables eléctricos detrás de la cabina.
- f) El vehículo de la categoría N2 que se incorpore al Sistema Nacional de Transporte Terrestre –SNTT a partir de la entrada en vigencia del Reglamento Nacional de Vehículos debe contar con freno de escape. Se considera como fecha de incorporación del vehículo al SNTT la del conocimiento de embarque para el caso de vehículos importados y la del certificado de fabricación o ensamblaje para el caso de vehículos de fabricación nacional.
- g) El vehículo de la categoría N3 que se incorpore al Sistema Nacional de Transporte Terrestre –SNTT, a partir de la entrada en vigencia del Reglamento Nacional de Vehículos, debe contar con freno de motor o, alternativamente, freno de escape más retardador hidráulico o electromagnético. Se considera como fecha de incorporación del vehículo al SNTT la del conocimiento de embarque para el caso de vehículos importados y la del certificado de fabricación o ensamblaje para el caso de vehículos de fabricación nacional.
- h) Contar con sistema limitador de velocidad en los vehículos de la categoría N3.
- i) Contar con sistema de antibloqueo de frenos (ABS) solo para los vehículos de la categoría N3 con peso bruto vehicular superior a los 16 toneladas o vehículos de la categoría N3 que halen un vehículo de la categoría O4, que se incorporen

**ANEXO N° 3**  
**CARACTERÍSTICAS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL EQUIPAMIENTO**  
**PARA CENTROS DE INSPECCIÓN TÉCNICA VEHICULAR**

**3.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS EQUIPOS:**

- 3.1.1. Todos los equipos mencionados en el presente numeral deben ser nuevos y contar cuando correspondan, con la certificación de cumplimiento de especificaciones técnicas en base a las Recomendaciones Internacionales de la OIML (Organización Internacional de Metrología Legal), expedida por la casa fabricante o propietaria del diseño o por un organismo acreditado en el país de origen para dicho efecto.
- 3.1.2. Cuando corresponda, los procedimientos de evaluación base para certificar los equipos de medición a ser utilizados y los requerimientos técnicos a cumplir por los equipos, se establecen en las Recomendaciones Internacionales OIML.
- 3.1.3. Los equipos deben contar con el certificado de margen de error de precisión expedido por el fabricante de los mismos, certificación que debe estar avalada por un organismo acreditado en el país de origen. El margen de error de los equipos no debe superar el 2%, salvo que en la presente directiva se disponga un porcentaje de margen de error distinto para algún equipo en particular.
- 3.1.4. Adicionalmente, los fabricantes de los equipos deben cumplir con la norma ISO 9001 o superior, lo que se acreditará con la certificación de un organismo acreditado en el país de origen.
- 3.1.5. La transferencia de datos de los equipos de medición debe ser en forma automática y computarizada por red alámbrica y/o inalámbrica.

**3.2. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS EQUIPOS:**

- 3.2.1. **Regloscopio con Luxómetro:** Instrumento para verificar la alineación de las luces y su intensidad, debe cumplir con las siguientes especificaciones:
- 3.2.1.1. El equipo debe permitir el ajuste de la altura y corrección de profundidad de la luz, así como el desplazamiento transversal de un faro a otro sobre rieles alineados.
- 3.2.1.2. Medición de la dirección del haz de luz, mediante lentes colectores.
- 3.2.1.3. Medición de la intensidad lumínica del haz de luz, mediante celdas fotoeléctricas que realicen el análisis fotométrico del haz.
- 3.2.1.4. Rango de medición mínimo de 0 a 125 kCd o de 0 a  $2,69 \times 10^5$  lux.
- 3.2.1.5. Ajuste de altura regulable mínimo de 300 a 1200 mm.
- 3.2.1.6. Contar con un software de ajuste, inspección y de prueba.
- 3.2.1.7. Bloque con ajuste de chequeo para todo tipo de luces (altas, bajas, neblineros y altas adicionales) y bloque óptico adaptable a todo tipo de proyectores incluyendo los de superficies elipsoidales o más complejas.
- 3.2.1.8. Capacidad universal para revisar todo tipo de haz de luz vehicular.

**3.2.3. Frenómetro:** Aparato para medir el esfuerzo, equilibrio y la eficiencia de frenado de las ruedas de los vehículos en conjunto o en forma individual.

