

Investigación de accidentes de tránsito en Colombia

Valores de referencia para el coeficiente
de fricción entre las llantas y diferentes
superficies de rodadura vehicular



Policía Nacional de Colombia- Dirección Nacional de Escuelas
Escuela de Seguridad Vial
2017



Autoridades

General JORGE HERNANDO NIETO ROJAS

Director General de la Policía Nacional



Mayor General RICARDO ALBERTO RESTREPO LONDOÑO

Subdirector General de la Policía Nacional

Mayor General CARLOS ENRIQUE RODRÍGUEZ GONZÁLEZ

Director Nacional de Escuelas

Coronel SANDRA PATRICIA HERNÁNDEZ GARZÓN

Directora Escuela de Seguridad Vial

Teniente Coronel SANDRA LILIANA ZAFRA TRISTANCHO

Vicerrectora de Investigación

Capitán Manuel Enrique Tobito Vergara

Jefe Área de Investigación Escuela de Seguridad Vial

Autores

Subintendente HOOVER FABIÁN RAMOS ENRÍQUEZ

Docente investigador - Especialista en Investigación de accidentes de Tránsito

Subintendente LINO ANDRÉS QUIROGA AMAYA

Docente investigador Especialista en Investigación de Accidentes de Tránsito

Asesores

JOHN WILMAN ROJAS REINA

Físico especialista en Ciencias Forenses y Técnica Probatoria

Asesor temático, autor del capítulo 5

LUIS GERMÁN GODOY ÁNGULO

Doctorando, Magister en Educación

Integrante comité editorial

Revisión técnica y temática

Mayor Jimy Barberi Forero

Intendente Juan Carlos Pinilla Acevedo

Orlando Gutiérrez Robayo

Leidy Esmeralda Herrera Jara

Juan Elías Ramírez

Rocío Nataly Rincón Tobar

Andrés Pinzón Méndez

Jesús Jair Aguirre Rosero

Contenido

Presentación.....	11
Introducción	13
Abstract	15
Resumen	1

Capítulo 1

GENERALIDADES.....	19
Concepto accidente de tránsito	21
Clases de accidentes de tránsito.....	23
Escenas del accidente	28
Escena preliminar.....	29
Escena de reacciones múltiples.....	31
Escena de materialización del hecho.....	32
Escena de posiciones finales	33
Accidente de tránsito de solo daños materiales	34

ISBN: 978-958-59254-5-8

Corrección, diseño, diagramación e impresión

IMPRENTA NACIONAL DE COLOMBIA

1^a edición 2017

Las ideas y planteamientos temáticos son responsabilidad exclusiva de los autores y no reflejan necesariamente el pensamiento de la Policía Nacional de Colombia

Pág.	Pág.		
Capítulo 2			
ACTOS URGENTES Y CRIMINALÍSTICA DE CAMPO EN ACCIDENTE DE TRÁNSITO	37	Actuaciones de policía judicial del servidor encargado de la fijación topográfica.....	84
Autoridades de tránsito.....	41	Método por coordenadas cartesianas	92
Actuación del primer responsable	44	Método por triangulación.....	93
Protección del lugar de los hechos	45	Descripción del procedimiento:	97
Actividades del Coordinador de la diligencia	50	Análisis de las actuaciones de Policía Judicial del servidor encargado de la inspección a cadáver:.....	102
Métodos de búsqueda	54	Documentos: localización y tipo	104
Punto a punto.....	55		
Búsqueda por sector o cuadrante	56	Capítulo 3	
Búsqueda de círculos concéntricos o espiral.....	58	DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE DE FRICCIÓN ENTRE VEHÍCULOS AUTOMOTORES Y SUPERFICIES DE RODADURA A DIFERENTES ALTURAS SOBRE EL NIVEL DEL MAR	111
Búsqueda por franjas o líneas	59	Responsabilidades antes de iniciar las pruebas:	115
Búsqueda por cuadricula o rejilla.....	60	Responsabilidades durante las pruebas:	115
Actuación del servidor de Policía Judicial asignado para la documentación fotográfica de la diligencia.....	62	Protocolo general de pruebas:	116
Descripción del procedimiento que por parte del encargado de la fijación fotográfica	65	Verificación de la toma y registro de los datos	117
Tomar fotografías de primeros y primerísimos planos	71	Definición de variables	119
Tomar fotografías de testigos.....	72	Temperatura de la vía.....	120
Tomar fotografías al occiso	73	Temperatura de llantas.....	121
Tomar fotografía de la sábana de pertenencias.....	76	Humedad.....	121
Descripción de los daños en los vehículos.....	76	Desgaste de la calzada	122
		Tipo de vehículo	122



	Pág.		Pág.
Presión de inflado.....	123	Medición de variables.....	163
- Estado tecnico-mecánico de los vehículos	124	Contraste de hipótesis.....	163
Resultados.....	129	Etapa de conclusión	163
Análisis de correlación múltiple	129	Dinámica del accidente	163
Consideraciones previas	129	Retrospectiva del accidente de tránsito.....	163
Variables independientes	131	Construcción de la teoría del caso	164
Variable dependiente.....	132	Prospectiva del accidente.....	164
Comportamiento de las superficies deformables	144		
Conclusiones del análisis de correlación múltiple	145		
Capítulo 4		Capítulo 5	
METODOLOGÍA PARA LA INVESTIGACIÓN Y RECONSTRUCCIÓN DE ACCIDENTES DE TRÁNSITO EN COLOMBIA.....	149	CONCEPTOS DE FÍSICA APLICADA A LOS ACCIDENTES DE TRÁNSITO	165
Planteamiento de la investigación	154	Reconstrucción de accidentes.....	168
Formulación de la investigación	154	Glosario	189
Recolección de la información.....	154	Referencias bibliográficas	197
Etapa de análisis (tratamiento y correlación de las evidencias).....	160		
Apreciación situacional del lugar y zonas de incidencia.....	162		
Diseño del marco teórico.....	162		
Etapa de medición.....	162		
Descripción de variables	162		



Presentación

Tengo el enorme agrado de presentar esta obra, cuyos autores no solo son miembros de la Institución sino docentes de la Escuela de Seguridad Vial. Si bien aprecio el trabajo realizado por estos excelentes profesionales, considero importante confesar mi apoyo incondicional por esta creación, que es fruto del conocimiento de los autores y de una serie de investigaciones paulatinas realizadas en la Escuela. A esta obra se le suma la unificación de conceptos relacionados con la investigación de accidentes que se ha realizado.

Es notable la sencillez con la que se explica cada uno de los conceptos, lo cual permite a los lectores sin conocimientos específicos del tema, comprender sin mayores dificultades el tópico elegido.

Esta es una obra que puede disfrutar cualquier audiencia, incluso una buena excusa para crear un vínculo académico. Confío que este libro pasará a ser un clásico en las bibliotecas de estudiantes de la Policía Nacional y un buen material de estudio para las personas que deseen conocer el tema; Esto se debe a la riqueza tanto en información que se brinda, como en el plano investigativo que ofrecen.

Agradezco el espacio para compartir con los lectores los sentimientos que me generó este libro y felicitar a los investigadores por su excelente trabajo.

Coronel Sandra Patricia Hernández Garzón

Directora Escuela de Seguridad Vial
Policía Nacional de Colombia

Introducción

La investigación académica en la Policía Nacional ha sido, es y será de transcendental importancia para el posicionamiento nacional e internacional en el marco de la Educación Superior.

Existen trabajos de gran prestigio internacional que han estudiado el fenómeno de la investigación de accidentes de tránsito, pero desde el punto de vista institucional y contextual del país, se ha abordado el tema en el presente libro, de una forma muy procedural y de fácil entendimiento.

En cumplimiento de la misionalidad de la Escuela de Seguridad Vial, la cual enfoca sus recursos logísticos, académicos y humanos en la capacitación y especialización integral de los profesionales que participan en la cadena de la seguridad vial, se ha gestado la redacción, estructura y edición del presente libro, el cual es la síntesis de un proceso de investigación sistemático juicioso y objetivo.

En ese orden de ideas, en el primer capítulo se esboza de manera muy sintética y adecuada una aproximación a los conceptos técnicos, normativos y específicos que va a permitir al lector comprender, de manera eficaz, las diferentes inferencias hechas por los autores.

En un segundo capítulo se aborda, de manera estructurada y actualizada, la temática referente a los actos urgentes y la criminalística de campo en Accidentes de Tránsito, con el fin de ubicar a los lectores en la actuación de Policía Judicial.

