

UNIVERSIDAD DEL ACONCAGUA



**FACULTAD DE PSICOLOGÍA
LICENCIATURA EN CRIMINALÍSTICA**

TEMA

“Establecer el ángulo de visión para la observación de las características producidas por las huellas de frenado, en el sector de inicio, previo al depósito de partículas de caucho, sobre asfalto seco, en buen estado de conservación, bajo condiciones de velocidad constante”.

TESISTA:

Marcelo Alberto ROSALEZ

DIRECTOR:

Licenciado José Victor VEGA

Ciudad (Mza), de noviembre de 2014



RESUMEN

SUMMARY

RESUMEN DEL TRABAJO DE INVESTIGACION

Este trabajo de investigación consistió en determinar el ángulo de visión para la observación de las características de las huellas de frenado, en el sector de inicio, previo al depósito de partículas de caucho sobre la carpeta asfáltica.

En el comienzo de la investigación se efectuó una búsqueda bibliográfica acerca de las huellas de frenado de pánico y lo relacionado a ellas. Luego se realizó la selección de los materiales necesarios para llevar a cabo la experimentación.

En segundo para establecer las variables que serian tomadas en cuenta al momento de realizar las experiencias, se realizaron diez experiencias exploratorias de frenado de pánico. Una vez efectuada la selección de las variables se realizaron 40 (cuarenta) maniobras de frenado de pánico (panic stop) en una calzada de asfalto seco y limpio, a una velocidad constante de 60km/h, a una temperatura ambiente promedio entre 20°C y 25°C, con un intervalo de tiempo entre maniobra de 30 minutos.

Luego de cada prueba en el terreno, se mensuro las huellas de frenado visibles y difusas tomando nota en el instrumento de colección de datos, fotografiando las mismas desde las distintas posiciones de referencia establecidas para dicho estudio. Una vez en el laboratorio se observaron las imágenes obtenidas de las huellas de frenado, en el sector de inicio, previo al depósito de partículas de caucho, tomando nota en el instrumento de colección

de datos diseñado para la observación o no de las mismas, y luego describiendo las características observadas.

Una vez realizado el análisis de los resultados obtenidos, se arribo a una conclusión, con el fin de realizar un aporte de datos sobre las huellas de frenado para la ciencia criminalística.

SUMMARY

This research work was to establish the angle of view for observing the characteristics of the skid marks in the boot sector, prior to deposition of particles of rubber on the asphaltic.- folder

In the beginning of the study a literature search on the footsteps of panic braking was performed and related to them. Selection of materials needed is then performed to carry out the experiment.

Secondly to set the variables that would be taken into account when making the experience ten exploratory experiences panic braking is performed. Once the selection of the 40 variables panic braking maneuvers (panic stop) were performed (forty) in a clean dry road asphalt at a constant speed of 60km / h, at an average ambient temperature of 20 ° C and 25, a switching time interval between 30 minutes.

After each field test, traces of visible and diffuse braking noting the instrument of data collection, photographing them from different reference positions established for this study was measure. Once in the laboratory the images obtained from the skid marks in the boot sector, were observed prior to deposition of particles of rubber, noting the data collection instrument designed for the observation or not of the same, and then describing the observed characteristics.

Having performed the analysis of the results, he arrived at a conclusion, in order to make a contribution of data on skid marks for forensic science.

AGRADECIMIENTOS

A Dios y la Virgen.

A mi familia, mi amada esposa Elisa, que es el pilar fundamental en mi vida, a mis hermosas hijas, Aldana y Florencia, por ser la luz de mi vida.

A mis padres Luz y Alberto, por el apoyo que me brindaron y me brindan en mi vida.

A mis compañeros, esos viejos policías, quienes colaboraron y me guiaron en el comienzo de mi formación, como Criminalista.

Al Licenciado José Víctor Vega, por creer en mí desde el primer día y el apoyo que me brindo para realizar este trabajo.



ÍNDICE

ÍNDICE

Hoja de evaluación-----	03
Resumen-----	05
Summary-----	07
Agradecimientos-----	09
Índice-----	11

CAPÍTULO I

Introducción -----	18
Formulación del problema -----	20
Implicancias del trabajo de investigación-----	22

CAPÍTULO II

Antecedentes -----	24
--------------------	----

CAPÍTULO III

Marco Teórico-Conceptual -----	33
1. Mecánica -----	33
2. Siniestrolología -----	38

CAPÍTULO IV

Objetivos de trabajo -----	44
----------------------------	----

Objetivo General-----	44
Objetivos Específicos-----	44

CAPÍTULO V

Metodología de la investigación -----	47
1. Tipo de estudio o diseño -----	47
2. Definición de las variables -----	47
3. Muestra-----	48
4. Selección de elementos -----	48
5. Procedimiento-----	53

CAPÍTULO VI

Instrumento de recolección de datos-----	62
--	----

CAPÍTULO VII

Análisis de los datos y discusión de los resultados -----	65
1. Análisis de Datos-----	65
2. Discusión de Resultados-----	87

CAPÍTULO VIII

Conclusión -----	91
------------------	----

CAPÍTULO IX

Bibliografía -----	93
--------------------	----

ANEXOS -----	96
Tabla de colección de datos longitudes de huellas de frenado.-----	97
Gráfico de longitudes de huellas de frenado. -----	98
Tabla de valores porcentuales de huellas de frenado.-----	99
Gráfico de valores porcentuales de huellas de frenado. -----	100
Tabla de resultados de los ángulos de observación en la posición P1.	101
Tabla de resultados de los ángulos de observación en la posición P2.	102
Tabla de observación de la huella difusa. Posición P1- altura A1. -----	103
Tabla de observación de la huella difusa. Posición P1- altura A2.-----	104
Tabla de observación de la huella difusa. Posición P1- altura A3. -----	105
Tabla de observación de la huella difusa. Posición P1- altura A4.-----	106
Tabla de observación de la huella difusa. Posición P1- altura A5. ----	107
Tabla de observación de la huella difusa. Posición P2- altura A1. ----	108
Tabla de observación de la huella difusa. Posición P2- altura A2. ----	109
Tabla de observación de la huella difusa. Posición P2- altura A3. ----	110
Tabla de observación de la huella difusa. Posición P2- altura A4. ----	111
Tabla de observación de la huella difusa. Posición P2- altura A5. -----	112
Grafico ilustrativo Posición de la cámara P1 distancia D1 altura A1. -	113
Grafico ilustrativo Posición de la cámara P1 distancia D1 altura A2. -	113
Grafico ilustrativo Posición de la cámara P1 distancia D1 altura A3-----	114
Grafico ilustrativo Posición de la cámara P1 distancia D1 altura A4 -----	114
Grafico ilustrativo Posición de la cámara P1 distancia D1 altura A5.----	115
Grafico ilustrativo Posición de la cámara P2 distancia D2 altura A1.----	116
Grafico ilustrativo Posición de la cámara P2 distancia D2 altura A2.----	117
Grafico ilustrativo Posición de la cámara P2 distancia D2 altura A3.----	117
Grafico ilustrativo Posición de la cámara P2 distancia D2 altura A4.----	118
Grafico ilustrativo Posición de la cámara P2 distancia D2 altura A5.----	118

ILUSTRACIONES

Ilustración n° 1: factor de desaceleración durante el movimiento de frenado con bloqueo. -----	30
Ilustración n° 2: GPS. -----	49
Ilustración n° 3: Cinta métrica flexible. -----	49
Ilustración n° 4: Cinta métrica rígida. -----	50
Ilustración n° 5: Cámara filmadora digital. -----	50
Ilustración n° 6: Cámara Fotográfica Réflex. -----	51
Ilustración n° 7: Termómetro. -----	51
Ilustración n° 8: Comparación GPS y velocímetro.-----	54
Ilustración n° 9: Comparación GPS y velocímetro.-----	54
Ilustración n° 10: de las huellas de frenado. -----	67
Ilustración n° 11: rueda delantera y final de huella de frenado. -----	68
Ilustración n° 12: restos de caucho y abrasiones en rueda delantera. --	69
Ilustración n° 13: huella de frenado derecha en P1 y P2 altura 1.5m.--	70
Ilustración n° 14: huella de frenado izquierda en P1 y P2 altura 1.5m.-	70
Ilustración n° 15: huella de frenado derecha en P1 D1 altura 1m. -----	71
Ilustración n° 16: huella de frenado Izquierda en P1 D1y P2 D2, altura 1m. -----	71
Ilustración n° 17: huella de frenado difusa derecha en posición P1 D1, altura 0.5metro. -----	72
Ilustración n° 18: huella de frenado difusa derecha en posición P1 D1, altura 0.4metro. -----	72
Ilustración n° 19: huella de frenado difusa derecha en posición P1 D1, altura 0.3metro. -----	73
Ilustración n° 20: huella de frenado difusa izquierda en posición P1 D1, altura 0.5metro. -----	73
Ilustración n° 21: huella de frenado difusa izquierda en posición P1 D1, altura 0.4metro. -----	74
Ilustración n° 22: huella de frenado difusa izquierda en posición P1 D1, altura 0.3metro. -----	74

Ilustración n° 23: huellas de frenado difusa izquierda y derecha en posición P2 D2, altura 0.5metro. -----	75
Ilustración n° 24: huellas de frenado difusa izquierda y derecha en posición P2 D2, altura 0.4metro. -----	75
Ilustración n° 25: huellas de frenado difusa izquierda y derecha en posición P2 D2, altura 0.3metro. -----	76

TABLAS

Tabla n° 1: instrumento de colección de datos, longitudes de las huellas de frenado.-----	62
Tabla n° 2: instrumento de colección de datos, observaciones de huella de frenado Difusa.-----	63
Tabla n° 3: comparativo de observaciones realizadas en posición P1 D1.-----	77
Tabla n° 4: comparativo de observaciones realizadas en posición P2 D2.-----	79
Tabla n° 5: comparativa del porcentual del total de observaciones. ---	82
Tabla n° 6: valores medios de los ángulos calculados, obtenidos en posición P1 D1. -----	83
Tabla n° 7: valores medios de los ángulos calculados, obtenidos en posición P1 D1. -----	84
Tabla n° 8: comparación de los valores medios calculados de los ángulos en ambas posiciones.-----	85

GRAFICOS

Gráfico n° 1: vista del lateral izquierdo del rodado, en posición de la cámara P1. -----	58
Gráfico n° 2: vista del lateral izquierdo del rodado, en posición de la cámara P2. -----	58

Gráfico n° 3: vista del lateral izquierdo del rodado, representación de los lados para calculo trigonométrico. -----	60
Gráfico n° 4: comparativo de observaciones en posición P1 D1. -----	77
Gráfico n° 5: comparativo de observaciones en posición P2 D2.-----	80
Gráfico n° 6: comparativo porcentual promedio de todas las observaciones realizadas. -----	82



CAPÍTULO I

- **INTRODUCCIÓN**
- **FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**
- **IMPLICANCIAS DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**

INTRODUCCIÓN

En el estudio de los Siniestros Viales, uno de los aspectos más importantes es el referido a la capacidad del vehículo para reducir la velocidad y detenerse, y el comportamiento de este en cualquier circunstancia de desaceleración o frenado. El comportamiento de un vehículo en el frenado dependerá de varios factores, principalmente del equilibrio y compensación de los diversos circuitos interconectados al sistema de Frenos del vehículo.

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

Las huellas de frenado son, sin duda, indispensables en la investigación, pero si, se les desea tomar como prueba en la investigación de los siniestros viales, es fundamental realizar una correcta mensura de estas. Diferenciar las marcas dejadas por los neumáticos, durante la producción del siniestro vial, no es una tarea sencilla.

La correcta identificación del inicio y del final de las huellas de frenado, es un factor valioso, para la posterior determinación de la velocidad de circulación del vehículo al momento de iniciar la maniobra de frenado; por lo que relevar en el terreno, con precisión el sector de inicio de la huella de

frenado y finalización de la misma, tiene gran relevancia al momento de calcular la velocidad real del rodado, en la investigación de los siniestros viales.

El punto donde finaliza la huella de frenado es de sencilla determinación, se no se ha alterado el escenario del hecho, pero no así el punto donde se inicia la huella de frenado, que es el sector previo al depósito de partículas de caucho sobre la superficie; es por ello que a través de esta investigación se describirán las características del sector donde no ha iniciado este desprendimiento de partículas y el ángulo en el cual se evidencia su observación, a los efectos de un relevamiento de las huellas de frenado más preciso.

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

En la determinación de la velocidad de los rodados intervinientes en un siniestro vial, al momento del inicio de la huella de frenado es un factor determinante, para la investigación legal del siniestro, pero los resultados obtenidos no siempre son los más próximos a la realidad, debido a que en la determinación influyen diversos factores, tales como; la mensura de las huellas de frenado realizadas en el sector donde se depositan las partículas de caucho desprendidas de la rueda (huella visible); la posición donde se ubica el perito para observar la huella de frenado no es la correcta, al momento de visualizar el sector de la huella previo al inicio del depósito de las partículas de caucho y el desconocimiento de las características de las huellas de frenado por parte del observador, pueden generar incertidumbre y esto se refleja en el resultado final, produciendo una variación entre la velocidad calculada al utilizar solo la huella visible y la velocidad "real" de circulación del vehículo.-

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 en las zonas de contacto entre el neumático (banda de rodadura) y el piso; y ante la abrasión deposita partículas del neumático en el asfalto. El frenado en general es siempre un proceso de desaceleración. Como tal, durante el mismo el cuerpo pierde energía cinética, que se transforma o disipa en forma de energía, térmica, acústica y mecánica, en este caso como trabajo de fricción. Durante el frenado de pánico, el deslizamiento alcanza los valores máximos, por lo que la energía dominante que se disipa, es la producida en el contacto del neumático-piso. Es

necesario precisar el sector previo al depósito de las partículas en el asfalto y el ángulo de observación de la huella difusa, para un correcto relevamiento de las huellas de frenado total.

Por ello es que surge el siguiente interrogante ¿cuales son las características del sector del inicio, previo depósito de partículas de sobre la superficie y el ángulo visión para la observación de las mismas?

Con esta investigación se procura describir las características de la huella de frenado, en el sector previo al desprendimiento de las partículas de caucho sobre la carpeta asfáltica y el ángulo de visión desde el cual se logran observar las huellas de frenado difusas, facilitando el relevamiento de la huella de frenado total, lo que nos permitirá establecer con mayor exactitud la velocidad de circulación del vehículo al momento de comenzar la maniobra de frenado, aproximándonos aun mas a la velocidad real.

IMPLICANCIAS DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

La adecuada visualización de las características del punto donde se da el inicio de la huella de frenado; es una forma de garantizar el correcto proceso legal, durante la investigación de un siniestro vial.

La huella de frenado, inicia segundos antes del desprendimiento del caucho sobre la calzada, lo que nos dice que es de suma importancia determinar ese sector, a los efectos del correcto relevamiento de la huella de frenado.

En esta investigación se pretende establecer el ángulo de observación de las características del punto de inicio de las huellas de frenado de pánico producidas por el vehículo; aportar a los investigadores información sobre el estudio de las huellas de frenado en asfalto; aportar información sobre la huella de frenado difusa, a considerar al momento de realizar el análisis de un siniestro vial, utilizando el modelo físico del cálculo de la velocidad de circulación de los rodados a través de la huella de frenado.



CAPÍTULO II

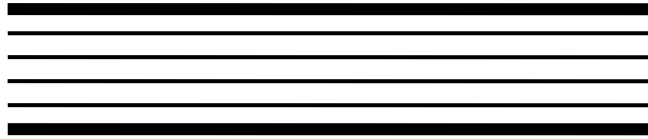
- MARCO CONCEPTUAL DE REFERENCIAS

ANTECEDENTES

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

En lo que respecta a las características de la huella de frenado, Guardia Civil Española (1990), dice:

“...La goma pulverizada puede verse en forma de una nube entorno a la superficie del neumático sobre uno de estos pavimentos cuando este empieza a deslizarse. Estas nubes se convierten en humo cuando se recalienta el neumático y en vapor cuando hay humedad en el firme. El polvillo se acumula en la trama del dibujo y queda depositado, como residuo de neumático, al final del patinazo cuando la rueda comienza a girar de nuevo. Esta huella de deslizamiento es como una sombra y muy difícil de localizar o fotografiar. El polvo de goma se puede recoger humedeciendo la yema de los dedos. Esta clase de huellas de patinazos pueden durar solo minutos o varias horas. El viento y la lluvia pueden hacer desaparecer estas partículas de goma y el tráfico las dispersa rápidamente. (...)Con una correcta presión y un neumático con dibujo adecuado la forma que presentan las huellas de deslizamiento es la siguiente:



Como se observa se forma un conjunto de líneas paralelas correspondientes a los salientes de la escultura de la banda de rodadura, dejando en blancos, naturalmente, los espacios huecos del dibujo...”
(p.436/445)

Asimismo Mantaras, D., Rodríguez, P. y González-Carbajal García, J. (2005), manifiestan al respecto:

“...Son producidas por esfuerzos longitudinales y estos son de tal magnitud que superan valores máximos admisibles de adherencia, presentan marcas longitudinales. Por regla general, las huellas de tracción presentan una marca mas visible en su inicio, disminuyendo la intensidad de la huella a medida que el vehículo gana velocidad. Es habitual que aparezcan mas marcados los laterales del neumático, con dos líneas paralelas más visibles, en la parte final de una huella de aceleración. Por el contrario, las huellas de frenado incrementan su marcado con el sentido de avance...”
(p.320-321).

El señor Gustavo Brambati, integrante del grupo de Seguridad Vial del CESVI, habla de las huellas de bloqueo:

“Es común observar a gran cantidad de conductores que participan de accidentes graves apretando el pedal de

freno de una manera muy brusca instantes antes del impacto, lo que genera un bloqueo de sus ruedas. Al ser una misma zona del neumático la que roza contra la ruta, mientras que el vehículo se desplaza, hará que la porción de caucho que está en contacto con la calzada comience a tomar temperatura producto de la fricción. Además, al derretirse el compuesto del mismo, dejará una marca muy característica de color negro que se la conoce técnicamente como huella de bloqueo” (p. 4).-

Con respecto a la impronta de las huellas, el autor García A. (2011), manifiesta:

“La fuerza en el 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 de hasta que la rueda deje de girar (bloqueo), sin que se anule la velocidad de traslación en el eje. (...) En un movimiento rodadura pura –que es una condición ideal- la resistencia de avance esta 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 periodos cada vez más largos. La fricción entre el 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 deposito en el pavimento, al que se fijan con un importante grado 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...”(p. 110-111)

Mantaras, D., Rodríguez, P. y González-Carbajal García, J. (2005), hacen mención al estudio de las huellas de frenado, que es un punto importante y no fácil de determinar, de las mismas surgen datos relevantes para la reconstrucción del siniestro. Existen tantos tipos de huellas como neumáticos y siniestros intervinientes, con lo que hay que analizar muchos factores para dicho estudio. Se hace referencia a una clasificación, con respecto a lineamientos generales:

En función del estado de la superficie de rodadura:

- *Limpia y seca.-*
- *Con agua.-*
- *Con gravilla, arena, tierra, plantas,...*
- *Con restos y contaminantes previos al accidente (grasas, aceites, restos vegetales, animales, materiales pulverulentos, otros líquidos, etc.).-*
- *Otros.-*

En función del firme:

- *Superficie dura: no se deforma plásticamente por el paso del vehículo.-*
- *Superficie blanda: sufre deformaciones plásticas por el paso del vehículo.-*
- *Superficies de dureza intermedia.-*

Los mismos autores mencionan que en función del sistema de frenos que lleve instalado el vehículo, será el tipo de huella; ante una acción sobre el sistema de frenos se llega antes al bloqueo del eje delantero que el del o de los traseros, por ende es habitual que un vehículo no equipado con sistemas de frenos antibloqueo, al realizar una frenada severa, llegue a bloquear las ruedas del eje anterior, con lo que aparecerán marcas de patinaje correspondientes a esas dos ruedas. Si esta presión que ejerce el conductor sobre el pedal, se sigue incrementando, puede llegar a bloquear también el eje trasero, con lo que los cuatro neumáticos dejarían huella. (p.317).-

Irureta, V. (2003), hace referencia a que las huellas de frenado inician antes del bloqueo de las ruedas, cuando afirma:

“En la práctica, la huella de frenado se inicia muy poco antes del bloqueo total de las ruedas (menos de una décima de segundo), por lo 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 imposible – determinación, de modo que antes de comenzar la huella nítida, siempre existe una huella difusa (shadow marks) cuyo principio es incierto, que se va adentrando en nitidez hasta convertirse sin solución de continuidad en la huella claramente visible.”
(p.97)

Por otra parte La Guardia Civil Española (1990), habla sobre las huellas de frenado de neumáticos, afirmando que

“Para que surtan un efecto positivo como pruebas materiales, las huellas de deslizamiento deben ser examinadas con todo detenimiento. Se procurara

averiguar que distancia patino cada una de las ruedas. Es fácil observar sobre el pavimento una intensa mancha negra, pero no es tan fácil determinar con exactitud donde la rueda comenzó a patinar antes de recalentarse lo suficiente para derretirse y dejar la mancha. Muchas veces, el investigador tendrá que agacharse para observar el pavimento desde un ángulo muy cerrado...” (p. 437).-

Según García A. (2011), la conducta de un vehículo durante el frenado, puede estudiarse midiendo la respuesta del vehículo a la acción de frenado parcial o total (bloqueo) sobre la rueda.

Continua, diciendo que una curva de respuesta típica es la dada a continuación, donde se representa la variación de la aceleración, como variación de la gravedad g , en función del tiempo. El tiempo cero representa el instante en que se acciona el pedal del freno a fondo, iniciando lo que se conoce como *frenada de pánico (stop panic)*. La respuesta inicial es una curva ascendente que corresponde con la desaceleración de la rueda; la aceleración alcanza un máximo en aproximadamente 0,25 segundos y desciende a un valor máximo en un lapso de tiempo igual. Durante este periodo el resbalamiento aun no alcanza el valor de 0,15 y las ruedas no se bloquearon. Finalizado este lapso, la desaceleración se mantiene muy constante, con una leve variación, hasta que se detiene el vehículo en un tiempo acumulado de 2,75 segundos (la curva descendente final corresponde a la desaceleración y al cabeceo al finalizar el movimiento; cambia de una aceleración de unos 7 m/s^2 a cero). Mientras las ruedas se encuentran rodando (resbalamiento $S > 0$), no se producen depósitos de cantidades apreciables de caucho en el pavimento. Las marcas en el piso (skidmarks) comienzan aproximadamente en un punto de desaceleración que se alcanza luego de superado el punto máximo, y muy poco antes de alcanzarse el bloqueo total (100% de deslizamiento). (p. 111 - 112).-

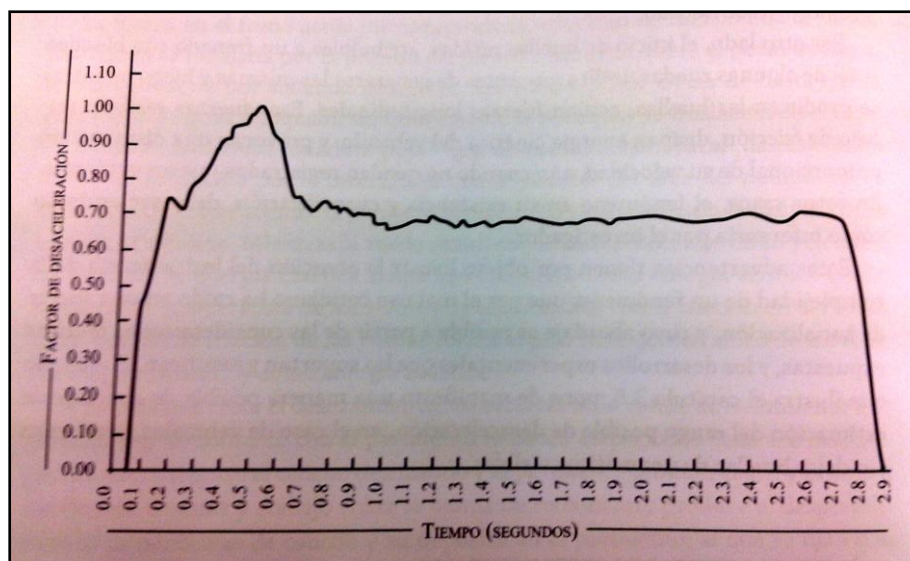


Ilustración n° 1. Factor de desaceleración durante el movimiento de frenado con bloqueo
(Fuente: Accidentes de tránsito – García A. (2010))

En lo que respecta a realizar experimentación con huellas de frenado Irureta, V. (2003) aconseja calibrar el velocímetro del rodado y utilizar dispositivos que disparen pintura hacia abajo en el momento de accionarse el freno, de forma de marcar exactamente el inicio de la frenada. (p. 90).

En referencia a lo que aduce el autor precedente evocado, la Lic. Martínez, L. (2010), en la experimentación de su tesina, realizó un sistema mediante el cual se dejara marcada la longitud de la distancia de frenado que imprime un vehículo. Para ello se conectó el 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 debidos a la altura. (p. 39). Este método fue tenido en cuenta al momento de realizar las prácticas del presente trabajo.

El Licenciado Pisano J. (2007) expresó en su estudio de tesina, los pasos que realizó al momento de la observación de las huellas:

“La exploración en busca de improntas se realizó de igual manera que al buscar huellas producidas por vehículos tradicionales sin sistema ABS.

El examen estuvo dividido en tres pasos:

- Observación general: Conocida la zona donde se había realizado la maniobra de frenado se individualizaba la totalidad de la marca producida, pudiendo de esta manera contemplar la longitud total. El espectador se posicionaba en un punto ubicado a unos 7 metros del inicio del frenado (la zona de comienzo era conocida ya que el frenado se iniciaba a partir de un punto predeterminado por la posición del observador antes mencionado).

- Observación directa: Se realizó una vez ubicada la huella en la calzada. El método consistía en que el investigador se desplace sobre la longitud de la marca, yendo desde el inicio hacia el final de la misma, pudiendo contemplar la totalidad de la impresión a corta distancia con gran detalle (aproximadamente a un metro de altura).

- Observación por reflejo: Localizada la estampa mediante la observación general y directa, el observador se ubicaba a unos 5 metros hacia el costado de la marca (distancia perpendicular al eje longitudinal de la huella). De esta manera se lograba apreciar el efecto de reflejo que la luz solar provocaba en el hormigón, haciendo visible la totalidad de la marca.” (p.31)



CAPÍTULO III

- **MARCO TEÓRICO**

MARCO TEÓRICO

1. Mecánica:

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

1. Cubierta: es la parte más resistente del neumático y esta formado por la carcasa, la banda de rodamiento, los talones y los flancos.-

2. Carcasa: 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 a que se baya a destinar la misma.-

3. Banda de Rodamiento: es la zona que contacta con el suelo. Esta aporta al neumático parte de su configuración: adherencia, tracción, resistencia al desgaste.-

4. Talones: permiten que la cubierta se adecue a la llanta metálica.-

5. Flancos: están situados entre la banda de rodamiento y los talones, y son los encargados de absorber todo tipo de flexiones, tanto verticales como laterales. De su mayor o menor rigidez dependerá el grado de confort. (p.43).-

El Ing. Castro, G. (2008), expresa que consisten en una cubierta, principalmente de caucho, que contiene aire, el cual soporta al vehículo y su carga. En la actualidad, la mayoría de los neumáticos de vehículos de pasajeros, como los de camión, son radiales, por lo que están compuestos de una banda de rodamiento elástica, una cintura prácticamente inextensible y una estructura de aros Radialmente orientada, sobre una membrana inflada y sobre unos aros también inextensibles que sirven de enganche a otro elemento rígido, que es la llanta. También existen otro tipo de neumáticos llamados diagonales, utilizados principalmente en camiones. (p. 2).-

Continúa diciendo que la banda de rodamiento es la encargada de asegurar la adherencia del vehículo a la carretera, independientemente del estado del suelo, además de permitir la transmisión de los esfuerzos de tracción y frenado. Su compuesto de caucho debe resistir la abrasión y el desgaste. Dicha banda de rodamiento presenta un dibujo o escultura. (p.8).-

Agrega que el principal componente del neumático es el caucho. En la fabricación de un neumático se utilizan cauchos naturales y sintéticos, cuya combinación se realiza de modo que los primeros proporcionen elasticidad y los segundos estabilidad térmica. (p.2).-

Según explica Ing. Ind. Carrión Nin, J.L. (1999), el compuesto del caucho es una mezcla que incluye muchos insumos. Se utilizan tanto cauchos sintéticos como naturales. Con el fin de lograr ciertas características (soportar pesadas cargas, tener la suficiente flexibilidad para resistir deformaciones, resistir la acción de grasas, aceites, oxígeno y luz solar, aportar seguridad al ser utilizada y rendir un buen kilometraje), muchos ingredientes deben ser mezclados con el caucho para modificarlo y hacer de él un producto útil. Entre los ingredientes más usados en los compuestos de caucho, tenemos:

+ Negro de humo: Añade consistencia y dureza. Resistencia a la abrasión.-

- + Azufre: Sirve para vulcanizar o "curar" el jebe y convertirlo en un producto útil.-
- + Cementos y pinturas: Para la construcción y el acabado.-
- + Fibras de Rayón y Acero: Para fortalecer la llanta.-
- + Caucho sintético natural: Materiales principales en la fabricación.-
- + Antioxidantes y antiozonantes: Para resistir los efectos dañinos de la luz solar y del ozono, para hacer que la llanta tenga mayor durabilidad.-
- + Aceites y grasas: Para hacer más maleable la mezcla y para ayudar en el mezclado de todos los ingredientes.-
- + Óxido de zinc: es un acelerador de vulcanización.-

Estos insumos son mezclados según una fórmula o receta científica, después de haber pasado por muchas y diversas pruebas de laboratorio. Se corta el caucho en cubos, se añaden los otros ingredientes y toda esta carga se deja caer en la recámara, la cual tiene en su interior dos rodillos en forma de espiral que sirven para mezclar todos los ingredientes. Cuando toda esta "pesada" ha sido mezclada (alrededor de 200 Kl.) se le deja caer a un molino. En este molino se termina de mezclar dicha pesada, que luego es pasada a otro molino. De este último molino, el laminador automático extrae en forma continua el compuesto ya bien mezclado y homogenizado que, después de ser lubricado y enfriado, es almacenado para ser transportado a las máquinas en las cuales será utilizado. Al llegar a este punto de la operación, se sacan muestras de cada pesada para ser examinadas en el laboratorio de la fábrica. Se lamina en hojas finas, y entre los rodillos se introducen también tejidos de

algodón, con el objeto de que el producto sea una lámina fina adherida al tejido.-

Continúa, el tejido cauchado se corta en tiras. De esta manera las cuerdas estarán formando un ángulo y tendrán mayor resistencia. Se da forma a las tiras sobre un núcleo de hierro para obtener el armazón del neumático. Alrededor del armazón se da forma a la superficie de rodadura, que es una tira de caucho masticado y compuesto finalmente se aplica al borde. El borde es una tira de caucho muy duro que lleva hilos de alambre y forma el borde del neumático que ha de estar en contacto con la pestaña de la rueda. El neumático montado se coloca en un molde en el que se ha tallado el patrón de la rodadura. El calor se ha suministrado por vapor y la presión hace que el azufre vulcanice el caucho. (p.40-43).-

Propiedades físicas y químicas del caucho (Castro, G., 2008):

El caucho bruto en estado natural es un hidrocarburo blanco o incoloro. A la temperatura del aire líquido, alrededor de $-195\text{ }^{\circ}\text{C}$, el caucho puro es un sólido duro y transparente. De 0 a $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ es frágil y opaco, y por encima de $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ se vuelve blando, flexible y translúcido. Al amasarlo mecánicamente, o al calentarlo por encima de $50\text{ }^{\circ}\text{C}$, el caucho adquiere una textura de plástico pegajoso. A temperaturas de $200\text{ }^{\circ}\text{C}$ o superiores se descompone.-Las propiedades físicas del caucho bruto varían con la temperatura. A bajas temperaturas se vuelve rígido, y cuando se congela en estado de extensión adquiere estructura fibrosa. Calentando a más de $100\text{ }^{\circ}\text{C}$., se ablanda y sufre alteraciones permanentes.-La densidad del caucho a $0\text{ }^{\circ}\text{C}$. es de 0.950 , y a $20\text{ }^{\circ}\text{C}$. es de 0.934 . El caucho bruto deshelado después de la masticación por cilindros fríos no varía de densidad. Cuando el caucho bruto ha sido estirado y deformado durante algún tiempo, no vuelve completamente a su estado original. Si entonces se calienta, la recuperación es mayor que a la temperatura ordinaria. Este fenómeno se denomina deformación residual o estiramiento permanente y es propio del caucho. (p.27).-

Sistemas de freno (Mantaras D. y otros, 2005):

Existen distintos sistemas de frenado, que se diferencian entre sí en el modo de producir la detención del vehículo. Podemos encontrar:

*Frenos mecánicos: Consiste en el comando mecánico de los elementos de roce para lograr el frenado. Este comando puede ser de dos tipos: Comando mecánico por medio de piolas, en el que se consigue hacer actuar los elementos de 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 elementos de roce, transmitiendo la fuerza de aplicación a través de varillas de acero. Este sistema es apropiado para vehículos de menor peso.-

*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 del 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, enérgicamente, las pastillas sobre el disco y las zapatas contra el tambor, reduciendo la velocidad del automóvil hasta su detención.-

Actualmente, los vehículos, llevan instalados un doble circuito, normalmente, en diagonal, como medida de seguridad, para evitar en caso de avería que el automóvil se quede sin freno. Así un circuito frena las ruedas delantera derecha y trasera izquierda y el otro la delantera izquierda y la trasera derecha. Este sistema de freno es el que se suele utilizar en automóviles.-

*Frenos Neumáticos: Sistema de frenos que para transmitir la fuerza de frenado aplicada al pedal de freno, ocupa aire comprimido a una presión cierta, la que actúa sobre los elementos de frenado. Funcionamiento: 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: los frenos delanteros, traseros, de estacionamiento, del remolque, órganos de la dirección, embrague, suspensión neumática y caja de velocidades. El conductor, al pisar el pedal del 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 delante la varilla empujadora que acciona la palanca del freno abriendo las zapatas, frenando el vehículo al rozar sus forros contra el tambor de la rueda. 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 descendiendo de los valores mínimos se conecta una señal acústica. Se utiliza en camiones y vehículos de gran porte. (Mantaras D. y otros, 2005, p. 248-256).-

2. Siniestrolología:

Frenado: El frenado consiste en la disminución de la velocidad o la 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 a 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 líquido de freno perder su propiedad (la incomprensibilidad), 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 la medida del disco y pastillas y la distancia entre la rueda 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.-

Huella de frenado o huella patentizada: Irureta, V. (2003), explica que:

“la huella de frenado 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 convierta en calor en las zonas de contacto del neumático y la superficie de la vía. Este calor localizado provoca un incremento sensible de la temperatura en la zona, llegándose a ablandar el compuesto de caucho del neumático, y ante la abrasión a que está sometido se desprenden partículas del mismo, depositándose sobre el pavimento. Tal depósito continúa mientras la energía transferida sea suficiente para producir el fenómeno antes descrito, marcándose así las llamadas huellas de frenado.-

En la práctica, la huella de frenado se inicia muy poco antes del bloqueo total de las ruedas (menos de una décima de segundo), por lo que se comete un error trascendente al considerar que ocurren simultáneamente.- Otra cuestión que suele provocar indeterminación es la longitud real de la huella de frenado visible, ya que suele ser muy difícil discriminar cual es la huella que corresponde solo a neumáticos delanteros y cual a la superposición de delanteros y traseros. Esto ha sido salvado por los estudios de Brown y Guenther, que determinaron que no se incurre en un error significativo si se considera la longitud total de la huella de frenado nítidamente visible, es decir sin discriminar huellas simples o superpuestas” (p. 97-98).-

Con respecto a la *Huella no patentizada*, el mismo autor dice que las huellas de frenado comienzan gradualmente, siendo su inicio real de muy difícil determinación, de modo que antes de comenzar las huellas nítidas siempre existe una huella difusa (shadow marks) o huella no patentizada, cuyo principio es incierto y que se va acentuando en nitidez hasta convertirse sin solución de continuidad en huella claramente visible.- La longitud de esta huella difusa depende de la potencia con que se hayan aplicado los frenos y puede ser de longitud significativa. Los estudios de Reed y Keskin han determinado que desde que se empieza a accionar el freno hasta que los neumáticos dejan huellas de frenado claramente visibles, se disipa entre el 15 % y el 30 % de la energía cinética inicial en automóviles, teniendo en cuenta lo cual, la indeterminación sobre el inicio real de la frenada queda salvada (p. 97).-

Frenado de pánico o “stop Panic” (Irureta, V., 2003): No todas las frenadas dejan huellas, en su gran mayoría los vehículos, lo hacen reduciendo su velocidad sin deslizarse y sin dejar las 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 *frenada de pánico o Pánico Stop*. (p. 103)

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. A pesar de la fácil explotación y excelente calidad del asfalto natural, no suele explotarse desde hace mucho tiempo ya que, al obtenerse en las refinerías petroleras como subproducto sólido en el craqueo o fragmentación que se produce en las torres de destilación.

El asfalto es una sustancia sólida o semisólida. Se mezcla con solventes para volverlo más líquido y más fácil de trabajar. Algunos de los solventes que se usan para mezclar con el asfalto son nafta, tolueno y xileno. Es además un material bituminoso pues contiene betún, el cual es un hidrocarburo soluble en bisulfuro de carbono (CS₂). Tiene una alta resistencia (o una baja conductividad) y es en consecuencia un buen material aislante. La resistencia de todos grados comerciales decrece con el incremento de la temperatura.-

Prueba o ensayo dinámico de frenado: Es un estudio que se realiza para investigar el coeficiente de rozamiento que le imprime un tipo de calzada específica (hormigón, asfalto, tierra), en determinadas condiciones (seco, mojado) a determinado tipo de rodado, en este caso es el coeficiente automóvil-hormigón seco.-

Irureta, V. (2003), recomienda, “en cada caso hacer ensayos de frenado en el mismo sitio del accidente, bajo condiciones atmosféricas análogas y con el mismo rodado, circulando a velocidades predeterminadas, para luego medir la distancia de parada. Deben realizarse varios ensayos y adoptarse el μ medio”.-

Continúa: “En ningún caso medir solo las huellas de frenado ya que las mismas aparecen visibles muy poco antes del bloqueo, el que en auto acaece alrededor

de 0.5 s luego del comienzo de aplicación de los frenos, lo que representa una disipación de entre 15 % y 30 % de la inicial. (p. 90).-



CAPÍTULO IV

- **OBJETIVOS**

OBJETIVOS DE TRABAJO

General

Establecer el ángulo de visión, para la observación de las características de las huellas de frenado en el sector de inicio, previo al depósito de partículas de caucho sobre la superficie; de un automóvil sedan, en una superficie asfalto seco en correcto estado de conservación, a una velocidad constante de 60 km/h.-

Específicos

Determinar las particularidades de la huella de frenado en el sector previo al depósito de partículas de caucho sobre la superficie.-

Establecer la posición de observador que permita, que permita apreciar las características de las huellas de frenado en el sector previo al desprendimiento de partículas de caucho sobre la calzada.-

Teniendo como preguntas de investigación las siguientes:

¿Se puede establecer las características de las huellas de frenado previo al inicio de depósito de partículas a una velocidad de 60 km/hs?-

¿Influye la posición del observador para lograr visualizar la huella de frenado previo al inicio de depósito de partículas?-



CAPÍTULO V

- **METODOLOGÍA**

METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

1. TIPO DE ESTUDIO O DISEÑO

Esta tesina se realizó con un método cuantitativo y un diseño cuasi-experimental de recopilación de datos, que es aquel en que se manipulan deliberadamente una o más variables independientes (supuestas causas) para analizar las consecuencias de esa manipulación sobre una o más variables dependientes (supuestos efectos) dentro de una situación de control.

La investigación tiene un alcance descriptivo cuantitativo, ya que tiene por objeto esencial examinar un tema o problema poco estudiado o instruido.

2. DEFINICIÓN DE LAS VARIABLES

- *Distancia total de detención*: sumatoria de la distancia de huella patentizada y la distancia de la huella difusa.

- *Huella de frenado o huella patentizada*: abarca desde el primer depósito de caucho visible en la calzada hasta su posterior aumento de cantidad y finalmente el último rastro apreciable.
- *Huella no patentizada*: la huella difusa (shadow marks) con poca nitidez. Operacionalmente: la diferencia entre la distancia de la huella patentizada y la distancia total de detención.

3. MUESTRA

La muestra de esta investigación es no probabilística y está constituida por cuarenta pruebas de frenado de pánico (panic stop), con rueda bloqueada.

4. SELECCIÓN DE ELEMENTOS

- Vehículo

El vehículo seleccionado es un automóvil tipo sedan cinco puertas marca Peugeot modelo 206, con motor de 1.4 cilindradas.

- Neumáticos

Los neumáticos utilizados son marca PIRELLI modelo P6000, rodado 175/65R14.

- Velocidad

Las variables seleccionadas para la investigación se eligieron de acuerdo a la velocidad posible de adquirir sin que se pierda la estabilidad de la circulación y a su vez, ajustándola a la permitida por la ley en zonas urbanas; estableciendo como velocidad de ensayo 60 km/h.

- Dispositivo controlador de velocidad:

Para verificar con mayor exactitud la velocidad de circulación del rodado se selecciono un dispositivo digital GPS (Global Positioning Sistem) marca Garmin, modelo Nuvi 205. Pantalla táctil de 3,5" TFT de 64 colores, 320x240 píxeles.



Ilustración n° 2. G.P.S.
(Fuente: Elaboración Propia)

- Cinta métrica flexible:

Se utilizo una cinta métrica de tipo marca Freemans de longitud máxima de 50 metros, material fibra de vidrio y PVC.



Ilustración n° 3. Cinta Métrica Flexible.
(Fuente: Elaboración Propia)

- Cinta métrica rígida:

Se utilizó una cinta métrica rígida de metal con 10 metros de longitud total marca Crossman



Ilustración n° 4. Cinta métrica rígida.
(Fuente: Elaboración Propia)

- Cámara filmadora digital y cámara fotográfica:

Se utilizó para realizar los videos de las experiencias una cámara filmadora marca Samsung modelo 65X INTELLI-ZOOM.



Ilustración n° 5. Cámara filmadora digital.
(Fuente: Elaboración Propia)

Cámara Réflex digital, marca Nikon modelo DX. AF – SNIKKOR 18-55mm 1:3.5-5.6 GII ED. Sensibilidad ISO: ISO 200 -1600 / Hi-1 (ISO 3200). Aprox. Dimensiones (ancho x altura x profundidad): 126 mm x 94 mm x 64mm. Aprox. Peso: 475 g (*Solo el cuerpo de la cámara*).



Ilustración n° 6. Cámara fotográfica.
(Fuente: Elaboración Propia)

- Elemento de medición de temperatura:

En las pruebas se utilizó un termómetro de mercurio, escalado en grados centígrados.



Ilustración n° 7. Termómetro.
(Fuente: Elaboración Propia)

- Calzada:

El lugar elegido para realizar las pruebas fue la pista de carreras del autódromo Jorge Ángel Pena, ubicada en el Departamento de General San Martín, la cual está constituida por una carpeta de asfalto, se utilizaron distintos

sectores de rectas de la pista, dispuestos de Norte a Sur y viceversa, la misma se encontraba en buen estado de conservación, seca y limpia.

- Condiciones ambientales:

Se selecciono una temperatura que promedia entre los 20°C y los 25°C, por lo que las pruebas se realizaron en el mes de octubre en los intervalos comprendidos entre las 10 horas y las 11:30 horas, y entre las 15:00 horas y las 18 horas.

- Conductor:

El conductor fue instruido para la realización de estos ensayos. Su peso es de aproximadamente 100 kilos.

- Dispositivo indicador:

Se implemento en el vehículo un dispositivo que despida un reguero líquido sobre la calzada al momento de presionar el pedal de freno y que finalice en el sitio de detención del vehículo. La longitud del reguero se considero como punto base para lograr determinar el inicio de la huella de frenado.

Para ello se conecto el extremo de un cable al sistema de luces de stop y el otro extremo a una bomba eléctrica ubicada en el sector frontal del vehículo fijado en el paragolpes, a la cual se la conecto en uno de sus extremos a un recipiente que almacenaba líquido con colorante y en el otro extremo se le coloco una manguera a una altura de 20cm desde el piso.

5. PROCEDIMIENTO

Experiencias exploratorias:

Con el propósito de alcanzar el objetivo de esta investigación, es necesario mantener constante la velocidad inicial, la cual fue establecida en 60 km/h, y determinar la distancia que recorre el vehículo desde que se acciona el sistema de frenos hasta su total detención.

Para conocer la velocidad inicial o velocidad de circulación al momento del frenado de pánico, se utilizara un sistema digital GPS y para su detención se cuenta con el sistema de frenos del propio del rodado.

Con el fin de controlar la eficacia, se recurrió a una planta de verificación técnica, determinando que la eficiencia total del sistema de frenos es del 55.1%. Dicho valor esta próximo al valor normal para el vehículo que es de 60% según lo informado en la ficha técnica por el personal de la planta verificadora.

Antes de comenzar a trabajar de manera definitiva en la prueba de hipótesis se procedió a realizar una serie de experiencias exploratorias con el fin de establecer las pautas metodológicas a seguir, estudiar las técnicas de medición y el funcionamiento de los aparatos.

Se procedió a controlar el sistema de medición de velocidad propio del vehículo Peugeot 206, comparado con el sistema de medición de velocidad GPS, circulando por el circuito del autódromo de San Martín, lo que arrojó que cuando el GPS marcaba 60 km/h el velocímetro del automóvil indicaba aproximadamente 67 km/h, dando una variación de siete kilómetros más en el automóvil.

Por lo que se controló el funcionamiento del GPS comparado con una camioneta Ford Eco-sport, realizando el mismo recorrido con velocidad controlada, que arrojó al momento que el GPS indicaba 60 km/h, el velocímetro de la camioneta reflejaba aproximadamente 61 km/h. por lo que para la experiencias se tomó como referencia la velocidad marcada por el GPS.



Ilustración n° 8: comparación velocidad GPS, velocímetro del vehículo Ford.



Ilustración n° 9: comparación velocidad GPS, velocímetro vehículo Ford.

Se realizaron posteriormente diez ensayos de frenado con el fin de observar las características de las huellas de frenado.

El resultado de esta experiencia mostró una serie de inconvenientes a la hora de determinar de manera inequívoca el punto donde se comienza a gestar las huellas de frenado. Estos inconvenientes se ven reflejados en:

- En las primeras experiencias se pensaba que se podían superponer las huellas de frenado delanteras con las impresas por las ruedas traseras, lo que podría enmascarar las huellas de frenado delanteras.
- No se lograba establecer con certeza el inicio de las huellas de frenado delanteras.

Por lo que se colocó una bomba eléctrica en el frente del rodado adosada al paragolpes, conectada al sistema eléctrico de luces de stop, a los efectos de que, al momento que el conductor del vehículo accionara el sistema de frenos, esta impulsara el líquido por la manguera dejando en la calzada un reguero de líquido con color rojizo, lo que permite señalar el momento que las ruedas delanteras comenzaban a frenar, de esta manera se conocería de manera inequívoca la distancia de frenado de la rueda delantera, descartando errores en la medición de la huella total de frenado.

A su vez se filmaron los ensayos y luego al observar los videos se corroboró que las ruedas traseras continuaban girando hasta el momento que el vehículo se detenía por completo, las ruedas delanteras comenzaban a frenar y a bloquearse en el punto donde se objetivo el reguero líquido depositado en la carpeta asfáltica.

Cabe destacar que una precaución que se tomó entre una prueba y otra era el control de la temperatura de la cubierta y sistemas de frenado. Antes de

comenzar a frenar, por ello se estableció un lapso de descanso y enfriamiento de 30 minutos con el fin de que no se sobrecalentara, ya que este es un factor que afecta al largo de la huella patentizada incrementándola.

Experiencias confirmatorias:

Para las experiencias confirmatorias se realizaron cuarenta ensayos de frenado, con un intervalo de 30 minutos durante cinco días.

Se hizo circular el rodado por la pista a una velocidad constante de 60km/h, una vez estabilizada la velocidad, se efectuó un frenado de emergencia “panic stop”, es decir, presionando el pedal del freno abruptamente y sin soltarlo.

Una vez desacelerado totalmente el vehículo, se conservó la posición final del mismo. Utilizando la cinta métrica, luego de cada frenado, se procedió a la mensura de las huellas de frenado visible y las huellas de frenado total, la cual era evidenciada en el sector próximo al inicio del reguero líquido emanado por la bomba eléctrica colocada en el sector frontal del rodado.

Teniendo el reguero líquido como referencia se señalizaba dicho punto y luego se realizaron observaciones desde distintas posiciones para lograr observar la huella de frenado difusa y con ello mensurar la huella de frenado total.

Cabe destacar que para descartar que al momento de indicar el inicio de las huellas de frenado, fuera observado en forma subjetiva por el tesista. Se utilizó dos observadores sin experiencia en Siniestrológia Vial, a los cuales se les explicó las distintas posiciones de observación directa, en las que se logra visualizar las huellas de frenado y las características que las mismas poseen,

para que al momento de señalar en cada prueba el inicio de cada una de las huellas, fueran estos observadores los que indicaban al tesista donde colocar los señaladores de las huellas de frenado visible y difusa.

Con los datos obtenidos de las huellas de frenado se analizo las mismas realizando un análisis estadístico.

Ya indicado el punto donde se apreciaba el inicio de la huella de frenado difusa (con un señalador), se realizaron tomas fotográficas de las huellas, parapetando la cámara fotográfica en primer lugar un punto fijado a una distancia "D 1" en la posición "P1" derecha, hacia atrás de la huella de frenado patentizada derecha se fotografiaba dicha huella en el sentido de circulación del rodado, a distintas alturas de referencia entre A1 y A5 (1.5metros, 1metro, 0.5metros, 0.4metros y 0.3metros desde el centro del objetivo al piso).

Luego desplazando la cámara en forma paralela hacia la izquierda a la posición "P1" izquierda ubicado a la distancia "D1" izquierda en el sentido de circulación del rodado, se realizaba el mismo procedimiento fotografiando la huella de frenado izquierda, a las distintas alturas de referencia entre A1 y A5 (1.5metros, 1metro, 0.5metros, 0.4metros y 0.3metros desde el centro del objetivo de la cámara al piso).

Posterior a esto se ubicada la cámara en la posición "P2" derecha a una distancia que llamaremos "D2" derecha, por atrás de la huella de frenado patentizada derecha siempre en forma longitudinal, se fotografiaba dicha huella en el sentido de circulación del rodado, a las distintas alturas de referencia entre A1 y A5 (1.5metros, 1metro, 0.5metros, 0.4metros y 0.3metros desde el centro del objetivo al piso).

Se desplazo nuevamente la cámara en forma paralela hacia la izquierda hasta la posición "P2 izquierda", ubicado a la distancia de referencia "D2"

izquierda, para realizar las tomas fotográficas de la huella de frenado izquierda, a las distintas alturas de referencia que llamaremos entre A1 y A5 (1.5metros, 1metro, 0.5metros, 0.4metros y 0.3metros, desde el centro del objetivo de la cámara al piso).

Al momento de realizar las tomas fotográficas, el centro de la imagen se ubico en la calzada, por debajo del sector posterior del rodado, lo cual al momento de calcular el ángulo de observación se toma como vértice del triangulo formado por la Distancia D, la altura A y la hipotenusa resultante que es la proyección del lente de la cámara, para cada posición de la cámara, como se observa en las siguientes graficas.

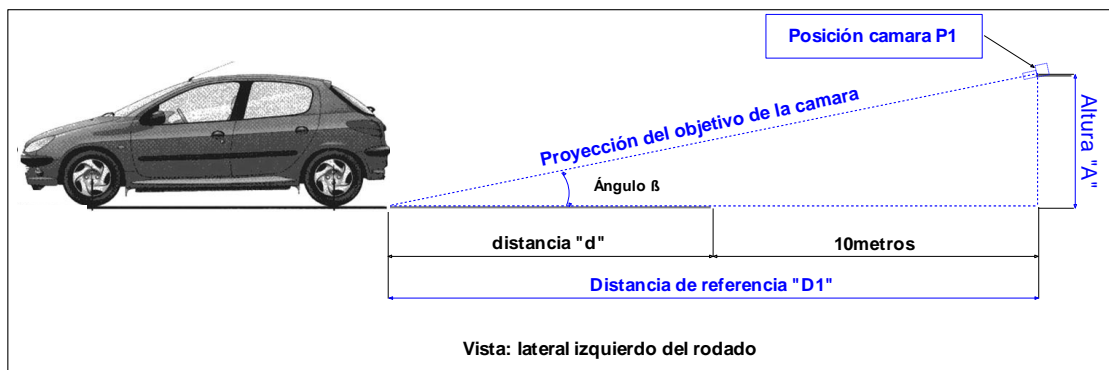


Gráfico n° 1. Vista del lateral izquierdo del rodado en posición "P1".
(Fuente: Elaboración Propia)

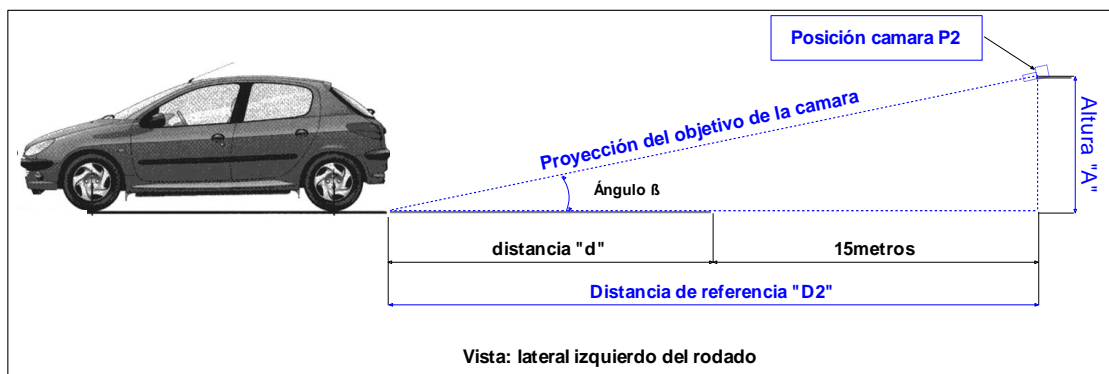


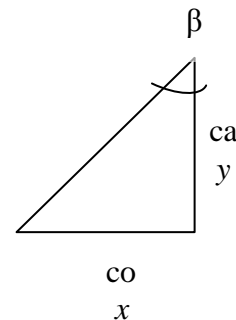
Gráfico n° 2: Vista del lateral izquierdo del rodado en posición "P2".
(Fuente: Elaboración Propia)

Luego de realizar las tomas fotográficas se procedió a observar las imágenes obtenidas en cada prueba, en una computadora personal portátil, indicando en el instrumento de colección de datos correspondiente a cada posición y huella, si era observada o no era observada, en la imagen la huella difusa, tomando nota de las características de la huella de frenado en el inicio.

Continuando con el análisis de los resultados, se efectuara el cálculo del ángulo de visualización de la huella de frenado en su inicio (sector de huella de frenado difusa), mediante fórmulas trigonométricas, conforme la siguiente ecuación:

CALCULO DEL ÁNGULO

$$\text{Tangente de } \beta = \frac{\text{cateto opuesto (co)}}{\text{cateto adyacente (ca)}}$$



Cateto opuesto: altura de referencia fijada para cada posición “P1 y P2” de la cámara, que llamaremos “A1 (1.5m), A2 (1m), A3 (0.5m), A4 (0.4m) y A5 (0.3m) tomado desde el objetivo de la cámara al piso.

Cateto adyacente: distancia concerniente a la medición desde un punto fijado desde el sector posterior del rodado hasta la posición P1 y P2, equivalente al eje de coordenadas “y” la cual llamaremos “D1 y D2”. Dicha distancia fue obtenida para cada prueba, mediante la suma de la distancia “d” tomada desde el inicio de la huella visible en el sector posterior del automóvil, más 10 metros para la posición P1 y más 15 metros para la posición P2.

Al resultado obtenido, se le debe realizar la conversión tangente a la-1, para transformar el valor a grados sexagesimales.

Cabe destacar que para la obtención del ángulo de visualización de la huella de frenado difusa, se procedió a trazar una recta por el centro del objetivo de la cámara desde la posición fijada hasta el sector posterior del rodado en la calzada, a fin de obtener un triángulo rectángulo como se observa en la grafica:

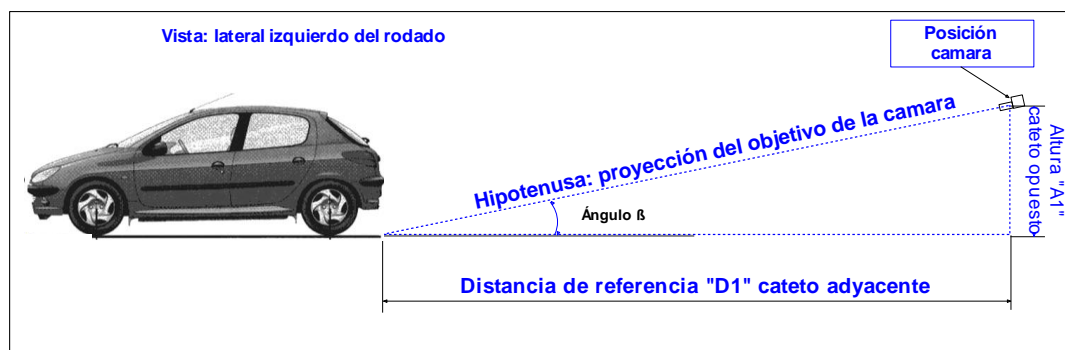


Gráfico n° 3: Vista del lateral izquierdo del rodado, representación de los lados para calculo trigonométrico. (Fuente: Elaboración Propia)

Este procedimiento se realizo para ambas huellas tanto izquierda como derecha.

Finalmente se estableció a través de los ángulos obtenidos, las posiciones de referencia para la observación de la huella de frenado difusa y sus características.



CAPÍTULO VI

- **INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS**

INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Con el fin de coleccionar los datos observados en el terreno se confecciono una planilla, en la cual se relevo las huellas de frenado visible, difusa y total, para cada prueba, como se puede observar a continuación:

TABLA DE COLECCIÓN DE DATOS (LONGITUDES EXPRESADAS EN METROS)			
NRO. DE PRUEBA	LONG. HUELLA DE FRENADO DIFUSA	LONG. HUELLA DE FRENADO VISIBLE	LONG. HUELLA DE FRENADO TOTAL

**Tabla n° 1. Instrumento de colección de datos, longitudes de huellas de frenado.
(Fuente: Elaboración Propia)**

Luego se confeccionaron planillas de recolección de datos, a los efectos de plasmar la observación o no de las huellas difusas, discriminadas en huella derecha o izquierda, donde consta la posición de la cámara al momento de

realizar las tomas fotográficas, siendo un total de 10 (diez) planillas, a continuación se observa una de las mencionadas:

TABLA DE OBSERVACION HUELLA DIFUSA		
POSICION CAMARA:		
DISTANCIA A LA CAMARA:		
ALTURA CAMARA:		
NRO. DE PRUEBA	HUELLA DERECHA SE OBSERVA	HUELLA IZQUIERDA SE OBSERVA

TABLA n° 2. Instrumento de colección de datos, Observación de huella de frenado Difusa. (Fuente: Elaboración Propia)



CAPÍTULO VII

- **ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

ANALISIS DE DATOS

Análisis de las longitudes de las huellas de frenado obtenidas en las pruebas se puede observar que:

- Que el comportamiento del automóvil durante las pruebas de frenado no se observan grandes variaciones, siendo estables las distancias de frenado observadas.
- El valor de la media, de las distancias de frenado total es de 18.17metros, la media de la huella de frenado visible es de 13.35metros y la media de la huella difusa es de 4.81metros.

Análisis y comparación de las longitudes de las huellas de frenado visible y huella de frenado difusa, utilizando el valor porcentual, se observo que:

- Que el total de la huella de frenado está representado entre la huella de frenado visible y la huella de frenado difusa.
- Que la media porcentual de la huella de frenado visible es de 73.51% y la media de la huella de frenado difusa es de 26.49%.

Análisis de las características observadas en las pruebas de frenado.

- En la observación de la huella de frenado visible se puede enumerar las siguientes características:
 1. Se pudo observar un conjunto de líneas paralelas, de color negro, con espacios en blanco. En general se incrementa su marcado en el sentido de circulación del vehículo.
 2. En el final de la huella de frenado se pudo observar debajo de la banda de rodamiento restos pulverulentos de caucho, luego que se hizo girar la rueda nuevamente.
- En la observación de la huella de frenado difusa se visualizaron las siguientes características:
 1. Se puede describir como una limpieza en la calzada, en la cual se aprecia el delineado de los bordes con mayor intensidad. Teniendo continuidad en la huella de frenado visible en el sentido de marcha del vehículo.
- En la observación de las cubiertas del rodado puede describir las siguientes características:
 1. Con respecto a los neumáticos delanteros se pudo visualizar que el bloqueo del mismo produce en la banda de rodamiento un sector con desgaste muy marcado, en los neumáticos delanteros. Lo que se puede describir como signos de abrasión producidos por la fricción del neumático contra la calzada.
 2. En la banda de rodamiento de los neumáticos traseros, no se observo marcas dejadas por la abrasión con la calzada, por lo que se puede inferir que no se produce el bloqueo de los mismos como se describió en el Capítulo V, Metodología apartado n° 5,

procedimiento, donde se describe en las experiencias exploratorias que en la filmación de los ensayos se observa que las ruedas traseras no se alcanzan a bloquear.

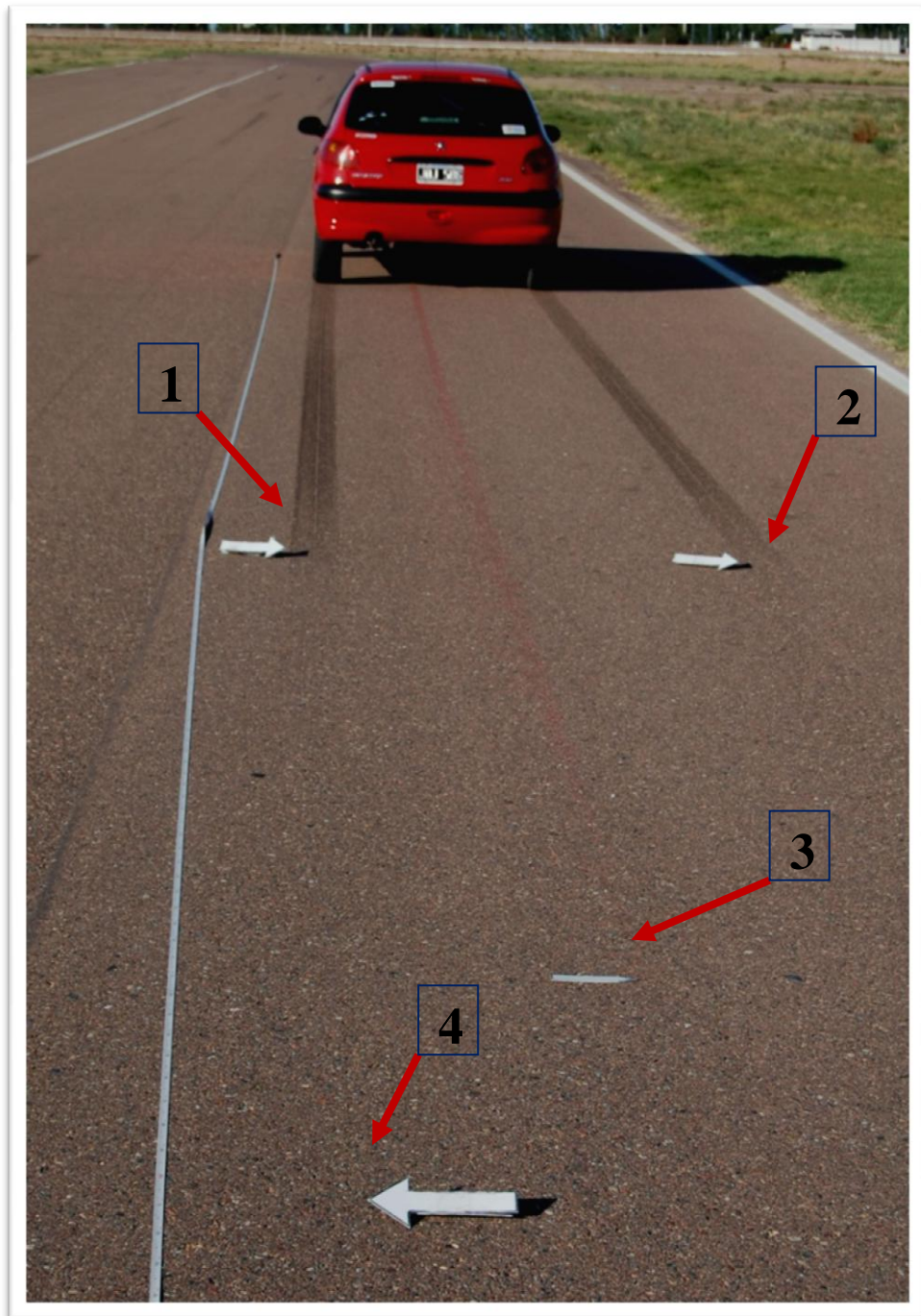


Ilustración n° 10: imagen de las huellas de frenado, en el punto 1 y 2 se indica el inicio de la huella de frenado visible, punto 3 inicio del reguero líquido y punto 4 inicio de huella de frenado difusa.
Fuente: elaboración propia.

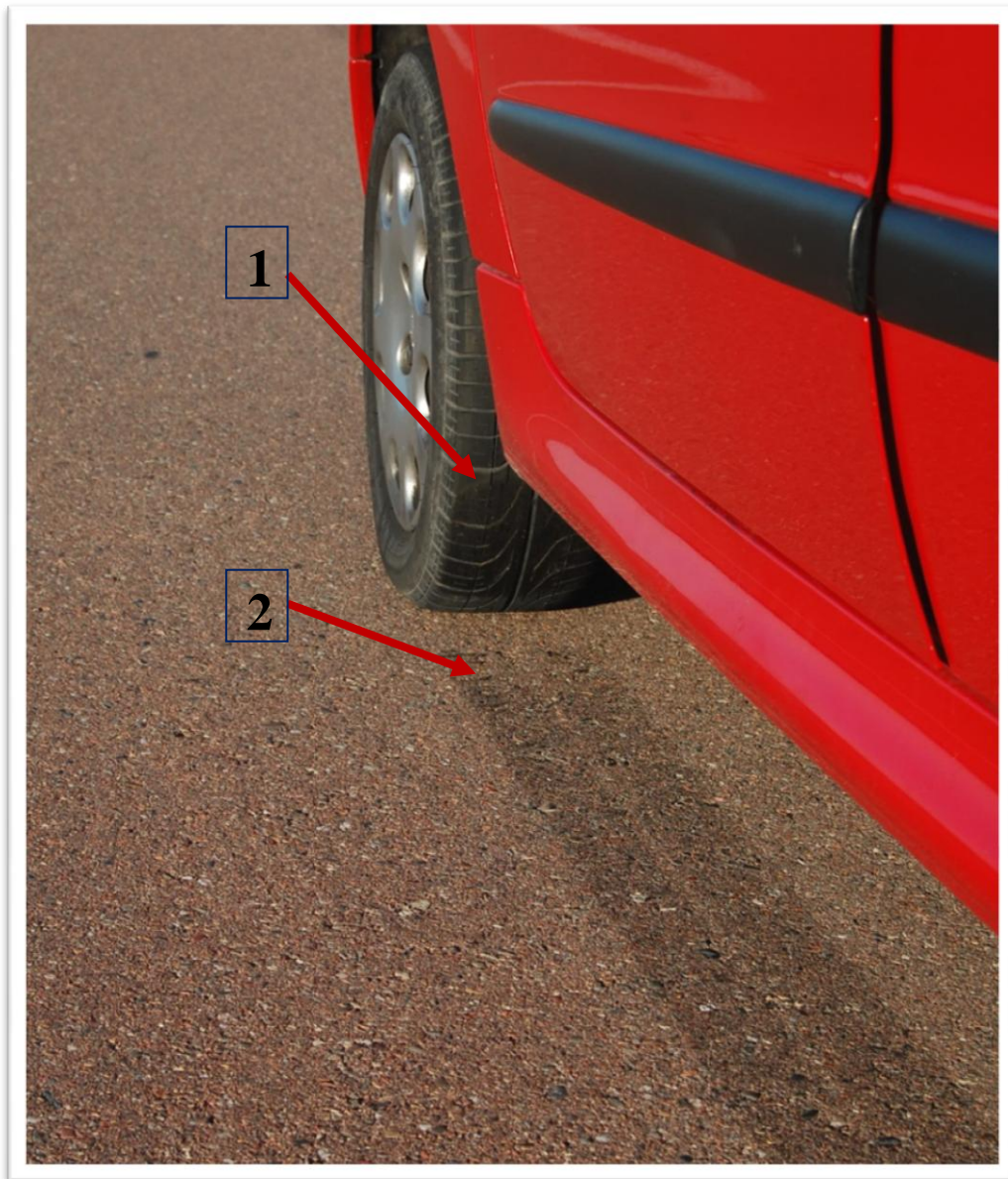


Ilustración n° 11: imagen de la rueda delantera y final de la huella de frenado. Se indica en el punto 1 el sector de la banda de rodamiento con el desgaste del frenado y en el punto 2 los restos de caucho en la calzada. Fuente: elaboración propia.



Ilustración n° 12: imagen restos de caucho y abrasión en rueda delantera, se indica en el punto 1 el sector de la banda de rodamiento con el desgaste del frenado y en el punto 2 los restos de caucho en la calzada. Fuente: elaboración propia.

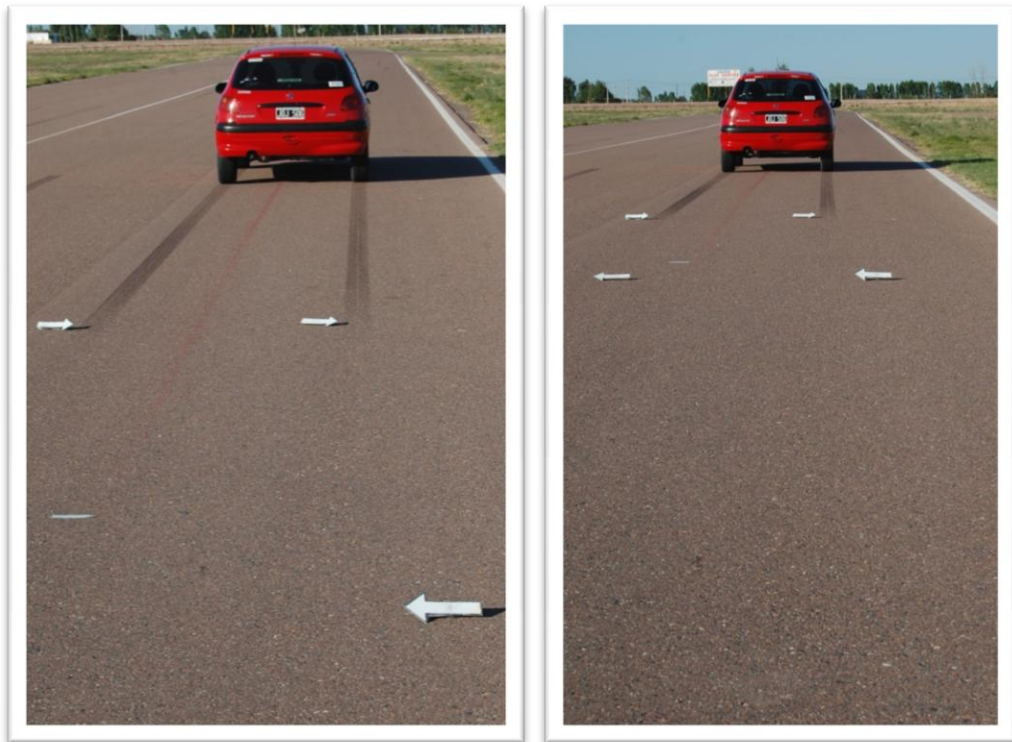


Ilustración n° 13: imágenes de la huella de frenado derecha, en la imagen izquierda desde la posición P1 D1 a una altura de 1.5metros y desde la imagen derecha desde la posición P2 D2 a la altura 1.5metros. Fuente: elaboración propia.

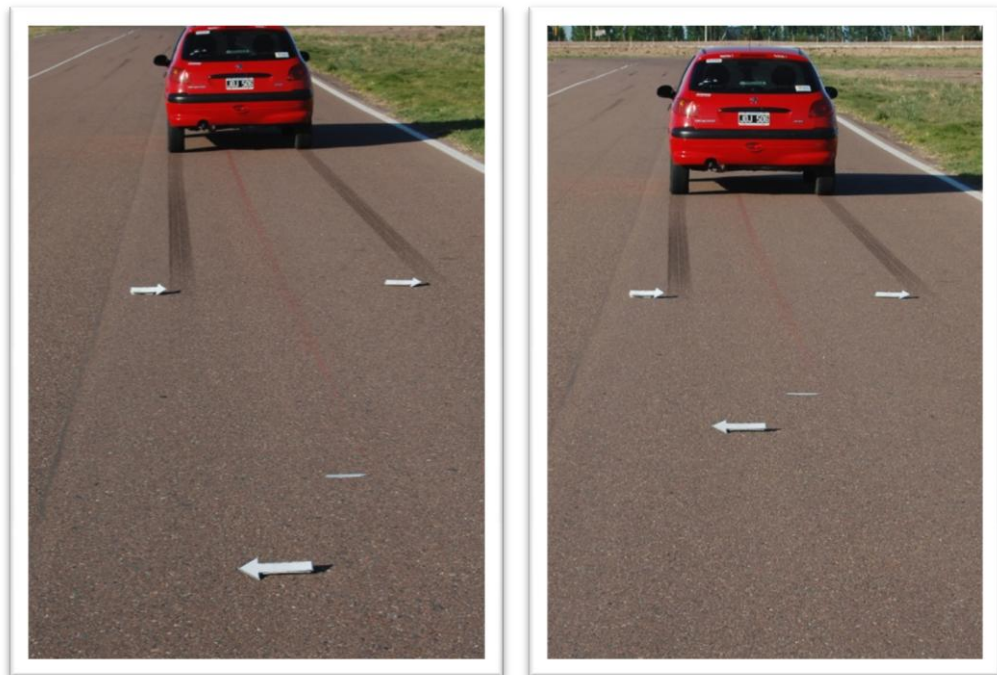


Ilustración n° 14: imágenes de la huella de frenado izquierda, en la imagen izquierda desde la posición P1 D1 a una altura de 1.5metros y desde la imagen derecha desde la posición P2 D2 a la altura 1.5metros. Fuente: elaboración propia.

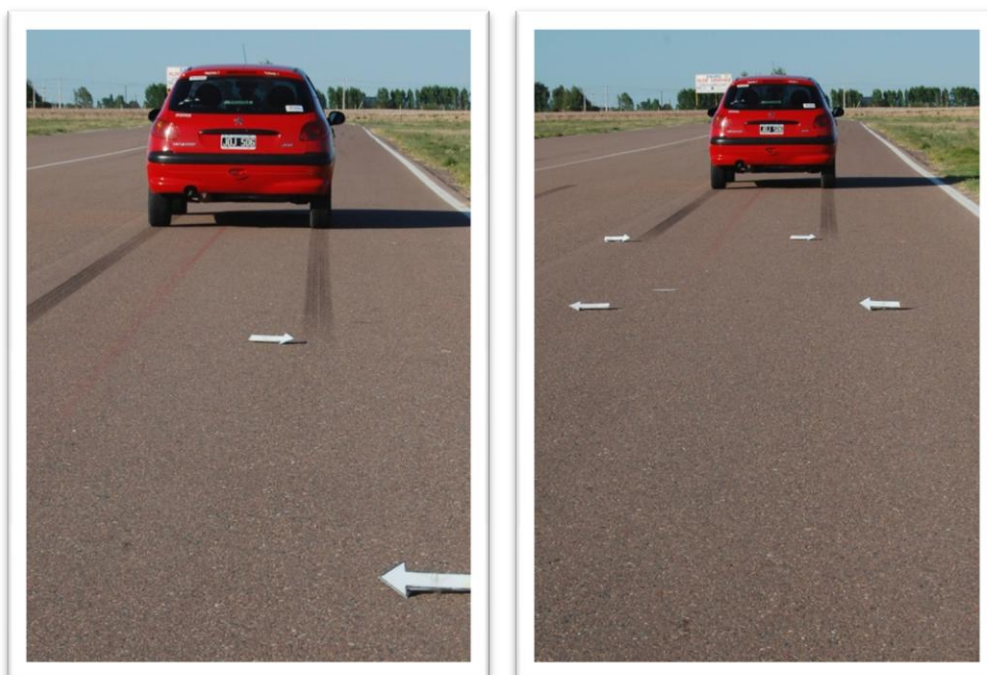


Ilustración n° 15: imágenes de la huella de frenado derecha, en la imagen izquierda desde la posición P1 D1 a una altura de 1metro y desde la imagen derecha desde la posición P2 D2 a la altura 1metro. Fuente: elaboración propia.

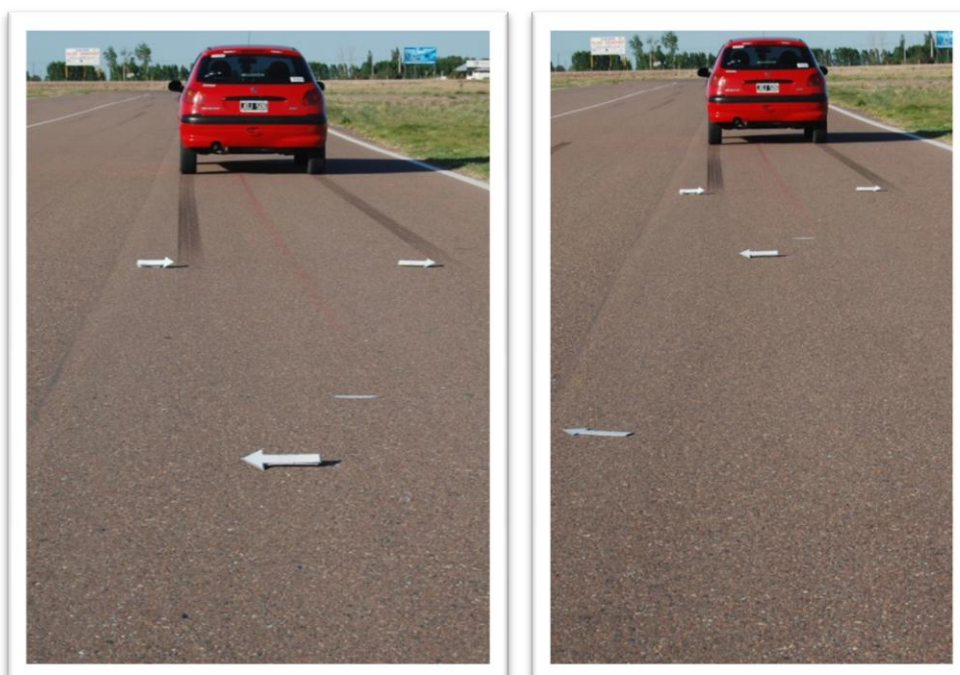


Ilustración n° 16: imágenes de la huella de frenado izquierda, en la imagen izquierda desde la posición P1 D1 a una altura de 1metro y desde la imagen derecha desde la posición P2 D2 a la altura 1metro. Fuente: elaboración propia.

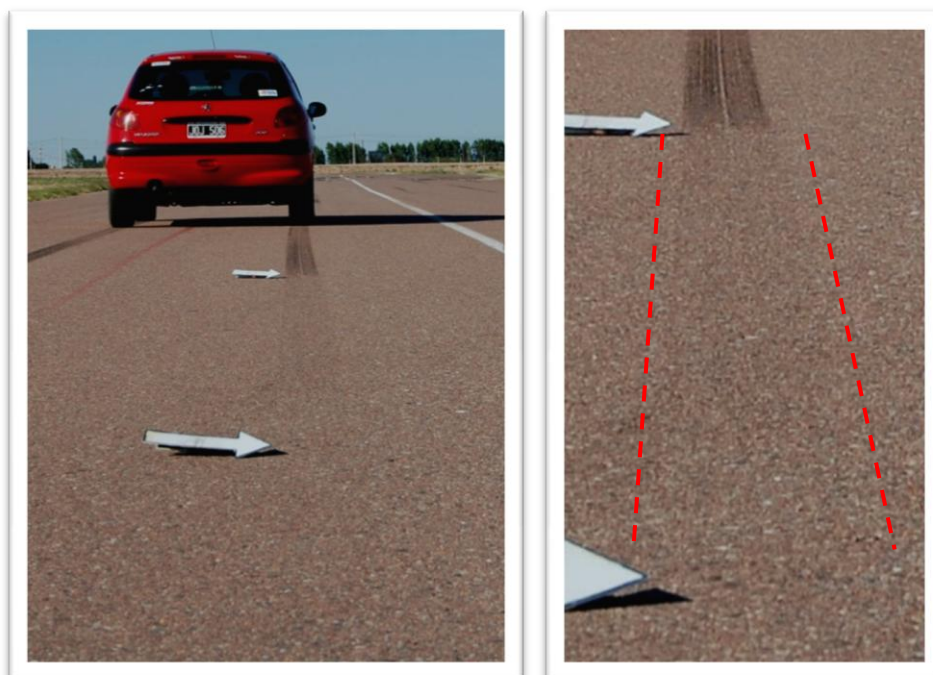


Ilustración n° 17: imágenes de la huella de frenado difusa derecha, realizada desde la posición P1 D1, a una altura de 0.5metro. Fuente: elaboración propia.

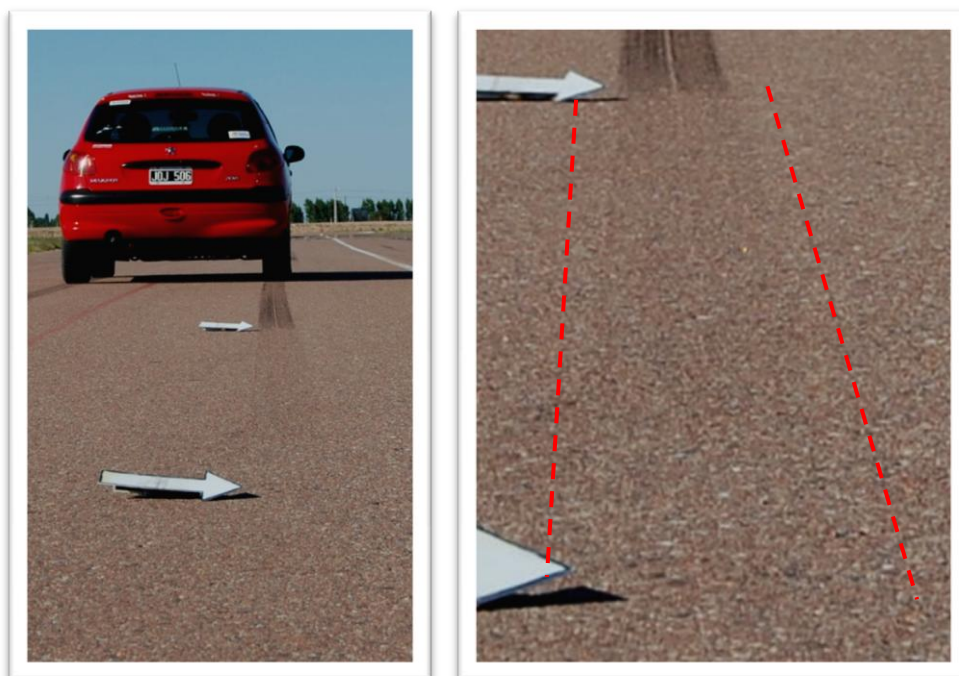


Ilustración n° 18: imágenes de la huella de frenado difusa derecha, realizada desde la posición P1 D1, a una altura de 0.4metro. Fuente: elaboración propia.

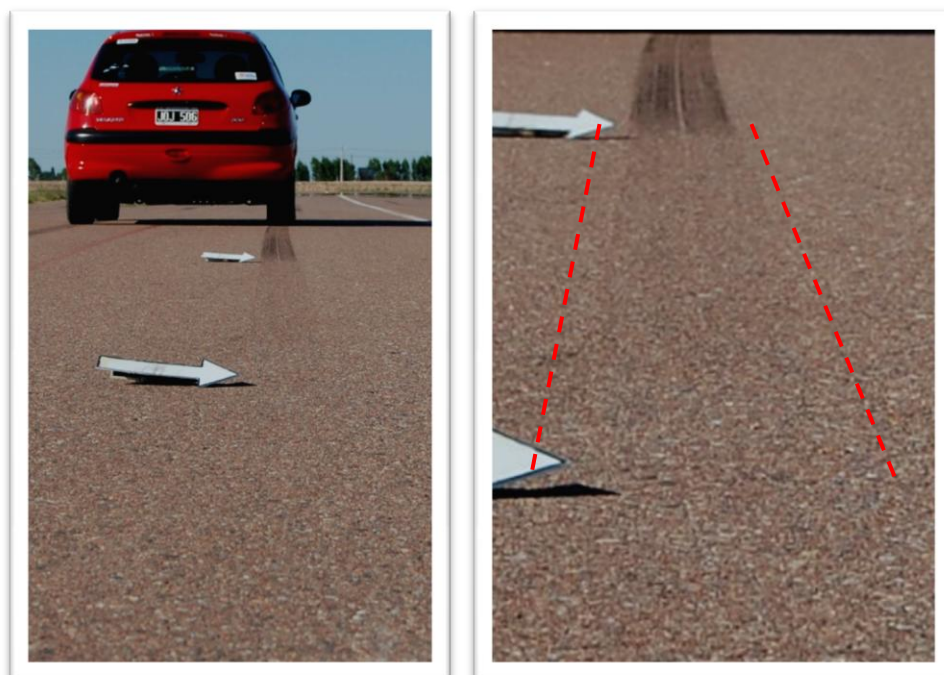


Ilustración n° 19: imágenes de la huella de frenado difusa derecha, realizada desde la posición P1 D1, a una altura de 0.3metro. Fuente: elaboración propia.

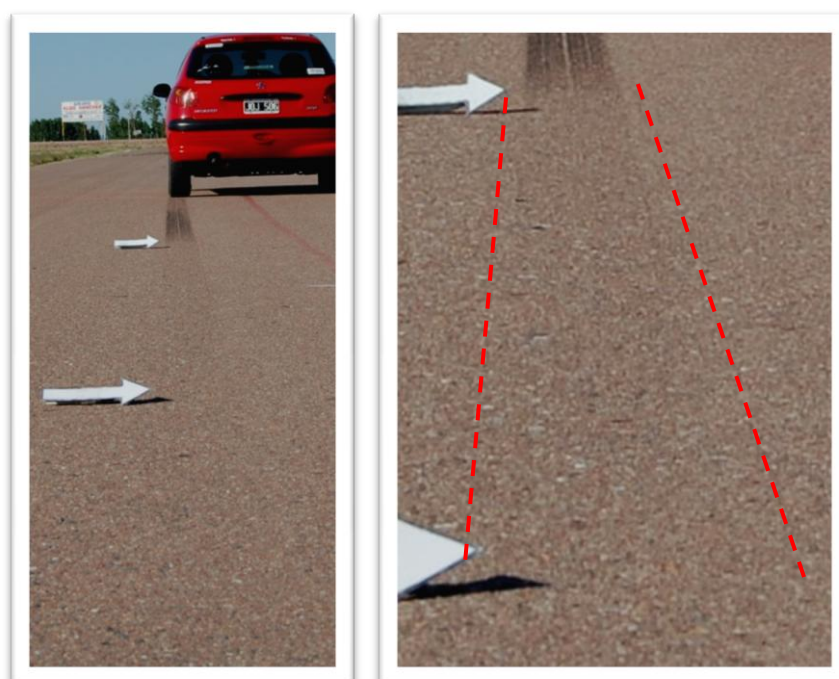


Ilustración n° 20: imágenes ilustrativas de la huella de frenado difusa izquierda, realizada desde la posición P1 D1, a una altura de 0.5metro. Fuente: elaboración propia.

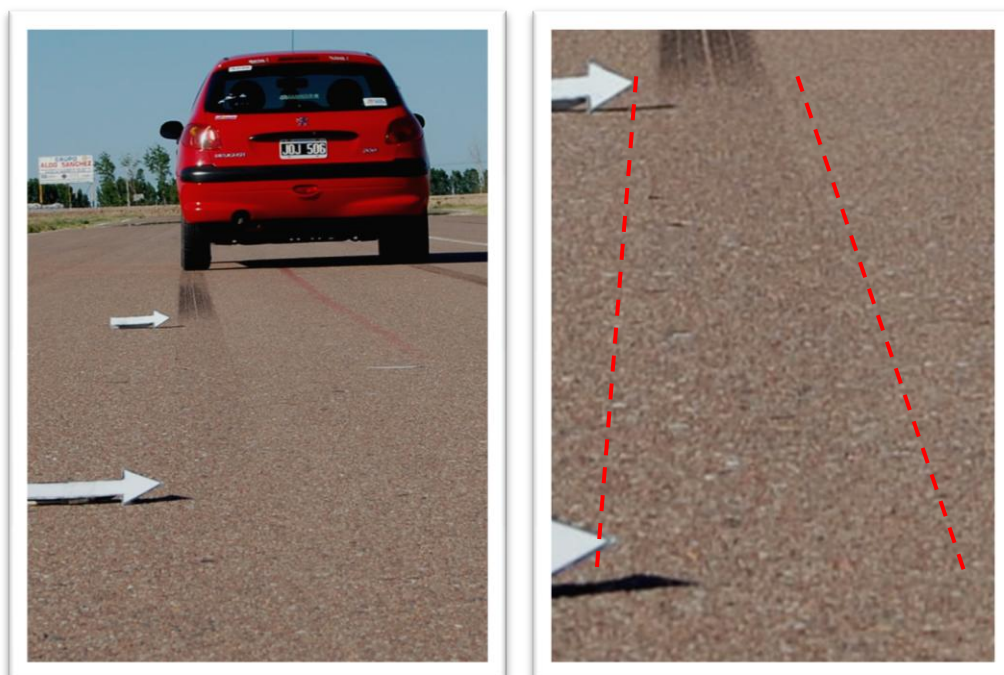


Ilustración n° 21: imágenes de la huella de frenado difusa izquierda, realizada desde la posición P1 D1, a una altura de 0.4metro. Fuente: elaboración propia.

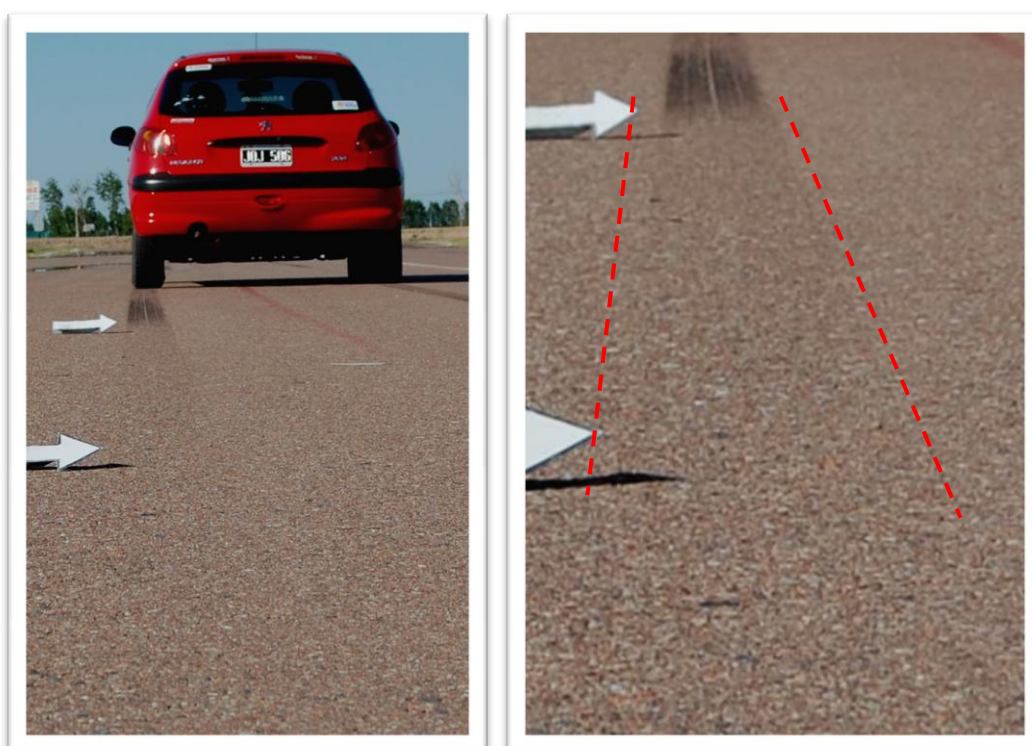


Ilustración n° 22: imágenes de la huella de frenado difusa izquierda, realizada desde la posición P1 D1, a una altura de 0.3metro. Fuente: elaboración propia.

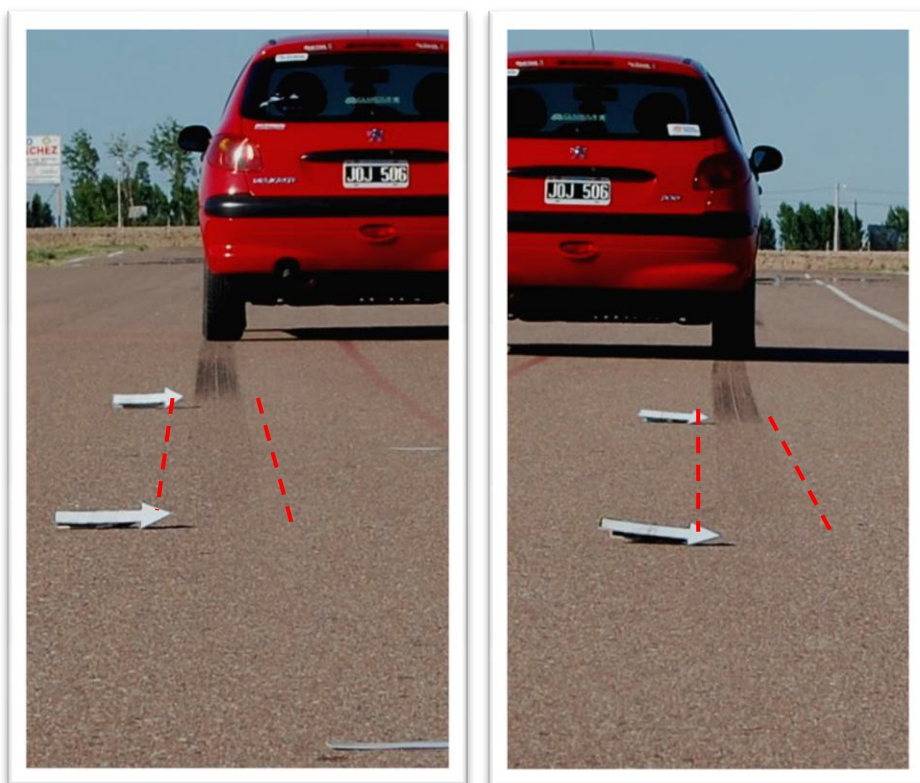


Ilustración n° 23: imágenes de la huellas de frenado difusa izquierda y derecha, realizada desde la posición P2 D2, a una altura de 0.5metro. Fuente: elaboración propia.

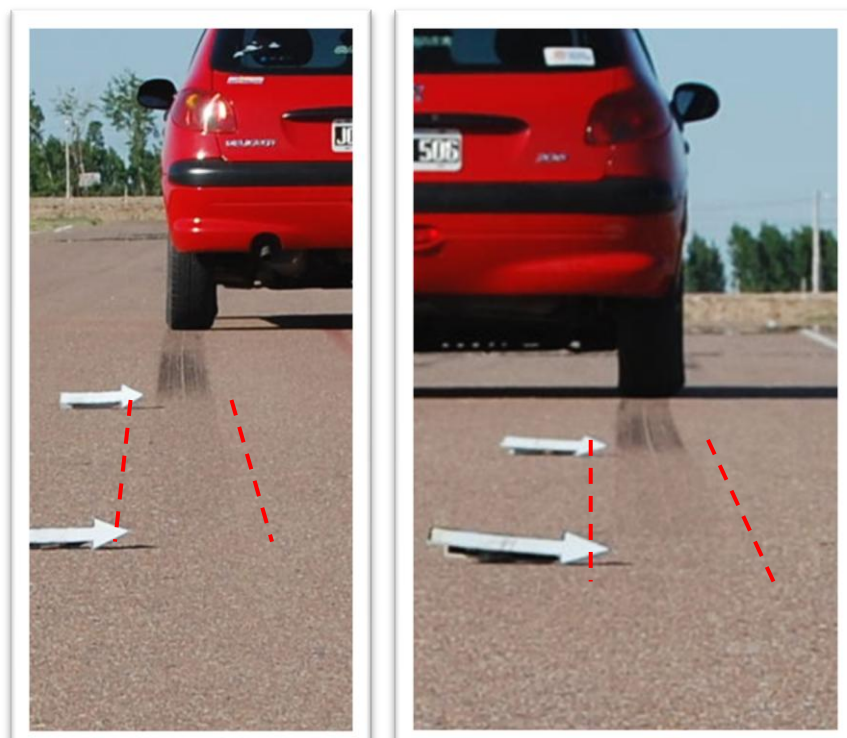


Ilustración n° 24: imágenes de la huellas de frenado difusa izquierda y derecha, realizada desde la posición P2 D2, a una altura de 0.4metro. Fuente: elaboración propia.

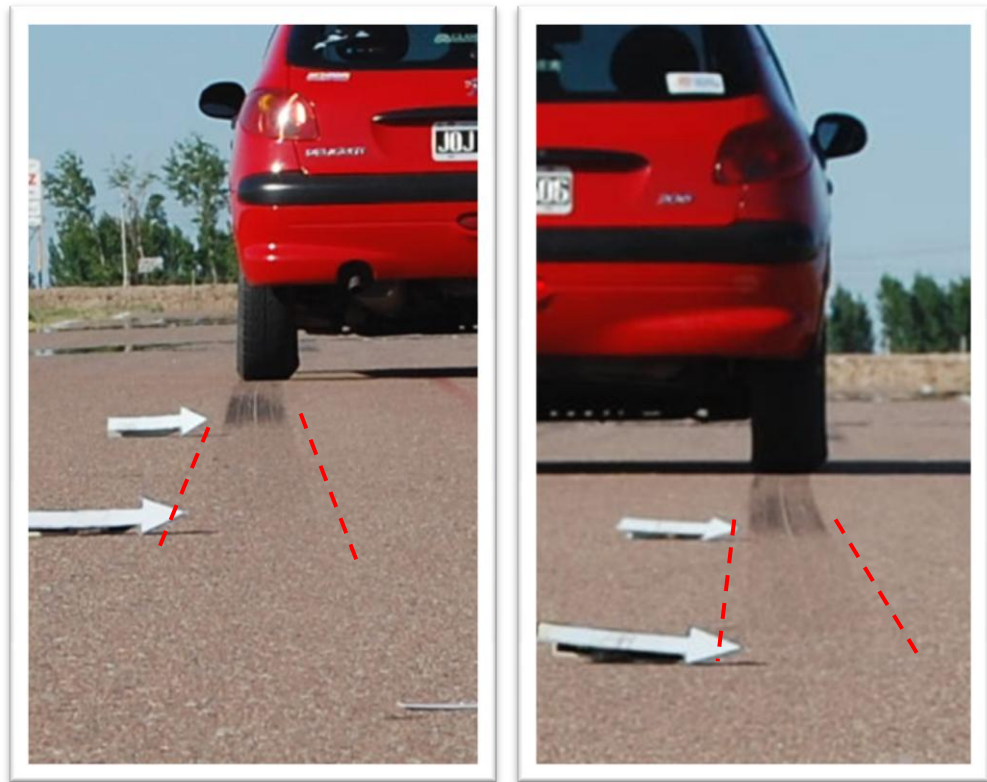


Ilustración n° 12: imágenes de la huellas de frenado difusa izquierda y derecha, realizada desde la posición P2 D2, a una altura de 0.3metro. Fuente: elaboración propia.

Análisis de la observación de las huellas de frenado difusa, en la posición P1 para la distancia D1.

TABLA COMPARATIVA DE OBSERVACIONES EN POSICION P1 DISTANCIA D1			
ALTURA CAMARA	CONDICION	HUELLA DERECHA	HUELLA IZQUIERDA
ALTURA A 1	SE OBSERVA	0	0
	NO SE OBSERVA	40	40
ALTURA A 2	SE OBSERVA	0	0

	NO SE OBSERVA	40	40
ALTURA A 3	SE OBSERVA	35	36
	NO SE OBSERVA	5	4
ALTURA A 4	SE OBSERVA	36	37
	NO SE OBSERVA	4	3
ALTURA A 5	SE OBSERVA	38	40
	NO SE OBSERVA	2	0

Tabla 3: Comparativa de observaciones en posición P1 D1
Fuente: datos obtenidos en pruebas de frenado

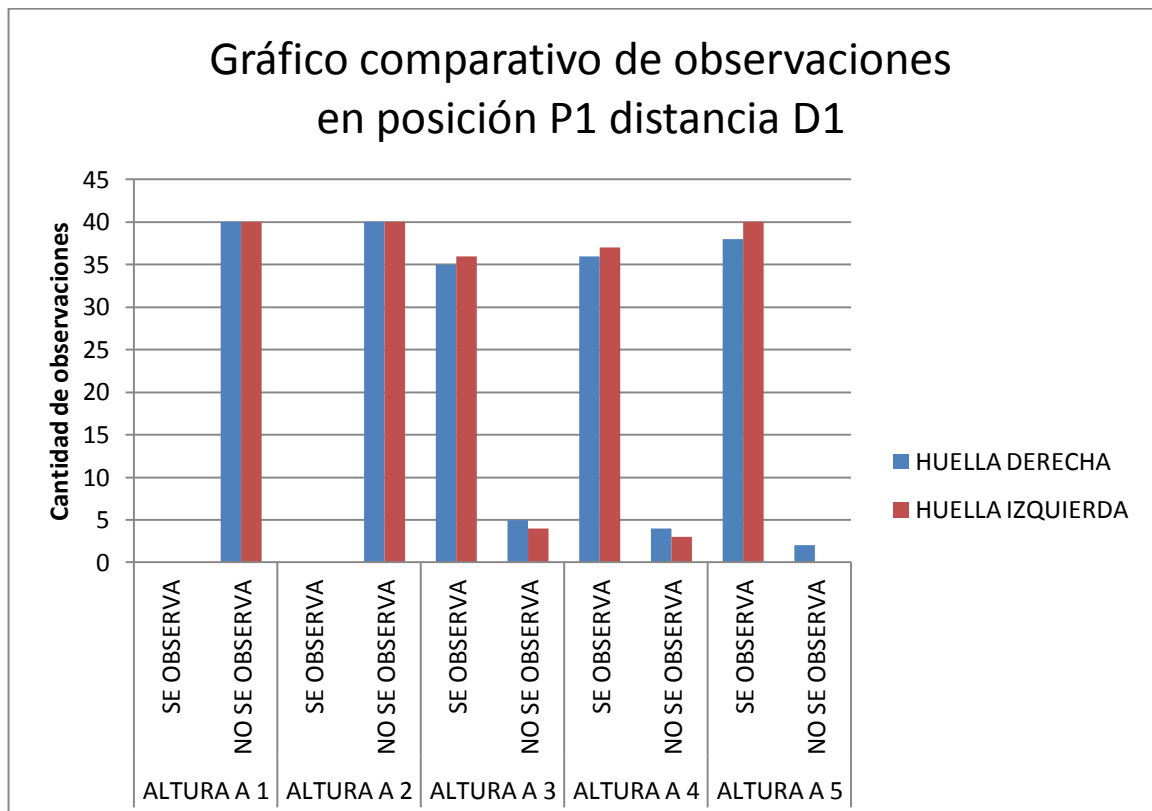


Gráfico 4: comparativo de observaciones posición P1 D1
Fuente: datos obtenidos en pruebas de frenado

- En las tablas y gráficos de la huella de frenado difusa para la posición P1 y Distancia D1, se observan las siguientes características:
 1. En las experiencias realizadas para las posiciones de la cámara en P1 a la distancia D1, en las alturas de referencia A1 (1.5metros) y A2 (1 metro) no se visualizo la huella de frenado difusa, en las imágenes obtenidas.
 2. En la posición P1 a la distancia D1 de la cámara a la altura de referencia A3 (0,50metros) se visualizo en 35 experiencias la huella de frenado difusa de la rueda derecha y en 36 experiencias huella de frenado difusa de la rueda izquierda.
 3. Para la altura A4 (0.4metros) en la posición P1 a la distancia D1, se visualizó en 36 experiencias la huella de frenado difusa de la rueda derecha y 37 experiencias la huella de frenado difusa de la rueda izquierda.
 4. En la posición P1 a la distancia D1 de la cámara a la altura de referencia A3 (0,40metros) se visualizo en 38 experiencias la huella de frenado difusa de la rueda derecha y en las 40 experiencias la huella de frenado difusa de la rueda izquierda.

Análisis de la observación de las huellas de frenado difusa, en la posición P2 para la distancia D2.

TABLA COMPARATIVA DEL TOTAL DE OBSERVACIONES					
ALTURA CAMARA	CONDICION	POSICION P1 DISTANCIA D1		POSICION P2 DISTANCIA D2	
		HUELLA DERECHA	HUELLA IZQUIERDA	HUELLA DERECHA	HUELLA IZQUIERDA
ALTURA A 1	SE OBSERVA	0	0	0	0
	NO SE OBSERVA	40	40	40	40
ALTURA A 2	SE OBSERVA	0	0	0	0
	NO SE OBSERVA	40	40	40	40
ALTURA A 3	SE OBSERVA	35	36	34	37
	NO SE OBSERVA	5	4	6	3
ALTURA A 4	SE OBSERVA	36	37	34	39
	NO SE OBSERVA	4	3	6	1
ALTURA A 5	SE OBSERVA	38	40	38	40
	NO SE OBSERVA	2	0	2	0

Tabla 4: Comparativa de observaciones en posición P2 D2
Fuente: datos obtenidos en pruebas de frenado

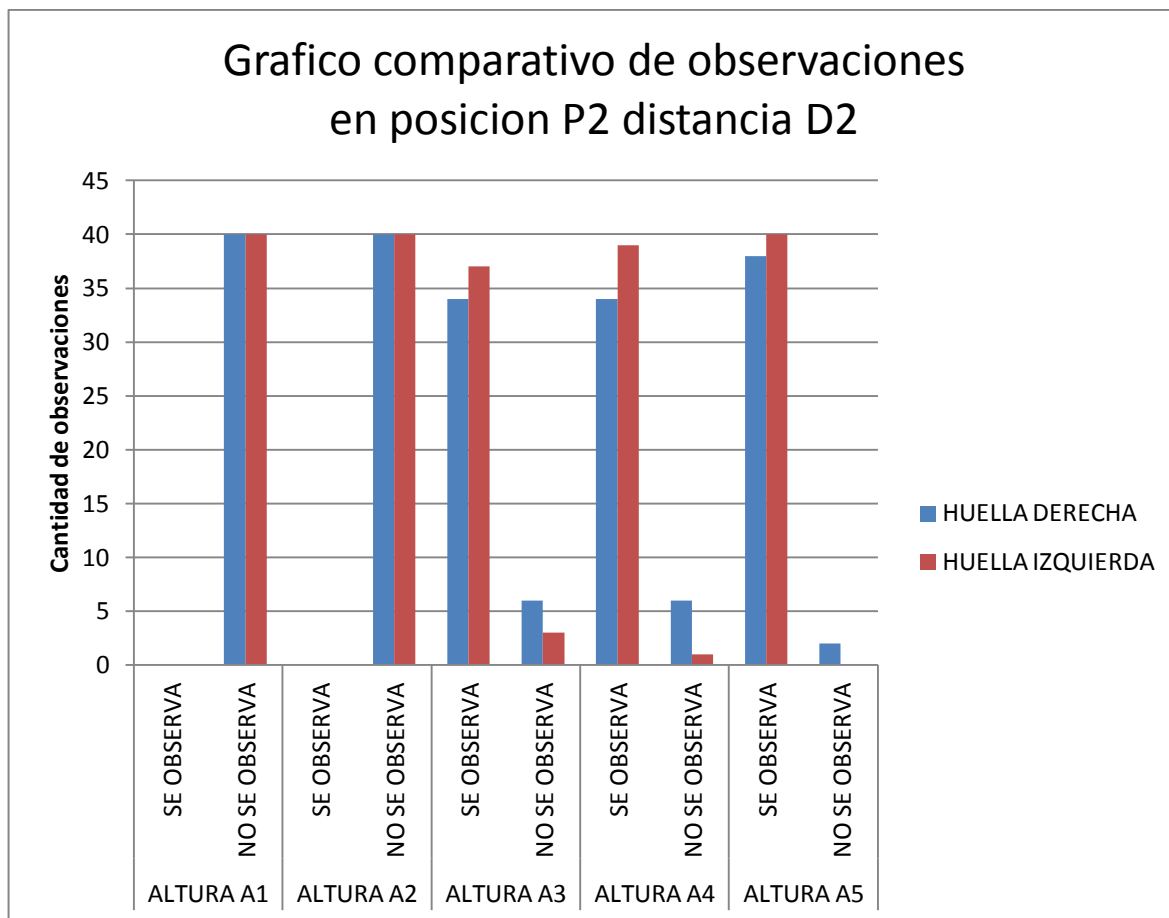


Grafico 5: comparativo de observaciones posición P2 D2
Fuente: datos obtenidos en pruebas de frenado

- En las tablas y gráficos de la huella de frenado difusa para la posición P2 y Distancia D2, se observan las siguientes características:
 1. En las experiencias realizadas para las posiciones de la cámara en P2 a la distancia D2, en las alturas de referencia A1 (1.5metros) y A2 (1 metro) no se visualizo la huella de frenado difusa, en las imágenes obtenidas.
 2. En la posición P2 a la distancia D2 de la cámara a la altura de referencia A3 (0,50metros) se visualizo en 34 experiencias la

huella de frenado difusa de la rueda derecha y en 37 experiencias huella de frenado difusa de la rueda izquierda.

3. Para la altura A4 (0.4metros) en la posición P2 a la distancia D2, se visualizó en 34 experiencias la huella de frenado difusa de la rueda derecha y 39 experiencias la huella de frenado difusa de la rueda izquierda.
4. En la posición P2 a la distancia D2 de la cámara a la altura de referencia A3 (0,40metros) se visualizo en 38 experiencias la huella de frenado difusa de la rueda derecha y en las 40 experiencias la huella de frenado difusa de la rueda izquierda.

Análisis comparativo porcentual de las observaciones realizadas de la huella de frenado derecha e izquierda, para las posiciones P1 a la distancia D1 y en P2 distancia D2 para las alturas A3, A4 y A5.

TABLA COMPARATIVA PORCENTUAL PROMEDIO DE OBSERVACIONES		
ALTURA CAMARA	HUELLA DERECHA	HUELLA IZQUIERDA
EN A3, SE OBSERVA	86,25%	91,25%
EN A3 NO SE OBSERVA	13,75%	8,75%
EN A4 SE OBSERVA	87,50%	95,00%
EN A4 NO SE OBSERVA	12,50%	5,00%
EN A5 SE OBSERVA	95,00%	100,00%

EN A5 NO SE OBSERVA	5,00%	0,00%
PROMEDIO DE OBSERVACION	89,58%	95,42%
PROMEDIO DE NO OBSERVACION	10,42%	4,58%

Tabla 5: Comparativa porcentual del total de observaciones.
Fuente: datos obtenidos en pruebas de frenado

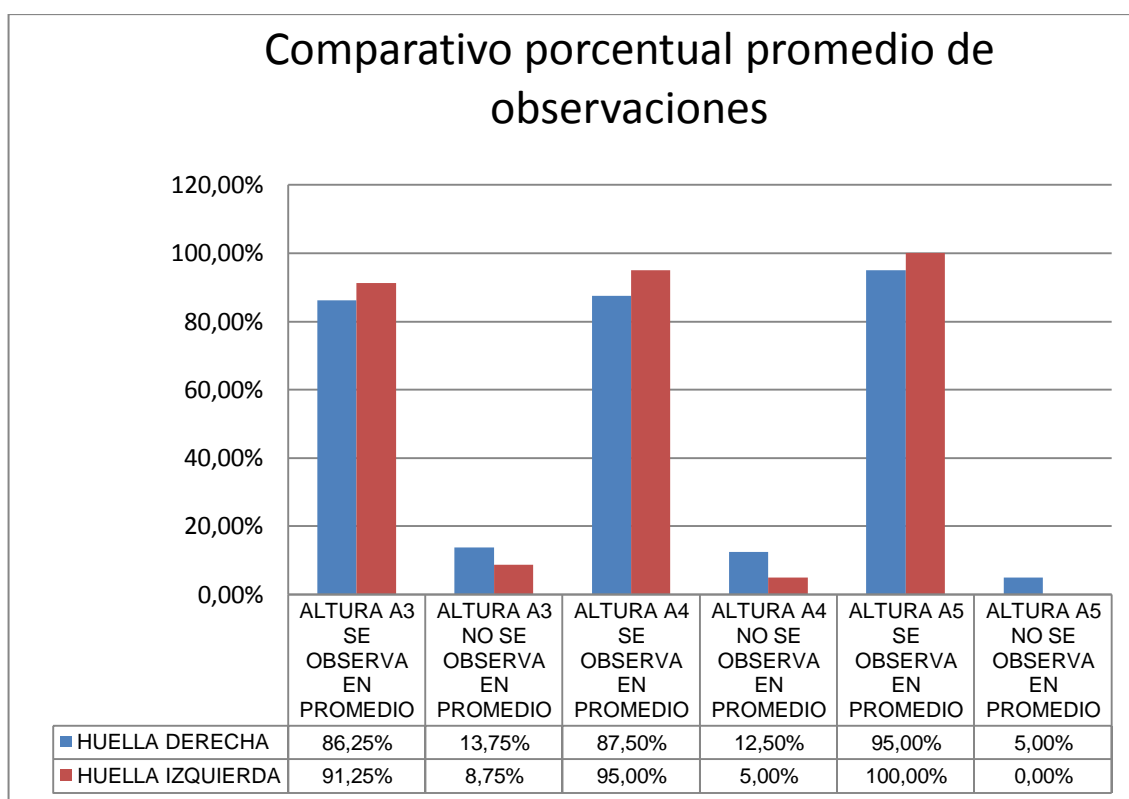


Grafico 6: comparativo porcentual de observaciones promedio del total de observaciones.
Fuente: datos obtenidos en pruebas de frenado

En las tablas y gráficos de la comparación del promedio porcentual de la observación de las huellas de frenado, en ambas posiciones de referencia se pueden detallar las siguientes características:

1. En promedio la visualización de la huella difusa derecha para la altura de referencia A3, es de 86.25% y la huella difusa izquierda en promedio es de 91.25%.
2. En promedio la observación de la huella de frenado difusa a la altura A4, es de 87.50% para la huella derecha y para la huella izquierda en promedio es de 95,00%.
3. La observación media de la huella de frenado difusa en la altura A5, para la huella derecha es de 95,00% y para la huella izquierda es del 100%.
4. De los resultados obtenidos se puede expresar que la huella de frenado difusa gestada por la rueda izquierda se observa en promedio mayor cantidad de pruebas que la huella de frenado gestada por la rueda derecha.

Análisis del cálculo de ángulos para las posiciones de observación de las huellas de frenado difusa, en la posición P1 para la distancia D1.

TABLA DE VALORES MEDIO DE LOS ANGULOS EN POSICION P1 D1			
DISTANCIA D1	ANGULO PARA A3	ANGULO PARA A4	ANGULO PARA A5
20,12	1° 25' 25"	1° 08' 21"	0° 51' 16"

**Tabla 6: valores medio de los ángulos obtenidos en posición P1 D1.
Fuente: datos obtenidos en pruebas de frenado**

En la tabla se observan los valores medios de los ángulos para la posición de observación de referencia P1, a la distancia D1 (20.12metros), donde se puede detallar las siguientes características:

1. El valor medio del ángulo calculado para la altura A3 (0,50metros), es de **1° 25' 25"**.
2. El valor medio del ángulo calculado para la altura A4 (0,40metros), es de **1° 08' 21"**.
3. El valor medio del ángulo calculado para la altura A5 (0,30metros), es de **0° 51' 16"**.

Análisis del cálculo de ángulos para las posiciones de observación de las huellas de frenado difusa, en la posición P2 para la distancia D2 (25.12metros).

TABLA DE VALORES MEDIO DE LOS ANGULOS EN POSICION P2 D2			
DISTANCIA D2	ANGULO PARA A3	ANGULO PARA A4	ANGULO PARA A5
25,12	1° 08' 25"	0° 54' 44"	0° 41' 03"

**Tabla 7: valores medio de los ángulos obtenidos en posición P2 D2.
Fuente: datos obtenidos en pruebas de frenado**

En la tabla se observan los valores medios de los ángulos para la posición de observación de referencia P2, a la distancia D2 (25.12metros), donde se puede detallar las siguientes características:

1. El valor medio del ángulo calculado para la altura A3 (0,50metros), es de **1° 08' 25"**.
2. El valor medio del ángulo calculado para la altura A4 (0,40metros), es de **0° 54' 44"**.
3. El valor medio del ángulo calculado para la altura A5 (0,30metros), es de **0° 41' 03"**.

Análisis comparativo de los valores promedio obtenidos en el cálculo de ángulos, para las dos posiciones en que se observa las huellas de frenado difusa.

TABLA COMPARATIVA DE VALORES PROMEDIO PARA LOS ANGULOS DE OBSERVACION				
RESULTADO	DISTANCIA D1	ANGULO PARA A3	ANGULO PARA A4	ANGULO PARA A5
MEDIA EN P1	20,12	1° 25' 25"	1° 08' 21"	0° 51' 16"
MEDIA EN P2	25,12	1° 08' 25"	0° 54' 44"	0° 41' 03"

Tabla 8: comparativa de valores medio de los ángulos obtenidos en ambas posiciones. Fuente: datos obtenidos en pruebas de frenado

En la tabla se observan los valores medios de los ángulos para las dos posiciones adoptadas al momento de fotografiar las huellas de frenado difusas, donde se puede detallar las siguientes características:

1. El valor medio del ángulo calculado para la altura A3 (0,50metros) en la posición P2, es menor que el ángulo obtenido en la posición P1.
2. El valor medio del ángulo calculado para la altura A4 (0,40metros) en la posición P2, es menor que el ángulo obtenido en la posición P1.
3. El valor medio del ángulo calculado para la altura A5 (0,30metros) en la posición P2, es menor que el ángulo obtenido en la posición P1.
4. En la comparación se obtiene para las alturas de observación seleccionadas, que para una distancia mayor el ángulo de observación es menor. Siendo el ángulo de **1° 25' 25"** el mayor valor obtenido y el ángulo de **0° 41' 03"** el menor valor obtenido para dicho ángulo.
5. Se puede establecer que la posición P2, a una distancia D2 (25,12metros) y a la altura A5 (0,30metros), es la más óptima para lograr la observación de las huellas de frenado difusa.

DISCUSION DE RESULTADOS

Irureta expone que siempre existe una huella difusa (shadow marks) cuyo principio es incierto. Por otro lado la Guardia Civil expone sobre la huella difusa que es como una sombra y muy difícil de localizar o fotografiar.

De acuerdo a las experiencias realizadas no se cumple lo antes mencionado, ya que se demuestra que es cierto el inicio de la huella de frenado difusa ubicando al observador en la posición correcta.

Además Irureta menciona, que los estudios de Reed y Keskin han determinado que desde que se empieza a accionar el freno hasta que los neumáticos dejan huellas de frenado claramente visibles, se disipa entre el 15 % y el 30 % de la energía cinética inicial en automóviles, teniendo en cuenta lo cual, la indeterminación sobre el inicio real de la frenada queda salvada.

De acuerdo a las experiencias realizadas se cumple lo antes mencionado, ya que se estableció que, la media de la huella de frenado difusa es de 26.49%, lo que se encuentra dentro de los valores establecidos por Reed y Keskin.

La Guardia Civil describe la huella de frenado visible, como un conjunto de líneas paralelas correspondientes a los salientes de la escultura de la banda de rodamiento, dejando en blancos, naturalmente, los espacios huecos del

dibujo. El Ingeniero García expone sobre la huella visible que es producto de la fricción entre el caucho deslizando y el pavimento, lo que 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 importante grado de adherencia.

En las pruebas realizadas se pudo observar las características de la huella de frenado visible; como un conjunto de líneas paralelas, de color negro, con espacios en blanco; que en general se incrementa su marcado en el sentido de circulación del vehículo; en el final de la huella de frenado se pudo observar debajo de la banda de rodamiento restos pulverulentos de caucho, luego que se hizo girar la rueda nuevamente, verificando lo antes expuesto.

Con respecto a la huella de frenado difusa en el estudio realizado, se describe como una limpieza en la calzada, en la cual se aprecia el delineado de los bordes con mayor intensidad. Teniendo continuidad en la huella de frenado visible en el sentido de marcha del vehículo, demostrado en las imágenes obtenidas.

El ingeniero García explica que medida que crece el deslizamiento, los sectores de la banda de rodamiento que permanecen en contacto con el pavimento lo hacen en periodos cada vez más largos, lo que produce un desgaste que llama parche de contacto.

En la observación de las cubiertas del rodado se visualizo en los neumáticos delanteros en la banda de rodamiento luego de las maniobra de frenado, un sector con desgaste muy marcado. Lo que se puede describir como signos de abrasión producidos por la fricción del neumático contra la calzada, demostrando que la característica observada es correcta verificando lo antes mencionado.

En la banda de rodamiento de los neumáticos traseros, no se observo marcas dejadas por la abrasión con la calzada, por lo que se puede inferir que no se produce el bloqueo de los mismos.

En el estudio realizado se observo que en la posición P2, establecida en la distancia D2, a la altura A5 (0.30m), es la más óptima para la visualización de la huella de frenado difusa y la de menor observación de la huella de frenado difusa es la posición P1, a la distancia de referencia D1, a la altura A1 (0.5m). Siendo la altura de 1.5metros y 1metro en ambas posiciones no aptas para la observación de la huella difusa.

En este estudio se establece el intervalo de los ángulos para la observación de la huella difusa entre **1° 25' 25"** (es el ángulo máximo determinado) y **0° 41' 03"** (es el ángulo mínimo). Por lo que se verifico que al momento de posicionar la cámara, se debe tener en cuenta estos parámetros, para lograr la visualización de la huella de frenado difusa.



CAPÍTULO VIII

- **CONCLUSIONES**

CONCLUSIONES

De las experiencias llevadas a cabo se obtuvo que la posición del observador, al momento de visualizar la huella de frenado previo al inicio de depósito de partículas, influye en el resultado obtenido.

El valor estimado del porcentaje de huella no visible es del 15% al 30%, esto en vehículos automóviles, que constan de un sistema de frenos de tipo hidráulicos y que poseen un buen rendimiento en cuanto al frenado, al realizar la comparación del porcentaje medio obtenido en los ensayos (26.49%) lo que corrobora, que la observación de la huella de frenado difusa fue correcta en la investigación.

En el trabajo de investigación realizado, se logró determinar, que la huella de frenado difusa, en el sector del inicio de la huella de frenado previo depósito de partículas de sobre la superficie, se observa como una limpieza en la calzada, en la cual se aprecia el delineado de los bordes con mayor intensidad y el ángulo visión para la observación de las mismas quedó determinado en el intervalo de **1° 25' 25"** como valor máximo y de **0° 41' 03"** como valor mínimo. Lo que responde al interrogante planteado.

En resumen, mediante las experiencias realizadas se proporciono una perspectiva general, al momento de la observación de las huellas de frenado

difusas. Donde el observador para la visualización de las características, se debe posicionar, a una distancia entre los 10metros y 15metros, del sector posterior, del inicio de cada una de las huellas de frenado visible, a una altura entre los 50centímetros y 30centímetros, según lo que se establece en las experiencias realizadas.

Por lo realizado se advierte que para el cálculo de la velocidad de un vehículo al momento de iniciar la maniobra de frenado de pánico, se debe tomar la huella de frenado total, la que está compuesta entre la huella visible y la huella difusa.

En este sentido, como experiencia personal, podemos decir que hemos aportado un conocimiento práctico, a los investigadores al momento de investigar los siniestros viales. Además, se abren otros campos de estudio como por ejemplo, que influencia puede tener el tipo de neumático en la huella de frenado, la influencia del tipo de frenos en la huella de frenado difusa, la incidencia que puede tener la temperatura en la impresión de las huellas de frenado, la influencia que produce en la huellas de frenado en sistema de los frenos neumáticos, etc.



CAPÍTULO IX

- **REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS**

BIBLIOGRAFÍA

- ✓ Academia de Trafico de la Guardia Civil (1990). *Investigación de Accidentes de Trafico*. España: Dirección General de Trafico, Academia de Trafico de la Guardia Civil.

- ✓ Brambati, G. (2010). *Un camino hacia la verdad. Huellas en accidentes de tránsito*.4-7 Recuperado el 20 junio de 2014, desde: http://www.cesvi.com.ar/revistas/r62/huella_62.pdf

- ✓ Carrión Nin, J. L. (1999). *Proceso de fabricación de las llantas de caucho*. Peru: Revista Industrial Data. Recuperado el 26 de junio de 2014, desde: http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtual/publicaciones/indata/v02_n2/proceso.htm

- ✓ Castro, G., (2008). *Materiales y compuestos para la industria del neumático*. Departamento de Ingeniería Mecánica F.I.U.B.A. Recuperado el 20 de mayo de 2014, desde: http://materias.fi.uba.ar/6715/Material_archivos/Material%20complementario%20067.17/Materiales%20y%20Compuestos%20para%20la%20Industria%20del%20Neumatico.pdf

- ✓ García, A., (2011). *Accidentes de tránsito. Investigación y reconstrucción*. Buenos Aires: Nueva Librería.

- ✓ Irureta, V., (2003). *Accidentología Vial y Pericia*. Bueno Aires: La Rocca.

- ✓ Mantaras D., Rodríguez P. y González-Carbajal García J., (2005). *Investigación de Accidentes de Trafico. La toma de Datos*. España: Thomsom Editores Spain Paraninfo, S.A.

- ✓ Martínez L. (2010), *Influencia del desgaste del neumático en el cálculo de velocidad*. Tesina para obtener el título de Licenciado en Criminalística, Facultad de Psicología, Universidad del Aconcagua. Mendoza. Argentina.

- ✓ Leiva Alva, L.A. (2003). *Análisis de accidentes viales aplicando la Ingeniería de Transito. Guatemala*. Recuperado el 20 de mayo de 2014, desde: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_2324_C.pdf

- ✓ Pisano J. M. (2007), *Producción de huellas de frenado de un automóvil con sistema de frenos ABS, sobre hormigón*. Tesina para obtener el título de Licenciado en Criminalística, Facultad de Psicología, Universidad del Aconcagua. Mendoza. Argentina.



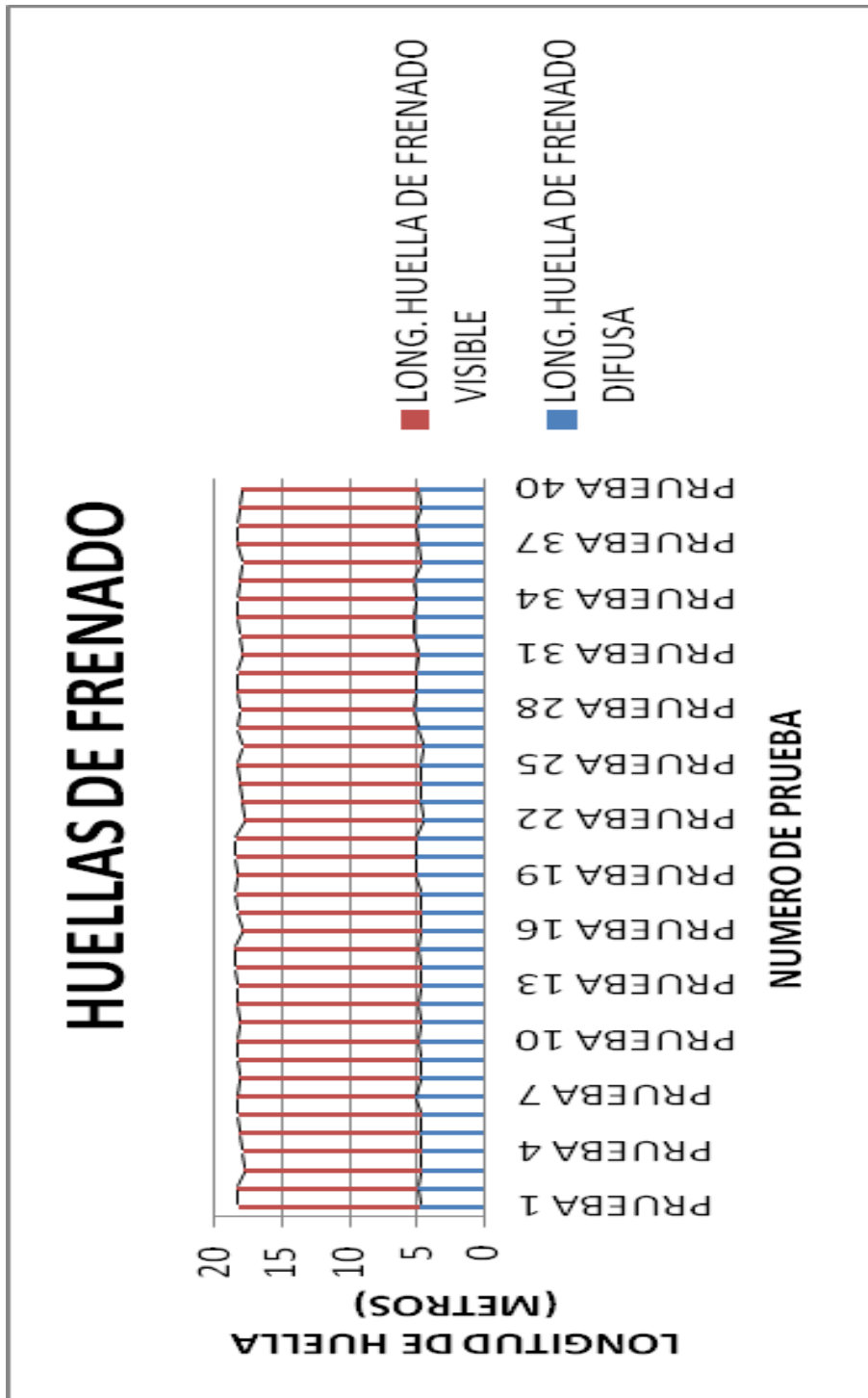
ANEXOS

Tabla de colección de datos longitudes de huellas de frenado.

TABLA DE COLECCIÓN DE DATOS (LONGITUDES EXPRESADAS EN METROS)			
NRO. DE PRUEBA	LONG. HUELLA DE FRENADO DIFUSA	LONG. HUELLA DE FRENADO VISIBLE	LONG. HUELLA DE FRENADO TOTAL
PRUEBA 1	4,71	13,54	18,25
PRUEBA 2	4,94	13,4	18,34
PRUEBA 3	4,6	13,2	17,8
PRUEBA 4	4,65	13,2	17,85
PRUEBA 5	4,75	13,4	18,15
PRUEBA 6	4,6	13,65	18,25
PRUEBA 7	5,05	13,25	18,3
PRUEBA 8	4,7	13,45	18,15
PRUEBA 9	4,71	13,54	18,25
PRUEBA 10	4,82	13,48	18,3
PRUEBA 11	4,65	13,5	18,15
PRUEBA 12	4,8	13,5	18,3
PRUEBA 13	4,6	13,6	18,2
PRUEBA 14	4,65	13,75	18,4
PRUEBA 15	4,82	13,64	18,46
PRUEBA 16	4,65	13,3	17,95
PRUEBA 17	4,6	13,6	18,2
PRUEBA 18	4,7	13,7	18,4
PRUEBA 19	5	13,3	18,3
PRUEBA 20	5,05	13,4	18,45
PRUEBA 21	4,95	13,45	18,4
PRUEBA 22	4,55	13,25	17,8
PRUEBA 23	4,75	13,2	17,95
PRUEBA 24	4,6	13,55	18,15
PRUEBA 25	4,72	13,64	18,36
PRUEBA 26	4,55	13,3	17,85
PRUEBA 27	4,9	13,3	18,2
PRUEBA 28	5,15	12,95	18,1
PRUEBA 29	5,05	13,25	18,3
PRUEBA 30	5	13,2	18,2
PRUEBA 31	4,8	13,15	17,95
PRUEBA 32	5,15	12,95	18,1
PRUEBA 33	5,2	13,1	18,3
PRUEBA 34	5,05	13,15	18,2
PRUEBA 35	5,15	13	18,15
PRUEBA 36	4,6	13,3	17,9
PRUEBA 37	4,8	13,5	18,3
PRUEBA 38	5	13,2	18,2
PRUEBA 39	4,75	13,4	18,15
PRUEBA 40	4,8	13,15	17,95
MEDIA	4,81	13,36	18,17

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico de longitudes de huellas de frenado.



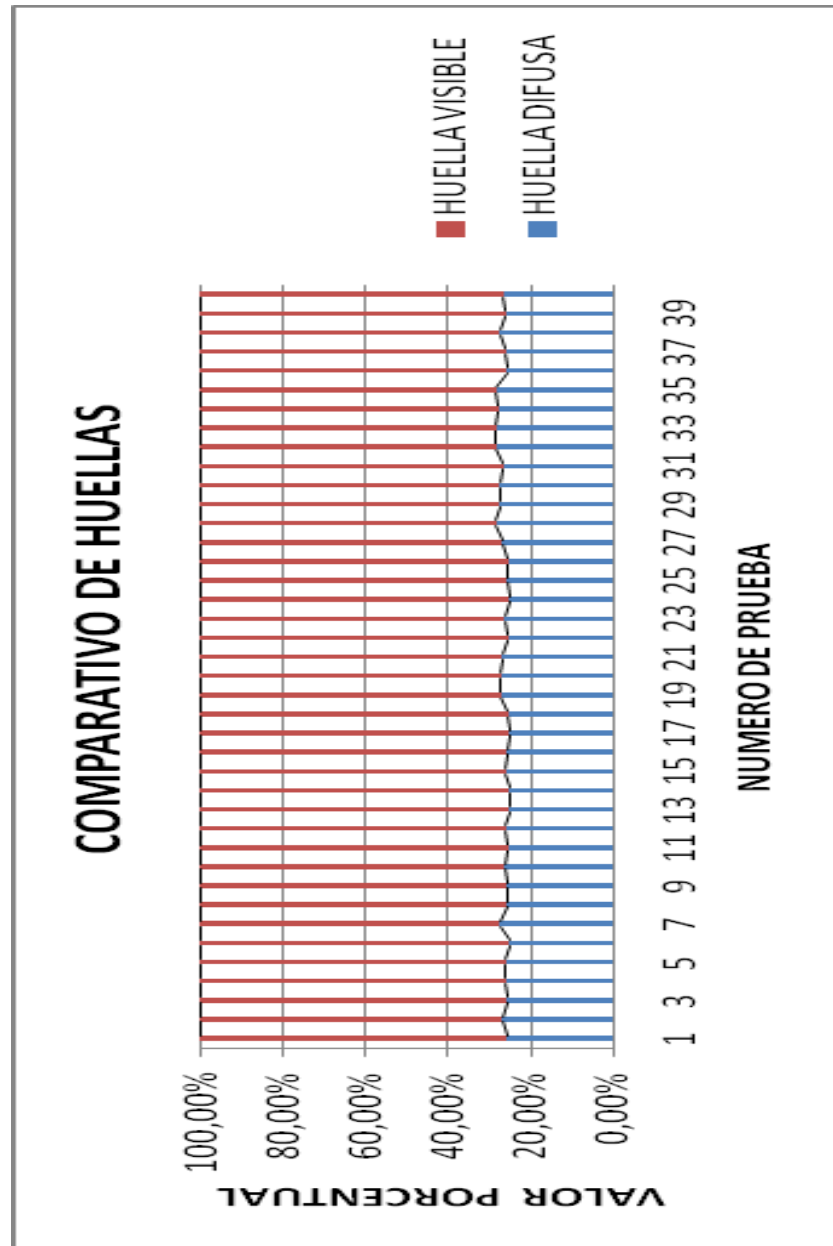
Fuente: Elaboración propia.

Tabla de valores porcentuales de huellas de frenado.

TABLA DE VALORES PORCENTUALES		
NRO. DE PRUEBA	HUELLA DIFUSA	HUELLA VISIBLE
PRUEBA 1	25,81%	74,19%
PRUEBA 2	26,94%	73,06%
PRUEBA 3	25,84%	74,16%
PRUEBA 4	26,05%	73,95%
PRUEBA 5	26,17%	73,83%
PRUEBA 6	25,21%	74,79%
PRUEBA 7	27,60%	72,40%
PRUEBA 8	25,90%	74,10%
PRUEBA 9	25,81%	74,19%
PRUEBA 10	26,34%	73,66%
PRUEBA 11	25,62%	74,38%
PRUEBA 12	26,23%	73,77%
PRUEBA 13	25,27%	74,73%
PRUEBA 14	25,27%	74,73%
PRUEBA 15	26,11%	73,89%
PRUEBA 16	25,91%	74,09%
PRUEBA 17	25,27%	74,73%
PRUEBA 18	25,54%	74,46%
PRUEBA 19	27,32%	72,68%
PRUEBA 20	27,37%	72,63%
PRUEBA 21	26,90%	73,10%
PRUEBA 22	25,56%	74,44%
PRUEBA 23	26,46%	73,54%
PRUEBA 24	25,34%	74,66%
PRUEBA 25	25,71%	74,29%
PRUEBA 26	25,49%	74,51%
PRUEBA 27	26,92%	73,08%
PRUEBA 28	28,45%	71,55%
PRUEBA 29	27,60%	72,40%
PRUEBA 30	27,47%	72,53%
PRUEBA 31	26,74%	73,26%
PRUEBA 32	28,45%	71,55%
PRUEBA 33	28,42%	71,58%
PRUEBA 34	27,75%	72,25%
PRUEBA 35	28,37%	71,63%
PRUEBA 36	25,70%	74,30%
PRUEBA 37	26,23%	73,77%
PRUEBA 38	27,47%	72,53%
PRUEBA 39	26,17%	73,83%
PRUEBA 40	26,74%	73,26%
MEDIA	26,49%	73,51%

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico de valores porcentuales de huellas de frenado.



Fuente: Elaboración propia.

Tabla de resultados de los ángulos de observación en la posición P1.

TABLA DE RESULTADOS DE ANGULOS DE OBSERVACIONV EN POSICION P1						
NRO. DE PRUEBA	DISTANCIA D1	ANGULO PARA ALTURA A1	ANGULO PARA ALTURA A2	ANGULO PARA ALTURA A3	ANGULO PARA ALTURA A4	ANGULO PARA ALTURA A5
PRUEBA 1	20,3	3° 23' 35"	2° 49' 13"	1° 24' 39"	1° 07' 44"	0° 50' 48"
PRUEBA 2	20,16	3° 24' 43"	2° 50' 23"	1° 25' 15"	1° 08' 12"	0° 51' 09"
PRUEBA 3	19,96	3° 26' 21"	2° 52' 05"	1° 26' 06"	1° 08' 53"	0° 51' 40"
PRUEBA 4	19,96	3° 26' 21"	2° 52' 05"	1° 26' 06"	1° 08' 53"	0° 51' 40"
PRUEBA 5	20,16	3° 24' 43"	2° 50' 23"	1° 25' 15"	1° 08' 12"	0° 51' 09"
PRUEBA 6	20,41	3° 22' 42"	2° 48' 18"	1° 24' 12"	1° 07' 22"	0° 50' 32"
PRUEBA 7	20,01	3° 25' 56"	2° 51' 40"	1° 25' 53"	1° 08' 43"	0° 51' 32"
PRUEBA 8	20,21	3° 24' 18"	2° 49' 58"	1° 25' 02"	1° 08' 02"	0° 51' 02"
PRUEBA 9	20,3	3° 23' 35"	2° 49' 13"	1° 24' 39"	1° 07' 44"	0° 50' 48"
PRUEBA 10	20,24	3° 24' 04"	2° 49' 43"	1° 24' 54"	1° 07' 56"	0° 50' 57"
PRUEBA 11	20,26	3° 23' 54"	2° 49' 33"	1° 24' 49"	1° 07' 52"	0° 50' 54"
PRUEBA 12	20,26	3° 23' 54"	2° 49' 33"	1° 24' 49"	1° 07' 52"	0° 50' 54"
PRUEBA 13	20,36	3° 23' 06"	2° 48' 43"	1° 24' 24"	1° 07' 32"	0° 50' 39"
PRUEBA 14	20,51	3° 21' 55"	2° 47' 29"	1° 23' 47"	1° 07' 02"	0° 50' 17"
PRUEBA 15	20,4	3° 22' 47"	2° 48' 23"	1° 24' 14"	1° 07' 24"	0° 50' 33"
PRUEBA 16	20,06	3° 25' 32"	2° 51' 14"	1° 25' 40"	1° 08' 32"	0° 51' 24"
PRUEBA 17	20,36	3° 23' 06"	2° 48' 43"	1° 24' 24"	1° 07' 32"	0° 50' 39"
PRUEBA 18	20,46	3° 22' 18"	2° 47' 53"	1° 24' 00"	1° 07' 12"	0° 50' 24"
PRUEBA 19	20,06	3° 25' 32"	2° 51' 14"	1° 25' 40"	1° 08' 32"	0° 51' 24"
PRUEBA 20	20,16	3° 24' 43"	2° 50' 23"	1° 25' 15"	1° 08' 12"	0° 51' 09"
PRUEBA 21	20,21	3° 24' 18"	2° 49' 58"	1° 25' 02"	1° 08' 02"	0° 51' 02"
PRUEBA 22	20,01	3° 25' 56"	2° 51' 40"	1° 25' 53"	1° 08' 43"	0° 51' 32"
PRUEBA 23	19,96	3° 26' 21"	2° 52' 05"	1° 26' 06"	1° 08' 53"	0° 51' 40"
PRUEBA 24	20,31	3° 23' 30"	2° 49' 08"	1° 24' 37"	1° 07' 42"	0° 50' 47"
PRUEBA 25	20,4	3° 22' 47"	2° 48' 23"	1° 24' 14"	1° 07' 24"	0° 50' 33"
PRUEBA 26	20,06	3° 25' 32"	2° 51' 14"	1° 25' 40"	1° 08' 32"	0° 51' 24"
PRUEBA 27	20,06	3° 25' 32"	2° 51' 14"	1° 25' 40"	1° 08' 32"	0° 51' 24"
PRUEBA 28	19,71	3° 28' 26"	2° 54' 16"	1° 27' 11"	1° 09' 45"	0° 52' 19"
PRUEBA 29	20,01	3° 25' 56"	2° 51' 40"	1° 25' 53"	1° 08' 43"	0° 51' 32"
PRUEBA 30	19,96	3° 26' 21"	2° 52' 05"	1° 26' 06"	1° 08' 53"	0° 51' 40"
PRUEBA 31	19,91	3° 26' 46"	2° 52' 31"	1° 26' 19"	1° 09' 03"	0° 51' 48"
PRUEBA 32	19,71	3° 28' 26"	2° 54' 16"	1° 27' 11"	1° 09' 45"	0° 52' 19"
PRUEBA 33	19,86	3° 27' 11"	2° 52' 57"	1° 26' 32"	1° 09' 14"	0° 51' 56"
PRUEBA 34	19,91	3° 26' 46"	2° 52' 31"	1° 26' 19"	1° 09' 03"	0° 51' 48"
PRUEBA 35	19,76	3° 28' 01"	2° 53' 50"	1° 26' 58"	1° 09' 35"	0° 52' 11"
PRUEBA 36	20,06	3° 25' 32"	2° 51' 14"	1° 25' 40"	1° 08' 32"	0° 51' 24"
PRUEBA 37	20,26	3° 23' 54"	2° 49' 33"	1° 24' 49"	1° 07' 52"	0° 50' 54"
PRUEBA 38	19,96	3° 26' 21"	2° 52' 05"	1° 26' 06"	1° 08' 53"	0° 51' 40"
PRUEBA 39	20,16	3° 24' 43"	2° 50' 23"	1° 25' 15"	1° 08' 12"	0° 51' 09"
PRUEBA 40	19,91	3° 26' 46"	2° 52' 31"	1° 26' 19"	1° 09' 03"	0° 51' 48"
MEDIA	20,12	3° 25' 03"	2° 50' 44"	1° 25' 25"	1° 08' 21"	0° 51' 16"

Fuente: Elaboración propia.

Tabla de resultados de los ángulos de observación en la posición P2.

TABLA DE RESULTADOS DE ANGULOS DE OBSERVACION EN POSICION P2						
NRO. DE PRUEBA	DISTANCIA D2	ANGULO PARA ALTURA A1	ANGULO PARA ALTURA A2	ANGULO PARA ALTURA A3	ANGULO PARA ALTURA A4	ANGULO PARA ALTURA A5
PRUEBA 1	25,3	3° 23' 35"	2° 15' 49"	1° 07' 56"	0° 54' 21"	0° 40' 46"
PRUEBA 2	25,16	3° 24' 43"	2° 16' 34"	1° 08' 19"	0° 54' 39"	0° 40' 59"
PRUEBA 3	24,96	3° 26' 21"	2° 17' 39"	1° 08' 51"	0° 55' 05"	0° 41' 19"
PRUEBA 4	24,96	3° 26' 21"	2° 17' 39"	1° 08' 51"	0° 55' 05"	0° 41' 19"
PRUEBA 5	25,16	3° 24' 43"	2° 16' 34"	1° 08' 19"	0° 54' 39"	0° 40' 59"
PRUEBA 6	25,41	3° 22' 42"	2° 15' 13"	1° 07' 38"	0° 54' 07"	0° 40' 35"
PRUEBA 7	25,01	3° 25' 56"	2° 17' 23"	1° 08' 43"	0° 54' 59"	0° 41' 14"
PRUEBA 8	25,21	3° 24' 18"	2° 16' 18"	1° 08' 10"	0° 54' 32"	0° 40' 54"
PRUEBA 9	25,3	3° 23' 35"	2° 15' 49"	1° 07' 56"	0° 54' 21"	0° 40' 46"
PRUEBA 10	25,24	3° 24' 04"	2° 16' 08"	1° 08' 06"	0° 54' 29"	0° 40' 52"
PRUEBA 11	25,26	3° 23' 54"	2° 16' 01"	1° 08' 02"	0° 54' 26"	0° 40' 50"
PRUEBA 12	25,26	3° 23' 54"	2° 16' 01"	1° 08' 02"	0° 54' 26"	0° 40' 50"
PRUEBA 13	25,36	3° 23' 06"	2° 15' 29"	1° 07' 46"	0° 54' 13"	0° 40' 40"
PRUEBA 14	25,51	3° 21' 55"	2° 14' 42"	1° 07' 22"	0° 53' 54"	0° 40' 26"
PRUEBA 15	25,4	3° 22' 47"	2° 15' 16"	1° 07' 40"	0° 54' 08"	0° 40' 36"
PRUEBA 16	25,06	3° 25' 32"	2° 17' 06"	1° 08' 35"	0° 54' 52"	0° 41' 09"
PRUEBA 17	25,36	3° 23' 06"	2° 15' 29"	1° 07' 46"	0° 54' 13"	0° 40' 40"
PRUEBA 18	25,46	3° 22' 18"	2° 14' 57"	1° 07' 30"	0° 54' 00"	0° 40' 30"
PRUEBA 19	25,06	3° 25' 32"	2° 17' 06"	1° 08' 35"	0° 54' 52"	0° 41' 09"
PRUEBA 20	25,16	3° 24' 43"	2° 16' 34"	1° 08' 19"	0° 54' 39"	0° 40' 59"
PRUEBA 21	25,21	3° 24' 18"	2° 16' 18"	1° 08' 10"	0° 54' 32"	0° 40' 54"
PRUEBA 22	25,01	3° 25' 56"	2° 17' 23"	1° 08' 43"	0° 54' 59"	0° 41' 14"
PRUEBA 23	24,96	3° 26' 21"	2° 17' 39"	1° 08' 51"	0° 55' 05"	0° 41' 19"
PRUEBA 24	25,31	3° 23' 30"	2° 15' 45"	1° 07' 54"	0° 54' 20"	0° 40' 45"
PRUEBA 25	25,4	3° 22' 47"	2° 15' 16"	1° 07' 40"	0° 54' 08"	0° 40' 36"
PRUEBA 26	25,06	3° 25' 32"	2° 17' 06"	1° 08' 35"	0° 54' 52"	0° 41' 09"
PRUEBA 27	25,06	3° 25' 32"	2° 17' 06"	1° 08' 35"	0° 54' 52"	0° 41' 09"
PRUEBA 28	24,71	3° 28' 26"	2° 19' 03"	1° 09' 33"	0° 55' 39"	0° 41' 44"
PRUEBA 29	25,01	3° 25' 56"	2° 17' 23"	1° 08' 43"	0° 54' 59"	0° 41' 14"
PRUEBA 30	24,96	3° 26' 21"	2° 17' 39"	1° 08' 51"	0° 55' 05"	0° 41' 19"
PRUEBA 31	24,91	3° 26' 46"	2° 17' 56"	1° 09' 00"	0° 55' 12"	0° 41' 24"
PRUEBA 32	24,71	3° 28' 26"	2° 19' 03"	1° 09' 33"	0° 55' 39"	0° 41' 44"
PRUEBA 33	24,86	3° 27' 11"	2° 18' 13"	1° 09' 08"	0° 55' 19"	0° 41' 29"
PRUEBA 34	24,91	3° 26' 46"	2° 17' 56"	1° 09' 00"	0° 55' 12"	0° 41' 24"
PRUEBA 35	24,76	3° 28' 01"	2° 18' 46"	1° 09' 25"	0° 55' 32"	0° 41' 39"
PRUEBA 36	25,06	3° 25' 32"	2° 17' 06"	1° 08' 35"	0° 54' 52"	0° 41' 09"
PRUEBA 37	25,26	3° 23' 54"	2° 16' 01"	1° 08' 02"	0° 54' 26"	0° 40' 50"
PRUEBA 38	24,96	3° 26' 21"	2° 17' 39"	1° 08' 51"	0° 55' 05"	0° 41' 19"
PRUEBA 39	25,16	3° 24' 43"	2° 16' 34"	1° 08' 19"	0° 54' 39"	0° 40' 59"
PRUEBA 40	24,91	3° 26' 46"	2° 17' 56"	1° 09' 00"	0° 55' 12"	0° 41' 24"
MEDIA	25,12	3° 25' 03"	2° 16' 47"	1° 08' 25"	0° 54' 44"	0° 41' 03"

Fuente: Elaboración propia.

Tabla de observación de la huella difusa. Posición P1- altura A1.

TABLA DE OBSERVACION HUELLA DIFUSA		
POSICION CAMARA: P. 1		
DISTANCIA A LA CAMARA: D1		
ALTURA CAMARA: A 1		
NRO. DE PRUEBA	HUELLA DERECHA SE OBSERVA	HUELLA IZQUIERDA SE OBSERVA
1	NO	NO
2	NO	NO
3	NO	NO
4	NO	NO
5	NO	NO
6	NO	NO
7	NO	NO
8	NO	NO
9	NO	NO
10	NO	NO
11	NO	NO
12	NO	NO
13	NO	NO
14	NO	NO
15	NO	NO
16	NO	NO
17	NO	NO
18	NO	NO
19	NO	NO
20	NO	NO
21	NO	NO
22	NO	NO
23	NO	NO
24	NO	NO
25	NO	NO
26	NO	NO
27	NO	NO
28	NO	NO
29	NO	NO
30	NO	NO
31	NO	NO
32	NO	NO
33	NO	NO
34	NO	NO
35	NO	NO
36	NO	NO
37	NO	NO
38	NO	NO
39	NO	NO
40	NO	NO

Fuente: Elaboración propia.

Tabla de observación de la huella difusa. Posición P1- altura A2.

TABLA DE OBSERVACION HUELLA DIFUSA		
POSICION CAMARA: P. 1		
DISTANCIA A LA CAMARA: D1		
ALTURA CAMARA: A 2		
NRO. DE PRUEBA	HUELLA DERECHA SE OBSERVA	HUELLA IZQUIERDA SE OBSERVA
1	NO	NO
2	NO	NO
3	NO	NO
4	NO	NO
5	NO	NO
6	NO	NO
7	NO	NO
8	NO	NO
9	NO	NO
10	NO	NO
11	NO	NO
12	NO	NO
13	NO	NO
14	NO	NO
15	NO	NO
16	NO	NO
17	NO	NO
18	NO	NO
19	NO	NO
20	NO	NO
21	NO	NO
22	NO	NO
23	NO	NO
24	NO	NO
25	NO	NO
26	NO	NO
27	NO	NO
28	NO	NO
29	NO	NO
30	NO	NO
31	NO	NO
32	NO	NO
33	NO	NO
34	NO	NO
35	NO	NO
36	NO	NO
37	NO	NO
38	NO	NO
39	NO	NO
40	NO	NO

Fuente: Elaboración propia.

Tabla de observación de la huella difusa. Posición P1- altura A3.

TABLA DE OBSERVACION HUELLA DIFUSA		
POSICION CAMARA: P. 1		
DISTANCIA A LA CAMARA: D1		
ALTURA CAMARA: A 3		
NRO. DE PRUEBA	HUELLA DERECHA SE OBSERVA	HUELLA IZQUIERDA SE OBSERVA
1	SI	NO
2	SI	SI
3	SI	SI
4	SI	SI
5	NO	SI
6	SI	SI
7	SI	SI
8	SI	SI
9	NO	NO
10	SI	SI
11	SI	SI
12	SI	SI
13	SI	SI
14	SI	SI
15	SI	SI
16	SI	SI
17	NO	SI
18	SI	SI
19	SI	SI
20	SI	SI
21	SI	SI
22	SI	SI
23	SI	SI
24	SI	SI
25	NO	NO
26	SI	SI
27	SI	SI
28	SI	SI
29	SI	NO
30	SI	SI
31	NO	SI
32	SI	SI
33	SI	SI
34	SI	SI
35	SI	SI
36	SI	SI
37	SI	SI
38	SI	SI
39	SI	SI
40	SI	SI

Fuente: Elaboración propia.

Tabla de observación de la huella difusa. Posición P1- altura A4.

TABLA DE OBSERVACION HUELLA DIFUSA		
POSICION CAMARA: P 1		
DISTANCIA A LA CAMARA: D1		
ALTURA CAMARA: A 4		
NRO. DE PRUEBA	HUELLA DERECHA SE OBSERVA	HUELLA IZQUIERDA SE OBSERVA
1	SI	SI
2	SI	SI
3	SI	SI
4	SI	SI
5	NO	SI
6	SI	SI
7	SI	SI
8	SI	SI
9	SI	NO
10	SI	SI
11	SI	SI
12	SI	SI
13	SI	SI
14	SI	SI
15	SI	SI
16	SI	SI
17	NO	NO
18	SI	SI
19	SI	SI
20	SI	SI
21	SI	SI
22	SI	SI
23	SI	SI
24	SI	SI
25	NO	NO
26	SI	SI
27	SI	SI
28	SI	SI
29	SI	SI
30	SI	SI
31	NO	SI
32	SI	SI
33	SI	SI
34	SI	SI
35	SI	SI
36	SI	SI
37	SI	SI
38	SI	SI
39	SI	SI
40	SI	SI

Fuente: Elaboración propia.

Tabla de observación de la huella difusa. Posición P1- altura A5.

TABLA DE OBSERVACION HUELLA DIFUSA		
POSICION CAMARA: P 1		
DISTANCIA A LA CAMARA: D1		
ALTURA CAMARA: A 5		
NRO. DE PRUEBA	HUELLA DERECHA SE OBSERVA	HUELLA IZQUIERDA SE OBSERVA
1	SI	SI
2	SI	SI
3	SI	SI
4	SI	SI
5	NO	SI
6	SI	SI
7	SI	SI
8	SI	SI
9	SI	SI
10	SI	SI
11	SI	SI
12	SI	SI
13	SI	SI
14	SI	SI
15	SI	SI
16	SI	SI
17	NO	SI
18	SI	SI
19	SI	SI
20	SI	SI
21	SI	SI
22	SI	SI
23	SI	SI
24	SI	SI
25	SI	SI
26	SI	SI
27	SI	SI
28	SI	SI
29	SI	SI
30	SI	SI
31	SI	SI
32	SI	SI
33	SI	SI
34	SI	SI
35	SI	SI
36	SI	SI
37	SI	SI
38	SI	SI
39	SI	SI
40	SI	SI

Fuente: Elaboración propia.

Tabla de observación de la huella difusa. Posición P2- altura A1.

TABLA DE OBSERVACION HUELLA DIFUSA		
POSICION CAMARA: P. 2		
DISTANCIA A LA CAMARA: D2		
ALTURA CAMARA: A 1		
NRO. DE PRUEBA	HUELLA DERECHA SE OBSERVA	HUELLA IZQUIERDA SE OBSERVA
1	NO	NO
2	NO	NO
3	NO	NO
4	NO	NO
5	NO	NO
6	NO	NO
7	NO	NO
8	NO	NO
9	NO	NO
10	NO	NO
11	NO	NO
12	NO	NO
13	NO	NO
14	NO	NO
15	NO	NO
16	NO	NO
17	NO	NO
18	NO	NO
19	NO	NO
20	NO	NO
21	NO	NO
22	NO	NO
23	NO	NO
24	NO	NO
25	NO	NO
26	NO	NO
27	NO	NO
28	NO	NO
29	NO	NO
30	NO	NO
31	NO	NO
32	NO	NO
33	NO	NO
34	NO	NO
35	NO	NO
36	NO	NO
37	NO	NO
38	NO	NO
39	NO	NO
40	NO	NO

Fuente: Elaboración propia.

Tabla de observación de la huella difusa. Posición P2- altura A2.

TABLA DE OBSERVACION HUELLA DIFUSA		
POSICION CAMARA: P. 2		
DISTANCIA A LA CAMARA: D2		
ALTURA CAMARA: A 2		
NRO. DE PRUEBA	HUELLA DERECHA SE OBSERVA	HUELLA IZQUIERDA SE OBSERVA
1	NO	NO
2	NO	NO
3	NO	NO
4	NO	NO
5	NO	NO
6	NO	NO
7	NO	NO
8	NO	NO
9	NO	NO
10	NO	NO
11	NO	NO
12	NO	NO
13	NO	NO
14	NO	NO
15	NO	NO
16	NO	NO
17	NO	NO
18	NO	NO
19	NO	NO
20	NO	NO
21	NO	NO
22	NO	NO
23	NO	NO
24	NO	NO
25	NO	NO
26	NO	NO
27	NO	NO
28	NO	NO
29	NO	NO
30	NO	NO
31	NO	NO
32	NO	NO
33	NO	NO
34	NO	NO
35	NO	NO
36	NO	NO
37	NO	NO
38	NO	NO
39	NO	NO
40	NO	NO

Fuente: Elaboración propia.

Tabla de observación de la huella difusa. Posición P2- altura A3.

TABLA DE OBSERVACION HUELLA DIFUSA		
POSICION CAMARA: P. 2		
DISTANCIA A LA CAMARA: D2		
ALTURA CAMARA: A 3		
NRO. DE PRUEBA	HUELLA DERECHA SE	HUELLA IZQUIERDA SE
1	SI	SI
2	SI	SI
3	SI	SI
4	SI	SI
5	NO	SI
6	SI	SI
7	SI	SI
8	SI	SI
9	NO	NO
10	SI	SI
11	SI	SI
12	SI	SI
13	SI	SI
14	SI	SI
15	SI	SI
16	SI	SI
17	NO	NO
18	SI	SI
19	SI	SI
20	SI	SI
21	SI	SI
22	SI	SI
23	NO	SI
24	SI	SI
25	SI	SI
26	SI	SI
27	SI	SI
28	NO	SI
29	SI	SI
30	SI	SI
31	SI	SI
32	SI	SI
33	SI	SI
34	NO	NO
35	SI	SI
36	SI	SI
37	SI	SI
38	SI	SI
39	SI	SI
40	SI	SI

Fuente: Elaboración propia.

Tabla de observación de la huella difusa. Posición P2- altura A4.

TABLA DE OBSERVACION HUELLA DIFUSA		
POSICION CAMARA: P. 2		
DISTANCIA A LA CAMARA: D2		
ALTURA CAMARA: A 4		
NRO. DE PRUEBA	HUELLA DERECHA SE	HUELLA IZQUIERDA SE
1	SI	SI
2	SI	SI
3	SI	SI
4	SI	SI
5	NO	SI
6	SI	SI
7	SI	SI
8	SI	SI
9	NO	NO
10	SI	SI
11	SI	SI
12	SI	SI
13	SI	SI
14	SI	SI
15	SI	SI
16	SI	SI
17	NO	SI
18	SI	SI
19	SI	SI
20	SI	SI
21	SI	SI
22	SI	SI
23	NO	SI
24	SI	SI
25	SI	SI
26	SI	SI
27	SI	SI
28	NO	SI
29	SI	SI
30	SI	SI
31	SI	SI
32	SI	SI
33	SI	SI
34	NO	SI
35	SI	SI
36	SI	SI
37	SI	SI
38	SI	SI
39	SI	SI
40	SI	SI

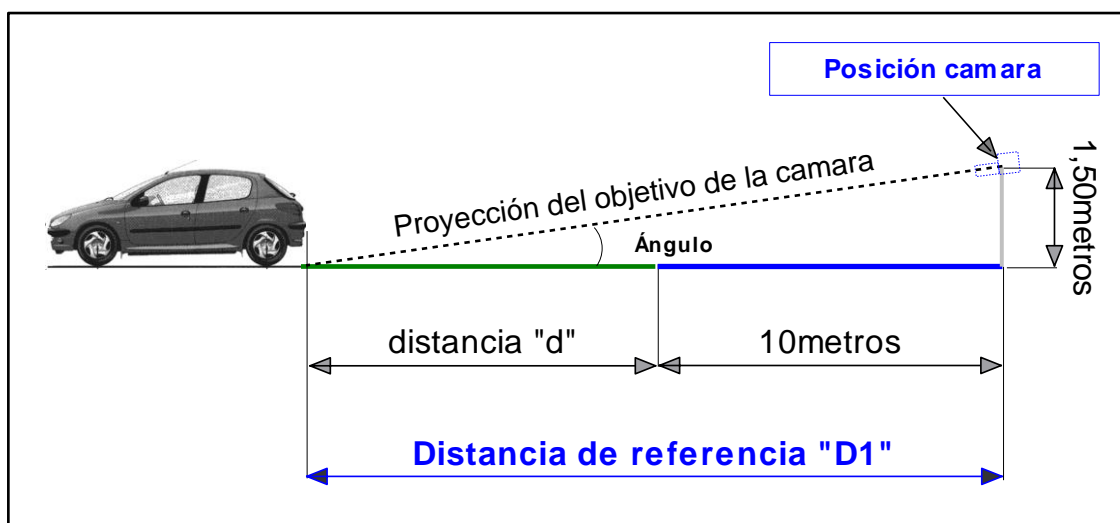
Fuente: Elaboración propia.

Tabla de observación de la huella difusa. Posición P2- altura A5.

TABLA DE OBSERVACION HUELLA DIFUSA		
POSICION CAMARA: P. 2		
DISTANCIA A LA CAMARA: D2		
ALTURA CAMARA: A 5		
NRO. DE PRUEBA	HUELLA DERECHA SE	HUELLA IZQUIERDA SE
1	SI	SI
2	SI	SI
3	SI	SI
4	SI	SI
5	NO	SI
6	SI	SI
7	SI	SI
8	SI	SI
9	SI	SI
10	SI	SI
11	SI	SI
12	SI	SI
13	SI	SI
14	SI	SI
15	SI	SI
16	SI	SI
17	NO	SI
18	SI	SI
19	SI	SI
20	SI	SI
21	SI	SI
22	SI	SI
23	SI	SI
24	SI	SI
25	SI	SI
26	SI	SI
27	SI	SI
28	SI	SI
29	SI	SI
30	SI	SI
31	SI	SI
32	SI	SI
33	SI	SI
34	SI	SI
35	SI	SI
36	SI	SI
37	SI	SI
38	SI	SI
39	SI	SI
40	SI	SI

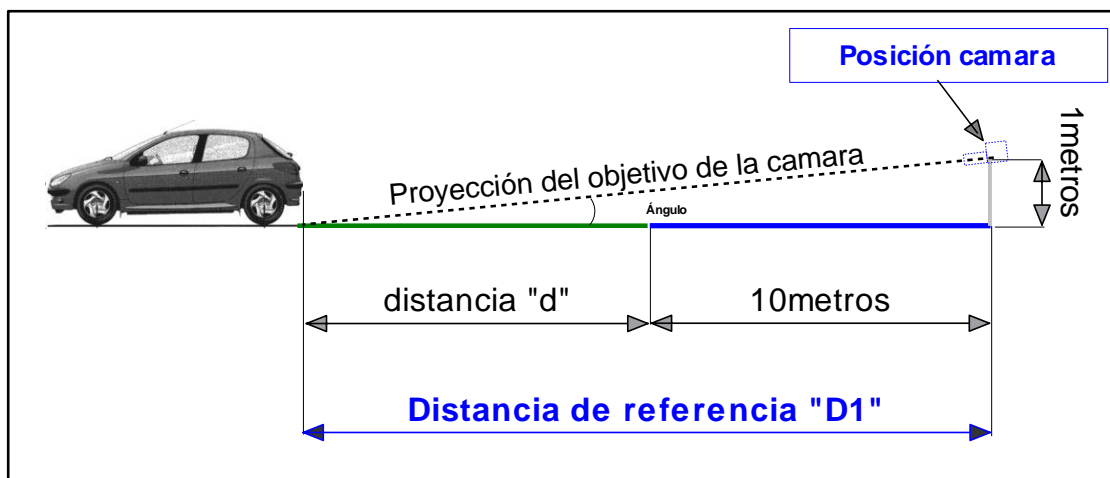
Fuente: Elaboración propia.

Grafico ilustrativo Posición de la cámara P1 distancia D1 altura A1



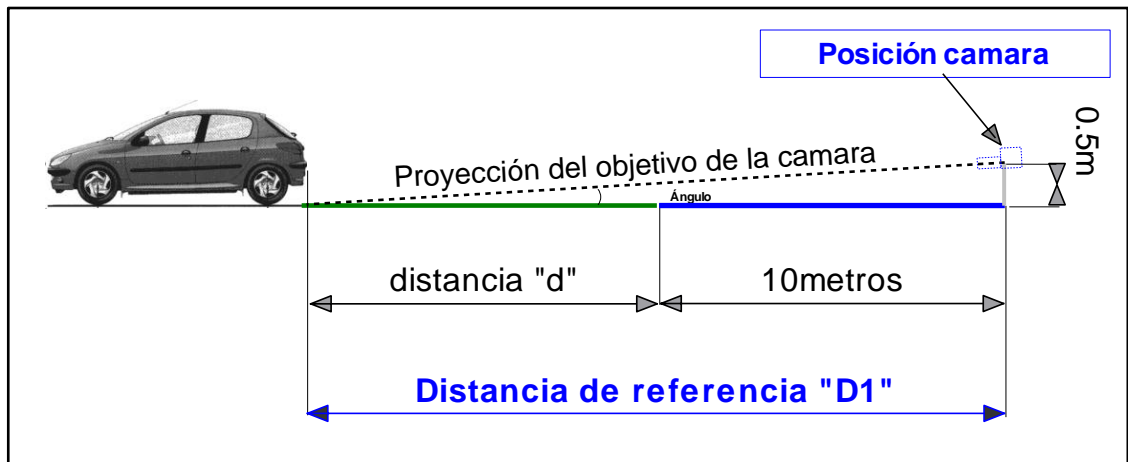
Fuente: Elaboración propia.

Grafico ilustrativo Posición de la cámara P1 distancia D1 altura A2



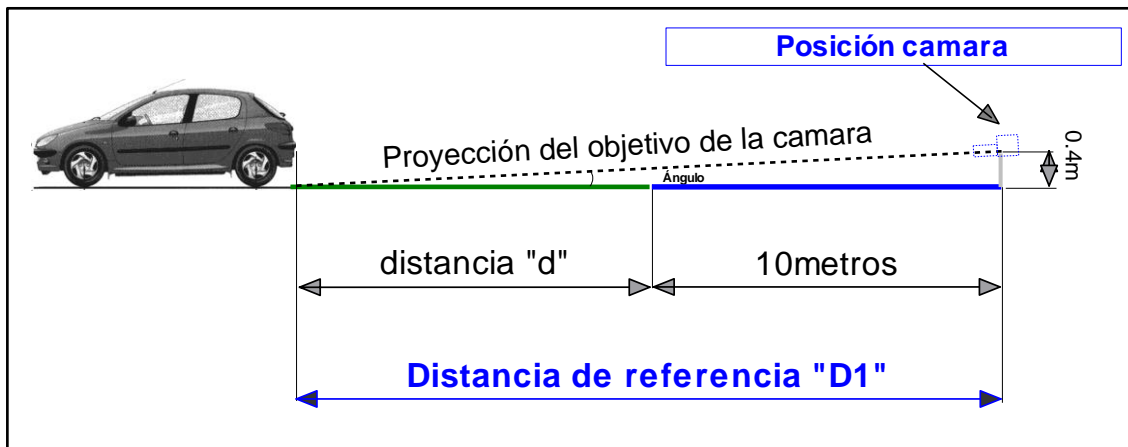
Fuente: Elaboración propia.

Grafico ilustrativo Posición de la cámara P1 distancia D1 altura A3



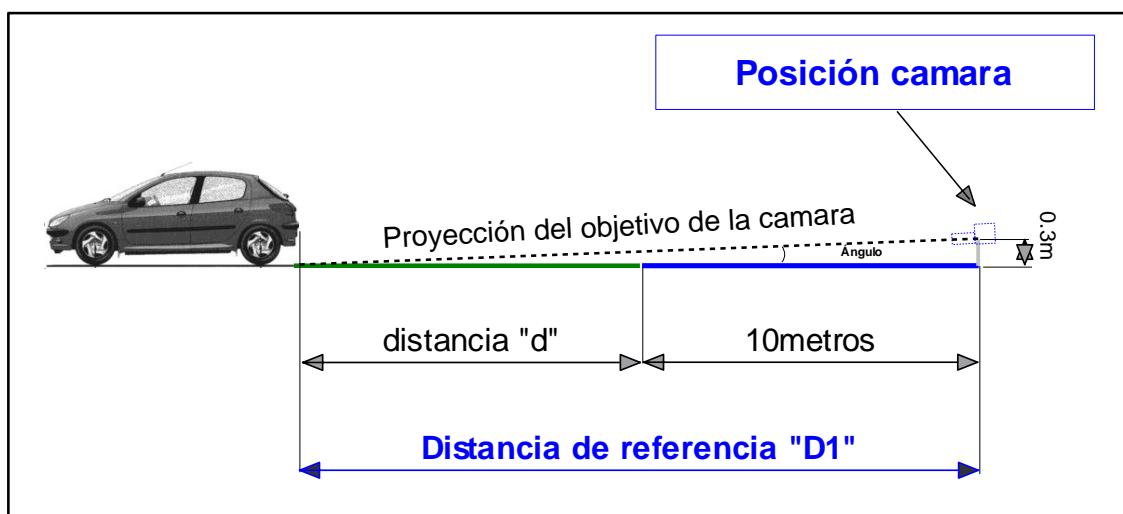
Fuente: Elaboración propia.

Grafico ilustrativo Posición de la cámara P1 distancia D1 altura A4



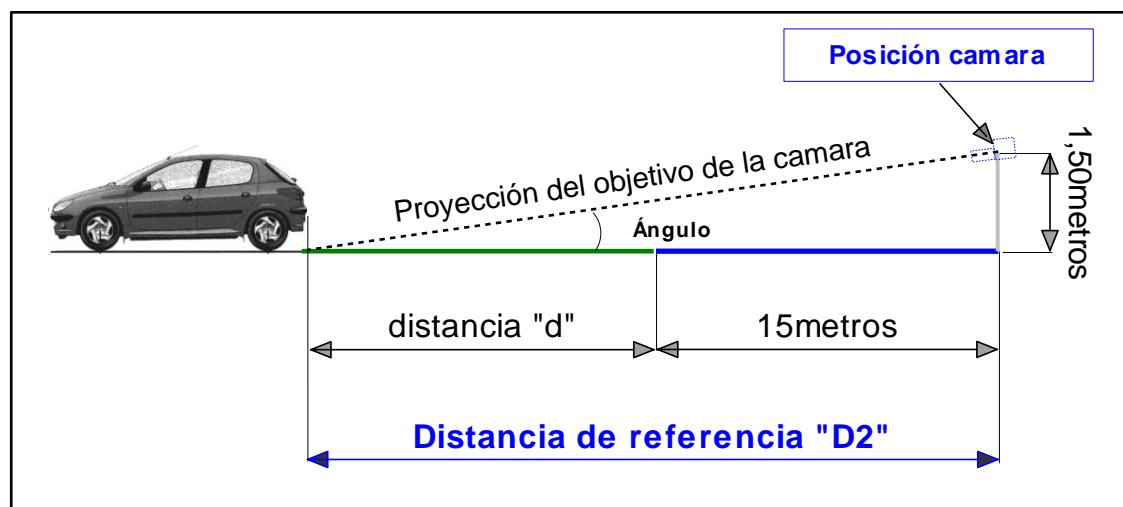
Fuente: Elaboración propia.

Grafico ilustrativo Posición de la cámara P1 distancia D1 altura A5



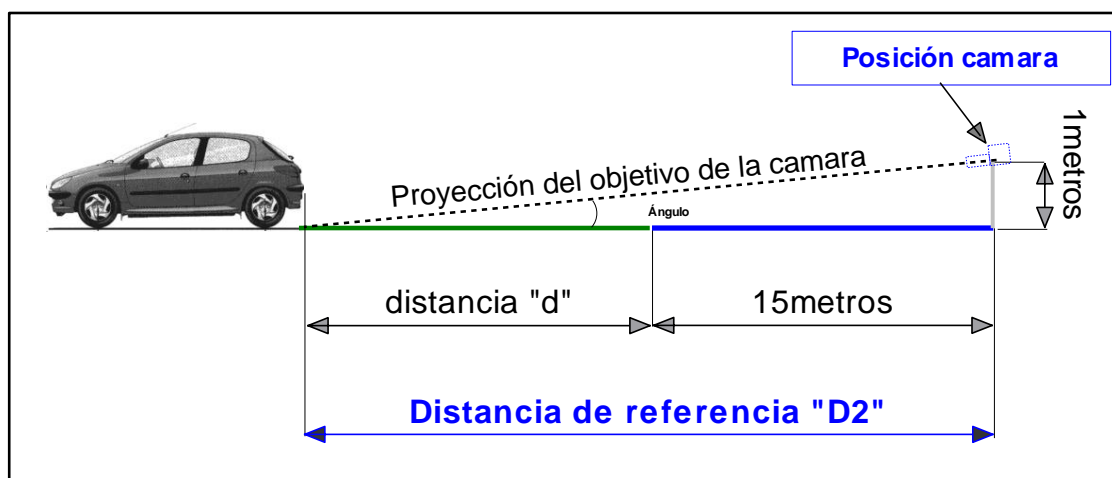
Fuente: Elaboración propia.

Grafico ilustrativo Posición de la cámara P2 distancia D2 altura A1



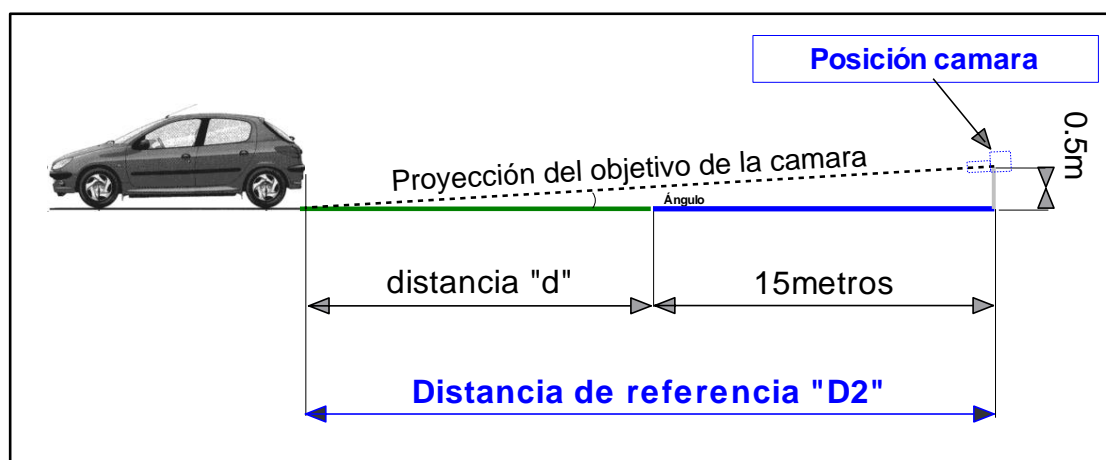
Fuente: Elaboración propia.

Grafico ilustrativo Posición de la cámara P2 distancia D2 altura A2



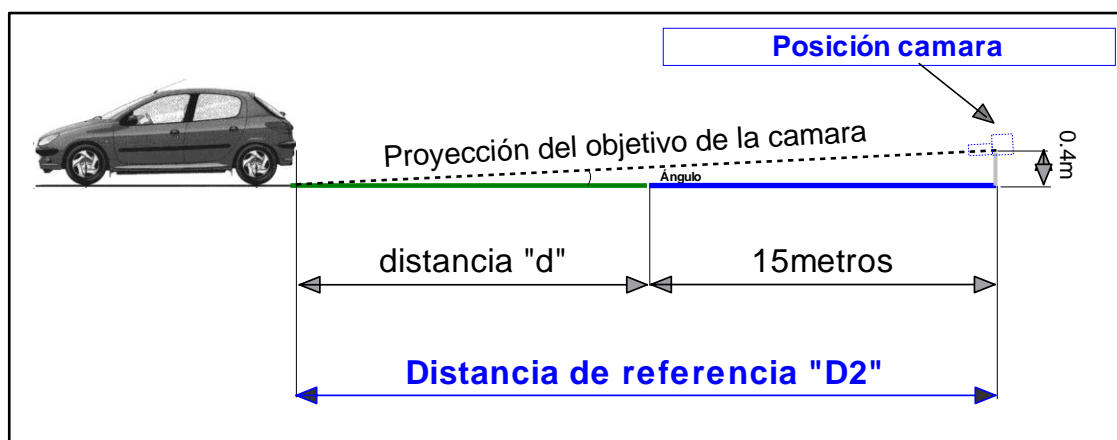
Fuente: Elaboración propia.

Grafico ilustrativo Posición de la cámara P2 distancia D2 altura A3



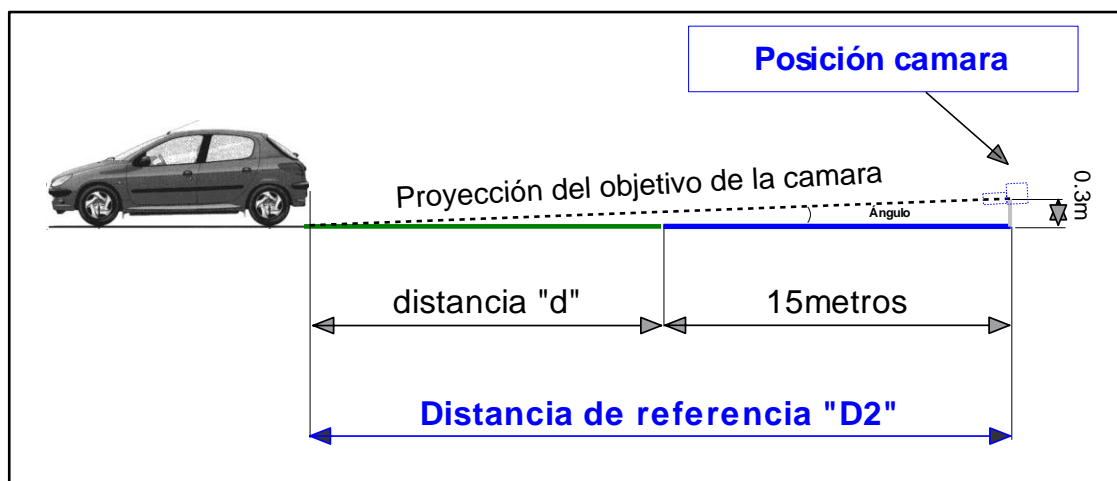
Fuente: Elaboración propia.

Grafico ilustrativo Posición de la cámara P2 distancia D2 altura A4.



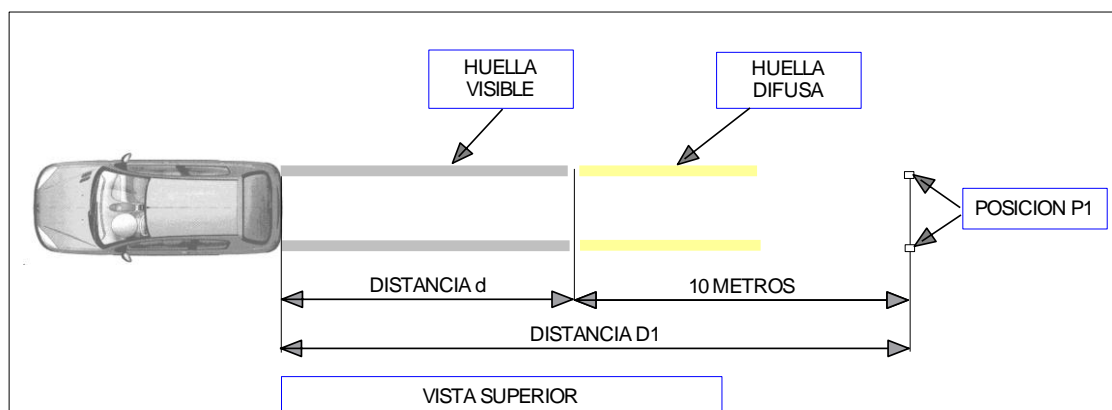
Fuente: Elaboración propia.

Grafico ilustrativo Posición de la cámara P2 distancia D2 altura A5



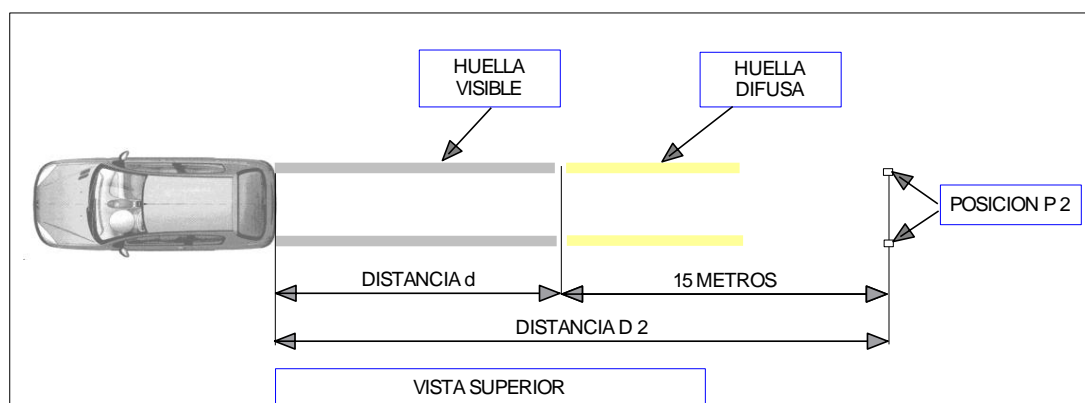
Fuente: Elaboración propia.

Grafico ilustrativo Posición de la cámara P1 distancia D1, vista superior.



Fuente: Elaboración propia.

Grafico ilustrativo Posición de la cámara P2 distancia D2, vista superior.



Fuente: Elaboración propia.