



UNIVERSIDAD DEL ACONCAGUA

FACULTAD DE PSICOLOGÍA

LICENCIATURA EN CRIMINALÍSTICA

TESINA

Título

INFLUENCIA DEL PESO EN LA DISTANCIA DE FRENADO

Subtítulo

Variaciones en la longitud de la huella de frenado en un automóvil
con uno y cuatro ocupantes

ALUMNO:

Luis Diego Atala

DIRECTOR:

Lic. Gustavo Olguín

CO- DIRECTOR:

Lic. Deasy Frías

RESUMEN

En Accidentología Vial, al producirse un accidente de tránsito, es posible establecer la velocidad de circulación de un automóvil en base a la longitud de la huella de frenada que se observa en el escenario de los hechos, para lo cual se utilizan tablas que aporta la bibliografía especializada donde se tiene en cuenta el coeficiente de fricción neumático calzada y las condiciones de ésta última (tipo de superficie y estado de la misma –seco, mojado, pulimentado, etc.-), sin que sea tenido en cuenta la cantidad de ocupantes que traía el rodado. De acuerdo a los antecedentes, se estima que esta variable (peso) puede tener alguna influencia en la longitud de dicha huella, para lo cual se realizó un experimento mediante ensayos de frenadas con uno y cuatro ocupantes en un automóvil Chevrolet Corsa (3 puertas), a fin de comparar las distancias de frenadas obtenidas y determinar si existen diferencias que sean atribuibles a dicho factor.

SUMMARY

In Road Accidentology, in the event of a traffic accident, it is possible to establish the speed of movement of an automobile based on the length of the brake footprint that is observed in the scene of the events, for which Specialized bibliography that takes into account the coefficient of friction pneumatic roadway and the condition of the latter (surface type and state of the same - dry, wet, polished, etc.), without taking into account the number of occupants Which brought the wheel. According to the background, it is estimated that this variable (weight) may have some influence on the length of the footprint, for which an experiment was performed by braking tests with one and four occupants in a Chévrolet Corsa car (3 doors) , In order to compare the braking distances obtained and to determine if there are any differences attributable to that factor.

AGRADECIMIENTOS

Primero y principal agradecer a mi familia que me ha ayudado todos estos años para poder terminar mi carrera, ya que hice un esfuerzo muy grande para llegar al final y compañeros, profesores en especial al Lic. Gustavo Olguín y Lic. Deasy Frías que me ayudaron mucho y aceptaron ser parte de esta etapa final y que también son parte de que llegue a cumplir mi meta, Muchas Gracias a todos, con todo mi respeto que se merecen.

ÍNDICE

Portada	1
Carátula	2
Hoja de evaluación	3
Resumen	4
Summary	5
Agradecimientos	6
Índice	7
CAPÍTULO I - INTRODUCCIÓN	10
1.- Introducción	10
2.- Formulación del problema	11
3.- Justificación	12
4.- Objetivos	13
A.- Objetivo General	13
B.- Objetivos Específicos	13
5.- Hipótesis de investigación	13
CAPÍTULO II - ANTECEDENTES	14
CAPÍTULO III - MARCO TEÓRICO	18
1.- Neumático	18
A.- Cubierta	18
B.- Carcaza	18
C.- Banda de Rodamiento	18
D.- Talones	18
E.- Flancos	19
2.- Superficie de Rodamiento	20
A.- Asfalto	20

B.- Hormigón	20
3.- Sistemas de Frenos	21
A.- Frenos Mecánicos	21
B.- Frenos Hidráulicos	22
C.- Frenos Neumáticos	22
4.- Rozamiento y Frenado	23
A.- Rozamiento	23
B.- Tipos de Rozamiento	25
3.- Coeficiente de Fricción	26
4.- Mecánica de la Acción de Frenado	27
5.- Determinación de la Velocidad por las Huellas de Frenada	29
A.- Factor Desaceleración o Frenado “Drag Factor”	31
B.- La Ecuación Fundamental	33
CAPÍTULO IV – METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	36
A.- Nivel de Investigación	36
B.- Tipo de Investigación	36
C.- Variable de estudio (variable de interés)	37
D.- Variable asociada (factores)	37
E.- Instrumentos de medición	37
F.- Materiales	37
E.- Descripción del Procedimiento	39
CAPÍTULO V – RESULTADOS	40
1.- PROCEDIMIENTO	40
A.- Determinación de la Velocidad	40
B.- Ensayos de Frenada	41
C.- Realización de pruebas	42
2.- RECOLECCIÓN DE DATOS	46
A.- Ensayos de frenada con un ocupante	46
B.- Ensayos de frenada con cuatro ocupantes	48
3.- ANÁLISIS DE LOS DATOS (Estadísticos Descriptivos)	49
A.- Ensayos de frenada con un ocupante	49

B.- Ensayos de frenada con cuatro ocupantes	51
C.- Comparación de promedios. Ponderación de Resultados	53
CAPÍTULO VI - DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	55
CAPÍTULO VII – CONCLUSIÓN	58
CAPÍTULO VIII – REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	60

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.- INTRODUCCIÓN

En los siniestros viales uno de los aspectos más importantes es referido a la capacidad del vehículo para reducir la velocidad y detenerse. El comportamiento de un vehículo al frenar dependerá de varios factores principalmente en el sistema de frenado del vehículo y el peso del mismo ya que conducir con sobrecarga genera inestabilidad y provoca un mayor riesgo de inseguridad en los vehículos y producir accidentes. Un vehículo con una carga deficientemente estibada o con sobrecarga produce inestabilidad, circunstancia que provoca con facilidad la pérdida de control del conductor sobre el vehículo.

Cuando se acciona el sistema de frenos del vehículo, la fricción que se produce entre las superficies de contacto (neumático y asfalto), eleva la temperatura del neumático, lo que produce que se deposite en el asfalto una porción del compuesto del neumático (caucho), que se describe como huella de frenado visible.

Las huellas de frenado son sin dudas indispensables en la investigación, pero si se desea tomar como prueba en la investigación de los siniestros viales, es fundamental realizar una correcta medida de estas ya que a través de su longitud es posible establecer la velocidad de circulación de un vehículo.

La correcta identificación inicial y final de una huella de frenado es un factor valioso como así también la sobrecarga del vehículo para poder determinar la velocidad con que circulaba en el momento de iniciar la maniobra de frenado y la longitud de la huella de frenada producida y de esta manera en esta

investigación apuntará a demostrar que las experiencias nos muestran que el peso agregado genera variación en la longitud de la huella de frenado en caso de un siniestro vial.

2.- FORMULACIÓN DE PROBLEMA

Sabemos que al momento de realizar un frenado de pánico los neumáticos se bloquean, dejando impresa en la calzada huellas de frenado, las cuales son producto del aumento de la temperatura de las zonas de contacto entre el neumático (banda de rodamiento) y la calzada, en donde el primero, ante la abrasión deposita partículas de neumáticos en el asfalto.

El frenado en general es un proceso de desaceleración, pero el frenado de pánico en su ocurrencia implica el deslizamiento de los mismos al superar los valores máximos de adherencia, por lo que la energía dominante que se disipa es producida por el contacto neumático y calzada.

Sobrecargar un vehículo puede lograr que produzca una variación en la huella de frenado. No obstante, un vehículo pesado como por ejemplo un camión de carga posee un sistema de frenos, suspensión y dirección proporcionado al peso que va a cargar haciendo de este un vehículo seguro, también un vehículo de menor peso como un automóvil compacto tipo sedan posee un sistema de frenos, suspensión y dirección acorde al peso que este vehículo transportará; de esta manera un vehículo excedido de peso también producirá variaciones en las energías disipadas y por ende en su longitud de frenado.

Por eso se estima necesario determinar si existen variaciones en la distancia de frenado cuando el vehículo circula con uno o cuatro ocupantes, ya que este dato no es tenido en cuenta al ponderar el coeficiente de fricción con el cual será posible calcular estimativamente la velocidad de circulación del mismo a fin de realizar la reconstrucción de los hechos cuando se produce un accidente vial.

Se estima por lo tanto que el peso influye directamente en la frenada y por lo tanto las características de la longitud en la huella de frenado serán distintas, mientras mas superemos estos márgenes de carga, mayor será la dificultad para frenar, siendo así que por menor que sea la carga encontraremos una diferencia aunque sea mínima.

Con todo lo anterior propuesto surge la siguiente pregunta de investigación:

¿Existe variación en la longitud de la huella de frenada al cambiar el peso en un automóvil Chevrolet Corsa 3 puertas?

3.- JUSTIFICACIÓN

La adecuada visualización de la huella de frenado desde el momento que iniciar la maniobra de frenado, es una forma de garantizar la correcta reconstrucción de la mecánica del hecho durante la investigación en un siniestro vial.

Los beneficios en esta investigación es que el Licenciado en Criminalística conozca la relación peso y longitud de huella de frenado para este tipo de vehículo en caso de producirse un siniestro.

Se pretende colaborar, para que conjuntamente con otros elementos que se puedan relacionar con este trabajo a investigar, el perito en Criminalística arribe a conclusiones más exactas al momento de considerar la velocidad de circulación en base a la longitud de la huella de frenada, cuyos datos deberán ser ponderados además del tipo de superficie sobre la cual rueda un vehículo, siendo en este caso el peso y la cantidad de ocupantes.

4.- OBJETIVOS

A.- Objetivo General

Comparar la longitud de la huella de frenado de un vehículo Chevrolet Classic 1.6 (3 puertas) con uno y cuatro ocupantes a 30 km/h.

B.- Objetivos Específicos:

- Describir longitud de huella de frenado que deja un automóvil Chevrolet Classic 1.6 (3 puertas), con un ocupante, al bloquear los neumáticos a 30 km/h.
- Describir longitud de huella de frenado que deja un automóvil Chevrolet Classic 1.6 (3 puertas), con cuatro ocupantes, al bloquear los neumáticos a 30 km/h.
- Comparar los resultados de experimentos realizados en frenadas de pánico (stop panic) a 30 km/h. en un automóvil Chevrolet Classic 1.6 (3 puertas), con uno y cuatro ocupantes.
- Determinar si existen diferencias.