3.2.3.1. El frenómetro debe operar en ambas ruedas de un mismo eje y cumplir las siguientes especificaciones:

Instalación	Fija, empotrada en el suelo, pantalla y unidad de mando centralizada
Funcionamiento	Automático, con puesta en marcha temporizada, puesta en marcha y detención manual de cada juego de rodillos.
Tipo	De rodillos con motor eléctrico de arrastre.
Juego de Rodillos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Líneas tipo liviano: Diámetro: mayor o igual a 160 mm. Longitud: mayor o igual a 600 mm.</li> <li>• Líneas tipo pesado: Diámetro: mayor o igual a 190 mm. Longitud: mayor o igual a 800 mm.</li> <li>• Rodillos recubiertos para aumentar el coeficiente de adherencia.</li> </ul>
Capacidad mínima	1,200 kg por rueda, para líneas tipo liviano. 5,500 kg por rueda, para líneas tipo pesado
Rango de medición mínimo	0 a 4,000 Newton por rueda, para líneas tipo liviano 0 a 30,000 Newton por rueda, para líneas tipo pesado
Coefficiente de fricción ( $\mu$ ) mínimo	0,8 en seco 0,7 en húmedo
Velocidad de Prueba	Entre 2 y 8 km/h, para líneas tipo liviano Entre 2 y 6 km/h, para líneas tipo pesado
Sistema de seguridad	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Parada automática en caso de bloqueo de una de las ruedas o de deslizamiento de aproximadamente 20% entre ruedas del vehículo y rodillos de accionamiento.</li> <li>• Rodillos provistos de un dispositivo de doble contacto mediante el cual, los mismos no puedan ser accionados a menos que ambas ruedas del vehículo estén situadas sobre dichos rodillos.</li> <li>• Pulsador de emergencia de desconexión rápida.</li> <li>• Freno manual o automático para facilitar la salida del vehículo de los rodillos del Frenómetro.</li> </ul>
Precisión	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Precisión de indicación del campo de medida <math>\pm</math> 3% del valor final de la escala.</li> <li>• Desviación de las dos indicaciones para las ruedas del mismo eje, como máximo <math>\pm</math> 2 % del valor final de la escala.</li> </ul>

3.2.3.2. Los centros de inspección técnica vehicular – CITV deben contar con un frenómetro, como mínimo, capaz de realizar pruebas en vehículos con tracción integral.

3.2.3.3. El equipo, debe tener la capacidad de medir automáticamente los pesos estáticos que actúan sobre los ejes del vehículo en kilogramos.

3.2.3.4. Para la inspección de vehículos menores las líneas correspondientes deben contar con el sistema de soporte y sujeción adecuados para las motos lineales (Categoría L3).

Fuente: Resolución suprema N° 11581-2008-MTC/15

# ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TESIS

## ACTA DE ORIGINALIDAD DE TURNITIN



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

### ACTA DE APROBACION DE ORIGINALIDAD DE TESIS

Yo, Deciderio Enrique Díaz Rubio, docente de la Facultad Ingeniería y Escuela Profesional Mecánica Eléctrica de la Universidad César Vallejo, filial Chiclayo, revisor (a) de la tesis titulada: "ANÁLISIS COMPARATIVO DEL FRENO DE TAMBOR Y FRENO DE DISCO PARA OPTIMIZAR LA EFICIENCIA DEL SISTEMA DE FRENOS EN VEHÍCULO DE SERVICIO PÚBLICO DE 800 CM<sup>3</sup> DE CILINDRADA" , del bachiller:

**CARRASCO TINEO , EXZAR NIXVAN**

Constato que la Tesis tiene un índice de similitud de 13% verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El/la suscrito (a) analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

Chiclayo, 19 de agosto del 2019

Firma

Ing. Deciderio Enrique Díaz Rubio  
16728343

# FORMATO DE AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

	<b>AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE TESIS EN REPOSITORIO INSTITUCIONAL UCV</b>	Código : F08-PP-PR-02.02 Versión : 07 Fecha : 31-03-2017 Página : 1 de 1
-----------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------

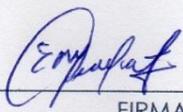
Yo EXZAR NIXVAN CARRASCO TINEO, identificado con DNI N.º 46011418 egresada de la Escuela de ingeniería mecánica eléctrica de la Universidad César Vallejo, autorizo (x), No autorizo ( ) la divulgación y comunicación pública de mi trabajo de investigación titulado:

“ANÁLISIS COMPARATIVO DEL FRENO DE TAMBOR Y FRENO DE DISCO PARA OPTIMIZAR LA EFICIENCIA DEL SISTEMA DE FRENOS EN VEHÍCULO DE SERVICIO PÚBLICO DE 800 CM<sup>3</sup> DE CILINDRADA”

en el Repositorio Institucional de la UCV (<http://repositorio.ucv.edu.pe/>), según lo estipulado en el Decreto Legislativo 822, Ley sobre Derecho de Autor, Art. 23 y Art. 33.

Fundamentación en caso de no autorización:

.....  
.....  
.....  
.....

  
FIRMA

DNI: 46011418

FECHA: 19de Agosto del 2019

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Vicerrectorado de Investigación y Calidad	Aprobó	Rectorado
---------	----------------------------	--------	---------------------------------------------------------------------------------	--------	-----------

# AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

## AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTE POR EL PRESENTE ELVISTO BUENO QUE OTORGA EL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN DE  
E.P. DE INGENIERIA MECÁNICA ELÉCTRICA

A LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN QUE PRESENTA:

EXZAR NIXVAN CARRASCO TINEO

INFORME TITULADO:

"ANÁLISIS COMPARATIVO DEL FRENO DE TAMBOR Y FRENO DE DISCO PARA OPTIMIZAR LA  
EFICIENCIA DEL SISTEMA DE FRENOS EN VEHÍCULO DE SERVICIO PÚBLICO DE 800 CM<sup>3</sup> DE  
CILINDRADA"

PARA OBTENER EL TÍTULO O GRADO DE: INGENIERO MECÁNICO *ELECTRICISTA*

SUSTENTADO EN FECHA: *04 de Julio de 2019*

NOTA O MENCIÓN: APROBADO POR MAYORIA



*[Handwritten signature]*

FIRMA DEL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN