

**UNIVERSIDAD DISTRITAL "FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS" - FACULTAD TECNOLÓGICA  
 PROYECTO CURRICULAR DE TECNOLOGÍA E INGENIERÍA MECÁNICA  
 FORMATO DE PROYECTOS DE GRADO**

**Nº DE RADICACIÓN:** \_\_\_\_\_

**INFORMACIÓN EJECUTORES**

**Ejecutor 1**

Nombre (s):	Cristian Sebastian
Apellido (s):	Bernal Moreno
Código:	20171375032
E-mail:	csbernalm@correo.udistrital.edu.co
Teléfono fijo:	
Celular:	3196342982



**Ejecutor 2**

Nombre (s):	María Alejandra
Apellido (s):	Vargas Zárate
Código:	20171375035
E-mail:	mavargasz@correo.udistrital.edu.co
Teléfono fijo:	
Celular:	3138101505



**INFORMACIÓN DEL PROYECTO**

Título del Proyecto:	ESTUDIO COMPARATIVO DE PROCESOS A TRAVÉS DE LA MEDICIÓN DE PASTILLAS DE FRENO DE VEHÍCULOS MEDIANTE EL USO DEL MÉTODO ANOVA	
Duración (estimada):	6 meses	
Tipo de Proyecto: (Marqué con una "x")	Innovación y Desarrollo Tecnológico	
	Prestación y Servicios Tecnológicos	x
	Otro	
Modalidad del Trabajo de Grado:	Monografía	
Línea de Investigación de la Facultad*:	Optimización de procesos industriales	
Línea de Investigación del Proyecto Curricular**:	Educación y comunicación en ciencia y tecnología	
Grupo de Investigación:		
Proyecto de Investigación:		
Áreas del conocimiento que involucra:	Ingeniería mecánica y aseguramiento metrológico	

**INFORMACIÓN PASANTÍA**

Nombre de la empresa:	
Dirección:	
Teléfonos:	
Correo electrónico:	

**ESTUDIO COMPARATIVO DE PROCESOS A TRAVÉS DE LA MEDICIÓN DE  
PASTILLAS DE FRENO DE VEHÍCULOS MEDIANTE EL USO DEL MÉTODO  
ANOVA**

**CRISTIAN SEBASTIAN BERNAL MORENO**

**CÓDIGO: 20171375032**

**MARÍA ALEJANDRA VARGAS ZÁRATE**

**CÓDIGO: 20171375035**

**PRESENTADO A:**

**PROYECTO CURRICULAR DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS**

**FACULTAD TECNOLÓGICA**

**INGENIERÍA MECÁNICA**

**BOGOTÁ**

**MAYO DE 2018**

**CONTENIDO**

	Pág.
RESUMEN	3
INTRODUCCIÓN	4
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	6
1.1 ESTADO DEL ARTE	7
1.2 JUSTIFICACIÓN	11
2. OBJETIVOS	12
2.1 OBJETIVO GENERAL	12
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	12
3. MARCO TEÓRICO	13
4. METODOLOGÍA	16
5. CRONOGRAMA	18
6. PRESUPUESTO	19
7. BIBLIOGRAFÍA	20

## **RESUMEN**

En el siguiente documento se plantea la aplicación de un análisis de varianza enfocado a las diferentes mediciones que pueden obtenerse en diversos escenarios, en donde se tendrán en cuenta variables como: operario, herramientas de medición y métodos, y de esta forma determinar cuáles son significativas en el proceso. Se describen los factores y partes que influyen en el frenado de los vehículos, las características de las pastillas y buenas prácticas que se deben tener en cuenta para evitar el desgaste prematuro o alargar la vida útil de este componente.

Adicionalmente, se tienen en cuenta diversas variables para llevar a cabo el proyecto, por ejemplo: recursos físicos y tecnológicos, presupuestos y el cronograma en el cual se evidencia el tiempo estimado para dar por finalizada la investigación.