En el tercer capítulo se difunden los resultados de la Investigación Institucional 2014-2015, realizada por la Escuela de Seguridad Vial, alcanzando unos datos muy importantes en la esfera académica internacional con el reconocimiento científico y que coadyuva a entender la temática general del presente documento.

El cuarto capítulo es el resultado de una serie de experimentaciones sistemáticas, metódicas y con la rigurosidad científica que exigen este tipo de actividades de orden académico, la socialización de una metodología para la reconstrucción de accidentes de tránsito, es el eje central de esta publicación, por la innovación en estos procedimientos y los resultados obtenidos en actividades juiciosas de investigación científica, aplicada a esta investigación.

En el quinto capítulo se hace un compendio de los conceptos de la ciencia de la física aplicada al conocimiento de los accidentes de tránsito. Lo cual colabora de manera directa en la comprensión específica de las teorías y técnicas aplicadas a lo largo del libro.

Como objetivo final del presente libro, se pretende documentar los conceptos, procedimientos y la metodología necesaria para la investigación y reconstrucción de accidentes de tránsito y de manera especial divulgar los resultados de la Investigación Institucional que la Escuela de Seguridad Vial de la Policía Nacional de Colombia, ha desarrolló en los últimos años (2014-2015).

Abstract

This book aims to document the concepts, procedures and methodology necessary for the research and reconstruction of traffic accidents. It also shows the findings of the institutional research of the Road Safety School that the Colombian National Police has carried out in recent years.

The issuance of the chain of custody procedures manual in 2016 by the General Attorney Office, gives us the opportunity to update and disseminate information about the actions of the judicial police servers to carry out caution and warning procedures of traffic accidents.

In this way, the authors also seek the implementation of a methodology for traffic accidents that supports the accusatory criminal system through objective evidence within the investigative process, following a logical sequence based on the scientific method and basic Sciences such as Physics in order to guide good practices for researchers and experts in this field.

Likewise, this article publication presents the most important information on the findings of the institutional research carried out by the Road Safety School in three current areas. The first one was developed in 2012 called "Determination of the coefficient of friction in light vehicles, taking into account the physical variables of the Colombian roads and their application in road safety", it established the procedure to determine a coefficient of friction and the necessary tools for the experiment applying the first tests.

In the institutional research of 2014 called "Determination of the coefficient of friction of vehicles in asphalt at different heights above sea level", 173 complementary tests on asphalt were developed in different areas of the Colombian geography, establishing the value for the coefficient of friction between vehicles and asphalt opening the opportunity for the third phase to be developed in 2015 called "Determination of the coefficient of friction

between motor vehicles and different rolling surfaces at different heights above sea level", thus completing the table of valúes for Coefficients of friction among light, médium and heavy vehicles on surfaces such as asphalt, concrete, paver and plant material.

More than 600 tests were developed following the experimental protocol ESEVI 2014, designed under the scientific rigor by the experts Hoover Fabian Ramos Enríquez, Lino Andrés Quiroga Amaya and John Wilmár Rojas Reina, using the latest technology/tools such as the VERICOM 4000 accelerometer DAQ, among others, to measure each of the variables selected for the project, in order to complement the information previously acquired in the tests with asphalt, for the btransversal analysis of each of these variables and the determination of their influence on the coefficient of friction.

Finally, the general table of valúes for the coefficient of friction was established, achieving an enquiry tool that allows the standardization of processes that seek to assist in the investigaron of traffic accidents and reduce the number of deaths and injuries by this cause, using a perspective associated with the study of the dynamics of the accident.

Key words: coefficient, friction, traffic accidents, road safety.

Resumen

El presente libro pretende documentar los conceptos, procedimientos y la metodología necesaria para la investigación y reconstrucción de accidentes de tránsito, así como divulgar los resultados de la investigación institucional que la Escuela de Seguridad Vial de la Policía Nacional de Colombia ha desarrollado en los últimos años.

La expedición del manual de procedimientos de cadena de custodia en 2016, por parte de la Fiscalía General de la Nación, nos brinda la oportunidad para actualizar y divulgar información sobre las actuaciones de los servidores de policía judicial al realizar procedimientos de atención de accidentes de tránsito expresados en el Código.

En este sentido, los autores buscan también desarrollar la implementación de una metodología para la investigación de accidentes de tránsito, que apoye el sistema penal acusatorio con una prueba más objetiva dentro del proceso investigativo, determinando una secuencia lógica técnica con base en el método científico y las ciencias básicas como la física, con el fin de orientar buenas prácticas para los investigadores y expertos en la materia.

De igual forma, se presenta en esta publicación la información más importante sobre los resultados de la investigación institucional realizada por la Escuela de Seguridad Vial en tres vigencias. La primera fue desarrollada en el año 2012 denominada "Determinación del coeficiente de fricción en vehículos ligeros, teniendo en cuenta las variables físicas de las vías colombianas y su aplicación en la seguridad vial", en ella se estableció el procedimiento para determinar un coeficiente de rozamiento

y las herramientas necesarias para el experimento aplicando las primeras pruebas.

En la investigación institucional de 2014 denominada "Determinación del coeficiente de fricción de vehículos en asfalto a distintas alturas sobre el nivel del mar", se desarrollaron 173 pruebas complementarias sobre asfalto en distintos puntos de la geografía colombiana logrando establecer el valor para el coeficiente de fricción entre vehículos y asfalto abriendo la oportunidad para que en el año 2015 se desarrollara la tercera fase denominada "Determinación del coeficiente de fricción entre vehículos automotores y diferentes superficies de rodadura a diferentes alturas sobre el nivel del mar", completando así la tabla de valores para coeficientes de fricción entre vehículos automotores livianos, medianos y pesados en superficies como el asfalto, concreto, adoquín, afirmado y material vegetal.

Más de 600 pruebas se desarrollaron siguiendo el protocolo experimental ESEVI 2014, diseñado bajo la rigurosidad científica por los expertos Hoover Fabián Ramos Enríquez, Lino Andrés Quiroga Amaya y John Wilmán Rojas Reina, en el que se usan herramientas de última tecnología como el acelerómetro VERICOM 4000 DAQ, entre otros, para medir cada una de las variables seleccionados para el proyecto.

Capítulo 1

Generalidades





En el ejercicio del derecho de la libre locomoción, algunas personas al omitir el deber de respetar las normas de comportamiento que les aplica como partícipes del tránsito, ya sea como peatón, pasajero o conductor, faltando al deber objetivo de cuidado, generan accidentes de tránsito, los cuales se constituyen en la segunda causa de muertes violentas en Colombia.

Para hablar de investigación de accidentes de tránsito en Colombia, lo primero que se debe tener en cuenta es la normatividad que rige en Colombia, como la Constitución Política Nacional, el Código Penal (Ley 599 de 2000, modificada en su artículo 110 por la Ley 1326 de 2009), el Código de Procedimiento Penal (Ley 906, 2006), Código Nacional de Tránsito Terrestre (Ley 769 de 2002, modificada por la Ley 1383 de 2010), Disposiciones Básicas sobre el Transporte (Ley 105 de 1993), Estatuto Nacional de Transporte (Ley 336 de 1996), Decreto Único Reglamentario del Sector Transporte (Decreto 1079 de 2015), Manual para el Diligenciamiento del Informe Policial de Accidente de Tránsito (Resolución 11268 de 2012), Manual de Procedimientos de Cadena de Custodia (Resolución 02369 de 2016) entre otras normas, las cuales aunadas a la experiencia de los autores reflejan un método para desarrollar la investigación de accidentes de tránsito.

El desarrollo de lo tipificado en el código procedimiento penal en Colombia, hace que la técnica empleada por la Policía Nacional de Colombia para la investigación y reconstrucción de accidentes

de tránsito sea especial, la cual en el transcurso de los años se ha mejorado incorporando tecnología de punta.

Es recomendable consultar el glosario al iniciar la lectura del presente texto; el cual le permitirá la comprensión de conceptos, términos y abreviaciones expuestos en esta publicación.

Concepto accidente de tránsito

Cuando se analiza el concepto “accidente”, la Real Academia Española lo define como “suceso eventual o acción que involuntariamente resulta en daño para las personas o cosas” sin embargo, en materia normativa, se define el accidente de tránsito como un “evento generalmente involuntario, generado al menos por un vehículo en movimiento, que causa daños a personas que se movilizan por la vía o vías comprendidas en el lugar o dentro de la zona de influencia del hecho” (Art. 2°, Ley 769, 2002).

Al observar las palabras subrayadas, se establece que la afirmación de generalmente involuntario, abre la brecha para comprender que el conductor, pasajero o peatón, fuera de la regla general, realiza acciones con la intención de generar el accidente de tránsito, debiendo aclarar que las modalidades de la conducta punible son dolosa, culposa y preterintencional, por lo que las personas que realicen una investigación, deben contemplar la posibilidad e informar si existen indicios de estas conductas, ya que en accidentes de tránsito normalmente son culposas, pero no se puede descartar que la conducta sea causada con dolo.

De igual manera la actividad de conducir un vehículo automotor ha sido considerada en diferentes escenarios jurisprudenciales, como una actividad peligrosa que pone en riesgo la vida de quienes conducen, de los demás conductores y de los peatones que transitan en la vía. (Sentencia C-468/11).

Se debe comprender que la autoridad encargada de conocer un accidente de tránsito, tiene el deber de identificar, fijar, recolectar,

embalar y documentar todos y cada uno de los EMP o EF y registrar en los formatos los aspectos y pormenores de este evento, pero no de establecer la modalidad de la conducta, por lo tanto deberá conocer el accidente bajo los preceptos de la objetividad penal.

Esto quiere decir que la autoridad competente encargada de conocer el caso, debe identificar la comisión de delitos como: daño en bien ajeno, lesiones personales y/u homicidio, verificar quién o quiénes son los indiciados y si estos tienen órdenes de captura vigentes o se encajan dentro de alguna de las cinco modalidades de la flagrancia, aplicar el procedimiento de captura.

Es de aclarar que el Código de Procedimiento Penal establece en su Artículo 302 que en caso de flagrancia es la Fiscalía General de la Nación la encargada de determinar si el supuesto delito comporta o no detención preventiva, donde el fiscal evaluará la situación y los EMP y EF, determinando si la persona aprehendida o capturada debe ser liberada imponiéndosele bajo palabra un compromiso de comparecencia cuando sea necesario o por el contrario da trámite a la legalización de captura.

Continuando con este análisis, se establece que el requisito fundamental para que sea considerado accidente de tránsito, es que sea “generado al menos por un vehículo en movimiento” (Art. 2°, Ley 769, 2002). Por lo tanto, cualquier vehículo automotor o no automotor, que se encuentre en movimiento y que cause daños a personas y bienes, genera un accidente de tránsito y se debe realizar el respectivo procedimiento, bien sea de solo daños, con heridos o muertos.

Es importante aclarar que en este punto el legislador opta por incorporar la palabra movimiento, haciendo referencia a una acción dinámica de la movilidad, sin embargo existen excepciones en casos específicos que se deben aclarar, como por ejemplo, en detenciones momentáneas en las vías, paradas en los semáforos o congestiones vehiculares, donde los vehículos no se encuentran en desplazamiento pero están ejecutando una acción propia del

tránsito y para estos casos se debe considerar, que aunque el vehículo no se encuentra en movimiento, el accidente se produce en consecuencias normales del tránsito, como dejar o recoger pasajeros.

Los accidentes de tránsito se pueden generar bajo tres opciones de gravedad, como lo son los accidentes de solo daños materiales, accidentes con personas lesionadas y accidentes con personas fallecidas, lo que equivale a los delitos de daño en bien ajeno, lesiones personales y homicidio en los cuales la conducta puede cometerse de forma dolosa, culposa o preterintencional.

Clases de accidentes de tránsito

El Manual para el Diligenciamiento del Informe Policial de Accidente de Tránsito (Resolución 11268 de 2012) reglamenta la gravedad de los accidentes de tránsito, los cuales pueden ser de solo daños materiales, con heridos o con personas fallecidas y se clasifican de la siguiente manera:

- Choque o colisión:** Es el encuentro violento entre dos o más vehículos, o entre un vehículo y un objeto fijo. Esta clase de accidente de tránsito se puede clasificar en choque con vehículo, tren, semoviente y por último objeto fijo el cual se debe especificar de qué tipo.

El choque con vehículo se puede clasificar según la forma de impacto entre los mismos, como lo ilustran las siguientes imágenes:

Frontal o anterior

Céntrico: coinciden aproximadamente los ejes longitudinales de los vehículos	
Excéntrico: cuando los ejes son paralelos pero no coinciden	
Angular: cuando los ejes longitudinales forman un ángulo distinto a 90°	

Choque lateral derecho o izquierdo

Perpendicular: cuando forman sus ejes una ángulo de 90°, subdividiéndose a su vez en Anteriores (parte delantera) Centrales (parte central) Posteriores (parte trasera)	
Oblicuo: cuando el ángulo que forman sus ejes es distinto a 90°, subdividiéndose igualmente en: Anteriores, Centrales y Posteriores	

🚗 Choque por roce

<i>Positivo:</i> Cuando los vehículos circulan en sentido contrario	 6
<i>Negativo:</i> Cuando el contacto se produce al circular ambas unidades de tráfico en el mismo sentido	 7

🚗 Choque trasero o posterior:

<i>Céntrico:</i> coinciden aproximadamente los ejes longitudinales de los vehículos	 8
<i>Excéntrico:</i> cuando los ejes son paralelos pero no coinciden	 9
<i>Angular:</i> cuando los ejes longitudinales forman un ángulo distinto a 90°	 10

Imágenes 1 a 10: clasificación del choque entre vehículos.

Fuente: Archivo ESEVI software EDGE FX, adaptación UNE 26-403-90

2. **Atropello:** : El atropello es el impacto de un peatón por acción de un vehículo en movimiento, sin importar si es automotor o no automotor, en el cual se produce las siguientes consecuencias:

- 🔊 **Impacto:** cuando el vehículo toca al peatón proyectándolo hacia el delante
- 🔊 **Desplome:** por acción del impacto se ocasiona una pérdida del equilibrio donde la persona se desploma hacia el piso.
- 🔊 **Arrastre con la superficie:** el peatón fricciona contra el piso en su movimiento de proyección por acción del impacto con la fuerza de empuje que generó el vehículo y la dirección resultante del desplazamiento debido a la colisión.
- 🔊 **Aplastamiento:** Ocurre cuando el vehículo pasa sobre la víctima, las llantas suelen dejar su impronta sobre la piel y causan lesiones importantes sobre los órganos internos.
- 🔊 **Envolvimiento:** esta es una consecuencia que depende de factores como la talla de la víctima, la estructura delantera del vehículo, la velocidad de desplazamiento del vehículo y la forma de colisión. El peatón es impactado por el capó, seguidamente el parabrisas y en ocasiones el techo.

3. **Volcamiento:** Es el hecho primario en el cual un vehículo pierde su posición normal de circulación y sus llantas deben perder contacto con la superficie de la vía.

Total: cuando el techo de un vehículo entra en contacto con la superficie y es su posición final.	 11
Lateral derecho o izquierdo: cuando el costado lateral de cualquier vehículo entra en contacto con el suelo.	 12

Imágenes 11 y 12 clasificaciones del volcamiento de vehículos.

Fuente: Archivo ESEVI docente Andrés Pinzón software EDGE FX

4. **Caída de ocupante:** Se refiere a la caída de un conductor, acompañante o pasajero desde un vehículo hacia el exterior interior o dentro del mismo, cerciorándose que la caída no sea por efecto de un choque o volcamiento.



Imagen 13 Caída de ocupante.

Fuente: Archivo ESEVI docente Andrés Pinzón software EDGE FX

💡 En el interior del vehículo

💡 Del interior hacia el exterior

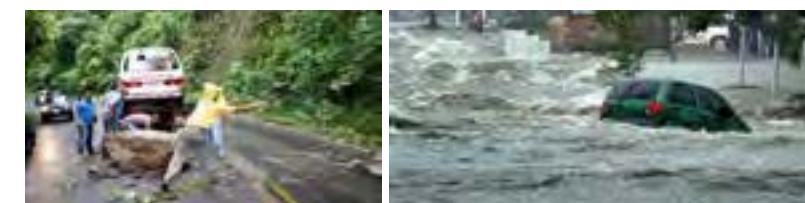
5. **Incendio:** Ocurre en los casos en que el vehículo se incendia sin que exista accidente previo.



Imagen 14 clase de accidente incendio.

Fuente: Archivo ESEVI docente Andrés Pinzón software EDGE FX

6. **Otro:** se refiere a aquel caso que no se enmarca dentro de las cinco situaciones anteriores, como por ejemplo una piedra que impacte un vehículo, un vehículo que se salga de la vía y se sumerja en agua, o las corrientes de agua que invaden la vía y generan los accidentes.



Imagenes 15 y 16. Clase de accidente otro. Fuente: www.eltiempo.com

Escenas del accidente

El accidente de tránsito es un fenómeno físico que tiene como característica principal el movimiento de cuerpos en un sistema dinámico que evoluciona en el tiempo, lo cual indica que siempre que hay un suceso del tránsito este es un producto del desplazamiento y, por ende, su análisis se puede realizar a partir del estudio temporoespacial.

En este sentido, el accidente se puede observar retrospectivamente desde el antes, durante y después, en una cadena de sucesos, todas relacionadas con el movimiento, lo que indica que existen aspectos del accidente que van ocurriendo en un espacio y un tiempo determinado, haciendo una correlación de estos, es posible comprender de una mejor manera cómo se presentaron los hechos.

Desde hace mucho tiempo los investigadores han abordado este tema bajo la noción de fases del accidente, cuyo concepto ha permitido establecer buenas investigaciones, pero el presente texto pretende dar una concepción diferente a este aspecto determinando escenas, ya que las fases conceptualmente tratan de conocer un estado determinado en el proceso evolutivo del accidente, pero cuando se habla de escena, el concepto enmarca un valor semántico más apropiado para el estudio y análisis que se debe desarrollar en la investigación.

Así las cosas, tener una escena en vez de una fase es poner y adecuar un espacio con los elementos materiales de prueba o evidencias físicas, para poder establecer relaciones y conjeturas que conllevarán un análisis más directo, detallado y preciso, pues separar el accidente en escenas es “congelar” el espacio-tiempo para poder tener distintas perspectivas.

Son muchas las escenas que podrían ser visualizadas dependiendo de las condiciones en las que se presentó el accidente, sin embargo, a continuación se presentarán las cuatro escenas principales que deben ser analizadas.

Escena preliminar

El accidente de tránsito es un desequilibrio de la normal circulación vehicular que afecta el desarrollo de la movilidad, pero para que ocurra este desequilibrio tiene que presentarse una serie de sucesos que se conjugan entre sí para determinar una alteración.

Lo anterior indica que en el accidente de tránsito antes de que se produzcan los hechos finales donde se materializan los daños, se han venido presentando sucesos en cadena que se conjugan entre sí para manifestarse en el resultado final del accidente.

La conducción es una actividad riesgosa por naturaleza, pues desde que se emprende la marcha en un vehículo se hace presente el riesgo. El riesgo de accidentalidad no puede ser trasladado, este solo es controlado gracias a la observancia de las medidas de seguridad vial; sin embargo, la materialización de un accidente de tránsito es altamente probable teniendo en cuenta la multiplicidad de agentes y variables que pueden intervenir para que ello ocurra.

Así las cosas, la escena preliminar es la etapa del accidente de tránsito donde el riesgo se manifiesta latente a los actores intervenientes, ya sean conductores o peatones, que pueden percibirlo a través de los sentidos, esta escena es donde se recibe la información manifiesta de un riesgo.

En esta escena se ubican los factores: humanos, vía, vehículo y condiciones de modo, tiempo y lugar, y se deben establecer todas las relaciones necesarias con las variables influyentes, como la visibilidad, campo de visión, interacción con el entorno y condicionamientos en esa escena específica.



Imagen 17. Ejemplo de puesta en escena preliminar: el riesgo normal que existe al aproximarse a una intersección.

Fuente: Archivo ESEVI docente Andrés Pinzón software EDGE FX

Escena de reacciones múltiples

Cuando el riesgo se manifiesta, por condición natural de autoprotección, los conductores o peatones deben reaccionar para controlar dicho riesgo antes de que se materialice, por ello en el accidente de tránsito se presenta esta escena, donde, una vez recibida la información, esta se procesa y se llevan a cabo reacciones por parte de las personas implicadas como: maniobras evasivas de viraje, maniobras de frenado, maniobras de aceleración, reacciones de miedo, susto etc.

Aparte de lo anterior existen efectos en el vehículo según las reacciones de las personas, como la activación de varios de los sistemas del vehículo como el de frenos, suspensión, dirección o eléctrico entre otros, los cuales dependen de la reacción de las personas. El desempeño de estos sistemas está sujeto al estado del vehículo, lugar y condiciones de la vía; por ello es indispensable que los investigadores establezcan una puesta en escena de los factores en el punto donde se dieron estas reacciones.

La puesta de esta escena es de gran valor en la investigación puesto que se puede analizar la evitabilidad o inevitabilidad del hecho y si las decisiones que se tomaron fueron las correctas, además aquí se establece hacia qué hipótesis se vuelca la responsabilidad de evitar el hecho.



Imagen 19. Ejemplo de la escena de reacciones múltiples: Es la acción que toman los conductores frente al peligro inminente, que en este caso uno inició una frenada de emergencia y el otro inició una maniobra evasiva de giro a la derecha.

Fuente: Archivo ESEVI docente Andrés Pinzón software EDGE FX

Escena de materialización del hecho

En esta escena el riesgo se materializa con el contacto entre los objetos de estudio, dando inicio al accidente el cual se desencadena en los movimientos post-impacto hasta la posición final.

Se debe tener en cuenta la clase de accidente (choque, atropello, volcamiento, caída de ocupante, incendio u otro), para poder cotejar los daños sufridos con la materialización del hecho, estableciendo la posición y ubicación en la escena de los participantes.



Imagen 20. Ejemplo de la escena de materialización del hecho: inicia con el punto de impacto inicial entre los vehículos.

Fuente: Archivo ESEVI docente Andrés Pinzón software EDGE FX

Escena de posiciones finales

La escena de posiciones finales es quizás la más importante teniendo en cuenta que la investigación es retrospectiva, esta escena es el punto de partida de la reconstrucción ya que aquí se acomodan, no solo los factores intervinientes, sino que, por primera vez, aparecen los elementos materiales de prueba y/o evidencia física que permiten dar indicios de cómo se pudieron presentar las escenas anteriores.



Imagen 21. Ejemplo de la escena de posiciones finales.

Fuente: Archivo ESEVI docente Andrés Pinzón software EDGE FX

Accidente de tránsito de solo daños materiales

En Colombia el Código Nacional de Tránsito Ley 769 de 2002, modificada por la Ley 1383 de 2010, en su artículo 143 establece el procedimiento que se debe realizar para la atención de accidentes de tránsito en caso de daños materiales donde solo resulten afectados vehículos, inmuebles, cosas o animales y no se produzcan lesiones personales u homicidio, donde será obligación de los conductores detenerse y presentar a la autoridad que se encuentra en el lugar de los hechos, los documentos de identificación de las personas y vehículos involucrados en el hecho.

El agente de tránsito que conozca el hecho deberá suscribir el Informe policial de accidentes de tránsito "IPAT", el cual contiene toda la información de los pormenores, entregando una copia a los conductores implicados quienes deberán suscribirlas, y si estos se negaren a hacerlo, bastará la firma de un testigo mayor de edad. (artículo 135 del Código Nacional de Tránsito).

Los conductores y demás implicados podrán mediar sus intereses en los centros de conciliación legalmente constituidos partiendo de la información recolectada inicialmente en el IPAT, un documento público que da fe de la ocurrencia del hecho, siguiendo lo establecido en la Ley 640 de 2001, de las normas generales aplicables en conciliación.

En caso de accidente de tránsito de sólo daños materiales, el IPAT debe realizarse siempre por la autoridad de tránsito que haga presencia en el lugar de los hechos y verifique la ocurrencia del mismo ya que con su diligenciamiento deja constancia de lo ocurrido, por lo tanto será un documento de gran importancia para la futura conciliación, desistimiento o reparación de los daños este debe ser radicado ante la autoridad de tránsito de la jurisdicción, y policialmente debe seguirse el procedimiento denominado "Conocer accidentes de tránsito solo daños materiales" código 2MO-PR-003.

Entre los aspectos más importantes se encuentran el aseguramiento del lugar, o la forma, la magnitud e identificación de sustancias peligrosas; verificación de estado de ánimo de los conductores, y de ser necesario realizar pruebas de embriaguez, aplicando órdenes de comparendo de ser necesario en cualquier infracción que sea detectada, terminando con el diligenciamiento del IPAT usando los parámetros en la norma.



Imagen 22. Accidente de tránsito solo daños materiales.

Fuente: Archivo ESEVI.

Una de las actividades más importantes es la fijación topográfica del accidente de tránsito la cual deberá realizarse siempre, así se hayan movido los vehículos, y será registrada en el IPAT, como lo reglamenta la Resolución 11268 de 2012. En él quedará graficada la vía y sus elementos constitutivos, la señalización y sobre todo los elementos materiales probatorios o evidencia física que se halle en el sitio como huellas o fragmentos que demuestren la ocurrencia del hecho.

También, puede ser acompañada por el registro fotográfico del lugar, siguiendo los parámetros de criminalística de campo que aplique para la atención del delito de daño en bien ajeno, teniendo en cuenta que puede llegar a convertirse en un proceso civil, penal o administrativo (Ley 769, 2002).

Capítulo 2

Actos urgentes y criminalística de campo en accidente de tránsito





A la Fiscalía General de la Nación le fue asignado el deber constitucional de investigar los delitos y acusar a los presuntos infractores ante los juzgados y tribunales competentes, por lo que el Código de Procedimiento Penal estableció para apoyar esta labor tan importante, al personal de todos los órganos que integran la Policía Judicial con funciones permanentes, como la Policía Nacional a través de la Dirección de Investigación Criminal e Interpol y sus seccionales (SIJIN), o el Cuerpo Técnico de Investigación (CTI) de la Fiscalía General de la Nación.

De acuerdo al código de procedimiento penal Ley 906 de 2004, en su artículo 202 existen organismos que ejercen funciones permanentes de Policía Judicial de manera especial dentro de su competencia tales como:

1. La Procuraduría General de la Nación, con la principal función de velar por el cumplimiento de las funciones impuestas por la Constitución y las leyes a todos los servidores público.
2. La Contraloría General de la República para el control y fiscalización del empleo de los recursos públicos.
3. Las autoridades de tránsito, que en su orden son el Ministro de Transporte, Gobernadores y Alcaldes, organismos de tránsito de carácter departamental, municipal o distrital, la Policía Nacional a través de la Dirección de Tránsito y Transporte, los Inspectores

de Policía, los Inspectores de Tránsito, Corregidores o quien haga sus veces en cada ente territorial y la Superintendencia General de Puertos y Transporte (Artículo 3, Ley 769, 2002). De manera general en su orden los agentes de control operativo del tránsito son quienes tienen el deber de realizar el manejo del lugar de los hechos y ejercer las funciones especiales de policía judicial.

4. Las entidades públicas que ejerzan funciones de vigilancia y control.
5. El director nacional y regional del INPEC, los directores de los establecimientos de reclusión y el personal de custodia y vigilancia, conforme con lo señalado en el Código Penitenciario y Carcelario.
6. Los alcaldes
7. Los Inspectores de Policía (Ley 906, 2004, artículo 202).

Bajo esta premisa las autoridades de tránsito de control operativo tienen las funciones especiales de policía judicial dentro de su competencia, a lo que comúnmente se le llama Policía Judicial de Tránsito, la cual en el transcurso de los últimos años ha venido evolucionando y especializándose en un nivel altamente técnico y científico para la atención de eventos de tránsito donde resulten personas lesionadas y/o fallecidas.

Por este motivo es necesario que se tenga clara la clasificación de las autoridades de tránsito así:

Autoridades de tránsito

De regulación normativa: Son aquellas autoridades de carácter administrativo facultadas por la Constitución o la ley para expedir normas regulatorias del tránsito.	El Congreso de la República, el Presidente de la República, el Ministro de Transporte, los gobernadores y Alcaldes dentro de su jurisdicción, los Organismos de Tránsito de carácter Departamental, Municipal o Distrital.
De supervisión: Son aquellas autoridades públicas facultadas por las normas para imponer sanciones ante la Comisión de Infracciones de Tránsito.	Los organismos de tránsito, los inspectores de policía, inspectores de tránsito, corregidores o quien haga sus veces en cada ente territorial, la Superintendencia de Puertos y Transportes.
De control operativo de tránsito: son los servidores públicos investidos de autoridad para regular, dirigir y controlar el tránsito de peatones, conductores y pasajeros en las vías.	Pueden ser los integrantes de la Dirección de Tránsito y Transporte de la Policía Nacional, ya sean estos de las áreas de tránsito rural o tránsito urbano, los agentes de tránsito y transporte vinculados por los entes territoriales como empleados públicos investidos de autoridad y de forma excepcional las fuerzas militares, quienes solo podrán ejecutar la labor de regular el tránsito, en aquellas áreas donde no haya presencia de autoridad de tránsito.

Las autoridades de tránsito tomadas como referencia en el anterior cuadro, fueron descritas en el en el manual de infracciones de tránsito (Ministerio de Transporte, 2010).



Imagen 23 y 24. Agentes de tránsito de control operativo de la Policía Nacional de Colombia y de los entes territoriales de carácter departamental o municipal.

Fuente: Archivo ESEVI y www.vanguardia.com respectivamente

Las autoridades de tránsito tienen funciones especiales de policía judicial dentro de su competencia, por lo cual deben realizar todos los actos urgentes en casos donde se generen accidentes de tránsito y los hechos constituyan infracción penal.

Los actos urgentes a que se hace referencia son, la inspección en el lugar del hecho, inspección de cadáver, entrevistas e interrogatorios (Art. 205, Ley 906, 2004). Además, identificación, fijación, recolección y embalaje técnico de todos los elementos materiales probatorios y evidencia física encontrados en la escena del accidente de tránsito, acompañados de la documentación fotográfica, topográfica y documental del caso, donde todo deberá ser sometido a cadena de custodia de igual forma cuando sea necesario, el policía judicial de tránsito deberá realizar la solicitud de cualquier tipo de examen médico legal o pericial que se requiera para la investigación.

El manejo del lugar de los hechos es la etapa de mayor relevancia de la investigación y por ende dentro del proceso penal, dado que hay una sola oportunidad de procesar la escena e identificar, recolectar y embalar los elementos materiales probatorios y evidencia física que soportaran la investigación.

Cada accidente de tránsito es único, con características particulares que generan la necesidad de realizar los actos urgentes, siguiendo los protocolos de carácter obligatorio con el fin de identificar, recolectar y embalar los EMP y EF que sirven como soporte en una investigación. A diferencia de otras escenas del delito, en los accidentes de tránsito se presentan elementos materiales de prueba de gran tamaño denominados macroelementos, tales como los vehículos, que finalmente son los instrumentos con los se materializa la conducta punible.

En agosto de 2016 la Fiscalía General de la Nación publicó el Manual de Procedimientos para Cadena de Custodia, el cual modificó y actualizó procedimientos al respecto, lo que es tomado en cuenta y aplicado en esta publicación para aplicarlo en materia de accidentes de tránsito.

Para profundizar aún más en cada uno de estos procedimientos, se realizará un análisis resaltando apartes de algunos de los protocolos de Policía Judicial, adaptándolos a las actividades que se deben realizar al momento de conocer accidentes de tránsito con infracción penal.

Actuación del primer responsable

(Fiscalía General de la Nación, 2005) Actualizaciones generadas, 2016. Manual de Procedimientos para Cadena de Custodia

El primer responsable es la autoridad inicialmente interveniente en el accidente y debe preservar el lugar de los hechos o escena y todos los EMP y EF tales como vehículos, huellas, vestigios, occisos, entre otros, garantizando su estado original y sus condiciones de identidad, integridad y preservación, aplicando los procedimientos de cadena de custodia. F.G.N. (2016). Manual de Procedimientos para cadena de custodia

Una de las actividades más importantes del funcionario que llegue en primera instancia, es la de asegurar el lugar evitando que se genere otro accidente por falta de señalización del mismo y en el desarrollo de esto, debe la de informar el hecho a la línea de emergencia pidiendo la ayuda necesaria.



Imagen 25. Primer responsable y aseguramiento del lugar de los hechos.
Fuente: Archivo ESEVI docente Andrés Pinzón software EDGE FX.

El procedimiento de la F.G.N. (2016). Manual de Procedimientos para Cadena de Custodia, establece que la primera autoridad interviniente debe permanecer en el lugar de los hechos, para prestar apoyo a la Policía Judicial asignada al caso, hasta que esta autorice su retiro y evitar la entrada a la escena a personas curiosos y funcionarios ajenos a quienes deben efectuar el tratamiento de la escena.



Imagen 26. Primer responsable y aseguramiento del lugar de los hechos.
Fuente: tomado de www.youtube.com/policiadecolombia, curso primera autoridad respondiente.

Es necesario ampliar la información sobre la realización de este procedimiento, por lo que se analiza desde el punto de vista de los accidentes de tránsito así:

Protección del lugar de los hechos

El primer responsable una vez llega al lugar de los hechos, ubica su medio de transporte con las luces de emergencia encendidas, de forma que ofrezca señalización de prevención para otros usuarios de la vía, previniendo que no ocurra otro accidente por falta de señalización de la escena, al tiempo realiza una observación

preliminar del lugar de los hechos, determinando la magnitud del accidente, cantidad de personas lesionadas, los daños causados y la ubicación de los EMP y EF desde los más próximos hasta los más lejanos, haciendo un especial énfasis en las huellas de frenado o vestigios producto del accidente.

El primer responsable asegura el lugar de los hechos, reduciendo el riesgo de un nuevo accidente y como lo establece el Manual de Procedimientos para Cadena de Custodia, determina el área a ser aislada, acordonando utilizando las barreras físicas necesarias de acuerdo a la magnitud del hecho y a las características del lugar, considerando como mínimo dos anillos (cuerdas, cintas, barricadas, policías adicionales, vehículos, voluntarios, entre otros.) Esto permite a los funcionarios adelantar la diligencia ubicándose dentro del perímetro del primer y segundo acordonamiento, dejando el primer acordonamiento para aislar el lugar de los hechos o escena con todos los EMP y EF que allí se encuentren.



Imagen 27. Primer responsable y aseguramiento del lugar de los hechos.
Fuente: tomado de www.youtube.com/policiadecolombia, curso primera autoridad respondiente

El aseguramiento del lugar de los hechos debe tener tres niveles de protección "afectación , incidencia y protección" separados por los 2 acordonamientos mínimos que deben realizarse en la escena, donde el primer nivel de seguridad se denomina "afectación" y debe contener todos los EMP y EF incluyendo huellas de frenado y vestigios que permitan establecer el inicio de la reacción del conductor Entre el 1º y 2º acordonamiento se debe establecer la "incidencia" ubicando allí el puesto de mando, donde se instalarán las autoridades que deben conocer el caso. Por último el área de "protección" será el espacio después del segundo acordonamiento, donde se ubicaran los curiosos, periodistas, familiares y demás personas que no hacen parte del procesamiento de la escena y debe ser lo suficientemente amplio para garantizar la seguridad de los funcionarios.

El acordonamiento se realiza teniendo en cuenta las características del Lugar de los Hechos. Si el lugar es abierto, se toma como referencia la concentración masiva de evidencias y se acordonan hasta el EMP y EF más alejado de ésta, que en caso de los accidentes de tránsito por su evolución son las huellas de frenado o derrape dejadas en la vía producto de la reacción de los conductores ante un riesgo inminente de accidente.

Cuando se encuentran personas lesionadas en el lugar de los hechos, se establece comunicación con ellas a fin de identificarlas y obtener información acerca de lo ocurrido, e información que sea de interés para la investigación. F.G.N. (2016). Estas personas son consideradas víctimas de lo sucedido y pueden brindar su testimonio si las condiciones lo ameritan.

En casos como los atropellos o caída del ocupante previo al desplazamiento o movimiento de los lesionados, se procede a marcar la ubicación y posición original de la persona con el fin de establecer el punto de impacto y la posición final lo que será de vital importancia en la reconstrucción.

El primer responsable realiza, si es posible, la identificación indiciaria del occiso, con base en la información suministrada por los

testigos y familiares que se encuentran en el lugar de los hechos o escena, aclarando que el primer responsable no está facultado para inspeccionar el cadáver ni los documentos personales del occiso, siendo esta la tarea del policía judicial facultado para realizar este procedimiento.



Imagen 28. Primer responsable, identificación del occiso.
Fuente: tomado de www.youtube.com/policiadecolombia, curso primera autoridad respondiente

Si se encuentran testigos, personas posiblemente relacionadas con la comisión de la conducta punible o familiares de la víctima, se debe evitar que se retiren del lugar de los hechos o escena. Se procede a separarlos y aislarlos, impidiendo la comunicación entre ellos (F.N.G. 2005), protección, preservación y entrega del lugar de los hechos. Posteriormente, se toman los datos generales de identificación (nombre, cédula de ciudadanía, parentesco con la víctima, lugar de residencia) o, si es posible, adelantar la entrevista *in situ*.

Si en el lugar de los hechos se encuentran el indiciado, este puede ser capturado por orden judicial si presenta antecedentes, o por estar en situación de flagrancia bajo cualquiera de sus 5 numerales, donde el más frecuente en accidentes de tránsito es

el numeral 3 que reza lo siguiente “*La persona es sorprendida y capturada con objetos, instrumentos o huellas, de los cuales aparezca fundadamente que acaba de cometer un delito o de haber participado en él*” (Art. 301, Ley 906, 2004); debe adoptarse una posición defensiva, observando las medidas de seguridad, luego se informa a la persona en tono fuerte y seguro que se encuentra en presencia de funcionarios de la Policía, indicándole que adopte una posición de indefensión y dependiendo del grado de peligrosidad que revista el sujeto, de acuerdo a las circunstancias de modo tiempo y lugar, se asegura la persona indiciada dándole a conocer y garantizar los derechos del capturado.



Imagen 29. Primer responsable, captura del indiciado.
Fuente: tomado de www.youtube.com/policiadecolombia, curso primera autoridad respondiente

Teniendo en cuenta lo establecido en el Código de Procedimiento Penal, es la Fiscalía General de la Nación la que analiza la información suministrada y determina si el delito comporta o no detención preventiva, bajo los agravantes de la conducta punible; si la conducta no requiere detención preventiva el aprehendido o capturado será liberado por la Fiscalía imponiendo bajo palabra un compromiso de comparecencia (art. 302, Ley 906, 2004).

El manual de cadena de custodia indica que, quien efectúa el aseguramiento del lugar de los hechos o escena, debe evitar el ingreso de personas no asignadas a la diligencia como: periodistas, parientes, amigos, curiosos, miembros otras instituciones diferentes a la Policía Judicial que debe procesar la escena.

El primer responsable debe tener en cuenta factores como las huellas de frenado, de arrastre, derrape, la señalización del sector, los obstáculos visuales como árboles, vallas, entre otros factores, que observe que puedan ser consideradas evidencias muy importantes, que normalmente se encuentran un poco retiradas del lugar donde se concentran las principales evidencias, como vehículos, occisos o vestigios.



Imagen 30. Primer responsable, entrega a la Policía Judicial.
Fuente: tomado de www.youtube.com/policiadecolombia, curso primera autoridad respondiente

Actividades del Coordinador de la diligencia

El servidor asignado como coordinador de una actuación de Policía Judicial en la indagación e investigación, debe tener claro que tiene a su cargo la Dirección de la misma, por lo tanto debe esmerarse por desarrollar habilidades de liderazgo, las cuales son determinantes y no deben ser estáticas sino situacionales, es decir una dirección en función tanto del individuo como de la situación. Líder es quien está al servicio del equipo, rompiendo de esta manera estructuras

mentales establecidas por tradición; en la medida en que es capaz de satisfacer las necesidades de todos los integrantes los resultados serán mayores (Fiscalía General de la Nación, 2005).

El coordinador de una diligencia en un accidente de tránsito debe ser una persona que conozca muy bien los procedimientos, además debe tener liderazgo para dirigir todo el grupo en las actividades que se deben realizar. El líder debe ganarse el respeto de los que lo siguen y la mejor forma de hacerlo es con su ejemplo en el desempeño de las actividades que realiza en el lugar de los hechos.



Imagen 31. Primer responsable, entrega a la Policía Judicial.
Fuente: tomado de www.youtube.com/policiadecolombia, curso primera autoridad respondiente

La labor del coordinador comienza desde el momento en que se conoce la ocurrencia del hecho, toma nota de la hora en que le informan y reporta el hecho a la Fiscalía General de la Nación, quien evalúa con cuántas personas van a atender el caso y en el transcurso del desplazamiento comienza a organizar los elementos necesarios y las funciones que debe desarrollar cada uno de los integrantes del grupo.