5.- Hipótesis de Investigación

Existe variación en la longitud de la huella de frenada al cambiar el peso en un automóvil Chevrolet Classic 1.6 (3 puertas), con uno y cuatro ocupantes.

CAPÍTULO II

ANTECEDENTES

Al comenzar a estudiar el tema que ocupa a esta investigación, revisando bibliografía disponible sobre Accidentología vial, se tomó en cuenta aportes que ayudaron a facilitar la experimentación realizada en la investigación presente.

En el año 2000, según el Libro de pruebas de auto test (2000) se realizó un estudio de influencia de peso, donde es utilizado un Renault Megane 1.6 de 90 Cv.

En la experiencia, se realizaron pruebas de aceleración con peso cargado, donde se varia gradualmente el peso constatando una diferencia en cuanto a la distancia de frenado con 1 conductor y más de 2 ocupantes a diferentes velocidades, siendo la más influyente que para 100 km/h se necesitó 2,3 segundos más y una distancia de 40 metros de más, correspondiente a un vehículo con peso cargado. Lo que absolutamente reflejado en estas cifras es que la principal penalización está en la movida, cuando todos los kilos están muertos y el auto debe romper la inercia.

El auto va con mayor adherencia y que el peso en ese caso prácticamente no incide. La sensación que tenemos nosotros es que no se toma en cuenta la sobre exigencia del sistema que empieza a perder eficiencia. Veámoslo así: Un auto de 120 km/h a cero frena en una distancia X pero eso no implica que siempre repetirá ese valor y no hay cálculo que pueda determinar eso.

Posiblemente a la cuarta, quinta o sexta frenada pierda pedal, se estire la distancia, etc. Los frenos están dimensionados para determinado peso y al excederlo pierden eficiencia. No faltarán los que digan que están pensados

para la carga plena. Esto es correcto pero es claro también que la fatiga es menor sin peso.

Por otra parte, Irureta (2003) realizó experiencias de frenado, cuyas pruebas fueron orientadas al cálculo del coeficiente de rozamiento pero también establece como medir la huella de frenado.

Realizando pruebas de frenado a la misma velocidad que requiera, se toma la longitud de cada huella de frenado marcada en la superficie y se promedia, haciendo referencia a que las huellas de frenado inician antes del bloqueo de las ruedas.

Cuando el autor afirma que en la práctica, la huella de frenado se inicia muy poco antes del bloqueo total de las ruedas, considera que no se comete un error trascendente al considerar que ocurren simultáneamente. Lo expuesto encuentra justificativo en que las huellas de frenado comienzan gradualmente, siendo su inicio real de muy difícil, si no de imposible determinación, de modo que antes de comenzar la huella nítida, siempre existe una huella difusa cuyo principio es incierto que se va adentrando en nitidez hasta convertirse sin solución de continuidad en la huella claramente visible. (IRURETA, 2000. Pág.97).

Emmanuel Alvea (2008) estudió en su tesina de grado sobre la influencia del peso y la huella de frenado y las características que deja una camioneta Ford Ranchero con sobre peso en la distancia de frenado.

Esta investigación determinó que un vehículo circulando a una velocidad constante y con una carga adicional, deja una huella de frenado más prolongado, en la medida que aumenta dicha carga.

La experiencia tomó como variable independiente el peso, el cual se iba incrementando de 100kg, 110 kg y 210 kg. La velocidad fue de manera constante de 40km/h, y la superficie fue siempre la misma. Se efectuaron diferentes pruebas de frenado, dando una variación en cuanto a la distancia de frenado, en la cual a mayor peso mayor distancia para frenar el vehículo.

Pons, F y Quinzano, S (2010) realizan demostraciones sobre las huellas de frenado producidas en calzadas de asfalto, en este caso seco, explicando así, que se produce por el bloqueo de las ruedas, adhiriéndose el neumático con la superficie de la vía, de acuerdo a los factores que puede producirse en este caso sobrecarga del mismo.

Identificar las huellas marcadas por los vehículos sobre la superficie de una vía, es un punto muy importante durante la recolección de datos en el lugar de los hechos donde se ha presentado un siniestro. En todo accidente de tránsito, toda vez que las huellas brindan información útil para el análisis del accidente determinando puntos de impacto, trayectorias pre y pos-impacto, velocidades, etc. Por lo anterior, se hace necesario registrar durante la recolección de datos y en los diagramas, croquis o planos, toda la información posible de las huellas y sus características, la llanta o elemento a la que corresponde cada huella, longitud.

Martinez, L. (2010) realizó un sistema mediante el cual dejara señalado la longitud de la huella de frenado que imprime un vehículo. Para se conectó al extremo de un cable al bulbo de la luz de stop y el extremo restante a una bomba eléctrica ubicada en el recipiente que almacena y envía agua al parabrisas. Luego se colocó el extremo de una manguera en el interior del recipiente y el extremo restante se sujetó al sector interno del guardabarros delantero derecho, en su sector inferior para evitar errores. (MARTINES, L. 2010. pág.39).

Distancia de reacción y frenado de detención y seguridad (2011) realizaron pruebas de frenado en función a la velocidad de circulación y calidad de la adherencia con un vehículo en buena estado y un conductor en estado físico normal donde afirman que la distancia de frenado dependen de 3 factores :

- De la carga del vehículo, si va cargado hay que eliminar más energía cinética y se prolonga la detención.
- De la adherencia, si no es buena y las ruedas se bloquean, la distancia de frenado se alarga.

- De la velocidad, donde la energía cinética es proporcional al cuadrado de la velocidad.

Velocidad en km/h	Distancia de frenado en $\frac{3}{4}$ seg	Distancia de detención con calzada seca
70	28	42
60	22	34
50	14	24
40	10	18

García, A. (2011) manifiesta que la fuerza del freno actúa disminuyendo la velocidad de rotación de la rueda. Esa fuerza es regulada por la presión del pie del conductor sobre el pedal de freno y eventualmente por sistemas auxiliares.

Esa fuerza puede crecer hasta que la rueda deje de girar (bloqueo) sin que se anule la velocidad de traslación del eje. En un movimiento de rodadura pura que es una condición ideal de resistencia está dada por la interacción molecular del área del neumático, parche de contacto, a medida que crece el deslizamiento los sectores de la banda de rodamiento que permanecen en contacto con el pavimento lo hacen en periodo cada vez más largos. La fricción del caucho deslizando y el pavimento produce calor y la acción combinada de calor y trabajo sobre la banda de rodamiento produce el desprendimiento de partículas de caucho y su depósito en el pavimento al que se fijan con un grado importante de adherencia. El caucho desprendido de las cubiertas y depositado en el pavimento son rastros que evidencian acciones de frenado importantes y de larga duración y suelen estar presentes en casi todos los escenarios en los que se desarrollan siniestros que involucran vehículos automotores. (GARCÍA, A. 2011. pág.111).

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO

1.- NEUMÁTICOS

Conforme explica Leiva, A. (2003) el neumático se divide en las siguientes partes:

A.- Cubierta:

Es la parte más resistente del neumático y está formado por la carcasa, la banda de rodamiento, los talones y los flancos.

B.- Carcaza:

Es la que debe soportar la tensión desinflada y los esfuerzos exteriores del neumático. Su exterior esta cubierto de goma y embutidas, se hallan las capas de tejido, cuyo número, así como la disposición y la resistencia, dependerá de la clase de cubierta y del fin que se vaya a destinar la misma.

C.- Banda de rodamiento:

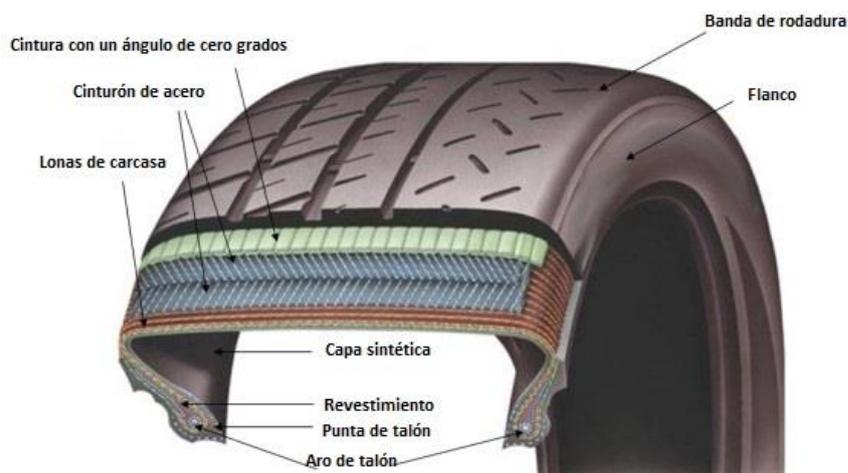
Es la zona que contacta con el suelo. Esta aporta al neumático parte de su configuración: adherencia, tracción y resistencia al desgaste.

D.- Talones:

Permiten que la cubierta se adecue la llanta metálica.

E.- Flancos:

Están situados entre la banda de rodadura y los talones y son los encargados de absorber todo tipo de flexiones, tanto verticales como laterales. De su mayor o menor rigidez dependerá del grado de confort. (LEIVA, A. 2003. pág. 43).



Castro, G (2008) expresa que consiste una cubierta, principalmente de caucho, que contiene aire, al cual soporta al vehículo y su carga. En la actualidad, la mayoría de los neumáticos de vehículos de pasajeros son radiales por lo que están compuestos de una banda de rodadura elástica, una cintura prácticamente inextensible y sobre unos aros también inextensibles que sirven de enganche a otro elemento rígido, que es la llanta.

También asegura que la banda de rodadura es la encargada de asegurar la adherencia del vehículo en la carretera, independientemente del estado del suelo, además de transmitir los esfuerzos de tracción y frenado. Su compuesto de caucho debe resistir la abrasión y el desgaste. Dicha banda de rodadura presenta un dibujo o escultura. (LEIVA, A. 2003. pág.2).

2.- SUPERFICIE DE RODAMIENTO

A.- Asfalto:

Es un material viscoso, pegajoso y de color negro, su consistencia es variable, está constituido mayoritariamente por una mezcla de hidrocarburos pesados. Se encuentra en yacimientos naturales o se obtiene por refinación del petróleo. Es una sustancia sólida o semisólida. Se mezcla con solventes para volverlo mas liquido y mas fácil de trabajar. Tiene una alta resistencia y es en consecuencia un buen material aislante. La resistencia de todos grados comerciales decrece con el incremento de la temperatura.

B.- Hormigón:

El hormigón (del latín fórmico, 'moldeado, conformado') o concreto es un material compuesto empleado en construcción, formado esencialmente por un aglomerante al que se añade partículas o fragmentos de un agregado, agua y aditivos.

El aglomerante es en la mayoría de las ocasiones generalmente cemento Portland mezclado con una proporción adecuada de agua para que se produzca una reacción de hidratación. Las partículas de agregados, dependiendo fundamentalmente de su diámetro medio, son los áridos (que se clasifican en grava, gravilla y arena).

El cemento es un material pulverulento que por sí mismo no es aglomerante, y que, mezclado con agua, al hidratarse se convierte en una pasta moldeable con propiedades adherentes, que en pocas horas fragua y se endurece, tornándose en un material de consistencia pétreo. El cemento consiste esencialmente en silicato cálcico hidratado (S-C-H). Este compuesto es el principal responsable de sus características adhesivas.

Existen hormigones que se producen con otros conglomerantes que no son cemento, como el hormigón asfáltico que utiliza betún para realizar la mezcla.

La densidad del concreto varía dependiendo de la cantidad y la densidad del agregado, la cantidad de aire atrapado (ocluido) o intencionalmente incluido y las cantidades de agua y cemento. Por otro lado, el tamaño máximo del agregado influye en las cantidades de agua y cemento. Al reducirse la cantidad de pasta (aumentándose la cantidad de agregado), se aumenta la densidad.

La principal característica estructural del hormigón es que resiste muy bien los esfuerzos de compresión, pero no tiene buen comportamiento frente a otros tipos de esfuerzos (tracción, flexión, cortante, etc.), y por este motivo es habitual usarlo asociado a ciertas armaduras de acero, recibiendo en este caso la denominación de hormigón armado, o concreto prerreforzado en algunos lugares. Este conjunto se comporta muy favorablemente ante las diversas sollicitaciones o esfuerzos mencionados anteriormente.

3.- SISTEMAS DE FRENOS

Mantaras, D. y otros (2005) explican que existen diferentes sistemas de frenados que se diferencian entre si en el modo de producir la detención del vehículo, en los cuales se pueden encontrar:

A.- Frenos Mecánicos:

Consiste en el comando mecánico de los elementos de roce para lograr el frenado. Este comando puede ser de 2 tipos: comando mecánico por medio de piolas, en el que se consigue hacer actuar los elementos del roce, transmitiendo la fuerza de aplicación a través de piolas de acero y el comando mecánico por medio de varillas metálicas en el que se hace actuar los elemen-

tos del roce, transmitiendo la fuerza de aplicación a través de varillas de acero. Este sistema es apropiado para vehículos de menor peso.

B.- Frenos Hidráulicos:

Aquellos que transmiten por medios hidráulicos el esfuerzo de frenado aplicado al pedal de freno.

Su funcionamiento es el siguiente: La fuerza ejercida por el conductor sobre el pedal de freno es ampliada por un mecanismo llamado servofreno; que actúa sobre una bomba principal presionando el líquido hidráulico contenido en un depósito y a través de unas conducciones, metálicas y flexibles llega hasta las ruedas, donde un bombín oprime, energéticamente las pastillas sobre el disco y las zapatas contra el tambor, reduciendo la velocidad del vehículo hasta detenerse. En este caso en estos ensayos se utilizará un vehículo con este tipo de sistema de frenos.

C.- Frenos Neumáticos:

Sistema de frenos que para transmitir la fuerza de frenado aplicado al pedal de freno, ocupa aire comprimido a una presión cierta, la que actúa sobre los elementos de frenado.

El funcionamiento es el siguiente: Un compresor ubicado en el compartimiento del motor y accionado por éste por medio de una correa, coge el aire de la atmósfera y lo almacena en un depósito general distribuyéndolo, comprimido a través de una válvula de cuatro vías a otros depósitos auxiliares, siendo utilizados por: frenos delanteros, traseros, de estacionamiento, de remolques, embrague, suspensión neumática y caja de velocidades.

El conductor al pisar el pedal de freno acciona una válvula que lanza el aire comprimido por un doble circuito a las ruedas delanteras y traseras donde un cilindro o pulmón que consta de un resorte y una varilla empujadora al

recibir el aire a presión en el interior de la cámara, lanza hacia adelante la varilla empujadora que acciona la palanca del freno abriendo la zapata frenando el vehículo al frenar al rozar sus forros contra el tambor de las ruedas. Un manómetro instalado en el panel de instrumentos informa por medio de una aguja al conductor de la presión de aire en los depósitos, también va provisto de un indicador luminoso y cuando la presión desciende de los valores mínimos, se conecta a una señal acústica. Se utiliza en camiones y vehículos de gran porte.

4.- ROZAMIENTO Y FRENADO

A.- Rozamiento

El rozamiento es una fuerza que tiene sentido opuesto al desplazamiento de un objeto. En el caso de deslizamiento en seco, cuando no existe lubricación, la fuerza de rozamiento es casi independiente de la velocidad. La fuerza de rozamiento tampoco depende del área aparente de contacto entre un objeto y la superficie sobre la cual se desliza.

El área real de contacto es la superficie en la que las rugosidades microscópicas del objeto y de la superficie de deslizamiento se tocan realmente es relativamente pequeña. Cuando un objeto se mueve por encima de la superficie de deslizamiento, las minúsculas rugosidades del objeto y la superficie chocan entre sí, y se necesita fuerza para hacer que se sigan moviendo. El área real de contacto depende de la fuerza perpendicular entre el objeto y la naturaleza de la superficie de deslizamiento. Frecuentemente, esta fuerza no es sino el peso del objeto que se desliza. Si se empuja el objeto formando un ángulo con la horizontal, la componente vertical de la fuerza dirigida hacia abajo se sumará al peso del objeto. La fuerza de rozamiento es proporcional a la fuerza perpendicular total.

Cuando hay rozamiento, la segunda ley de Newton puede ampliarse a:

$$F_{\text{efectiva}} = F - F_{\text{rozamiento}} = m.a$$

Sin embargo, cuando un objeto se desplaza a través de un fluido, el valor del rozamiento depende de la velocidad. En la mayoría de los objetos de tamaño humano que se mueven en agua o aire (a velocidades menores que la del sonido), la fricción es proporcional al cuadrado de la velocidad. En ese caso, la segunda ley de Newton se convierte en

$$F_{\text{efectiva}} = F - k.v^2 = m.a$$

La constante de proporcionalidad k es característica de los dos materiales en cuestión y depende del área de contacto entre ambas superficies, y de la forma más o menos aerodinámica del objeto en movimiento.

Leyes del rozamiento para cuerpos sólidos

- La fuerza de rozamiento se encuentra en la dirección de la superficie de apoyo.
- El coeficiente de rozamiento es independiente del área de la superficie de contacto.
- El coeficiente de rozamiento depende de la naturaleza de los cuerpos en contacto, así como del estado en que se encuentren sus superficies.
- La fuerza máxima de rozamiento es directamente proporcional a la fuerza normal que actúa entre las superficies de contacto.
- Para un mismo par de cuerpos, el rozamiento es mayor un instante antes del movimiento que cuando se está en movimiento.

B.- Tipos de rozamiento

Existen dos tipos de rozamiento o fricción, la fricción estática y la fricción cinética. El primero es una resistencia, la cual se debe superar para poner movimiento un cuerpo con respecto a otro que se encuentra en contacto. El segundo, es una fuerza de magnitud constante que se opone al movimiento una vez que éste ya comenzó. En resumen, lo que diferencia a un roce con el otro es que el estático actúa cuando el cuerpo está en reposo y el cinético cuando está en movimiento.

Para lograr deslizar un cuerpo de peso "P", inicialmente en reposo, sobre una superficie horizontal, debemos ejercer una fuerza " F_e ", paralela a dicha superficie.

A la relación entre la menor fuerza necesaria para iniciar el movimiento y el peso del cuerpo (o fuerza normal) P se la denomina coeficiente de rozamiento estático " μ_e " y representa la fracción de peso (o fuerza normal a la superficie de contacto) que hay que aplicar al cuerpo para éste inicie su desplazamiento.

$$\mu_e = \frac{F_e}{P}$$

Esta fuerza, paralela a la superficie y al movimiento, se denomina resistencia por rozamiento estático, o adherencia, y es debida a que, estando en reposo el cuerpo, las irregularidades de su superficie se encastran con las irregularidades de las superficies sobre las que apoya.

Empíricamente también se comprueba que, luego de iniciado el movimiento, la fuerza necesaria para mantenerlo, con velocidad uniforme "F", es menor que "Fe" ya que una vez iniciado el movimiento relativo, la irregularidades de ambas superficies tienen peor encastre.

3.- Coeficiente de Fricción

Una fuerza es toda causa capaz de deformar un cuerpo o modificar su estado de reposo o movimiento. Además toda fuerza tiene un agente específico que puede ser animado o inanimado. Lo que caracteriza una fuerza es el punto de aplicación, magnitud, dirección y sentido. La fuerza de rozamiento es una fuerza que aparece cuando hay dos cuerpos en contacto y es una fuerza muy importante cuando se estudia el movimiento de los cuerpos. La magnitud de la fuerza de rozamiento entre dos cuerpos en contacto es proporcional a la normal entre los dos cuerpos es decir:

$F = u \cdot N$ = formula fuerza de fricción, donde u es lo que conocemos como coeficiente de rozamiento.