## INTRODUCCIÓN

A lo largo del tiempo la aplicación de la estadística como herramienta de estudio ha tenido gran influencia en el desarrollo de la ingeniería, ayudando a la comprensión de fenómenos que pueden ser predichos y confrontados de forma eficaz, teniendo en cuenta lo anterior, la aplicación de la estadística y sus métodos deben ir más allá de clasificación de datos y estar enfocada al suministro de herramientas que generen soluciones a un problema específico.<sup>1</sup>

El papel que juega la estadística en la ingeniería debe ir más allá de datos organizados, debe estar enfocado a brindar instrumentos que puedan ser de gran utilidad en el proceso de investigación de cierto entorno.

En el caso de los vehículos, una de las partes más importantes en el sistema de frenos corresponde a las pastillas, pues son estas las que brindan la fricción a los discos, que en conjunto proporcionan el frenado del vehículo.

Como estrategia y con el fin de evidenciar posibles mejoras, se desean realizar pruebas de medición a las pastillas de ciertos vehículos, para determinar factores influyentes e indicar posibles recomendaciones con respecto a la vida útil de estas piezas de gran importancia en el sistema de frenos.

Teniendo en cuenta que el análisis ANOVA es una de las mejores herramientas estadísticas y es el método más exacto para calcular la variabilidad, se realizará el estudio con la aplicación del mismo, con el fin de identificar posibles variaciones dentro del proceso.

---

<sup>1</sup> SILES NATES, Fernando; La Aplicación del Análisis de Varianza (ANOVA) en las Investigaciones sobre Ingeniería Mecánica. Arequipa: Universidad Católica Santa María. p. 1

Para el desarrollo del proyecto se tendrán en cuenta 3 proveedores, con los cuales se realizarán todas las pruebas y cálculos necesarios, lo anterior se llevará a cabo con ayuda de expertos que influirán en el proceso de medición.

Se espera obtener herramientas que indiquen aspectos y recomendaciones útiles para mejorar el funcionamiento y vida útil de los elementos, y así mismo conocer a fondo las variables que influyen en todo el proceso, puesto que a la hora de realizar y analizar los cálculos es importante tener en cuenta el operario, el instrumento de medición y el método usado.

Es claro que los resultados siempre presentarán variaciones a causa de las variables nombradas con anterioridad, se desea llegar a un punto en común e indicar posibles medidas que pueden servir como punto de referencia para tomar cierta decisión.

## 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Actualmente el automóvil es una de las herramientas más versátiles y de gran utilidad que ha servido para brindar desarrollo continuo a la humanidad como medio de transporte, por tanto, es claro que para su perfecta operación se hace necesario ejecutar unas labores específicas para el debido mantenimiento, que ayudarán a evitar fallas a futuro y que lograrán alargar la vida útil de los componentes.

Teniendo en cuenta lo anterior, se realiza el estudio de uno de los sistemas más importante de los automóviles que en este caso es el sistema de frenos, verificando de una u otra forma el completo funcionamiento y la disminución de los costos que se puede llegar a generar con respecto al cambio de piezas por fuera de tiempo, es claro que los talleres ofrecen ciertas recomendaciones, pero en ciertos casos los expertos replantean las condiciones y llegan a conclusiones diferentes con base a estudios realizados en los que influyen todas los factores posibles.

El costo elevado en la administración de los mantenimientos preventivos de los vehículos, es un tema que hace necesaria la verificación de los distintos procedimientos ejecutados por los talleres autorizados, de igual forma lleva a realizar el estudio de los desgastes excesivos en el material de fricción de los componentes de freno; como es el caso de las pastillas.

Hoy en día, existen diversos procesos estadísticos que permiten determinar problemas en los procesos normalmente ejecutados y a partir de los resultados tomar decisiones que pueden representar una mejora significativa y eficaz.

## 1.1. ESTADO DEL ARTE

Para el presente proyecto se hace una investigación de la cual se recopila información que sea de interés y de ayuda para llevar a cabo el objetivo propuesto y dar solución al problema planteado, para lo anterior se hace uso de material que tenga relación con el tema central como artículos, proyectos, bases de datos, tesis, manuales, entre otras fuentes; las cuales han sido realizadas en un periodo de tiempo que no supera los 15 años.

A continuación, se describirán algunas de las fuentes investigadas y se hará un breve resumen de cada una:

**1.1.1 "Método Anova utilizado para realizar el estudio de repetibilidad y reproducibilidad dentro del control de calidad de un sistema de medición"**  
(Marcela Botero Arbeláez, Pereira, Diciembre de 2007)

En el artículo el autor aplica el método Anova al estudio de repetibilidad y reproducibilidad dentro de sistemas de medición, lo anterior con el fin de medir la calidad en cuanto a las características de los productos fabricados, influyendo en lo anterior tanto el instrumento de medición como el operador, por lo tanto, se deben estudiar en simultáneo los efectos, para lograr lo anterior aplicaron la tabla

1

Con ayuda de la tabla 1 se siguieron una serie de pasos, luego de tener todos los datos procedieron a calcular la variación del sistema de medida también siguiendo un procedimiento y los resultados son interpretados a partir de la aplicación de algunos criterios.



Gracias a la aplicación del método Anova se logra calcular la variabilidad en un proceso y así evidenciar condiciones atípicas para ir en busca de acciones correctivas.

**Tabla 1. Anova para un sistema de medición con dos factores<sup>2</sup>**

Fuente de variación	Suma cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios
Operador	$SSA$	$a - 1$	$MSA = \frac{SSA}{a - 1}$
Partes	$SSB$	$b - 1$	$MSB = \frac{SSB}{b - 1}$
Interacción	$SSAB$	$(a - 1)(b - 1)$	$MSAB = \frac{SSAB}{(a - 1)(b - 1)}$
Error	$SSE$	$ab(n - 1)$	$MSE = \frac{SSE}{ab(n - 1)}$
Total	$SST$	$N - 1$	

**1.1.2 "Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias"** (Jay L. Devore, Ciudad de México, 2008)

En el décimo capítulo de este libro el autor da una explicación sobre la definición y características del método Anova, exponiendo las aplicaciones que puede llegar a tener el mismo, como tal el texto se enfoca en su gran mayoría en el ANOVA unifactorial, se presenta la descripción del mismo y ejemplos de aplicación.

El análisis de la varianza, se refiere en general a un conjunto de situaciones experimentales y procedimientos estadísticos para el análisis de respuestas cuantitativas de unidades experimentales. El problema ANOVA más simple se conoce como unifactorial e implica el análisis de datos muestreados de más de

---

<sup>2</sup> BOTERO ARBELÁEZ, Marcela. Método ANOVA utilizado para realizar el estudio de repetibilidad y reproducibilidad dentro del control de calidad de un sistema de medición. Pereira: 2007. P. 534. ISSN 0122 - 1701

dos poblaciones numéricas o de datos de experimentos en los cuales se utilizaron más de dos tratamientos.<sup>3</sup>

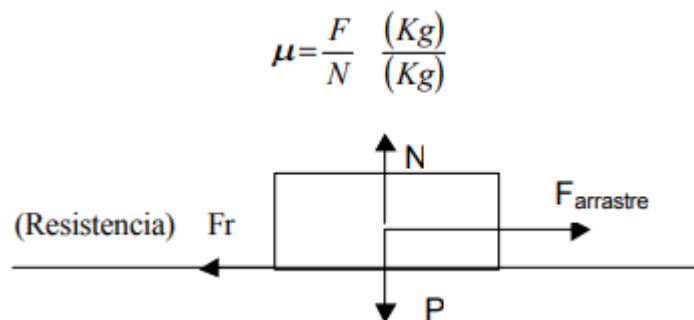
### 1.1.3 "Manual técnico de la pastilla de freno"

Se muestra un análisis de las fuerzas que se desarrollan en el frenado de los vehículos, así como factores que influyen en el proceso.

Lo que se consigue con la frenada de un vehículo es la transformación de energía que se da a través de la fricción entre dos partes, esta transformación se da gracias al contacto entre las pastillas y el disco, por lo cual estos elementos deben tener un coeficiente de rozamiento bastante alto.<sup>4</sup>

De acuerdo con lo anterior, la fricción es entonces una de las fuerzas de mayor importancia en el proceso de frenado y es expresada como el coeficiente entre la fuerza de fricción y carga nominal a las superficies de contacto.

Esquema 1. Representación fuerza de fricción<sup>5</sup>



<sup>3</sup> DEVORE, Jay. Análisis de la varianza. Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias. 7 ed. Ciudad de México: Cenage Learning Editores SA, 2008. p. 369

<sup>4</sup> Manual Técnico de la pastilla de Freno. [En línea]. "Lugar de publicación desconocido". s.f. p. 11. [Consultado: abril 30 de 2018]. Disponible en internet: <https://www.museoseat.com/biblioteca/manuals%20varis/Manual%20tecnico%20pastillas%20freno.pdf>

<sup>5</sup> Manual Técnico de la pastilla de Freno. [En línea]. "Lugar de publicación desconocido". s.f. p. 9. [Consultado: abril 30 de 2018]. Disponible en internet: <https://www.museoseat.com/biblioteca/manuals%20varis/Manual%20tecnico%20pastillas%20freno.pdf>

#### 1.1.4 "El análisis de la varianza (ANOVA) 1. Comparación de múltiples poblaciones" (Ricard Boqué, Tarragona)

En primera medida se evidencia la descripción del método, haciendo énfasis en las múltiples aplicaciones que tiene el análisis, a lo largo del artículo se centran principalmente en la comparación de columnas de datos.

Cuando se realiza la comparación de múltiples poblaciones existen dos posibles fuentes de variación, que son: el error aleatorio en la medida y el factor controlado, el último hace referencia a el método, las condiciones, el analista, etc. Sin embargo, se dan situaciones en donde las dos fuentes de variación son aleatorias.

Existen 3 hipótesis a tener en cuenta para utilizar el método de la varianza y son las siguientes:

- ◆ Los resultados para cada conjunto deben seguir una distribución normal
- ◆ Cada conjunto de datos debe ser independiente
- ◆ Las varianzas de cada conjunto no deben tener diferencias significativas<sup>6</sup>

---

<sup>6</sup> BOQUÉ, Ricard. El análisis de la varianza (ANOVA) 1. Comparación de múltiples poblaciones. Tarragona. p.2.

## **1.2 JUSTIFICACIÓN**

El proyecto a realizar pretende dar a conocer una opción técnica en el aumento de la vida útil de los componentes de fricción de los frenos de un automóvil, basado en la opción estadística del análisis de la varianza, de igual forma es sabido que el ahorro en los costos de mantenimiento preventivo brinda la opción de que la compañía disminuya los sobre-costos y los tiempos muertos en la operación de la flota.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GENERAL**

- ◆ Implementar el método ANOVA en el estudio de procesos de medición a través de la verificación de medidas de pastillas de freno en vehículos, con el fin de brindar recomendaciones que puedan aumentar la vida útil de estos componentes y optimizar su funcionamiento.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- ◆ Reconocer los sistemas de medición de las pastillas de freno que implementan en los talleres especializados
- ◆ Recopilar los datos con base en las mediciones realizadas en los talleres, correspondientes al muestreo de espesor de los componentes de fricción (juego de pastillas)
- ◆ Realizar los debidos cálculos a partir de los datos obtenidos, estableciendo un parámetro para la optimización de los procesos.

## **3. MARCO TEÓRICO**

### **3.1 MÉTODO ANOVA**

El análisis de la varianza o ANOVA, se refiere en general a un conjunto de situaciones experimentales y procedimientos estadísticos para el análisis de respuestas cuantitativas de unidades experimentales. Hoy en día el ANOVA más simple es conocido como unifactorial, de clasificación única o ANOVA unidireccional e implica el análisis de datos muestreados de más de dos poblaciones numéricas o de datos de experimentos en los cuales se utilizaron más de dos tratamientos. La característica que diferencia las poblaciones una de otra se llama factor en estudio y las distintas poblaciones se conocen como niveles del factor.

#### **3.1.2 Características**

Para ejecutar un ANOVA, debe existir una variable de respuesta continua y por lo menos un factor categórico con mínimo dos niveles. Los análisis ANOVA requieren datos de poblaciones que sigan una distribución aproximadamente normal con varianzas iguales entre los niveles.