El primer procedimiento que debe hacer el coordinador es llegar al lugar del accidente y ordenar la fijación fotográfica de las personas que se encuentran dentro del lugar de los hechos (fijarse si hay contaminación del lugar) identificarlas para relacionarlas en el informe ejecutivo.

Posteriormente, procede a recibir el lugar de los hechos por parte del primer responsable, verificando que todos los EMP y EF se encuentren conforme lo establecido en el formato.



Imagen 32. Primer responsable, entrega a la Policía Judicial.
Fuente: tomado de www.youtube.com/policiadecolombia, curso primera autoridad respondiente

El coordinador de la diligencia se entrevista con el primer responsable quien le informará todo lo ocurrido y las actuaciones realizadas hasta ese momento; el coordinador verificará el lugar de los hechos y las acciones realizadas por el primer responsable corrigiendo aspectos que no estén acordes como los dos acordonamientos, ampliación del lugar de los hechos, datos de las víctimas trasladadas a centro asistencial, labores de vecindario en busca de posibles testigos o captura de los posibles indiciados, suministrando toda la información que tenga al respecto.

La siguiente fotografía muestra un lugar de los hechos, donde existe un acordonamiento, y muchas personas que no hacen parte del procesamiento de la escena, lo que es frecuente en los accidentes de tránsito, siendo una oportunidad de mejora.



Imagen 33. Procesamiento de la escena, identificación de contaminación del lugar de los hechos.

Fuente: archivo institucional caso investigado

Este caso muestra cual debe ser la primer fotografía que se debe tomar al llegar a un lugar del accidente es “la contaminación”, pues muchas de estas personas tienen otras intenciones diferentes a las de observar el procedimiento y no deberían estar allí.

Se debe identificar a cada una como un posible testigo, ya que se encontraba dentro del lugar de los hechos y tener en cuenta cualquiera de los numerales del Artículo 143 del Código de Procedimiento Penal Ley 906, 2004. En caso de que un ciudadano impida u obstaculice la realización de la diligencia o sobrepase las cintas o elementos usados para el aislamiento del lugar de los hechos se debe relacionar esto en el informe ejecutivo para que la autoridad judicial aplique las medidas correccionales cuando sea necesario.

Los funcionarios de Policía Judicial de tránsito deben verificar la correcta realización del procedimiento del primer responsable, con el fin de minimizar los riesgos e identificar los posibles elementos materiales probatorios o evidencias físicas que no hayan sido relacionados por el funcionario que atendió en primera instancia los hechos garantizando el correcto manejo del lugar de los hechos.



Imagen 34. Procesamiento de la escena, observación, análisis y verificación del lugar de los hechos por parte de la Policía Judicial. Fuente: archivo institucional caso investigado

En la práctica, es normal ver que la policía judicial de tránsito exige al primer responsable, el cumplimiento de sus obligaciones, como ampliación del lugar de los hechos, identificación de testigos e incluso la captura del indiciado, siendo esta solicitud de obligatorio cumplimiento por parte del primer responsable.

De manera general, se puede establecer que los métodos de búsqueda más eficientes para la atención de accidentes de tránsito son el punto a punto o el método en zigzag.

Métodos de búsqueda

La siguiente es la teoría de cómo el coordinador de un procedimiento judicial debe escoger uno de los siguientes métodos de búsqueda para atender un accidente de tránsito basado en el análisis de protocolo (Fiscalía General de la Nación, 2005) así:

El servidor asignado para la coordinación de la diligencia, con base en las evidencias debe formarse una idea de lo que sucedió, buscar

un punto de entrada al lugar del accidente, recomendando el sitio donde inicia la escena preliminar de los participantes, es decir, donde hay huellas o vestigios de una reacción antes del choque, para documentar visual y progresivamente el lugar de los hechos desde afuera hasta llegar a cada uno de los EMP y EF o, por el contrario, debe estar en capacidad de devolverse desde la prueba microscópica u occiso hacia afuera, con el fin de establecer la correlación de los EMP y EF hallados.

El coordinador debe señalizar con un numerador o indicador la ubicación de los EMP y EF a medida que se van encontrando y de acuerdo con el método de búsqueda elegido. Los métodos de búsqueda más utilizados. Se describen a continuación:

Antes de ingresar al lugar de los hechos, se deben utilizar los respectivos elementos de bioseguridad evitando así contaminarse o alterar cualquier evidencia.

Punto a punto

El servidor asignado para la coordinación y el manejo del lugar de los hechos, ingresa desde el punto de entrada y se desplaza se dirige al primer EMP y EF aparente, después de señalarlo se mueve hacia el próximo objeto más cercano. Este procedimiento se repite hasta que se haya hecho un sistemático y cuidadoso escrutinio del área.



Imagen 35. Método de búsqueda punto a punto.
Fuente: Archivo ESEVI docente Andrés Pinzón software EDGE FX

Sobre este método existe una variación que es la denominada en zigzag, aconsejado para la observación y búsqueda de EMP y EF ya que tiene un poco más de orden a la hora de búsqueda sistemática de EMP y EF, a diferencia del método punto a punto.

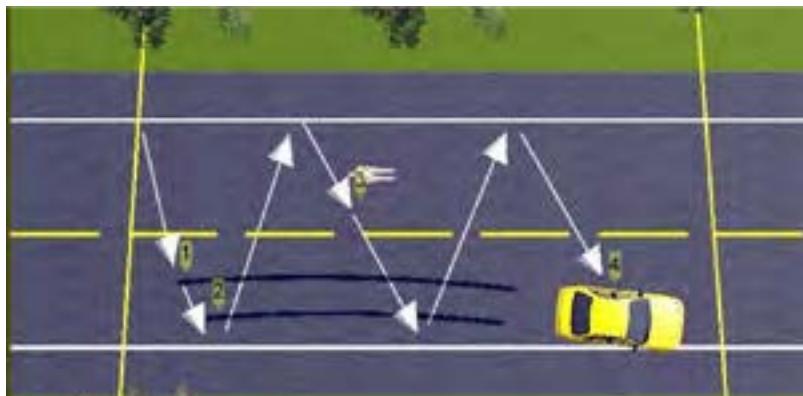


Imagen 36. Método de búsqueda en zig zag.

Fuente: Archivo ESEVI software EDGE FX

Consiste en dividir el lugar de los hechos en cuadrantes o zonas. A cada una de estas zonas se le asigna un servidor de policía judicial y este a su vez lo subdivide, para una mejor búsqueda de los EMP y EF, este método de búsqueda es aconsejable en áreas grandes como campo abierto, donde debe asignarse a cada funcionario una zona.

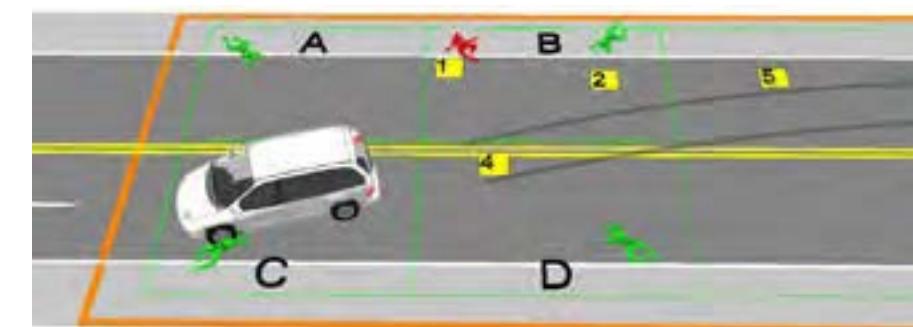


Imagen 38. Ejemplo del método de búsqueda por cuadrantes o zonas aplicado a accidentes de tránsito.

Fuente: Archivo ESEVI software EDGE FX

Búsqueda por sector o cuadrante



Imagen 37. Método de búsqueda por zonas. Fuente: Tomado de procedimiento de Código: PJT-MDB-IN-01 Fiscalía General de la Nación

El anterior es un ejemplo de cómo se podría utilizar este método de búsqueda en un accidente de tránsito; sin embargo, en estos casos no es el más eficiente teniendo en cuenta que se utiliza para buscar micro EMP y EF, por el contrario, en accidentes de tránsito hay macroelementos.