Hay dos coeficientes de rozamiento: el estático u_1 y el cinemático u_2 , siendo el primero mayor que el segundo.

La fuerza de rozamiento estática determina la fuerza mínima necesaria para poner en movimiento un cuerpo. Sino hubiera rozamiento, una fuerza muy pequeña sobre un cuerpo apoyado en el piso ya pondría a éste en movimiento. Sin embargo existe un valor mínimo de fuerza aplicar para que esto ocurra. Esto se debe a que exista una fuerza de rozamiento que se opone al inicio del movimiento. La fuerza de rozamiento estático es del mismo valor pero de sentido contrario que la fuerza que vayamos aplicamos para tratar de poner al cuerpo en movimiento, mientras este no se mueva, es decir que no tiene un valor constante.

Mientras que las fuerzas que obren entre superficies que se encuentran en movimiento relativo, se llaman fuerzas de rozamiento cinético.

El coeficiente de rozamiento estático es el factor de proporcionalidad que relaciona la fuerza necesaria para que un bloque empiece a deslizarse y la fuerza normal al ser un cociente de fuerzas carece de unidades. La fuerza necesaria para que un bloque comience a deslizarse es igual a la fuerza de rozamiento máxima.

4.- Mecánica de la Acción de Frenado

El frenado consiste en la disminución de la velocidad o detención de la marcha de un vehículo que se halla en movimiento o para mantenerlo inmóvil cuando se encuentra detenido. Se realiza por medio de un pedal que es accionado a voluntad por el conductor haciendo actuar de esta manera la fuerza de frenado.

Durante el proceso de frenado de un vehículo el mismo sufre una transferencia dinámica de los pesos hacia la parte anterior, es por ello que el esfuerzo del conductor sobre el pedal, ampliado por el sistema de frenos no se transmite de igual modo al eje delantero que al trasero, siendo los delanteros siempre de mayor dimensión que los traseros.

Durante la frenada se produce una gran transformación energética con gran desprendimiento de calor, el cual debe ser evacuado rápidamente para evitar el fenómeno de fadding o sobrecalentamiento de los elementos mecánicos que componen el sistema ,pudiendo los discos deformarse, las pastillas cristalizarse y el liquido de freno perder su propiedad formándose burbujas dentro de los conductos.

La eficacia de la frenada depende además de las superficies de contacto donde se concentrará la fricción siendo fundamentales a la medida del disco y pastillas y distancia entre las ruedas y el disco de freno, ya que cuando mayor sea esta distancia, es más fácil que se produzcan desequilibrios en la dirección durante el proceso de frenado.

Irureta, V. (2003) explica que en el frenado de pánico, no todas las frenadas dejan huellas, en su gran mayoría los vehículos, lo hacen reduciendo su velocidad sin deslizarse y sin dejar huellas de frenado. En situaciones riesgosas es muy difícil que el conductor tenga el temple como para soltar y apretar el freno en forma reiterada, lo usual es que clave los frenos, lo que se llama frenado de pánico. (IRURETA, V. 2003. pág.98).

Juan Héctor (2001) la Accidentología vial es la especialidad de la criminalística cuya finalidad involucra el estudio referido a la participación y protagonismo de todos los vehículos automotores que estén vinculados a los momentos inmediatos, mediatos y posteriores al siniestro vial acontecido. En toda investigación accidentológica, establecer la velocidad de circulación es importante, no sólo para el perito que le interesa establecer la dinámica de producción del siniestro y su correspondiente reconstrucción, sino que también este es un dato fundamental para el Juez que deberá investigar si hubo violaciones a las leyes que regulan la circulación vial.

Siomaa (2015) el primer factor mencionado, es decir el vehículo, ya que según los datos registrados por el registro del automotor y Yacopini Motors, que agencia oficial de Chevrolet el Classic es el vehículo mas vendido entre el año 2012 y 2015 con un total de 4410 autos.

“Normalmente conducimos el vehículo particular con poca carga y estamos acostumbrados a sus reacciones a la hora de frenar, de tomar curvas o la hora acelerar para incorporarse a una vía rápida. Lo primero que hay que hacer cuando se carga mucho el coche es vigilar para no pasarnos del peso máximo admisible que marca la ficha técnica del vehículo. Un conductor al volante de un vehículo muy cargado debe anticipar mucho las frenadas, pues el vehículo tardará más de lo habitual en reducir la velocidad o en parar. El mayor peso de un vehículo cargado aumenta sus inercias y reduce la agilidad...” MAPFRE (2013)

Tabasso, C. (1998) con respecto a la huella de frenada, lo que hace es que identifica el bloqueo de la llanta como maniobra de desaceleración de emergencia sobre una superficie, sobre la cual se ejerce una adherencia máxima y resistencia al desplazamiento longitudinal y se produce por el bloqueo de las ruedas, generando que los neumáticos realicen contacto permanentemente en la misma zona de la banda de rodadura, formando virtualmente que la energía cinética que durante el frenado se transforma en trabajo, se convier-

ta en calor en las zonas de contacto del neumático y la superficie de la vía. (TABASSO, C. 1998. pág. 49).

Alba López y otros (1995) en tanto opinan que es en la longitud de la huella de frenado donde se indica que al accionar el sistema de frenos la adherencia entre el neumático y la carretera aumenta progresivamente. Si se sigue frenando la rueda se bloquea y la adherencia disminuye, aumentando por ende la distancia de frenado. Es conocido que la distancia de frenado varía de acuerdo con la intervención de múltiples factores, tales como adherencia del firme, presión del frenado, estado de la calzada, carga, pendiente de la carretera, velocidad, etc. (ALBA LÓPEZ, et. al. (1995. pág. 258).

5.- DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD POR LAS HUELLAS DE FRENA- DO

Este procedimiento se usa actualmente para conocer la velocidad de circulación de un vehículo protagonista de un siniestro de tránsito. Comienza por la búsqueda de huellas de frenado tanto antes del impacto como las huellas post impacto.

El punto de impacto es situado de acuerdo a la ubicación de rastros terrosos, vítreos y/o regueros líquidos, etc. Luego estas huellas son mensuradas a través de un odómetro o una cinta métrica sobre la calzada, para posteriormente determinar la velocidad usando el teorema de las fuerzas vivas o teorema del trabajo y la energía, que dice: “*el trabajo de la resultante del sistema de fuerzas que actúa sobre un objeto es igual a la variación de la energía cinética*”, y al suceder que se detiene, entonces permite obtener la velocidad.

Es a partir de la longitud de la huella de frenada que se podrá determinar en qué momento el conductor advirtió el peligro, cuál fue su reacción previa al siniestro, cuál era su trayectoria original o dirección de marcha y fundamentalmente ayuda a establecer la velocidad aproximada de circulación al momento de una colisión.

Esta determinación de la velocidad a partir de la huella de frenada se logra gracias a la física y el estudio de distintas variables que se puedan presentar en un hecho particular, como por ejemplo el tipo de calzada y el coeficiente de fricción que se encuentra en la bibliografía especializada.

Desde el punto de vista estrictamente físico, para establecer la velocidad de circulación de un rodado, y de acuerdo a las leyes del movimiento, se utiliza la “*ecuación fundamental*” que tienen en cuenta estas variables:

- El coeficiente de fricción,
- La aceleración de la gravedad y
- La distancia de frenado.

Esto se expresa de la siguiente manera:

$$V = \sqrt{2.u.g.d}$$

Donde “*V*” es velocidad, “*u*” es el coeficiente de fricción, “*g*” la aceleración de la gravedad y “*d*” la distancia de frenado.

Esto se debe a que toda la energía cinética del rodado durante el frenado se transforme en trabajo y calor en las zonas de contacto (piso-neumático) Este calor provoca un incremento de la temperatura del caucho, lo que ablanda el compuesto del mismo y ante la abrasión de que está siendo objeto se desprenden partículas del mismo, depositándose éstas en el piso. “...*Tal depósito continúa mientras la energía transferida sea suficiente para producir el fenómeno descrito, marcándose así la huella de frenado...*” (IRITURETA, V. Op.cit.)

Midiendo la longitud de la huella de frenada entonces es posible determinar (en base al principio de conservación de energía) la velocidad de circulación de un rodado. Esto se logra aplicando la ecuación fundamental y el coeficiente de fricción adecuado, el cual en la generalidad de los casos es tomado de tablas según la superficie donde se produce la misma.

“...Si se aplica el Principio General de Conservación de Energía (la pérdida de energía del vehículo se debe al trabajo realizado por la fuerza de rozamiento a lo largo de la distancia de frenado) a un vehículo que circula inicialmente a una velocidad “v” y se detiene tras dejar “d” metros de huellas de frenada sobre una vía horizontal, se obtiene la ecuación fundamental del cálculo de velocidad a partir de las huellas...” (ALBA LOPEZ, J. et. al. 2001)

A.- Factor Desaceleración o Frenado “Drag Factor”

Durante una acción de frenado, a partir de una Velocidad “V” la Energía Cinética “ E_c ” es igual al trabajo de frenado:

$$E_c = W$$

Donde “ E_c ” = Energía Cinética y “ W ” = Trabajo.

Así también sabemos que dicho Trabajo es la relación entre “ F ” la fuerza que se opone al movimiento y “ d ” desplazamiento en el que actúa:

$$W = F.d$$

También debemos considerar que cuando las ruedas están bloqueadas fuerza es igual al coeficiente de fricción “ u ” por el peso “ P ”:

$$F = u.P$$

Donde “ F ” es la fuerza, “ P ” el Peso y “ u ” el coeficiente de fricción.

Por lo tanto “ W ” trabajo es igual a:

$$W = u.P.d.$$

Por otro lado también tenemos que, por la segunda Ley de Newton:

$$F = m.a$$

Donde “ F ” es la fuerza de frenado, “ m ” es la masa y “ a ” la aceleración y reemplazando tenemos que:

$$W = m.a.d.$$

Donde, como ya vimos, “ F ” es la fuerza, “ m ” la masa del cuerpo y “ a ” la aceleración negativa o desaceleración y “ d ” el desplazamiento en el que actúa dicha fuerza.

Como la masa es igual a P/g , donde “ P ” es peso y “ g ” la aceleración de la gravedad tendremos que:

$$P.a.d/g = u.P.d$$

En consecuencia, simplificando las expresiones de peso y distancia que se repiten en ambos lados de la igualdad anterior tendremos:

$$a/g = u$$

En función de lo expuesto, si se considera la desaceleración como fracción de la aceleración de la gravedad, tendremos que ella puede reemplazarse mediante el coeficiente de fricción con lo que nos quedaría:

$$a = u.g$$

B.- La Ecuación Fundamental

Ahora bien, una vez establecido que la desaceleración o “drag factor” de un vehículo es igual al coeficiente de fricción por la aceleración de la gravedad, analizaremos la denominada “*ecuación fundamental*”, en base al “*Principio General de conservación de la Energía*”:

Dijimos que la Energía Cinética de un vehículo en movimiento al accionarse los frenos se transforma en Trabajo, es decir:

$$E_c = W$$

Es decir, si consideramos que el trabajo es igual a la Fuerza de frenado por la distancia que dicha fuerza actúa, tendremos:

$$\frac{1}{2} m \cdot V^2 = F \cdot d$$

Como fuerza igualmente es el producto de la masa por la aceleración tendremos que la Energía Cinética es igual a:

$$\frac{1}{2} m \cdot V^2 = m \cdot a \cdot d$$

Despejando las masas de dicha igualdad nos queda que:

$$\frac{1}{2} V^2 = a \cdot d$$

También dijimos que la aceleración (en este caso negativa) es igual a:

$$a = u \cdot g$$

Por lo tanto:

$$\frac{1}{2} V^2 = u.g.d$$

A fin de determinar el valor de la velocidad, que es lo que nos interesa establecer, conforme la distancia de frenado despejamos y tenemos que:

$$V^2 = 2.u.g.d$$

Despejando el cuadrado de la velocidad nos queda enunciada la “*ecuación fundamental*” para establecer la velocidad en base a la huella de frenada:

$$V = \sqrt{2.u.g.d}$$

Siendo “*V*” la velocidad de circulación, “*u*” el coeficiente de fricción que debemos aplicar según la superficie de frenado, “*g*” la aceleración de la gravedad que es igual a $9,81\text{m/s}^2$ y “*d*” la distancia de frenada que hayamos constatado.

Es de aclarar que esta fórmula es aplicable a los casos en que la velocidad final sea equivalente a 0 (cero) de lo contrario, en los casos de impactos habrá que sumarle la velocidad de impacto del rodado.

$$V = \sqrt{2.u.g.d} + V_i$$

Donde “*V*” es la velocidad de circulación y V_i es la velocidad de impacto.

Esta ecuación permite conocer la velocidad a partir de dos datos: el coeficiente de rozamiento y la longitud de la huella de frenado.

El coeficiente de rozamiento es un valor adimensional asignado a cada tipo de calzada, este número puede variar entre 0 y 1.

Anteriormente dijimos que al aumentar el peso aumenta también la energía cinética, esta representa la energía que posee un cuerpo debido a la velocidad que lo anima y se expresa como el producto entre la mitad de la masa de un móvil y el cuadrado de su velocidad. Cabe destacar que la energía cinética es proporcional a la masa pero para el mismo lugar del universo, el peso es proporcional a la masa.

CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

A fin de dar cumplimiento al propósito de la presente investigación y de acuerdo a lo enunciado en la hipótesis de trabajo se intentará determinar si *“Existe variación en la longitud de la huella de frenada al cambiar el peso en un automóvil Chevrolet Classic 1.6 (3 puertas), con uno y cuatro ocupantes”*, para lo cual se llevará a cabo un cuasi-experimento en el cual se realizarán ensayos de frenado (stop panic) a 30 km/k. a fin de cumplir con el objetivo general fijado en la misma: *“Comparar la longitud de la huella de frenado de un vehículo Chevrolet Classic 1.6 (3 puertas) con uno y cuatro ocupantes a 30 km/h.”*

A.- Nivel de Investigación:

La investigación por lo tanto es del Nivel Descriptivo y el objetivo es “comparar” para determinar si existen diferencias, y tendrá un enfoque cuantitativo ya que se utilizará la estadística para ponderar promedios de las variables numéricas.

B.- Tipo de Investigación:

La investigación será del tipo “experimental” donde existe manipulación de los datos por parte del investigador, consistente en variar el peso del vehículo.

De acuerdo a la cantidad de variables la investigación es del tipo “univariado” ya que sólo se considerará como variable de estudio la variable “longitud de frenada”, en tanto el factor a considerar (variable aleatoria o asociada) es el peso del vehículo.

Además será un estudio del tipo prospectivo ya que los datos serán tomados a propósito por el investigador y del tipo longitudinal ya que la variable de estudio (distancia de frenado) será medida en dos oportunidades (con uno y con cuatro ocupantes).

C.- Variable de estudio (variable de interés):

- Distancia de frenado.

D.- Variable asociada (factores):

- Peso del vehículo: con uno y cuatro ocupantes.

E.- Instrumentos de medición:

- Cinta métrica de 30 mts.
- Filmadora a fin de medir la velocidad real del vehículo, determinándose el tiempo empleado en recorrer 10 mts.
- Pirómetro a fin de conocer temperaturas de asfalto, frenos y cubiertas.
- Manómetro para medir la presión de inflado de los neumáticos.

F.- Materiales:

- Automóvil Chevrolet Classic 1.6 propiedad del autor, tres puertas, con un peso en vacío de 910 kg., equipado con cubiertas nuevas (sin uso), presión de inflado normal.
- Neumáticos: Se utilizaron Marca Racing 2000 modelo 82 h, rodado 185/60/14 con una presión de 30 libras cada una.
- Máquina Fotográfica tipo Reflex.
- Conos y otros materiales de seguridad.

- Tizas para demarcar huellas de frenada.

-Vehículo: El vehículo utilizado es sedan 3 pts. Marca Chevrolet Classic modelo 2003, motor 1.6.



Ilustración n°1 (Chevrolet classic 1.6)

Fuente: elaboración propia

-Neumáticos: Se utilizaron Marca Racing 2000 modelo 82 h, rodado 185/60/14 con una presión de cada una de 30 libras.



Ilustración n°2 (cubiertas racing 2000, 185/60/14)

Fuente: elaboración propia



Ilustración n°3 (calzada autódromo ángel pena)

Fuente: elaboración propia

E.- Descripción del Procedimiento:

Se llevó a cabo un cuasi-experimento (sin control de otras variables como temperatura de frenos y calada), mediante diez (10) ensayos de frenado realizados con un automóvil Chevrolet Clasic 1.6 (3 puertas) a 30 km/h. con un ocupante y se replicarán diez (10) ensayos de frenada en las mismas condiciones con cuatro ocupantes, a fin de obtener los valores de la distancia de frenado en cada caso.

Los ensayos se realizaron en el Autódromo General San Martín, sobre una superficie de hormigón nuevo encontrándose la calzada seca y en buenas condiciones.

Luego de cada ensayo se midieron los valores arrojados por cada par de cubiertas (izquierda y derecha) los cuales fueron promediados para obtener un valor final de la longitud de la huella de frenada. Los datos fueron registrados en una tabla de recolección de datos a fin de ser procesados posteriormente y obtener así las medidas de tendencia central y realizar comparaciones estadísticas de los resultados en ambos casos (con uno y cuatro ocupantes).

Posteriormente se procesaron los datos y se grafican los resultados.

CAPITULO V

RESULTADOS

1.- PROCEDIMIENTO

A.- Determinación de la Velocidad

Lo que intentamos determinar en esta investigación es como influye el peso en la longitud de huella de frenado. Para ellos se realizaron ensayos de frenado a una velocidad constante de aproximadamente 30 km /h.

Antes de realizar los ensayos, se verificó una prueba para poder mantener la velocidad que se iba a utilizar y así proceder a realizar sin inconvenientes los ensayos. Para ello se filmó el vehículo circulando entre dos conos ubicados a una distancia de 10 m. cada uno, tomándose el tiempo utilizado para recorrer dicha distancia.

Luego se realizó el cálculo de velocidad considerando que:

$$V = d/t$$

Donde "V" es la velocidad, "d" es la distancia recorrida y "t" el tiempo empleado para recorrer dicha distancia, siendo que la distancia es igual a 10 metros, mediante video filmación y utilizando un software adecuado que permite observar cuadro por cuadro, se comprobó que el rodado recorrió dicha distancia en 1,23 segundos.

Por lo tanto aplicando la fórmula de velocidad se estableció que:

$$V = 10m/1,23s = 8,3 \text{ m/s}$$

Siendo 8,3 m/s la velocidad de circulación, y realizada la conversión es que se estima que la velocidad promedio desarrollada real fue de 29,27 km/h., que es un estimativo próximo a los 30 km/h. deseados para los ensayos.

B.- Ensayos de Frenada

A partir de que empieza a frenar el vehículo se utilizó como referencia para empezar a efectuar las frenadas 2 conos ubicados uno en un sector de la calzada del lado oeste y otro del lado este y el mismo circulando de sur a norte.

Al alcanzar la altura de los conos el conductor aplicaba la mayor fuerza posible sobre el pedal de freno a fin de lograr el efecto de “frenada de pánico” con bloqueo de los neumáticos, a fin de imprimir la huella sobre el asfalto, la que luego fue cuantificada con cinta métrica por cuatro operadores (colaboradores), distinguiéndose entre huella derecha (HD) y huella izquierda (HI).



Ilustración n°7 (2 conos como referencia)

Fuente: elaboración propia

C.- Realización de pruebas

Posteriormente se empezaron a efectuar los ensayos de frenado a 30km/h dejando entre una y otra un periodo aproximado de 15 minutos a fin de no afectar el resultado por la temperatura de los frenos y en 2 días primero con 1 ocupante (conductor) de un peso de 70kg y un total de 10 frenadas en dirección de sur a norte, bloqueando totalmente el freno para luego proceder a medir las huellas, desde el momento que el vehículo comenzaba a frenar hasta la rueda delantera estando el vehículo totalmente detenido, y además observándose por medio de filmación y video.

Posteriormente se efectuó con 4 ocupantes (3 personas) con un peso cada uno de aproximadamente 76kg y el conductor, también con un total de 10 frenadas en la misma dirección y mismo sistema de bloqueo de freno y midiendo también las huellas entre 2 personas y observando a través filmación y fotografía las mismas en el momento de realizarse y al momento que se produjeron.

Sabiendo que en cada ensayo intervienen variables como temperatura, calentamiento de frenos, etc., que hacen cambiar los valores de las pruebas, lo que nos interesa es solo ver como varía la longitud de la huella frenado con 1 y 4 ocupantes a través frenados de pánico.

Este fenómeno depende de factores internos al conductor (que pueden manifestarse de diferentes formas) y externos al mismo (con el medio y el lugar que se produce la acción).

Por ende cada frenado deja, en algunos casos, como manifestación de los diversos factores que sobre él influyen una serie de elementos de constituyen de alguna manera el resultado de la influencia, que tiene todos los agentes o factores en el proceso de detención.

Son estos los resultados los que nos permiten en forma óptima cuantificar las magnitudes del movimiento para cada caso en particular. Esto implica que los valores que pueden obtenerse en un estudio serán, en mayor o menor

grado, diferentes a los que pueden encontrarse en próximos análisis, ya sea que estos se realizar en otros vehículos en el mismo.

A continuación se muestran las imágenes donde se ilustra el procedimiento realizado para obtener las huellas.



Ilustración n°8 (Medición de una longitud de huella con 4 ocupante)

Fuente: elaboración propia



Ilustración n°9 (Medición de una longitud de huella con 4 ocupante)

Fuente: elaboración propia



Ilustración n° 10 (vehículo circulando a 40km/h para realizar los ensayos)

Fuente: elaboración propia



Ilustración n° 11 (ensayos realizados con 1 ocupante)

Fuente: elaboración propia



Ilustración n° 12 (ensayos realizados con 4 ocupantes)

Fuente: elaboración propia



Ilustración n° 13 (2 conos de referencia donde comienza a frenar)

Fuente: elaboración propia

2.- RECOLECCIÓN DE DATOS

Con el fin de recoger los datos observados en el lugar realizado, se confeccionó una tabla, en el cual se reveló las huellas de frenado de cada prueba, observándose a continuación.

A.- Ensayos de frenada con un ocupante

Nro.	Velocidad	Vel. m/s	Cubiertas	Ocup.	Pe-so	Superficie	grados	Distancia frenado		Prom.
	Vel. k/h					Temp		Derecha	Izquierda	Dist.
1	30,00	8,33	Nuevas	1	980	normal	11	5,76	5,75	5,76
2	30,00	8,33	Nuevas	1	980	normal	11	6,56	6,22	6,39
3	30,00	8,33	Nuevas	1	980	normal	11	5,57	5,54	5,56
4	30,00	8,33	Nuevas	1	980	normal	11	6,30	5,87	6,09
5	30,00	8,33	Nuevas	1	980	normal	11	6,90	4,08	5,49
6	30,00	8,33	Nuevas	1	980	normal	11	5,10	4,30	4,70
7	30,00	8,33	Nuevas	1	980	normal	11	6,54	6,11	6,33
8	30,00	8,33	Nuevas	1	980	normal	12	6,52	5,82	6,17
9	30,00	8,33	Nuevas	1	980	normal	12	6,46	6,16	6,31
10	30,00	8,33	Nuevas	1	980	normal	12	5,99	5,18	5,59

Fuente: Datos obtenidos de ensayo de frenado

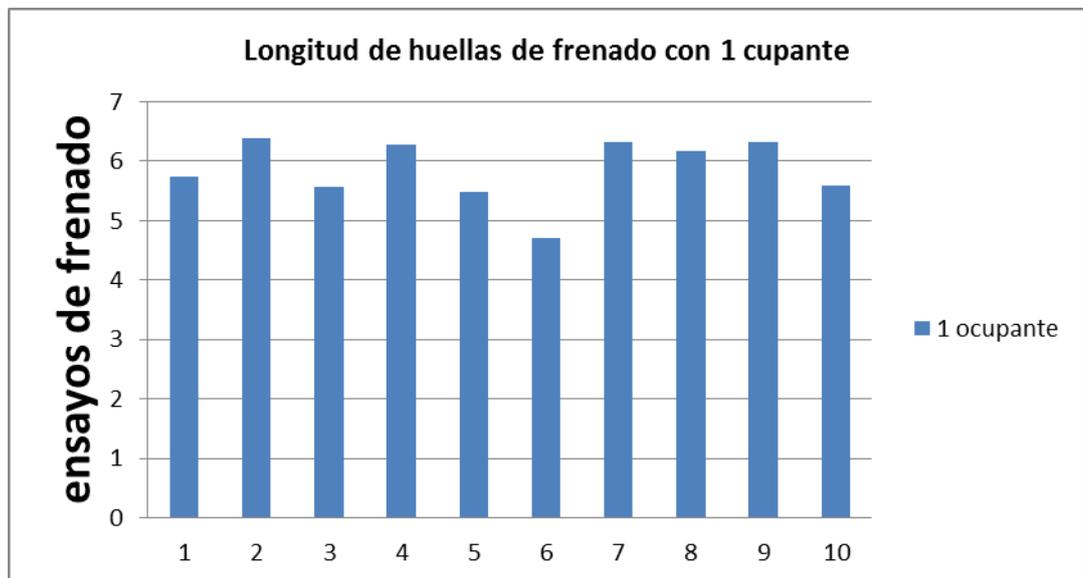
De acuerdo a los datos obtenidos se calcularon los promedios correspondientes al total del cuasi-experimento, lo que arrojó como resultado.

Nro.	Distancia frenado		Prom.
	Derecha	Izquierda	Dist.
1	5,76	5,75	5,76
2	6,56	6,22	6,39
3	5,57	5,54	5,56
4	6,30	5,87	6,09

5	6,90	4,08	5,49
6	5,10	4,30	4,70
7	6,54	6,11	6,33
8	6,52	5,82	6,17
9	6,46	6,16	6,31
10	5,99	5,18	5,59
Promedios	6,17	5,50	5,84

En el cuadro anterior se observa que el promedio de las huellas de frenada del costado izquierdo fue de 6,17 metros en tanto del costado derecho de 5,50 metros lo que da un promedio general de 5,84 metros de frenada para un ocupante.

En el gráfico comparativo siguiente se expresa la longitud de huellas de frenado para 1 ocupante en cada ensayo realizado donde da un promedio total de **5,84**.



Fuente: datos obtenidos del cuadro comparativo

B.- Ensayos de frenada con cuatro ocupantes

Nro.	Velocidad		Cubiertas	Ocup.	Peso	Superficie		Distancia frenado		Prom.
	Vel. k/h	Vel. m/s				Temp	grados	Derecha	Izquierda	Dist.
1	30,00	8,33	Nuevas	4	1210	Normal	15	4,55	5,7	5,13
2	30,00	8,33	Nuevas	4	1210	Normal	15	4,9	4,47	4,69
3	30,00	8,33	Nuevas	4	1210	Normal	15	5,6	5,56	5,58
4	30,00	8,33	Nuevas	4	1210	Normal	15	4,09	3,8	3,95
5	30,00	8,33	Nuevas	4	1210	Normal	17	4,04	4,76	4,40
6	30,00	8,33	Nuevas	4	1210	Normal	17	4,61	4,72	4,67
7	30,00	8,33	Nuevas	4	1210	Normal	20	4,51	3,81	4,16
8	30,00	8,33	Nuevas	4	1210	Normal	20	4,84	4,8	4,82
9	30,00	8,33	Nuevas	4	1210	Normal	20	4,78	5,12	4,95
10	30,00	8,33	Nuevas	4	1210	Normal	26	5,77	5,33	5,55

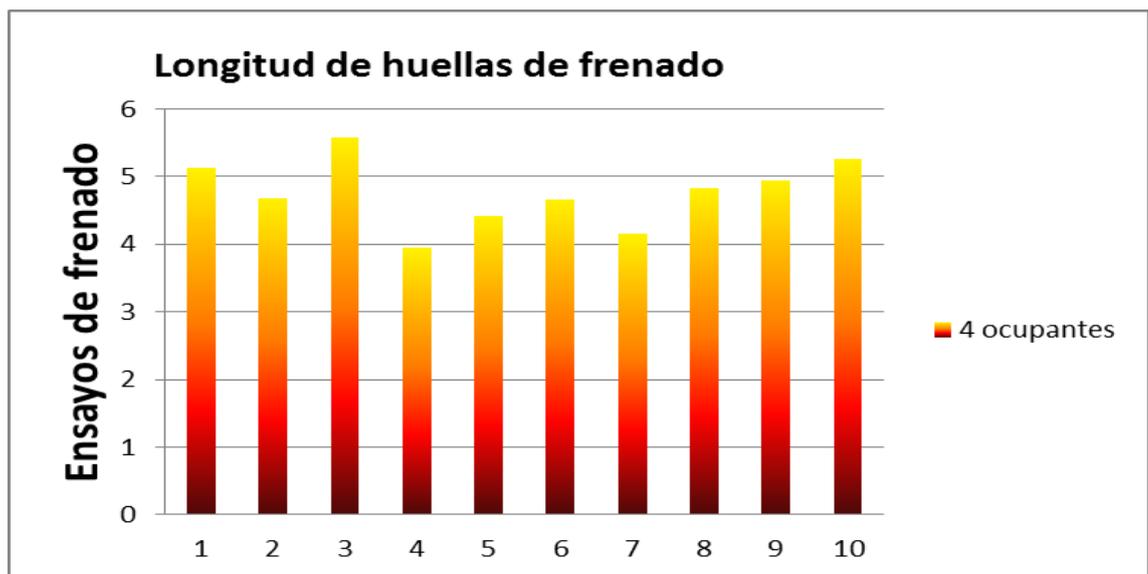
Fuente: Datos obtenidos de ensayo de frenado

De acuerdo a los datos obtenidos se calcularon los promedios correspondientes al total del cuasi-experimento, lo que arrojó como resultado.