#### **3.1.3 Ventajas**

- ◆ Flexibilidad, permitiendo una total libertad en el dispositivo experimental
- ◆ Maximiza los grados de libertad
- ◆ Es fácil de usar y debido a que no se dificulta el análisis estadístico

#### **3.1.4 ANOVA Unifactorial**

Se enfoca en la comparación de más de dos medias de población o tratamiento.

Sean:

$I$  = el número de poblaciones o tratamientos que se están comparando.

$\mu_1$  = la media de la población 1 o la respuesta promedio verdadera cuando se aplica el tratamiento 1.

Esta prueba es una generalización del contraste de igualdad de medias para dos muestras independientes.

### **3.2 VARIANZA**

La varianza de los datos que se obtienen al realizar una medición, es un estimador de la dispersión que existe entre la característica de calidad medida y su promedio.

### **3.3 REPETIBILIDAD**

Esta variación se presenta cuando el mismo instrumento es utilizado por una persona al medir repetidas veces la misma parte, es decir, es la variación de las lecturas individuales que se han repetido con el mismo instrumento y la misma persona.

### **3.4 LAS PASTILLAS DE LOS AUTOMÓVILES**

Las pastillas de freno son elementos esenciales dentro del sistema de frenado del vehículo, pues proporcionan la fricción a los discos de freno, garantizando que al momento de accionar el pedal el vehículo se detenga.

Teniendo en cuenta lo anterior, es necesario que las pastillas de freno se encuentren en un estado óptimo; unas patillas desgastadas aumentarán la distancia de frenado, ocasionando derrapes.

### 3.4.1 Características y requerimientos

Existen unos requerimientos básicos que debe tener el material como los siguientes:

- ◆ Tener un coeficiente de fricción adecuado y estable a cualquier rango de temperatura y presión.
- ◆ Mantener un equilibrio entre abrasión y resistencia al desgaste.
- ◆ Compresibilidad, que logre que el material absorba vibraciones e irregularidades de la otra superficie con la que entra en contacto.
- ◆ Buena resistencia al choque y al cizallamiento.

### 3.4.2 Tipos de pastillas

- ◆ **Orgánicas:** presentan buena fricción, en temperaturas elevadas suele desgastarse más rápidamente.
- ◆ **Semimetálicas:** resisten temperaturas altas, teniendo más fricción, pero son ruidosas.
- ◆ **Metálicas:** estas pueden ser de cobre, bronce o latón, resisten temperaturas superiores, sin embargo, se desgastan y producen un polvo negro corrosivo.
- ◆ **Carbón:** por lo general son empleadas en vehículos deportivos, puesto que necesitan temperaturas muy elevadas.<sup>7</sup>

---

<sup>7</sup> Tipos de pastillas para freno. Disponible en internet: <https://talleresyrepuestos.com/documentacion-tecnica/frenos/771-consecuencias-de-modificar-el-sistema-de-escape>



## **4. METODOLOGÍA**

Para llevar a cabo el proyecto se establecieron 4 fases que consisten en: adquirir y analizar la documentación correspondiente al método Anova, así como información técnica con respecto a uno de los componentes de fricción de mayor importancia en los vehículos (pastillas), seguido a esto se obtendrá la evidencia de las mediciones con apoyo de los talleres especializados, como tercer punto se llevará a cabo los cálculos que correspondan para compilar la información en busca de los efectos de mayor relevancia en el desgaste de las pastillas, finalmente se entregarán los resultados obtenidos y se realizarán las recomendaciones pertinentes a las áreas involucradas.

### **4.1 Fase 1 (Documentación)**

Esta corresponde a la base del proyecto, teniendo en cuenta que con ayuda de los documentos que tengan relación con el tema central se puede adquirir el conocimiento necesario para tratar el objetivo general, en este caso se recurrió a libros, tesis y artículos, que son de gran utilidad para alcanzar las mejoras propuestas a partir del problema evidenciado y el objetivo propuesto

### **4.2 Fase 2 (Recopilación de datos)**

Luego de tener los conceptos claros y la información necesaria, se procede a programar las visitas técnicas, que tendrán como fin la recopilación de datos a

partir de mediciones que se llevarán a cabo durante los ingresos a mantenimiento de los vehículos, con ayuda de los talleres especializados se llevarán reportes técnicos de las mediciones de las pastillas de freno, junto con la evidencia fotográfica de tal muestra.