Nro.	Distancia frenado		Prom.
	Derecha	Izquierda	Dist.
1	4,55	5,7	5,13
2	4,9	4,47	4,69
3	5,6	5,56	5,58
4	4,09	3,8	3,95
5	4,04	4,76	4,40
6	4,61	4,72	4,67
7	4,51	3,81	4,16
8	4,84	4,8	4,82
9	4,78	5,12	4,95
10	5,77	5,33	5,55
Promedios	4,77	4,81	4,79

En el cuadro anterior se observa que el promedio de las huellas de frenada del costado izquierdo fue de 4,77 metros en tanto del costado derecho de 4,81 metros lo que da un promedio general de 4,79 metros de frenada para un ocupante.

En el gráfico comparativo siguiente se expresa la longitud de huellas de frenado para 1 ocupante en cada ensayo realizado donde da un promedio total de **5,84**.



Fuente: datos obtenidos del cuadro comparativo

3.- ANÁLISIS DE LOS DATOS (Estadísticos Descriptivos)

A.- Ensayos de frenada con un ocupante

En los ensayos realizados para determinar la longitud de huella de frenado para **1 ocupante** se pueden observar que:

- Cantidad de Ensayos realizados: 10

- La observación máxima es de **6,39 m** mientras que la mínima es **4,70 m**.
- La diferencia entre el mayor y el menor valor observado es **1,69 m**.

$$R = X_{\max} - X_{\min} =$$

$$R = 6,39 - 4,70 = \mathbf{1,69}$$

- Medidas de tendencia central

Media: La longitud promedio de las huella de frenado con un 1 solo ocupante es de **5,84 m**.

$$\bar{X} = \frac{\sum xi \cdot fi}{N} =$$

$$\bar{X} = \frac{58,39}{10} = 5,84$$

$$\bar{X} = \mathbf{5,8390 = 5,84}$$

Mediana: La mitad de la longitud de huella de frenado son menores o iguales que **1,1** y la otra mitad son mayores o iguales que **1,1**.

$$Me = Lm + \left(\frac{\frac{n+1}{2} - Fi-1}{fi} \right) \cdot h =$$

$$Me = \mathbf{5,9250}$$

Moda: la longitud de huella de frenado que más se repite es **5,5 m**.

$$Mo = Lm_o + \left(\frac{d_1}{d_1 + d_2} \right) . h =$$

$$Mo = 5,5$$

Medidas de Tendencia Central

Media	Mediana	Moda	Máx.	Mín.
5,84	5,92	5,5	6,39	4,70

Fuente Elaboración propia

B.- Ensayos de frenada con cuatro ocupantes

En los ensayos realizados para determinar la longitud de huella de frenado para 4 ocupantes se pueden observar que:

- Cantidad de Ensayos realizados: 10
- La observación máxima es de **5,58 m** mientras que la mínima es **3,95 m**.
- La diferencia entre el mayor y el menor valor observado es **1,63 m**.

$$R = X_{\max} - X_{\min} =$$

$$R = 5,58 - 3,95 = 1,63$$

- Medidas de tendencia central

Media: La longitud promedio de las huella de frenado con 4 ocupantes es de **4,79 m.**

$$\bar{X} = \frac{\sum xi \cdot fi}{N}$$

N

$$\bar{X} = \frac{47,9}{10} = 4,79$$

$$\bar{X} = \mathbf{4,79}$$

Mediana: La mitad de las distancias son menores o iguales que **0,5** y la otra mitad son mayores o iguales que **0,5**

$$Me = Lm + \left(\frac{\frac{n+1}{2} - Fi-1}{fi} \right) \cdot h =$$

$$\mathbf{Me = 5,75}$$

Moda: la distancia de frenado que más se repite es **4,6**.

$$Mo = Lm_o + \left(\frac{d_1}{d_1 + d_2} \right) \cdot h =$$

$$\mathbf{Mo = 4,6}$$

Medidas de Tendencia Central

Media	Mediana	Moda	Máx.	Mín.
4,79	4,75	4,6	5,58	3,95

Fuente Elaboración propia

C.- Comparación de promedios. Ponderación de Resultados

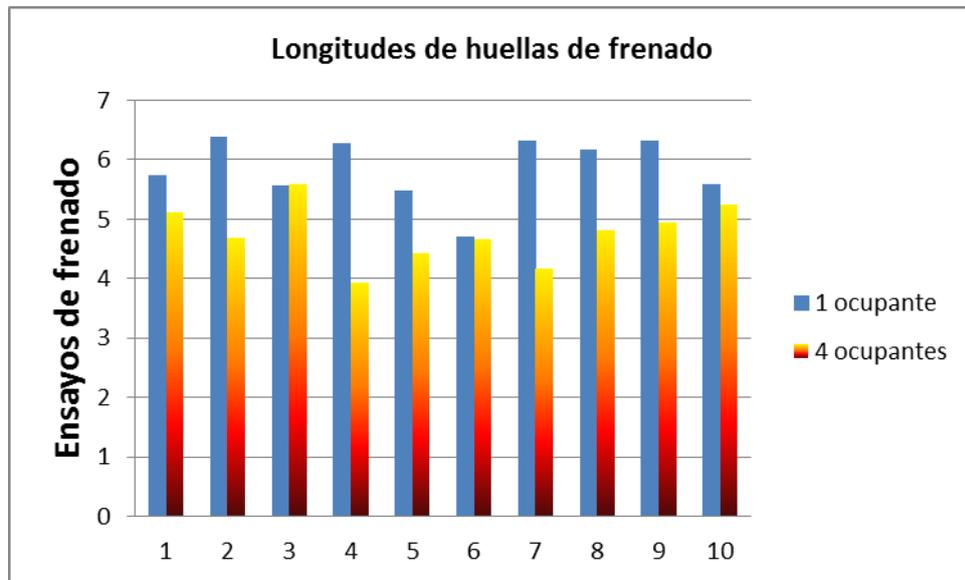
En el siguiente cuadro comparativo se comparan las medidas de tendencia central obtenidas en los ensayos de frenada con uno y cuatro ocupantes.

Medidas de Tendencia Central

Cantidad de Ocupantes	Peso del Rodado	Media	Mediana	Moda	Máx.	Mín.
Uno	980 kg.	5,84	5,92	5,5	6,39	4,70
Cuatro	1210 kg.	4,79	4,75	4,6	5,58	3,95
Diferencia	230 kg.	-1,05m.	-1,17m.	-0,9m.	-0,81m.	-0,75m.

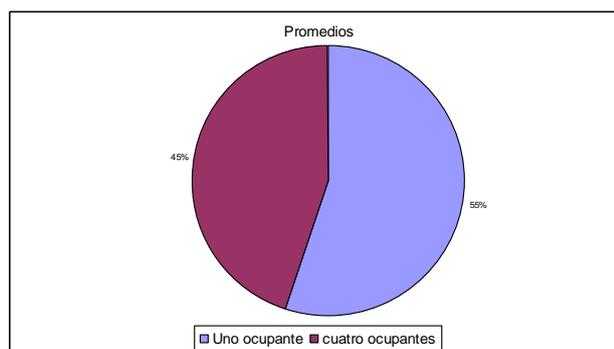
Fuente Elaboración propia

En este gráfico se puede observar las diferencias de las longitudes de huella de frenado entre 1 ocupante y 4 ocupantes. Siendo que a simple vista se puede ver que la longitud de huella de frenado con 1 ocupante es mayor a la longitud de huella de frenado con respecto a con 4 ocupantes.



Fuente: datos obtenidos del cuadro comparativo

De acuerdo a los datos recogidos se puede observar que a mayor cantidad de ocupantes la longitud de la huella de frenada disminuye hasta en un 10% respecto de una frenada con un solo ocupante, lo cual se grafica a continuación.



Fuente elaboración propia

CAPÍTULO VI

DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

De acuerdo a los antecedentes investigativos relacionados a la presente investigación, se puede decir que el Licenciado Emmanuel Alvea (ya citado) analiza sobre la influencia del peso en la huella de frenado y las características que deja un Ford Ranchero en la huella de frenado, lo cual en esta investigación determinó que un vehículo circulando a una velocidad constante y con carga adicional, deja una huella de frenado mas prolongado a medida que aumenta dicha carga.

De acuerdo a las experiencias realizadas en esta investigación no se cumple lo antes mencionado ya que mientras mas peso tenga el vehículo, disminuye la longitud de huella de frenado.

El Libro de pruebas 2000 al realizar un estudio de influencia de peso en un Renault Megane 1.6 en el cual realizaron pruebas con peso cargado tanto con 1 ocupante como con más de 2 ocupantes a velocidad constante llegan a concluir que varia la huella de frenado con una distancia superior en este caso de 40 metros mas que con peso cargado.

Siendo así que esta investigación determina también que a mayor peso al vehículo en este caso un Chevrolet classic 1.6, a una velocidad constante de 40km/h la longitud de huella de frenado con 1 ocupante es mas extendida que con 4 ocupantes.