### **4.3 Fase 3 (Cálculos)**

A través de los datos obtenidos, se procede a realizar los cálculos que permitan evidenciar los factores más influyentes en el desgaste excesivo y prematuro reflejado en las pastillas de freno de los automóviles y así conocer los factores que influyen en todo el proceso.

### **4.4 Fase 4 (Resultados y conclusiones)**

En esta fase final, se procede a organizar todo lo que se realizó, corrigiendo posibles errores que se pudieron presentar en el desarrollo y por último proponer las recomendaciones al área operativa y de mantenimiento con el fin de realizar mejoras que permitan la reducción de costos.

## 5. CRONOGRAMA

Tabla 2. Cronograma de actividades

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES EN FUNCIÓN DE LAS FASES A DESARROLLAR																	
Fases de la investigación	Actividad	Mes 1				Mes 2				Mes 3				Mes 4			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Fase I	Búsqueda de la documentación	■	■														
	Investigación de fuentes académicas y especializadas (tesis, proyectos y manuales)		■	■	■												
	Recopilación de toda la información.				■	■											
Fase II	Realizar las visitas técnicas.						■	■	■								
	Recopilar todos los datos necesarios a partir de las mediciones realizadas.								■	■	■						
Fase III	Realizar los cálculos correspondientes al método ANOVA.											■	■	■			
	Evidenciar los factores de influencia en el desgaste de las pasillas.											■	■	■			
Fase IV	Analizar los resultados finales															■	
	Construir la monografía																■

## 6. PRESUPUESTO

Tabla 3. Presupuesto

<b>PRESUPUESTO ESTIMADO</b>					
<b>Materia prima</b>					
<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Nº de unidades</b>	<b>Valor unitario</b>	<b>Total</b>	<b>Financiación</b>
Transporte	Viaje	6	\$ 110.000	\$ 660.000	Recursos propios
Fotocopias	Hoja	100	\$ 50	\$ 5.000	Recursos propios
Impresiones	Hoja	70	\$ 50	\$ 3.500	Recursos propios
Encuadernación	-	2	\$ 5.000	\$ 10.000	Recursos propios
<b>Subtotal</b>				<b>\$ 678.500</b>	
<b>Mano de obra</b>					
<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Nº de unidades</b>	<b>Valor unitario</b>	<b>Total</b>	<b>Financiación</b>
Técnico	Hora	18	\$ 8.000	\$ 144.000	Recursos propios
<b>Subtotal</b>				<b>\$ 144.000</b>	
<b>TOTAL</b>				<b>\$ 822.500</b>	

## 7. BIBLIOGRAFÍA

DEVORE, Jay. Análisis de la varianza. Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias. 7 ed. Ciudad de México: Cenage Learning Editores SA, 2008. 723 P

SILES NATES, Fernando; La Aplicación del Análisis de Varianza (ANOVA) en las Investigaciones sobre Ingeniería Mecánica. Arequipa: Universidad Católica Santa María. 6 P

BOTERO ARBELÁEZ, Marcela, ARBELAÉZ SALAZAR, Osiel y MENDOZA VARGAS, Jairo. Método ANOVA utilizado para realizar el estudio de repetibilidad y reproducibilidad dentro del control de calidad de un sistema de medición. Pereira: 2007. P. 533 - 537. ISSN 0122 – 1701

Manual Técnico de la pastilla de Freno. [En línea]. “Lugar de publicación desconocido”. s.f. 75 P. [Consultado: abril 30 de 2018]. Disponible en internet: <https://www.museoseat.com/biblioteca/manuals%20varis/Manual%20tecnico%20pastillas%20freno.pdf>

BOQUÉ, Ricard y MAROTO, Alicia, El análisis de la varianza (ANOVA) 1. Comparación de múltiples poblaciones. Tarragona. 6 P

Tipos de pastillas para freno. Disponible en internet:  
<https://talleresyrepuestos.com/documentacion-tecnica/frenos/771-consecuencias-de-modificar-el-sistema-de-escape>