A continuación se observarán algunas longitudes de huellas de frenado realizadas en los ensayos tanto de 1 ocupante como con 4 ocupantes.

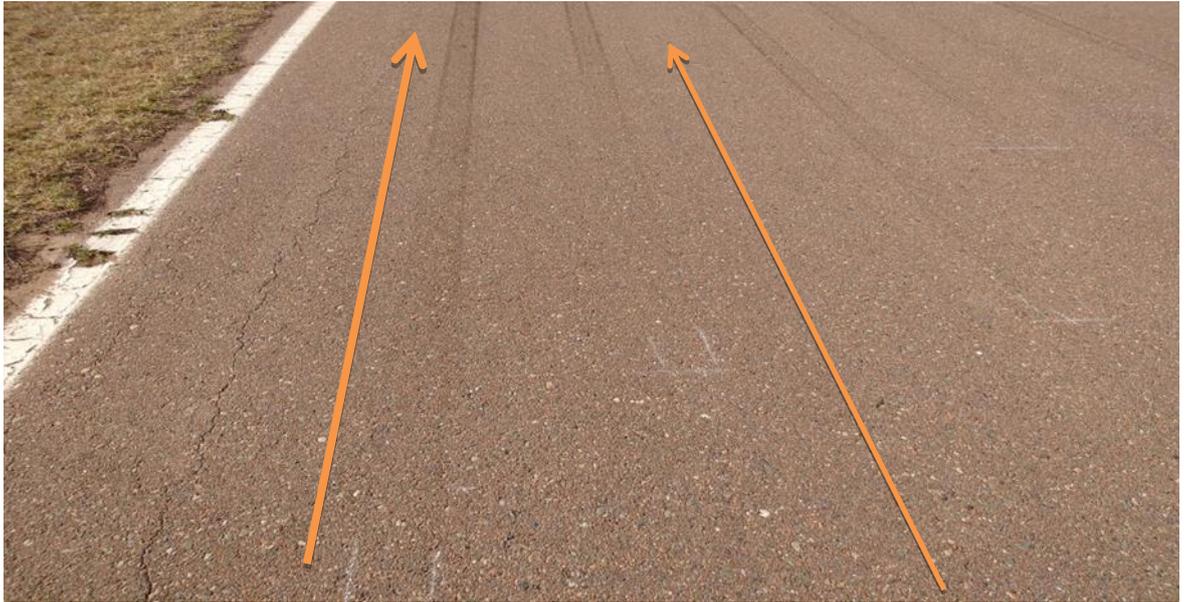


Ilustración n°14 (Longitud de huella de frenado con 1 ocupante con una de medida de 6,17 metros)

Fuente elaboración propia

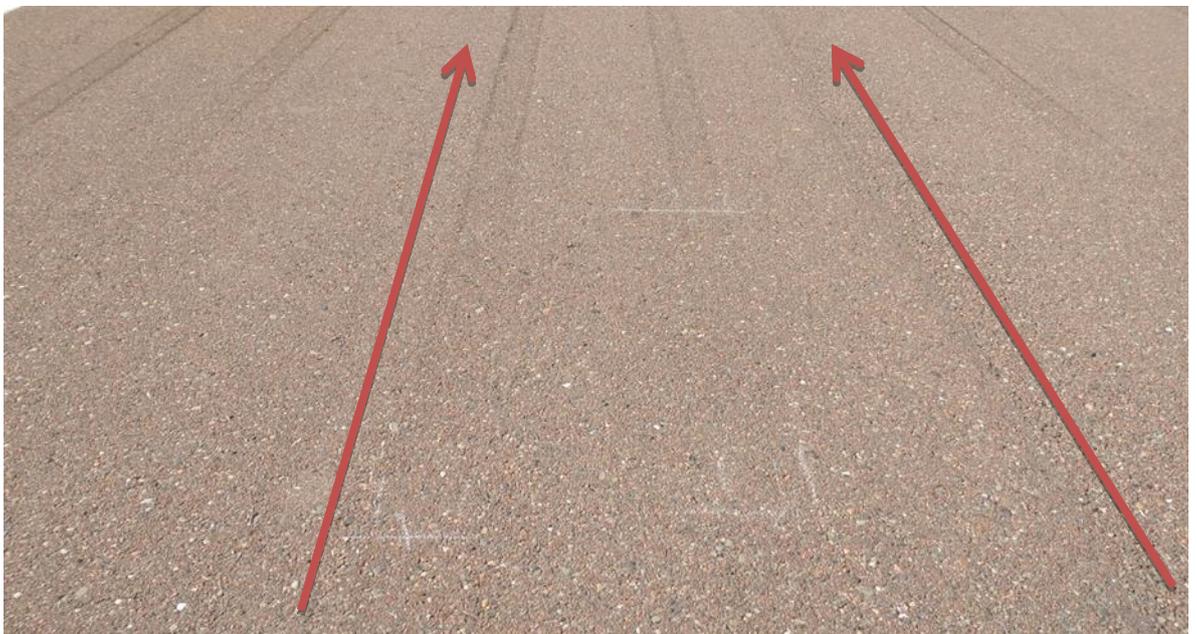


Ilustración n°15 (longitud de huella de frenado con 1 ocupante con una medida de 6,39 metros).

Fuente elaboración propia



Ilustración n°16 (Longitud de huella de frenado con 4 ocupantes con una medida de 4,68 metros).

Fuente: elaboración propia

CAPÍTULO VII

CONCLUSIÓN

De las experiencias llevadas a cabo en los ensayos con frenados de pánico determinando longitud de huella con 1 ocupante y 4 ocupantes con un vehículo Classic motor 1.6 a una velocidad constante que acusaba el velocímetro a 40km/h, siendo la velocidad real de 29,27 km/h, en el cual corresponde a 8,3 m/s con un recorrido de 10 igual a 1,23 seg., en asfalto seco en buenas condiciones, se pudo llegar a la conclusión que:

- Hay una diferencia de variación de **1,05** metros entre la longitud de huella de frenado con 1 ocupante y con 4 ocupantes.
- La longitud media de la huella de frenado con 1 ocupante es de **5,84** metros.
- La longitud media de la huella de frenado con 4 ocupantes es de **4,79** metros.

En base a los resultados obtenidos y comparando los promedios registrados para frenadas de pánico con uno y cuatro ocupantes en un automóvil Chevrolet Clasis 1.6 3 puertas, se puede afirmar que se ha logrado verificar la hipótesis planteada en esta investigación consistente en que:

“Existe variación en la longitud de la huella de frenada al cambiar el peso en un automóvil Chevrolet Classic 1.6 (3 puertas), con uno y cuatro ocupantes.”

Lo cual se concluye de los cálculos estadísticos realizados en el desarrollo de la presente.

En este trabajo se dejó de lado distintas variables para abrir las puertas para varios interrogantes que podrían usarse para utilizar futuras investigaciones para ampliar la información actual o bien descubrir nuevos acontecimientos siendo como:

- Realizar las mismas pruebas con otro vehículo, en este caso podría ser con el Gol Trend ya que también es uno de los vehículos más vendidos en últimos años y que circula mucho en la vía pública.

- Realizar los ensayos de frenado en otro tipo de calzada.

- Realizarlo con distintas velocidades constantes según acuse el velocímetro para obtener diferencias entre ambos.

CAPÍTULO VIII

REFERENCIA BIBLIOGRAFICAS

- Alvea, E. (2008). Tesina “La influencia del peso en la huella de frenado”. Universidad del Aconcagua, Facultad de Psicología, Licenciatura en Criminalística. Mendoza, Argentina.
- Castro, G (2008) Materiales y compuestos para la industria del neumático departamento de ingeniería mecánica, recuperado en diciembre del 2008 http://campus.fi.uba.ar/file.php/295/Material_Complementario/Materiales_y_Compuestos_para_la_Industria_del_Neumatico.pdf
- Garcia, A (2011) Accidente de transito. Investigación y reconstrucción. Buenos aires: Nueva Librería. -
- Guardia Civil. (2007) Investigación de accidentes de tráfico, editor- dirección general de tráfico.-
- Guzman, C. (2000) Manual de criminalística, edición buenos aires, la Rocca.-
- Irureta, V. (2003). Accidentologia Vial y Pericia, 3ra edición, Buenos Aires. La Rocca.-
- Juan, H. (2004). Introducción a la ciencia criminalística, autor Héctor Juan. Ediciones Jurídicas Cuyo.-
- Leiva, A (2003) Análisis de accidentes viales aplicando la ingeniería de transito. Guatemala. Recuperado el 20 de mayo de 2014 de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_2324c.pdf
- Libro de pruebas de auto test (2000) – Influencia de peso -cuidados extra, mayo 2000.-

- Mantaras, D. y otros (2005) Investigación de accidentes de tráfico. La toma de datos. España. Thomson Editores Spain Paraninfo, SA.-
- Mapfre. (2013).Concejos para conducir con el coche muy cargado, publicado por canal Motor 2013 –canales Mapfre.- recuperado de <http://www.motor.mapfre.es/concejos-practicos/concejos-de-conduccion/4119/consejos-para-conducir-con-el-coche-muy-cargado>
- Martines, L. (2010) Tesina Influencia del desgaste del neumático en el calculo de velocidad. Universidad del Aconcagua, Facultad de Psicología, Licenciatura en Criminalística, Mendoza, Argentina.-
- Pons, F. & Quinzano, S. (2010) Ingeniería de los accidentes viales. Accidentologia Vial..Agosto 2010.- Archivo en formato Word, recuperado de internet a través de google.-
- Siomma. (2008). Sistema de información online del mercado del automotor de argentina Patentamiento de automotores 2008 ACARA –Asociación de concesionarios de automotores de la Republica Argentina.- recuperado de <http://www.siomaa.com/Account/Login?ReturnUrl=%2f>
- Tabasso, C. (1998) Fundamentos del transito, vol. 1, jurídicas, técnicos, accidente lógicos, Julio Cesar Faira, editor.-