Búsqueda de círculos concéntricos o espiral

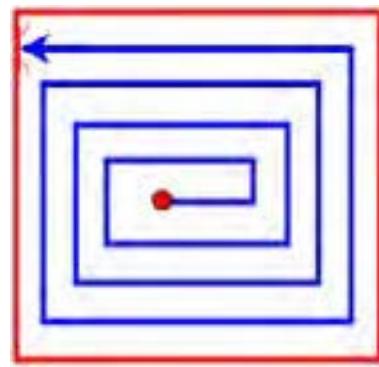


Imagen 39. Método de búsqueda en espiral.

Fuente: Tomado de procedimiento de Código: PJT-MDB-IN-01
Fiscalía General de la Nación

El método empleado en esta búsqueda se puede comparar a las ondas cada vez más amplias, que se propagan en un estanque a partir del punto donde se arrojó una piedra. En recintos cerrados para la observación de pisos y techo es aconsejable el uso de este método.

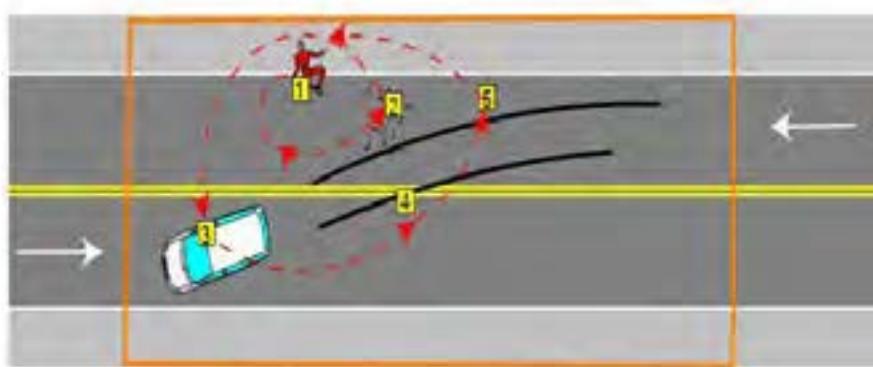


Imagen 40. Ejemplo del método de búsqueda espiral aplicado a accidentes de tránsito. Fuente: Archivo ESEVI software EDGE FX

El anterior método de búsqueda es muy eficiente en el caso de una explosión, puede ser por sustancias peligrosas u otra situación similar ilustrando en la anterior imagen como utilizarlo en accidentes de tránsito.

Búsqueda por franjas o líneas

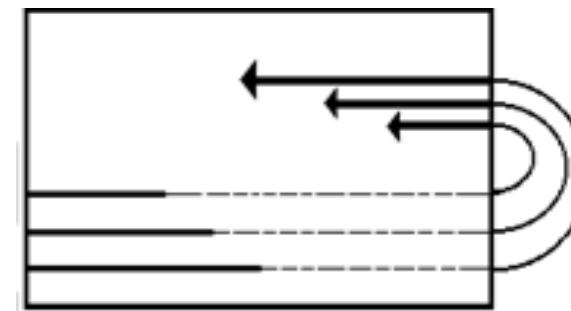


Imagen 41. Método de búsqueda por franjas o lineal.

Fuente: Tomado de procedimiento de Código: PJT-MDB-IN-01
Fiscalía General de la Nación

Este sistema es particularmente eficaz en zonas grandes y abiertas, permite un registro sistemático de dichas zonas, requiere disponibilidad de personal, con el fin de cubrir la totalidad del perímetro. Las actividades generales para realizar este tipo de registro son:

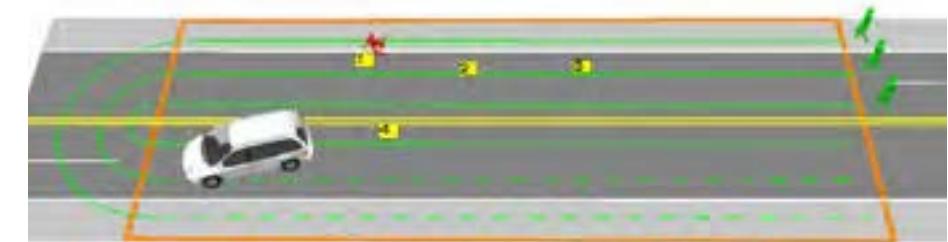


Imagen 42. Ejemplo del método de búsqueda lineal aplicado a accidentes de tránsito. Fuente: Archivo ESEVI software EDGE FX

Enfilar el equipo de búsqueda en una línea, cada persona con los brazos extendidos. Hacer que la línea avance lentamente en sentido recto hasta el final de la zona.

Es necesario repetir el método en sentido contrario, conservando los espacios hasta que se haya registrado toda la zona.

Búsqueda por cuadrícula o rejilla

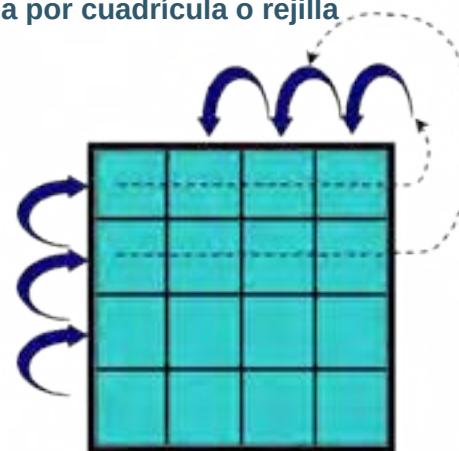


Imagen 43. Método de búsqueda por cuadrilla o rejilla.
Fuente: Tomado de procedimiento de Código: PJT-MDB-IN-01
Fiscalía General de la Nación

En este método se divide cada área haciendo una cuadrícula, los técnicos registran cada una simultáneamente tanto en forma vertical como en forma horizontal, por lo que se hacen dos recorridos, la ventaja de este método es que no dejará ningún lugar de la zona sin rastrear.

El coordinador asignado para la diligencia, junto con su grupo de trabajo, debe identificar y describir con exactitud el lugar de los hechos y los EMP y EF.

El coordinador y el fotógrafo ingresan al lugar de los hechos por el punto de entrada seleccionado (recomendando que en accidentes de tránsito sea el sentido vial del vehículo que embistió)

y utilizan el método de búsqueda previamente escogidos, proceden a iniciar el procedimiento de hallar, identificar, fijar, recolectar y embalar las evidencias que se encuentren en la escena.

En los eventos de inspección a cadáver en lugares diferentes a la ocurrencia del hecho (centros hospitalarios), la policía judicial debe realizar la inspección al lugar donde se presume ocurrió el accidente de tránsito.

El servidor asignado para la coordinación de la diligencia debe establecer bajo quién estará la responsabilidad de la recepción, custodia y traslado de los EMP y EF recolectados, embalados y rotulados durante la diligencia, además vigilará que los procedimientos oficiales sean cumplidos durante la actividad judicial, de igual manera, verificará que la documentación haya sido debidamente diligenciada por los integrantes del grupo de criminalística.

En todos los casos, el servidor asignado para la coordinación de la diligencia debe efectuar reporte de iniciación de su actividad al Fiscal competente para que este asuma la dirección, coordinación y control de la investigación.

El coordinador y el Fiscal asignados trazarán los lineamientos para la elaboración y ejecución del programa metodológico, para lo cual tomarán en cuenta los conceptos técnicos de los expertos (peritos o investigadores), requeridos de acuerdo con las circunstancias del hecho.

Actuación del servidor de Policía Judicial asignado para la documentación fotográfica de la diligencia

La fotografía es el proceso de capturar imágenes y fijarlas en un medio material sensible a la luz. Basándose en el principio de la cámara oscura, se proyecta una imagen captada por un pequeño agujero sobre una superficie, de tal forma que el tamaño de la Imagen queda reducido y aumentada su nitidez. Para almacenar esta Imagen, las cámaras fotográficas utilizaban hasta hace pocos años una película sensible, mientras que en la actualidad, la fotografía digital se emplea, generalmente, con sensores CCD y CMOS y memorias digitales. (culturizando.com, 2016)



Imagen 44. Fijación fotográfica de detalle. Fuente: archivo educativo ESEVI

Entre los aspectos más importantes para tener en cuenta, por parte del encargado de la fijación fotográfica, se mencionan los siguientes,

basados en el procedimiento de la fiscalía General de la Nación de documentación fotográfica (Fiscalía General de la Nación, 2005) y en el manual de cadena de custodia así:

El encargado de la fijación fotográfica tiene que tratar de comprender su alrededor y debe ser capaz de comunicar la información de los casos o sucesos que percibe en el instante de disparar su cámara.

El servidor de policía judicial asignado para efectuar la documentación fotográfica debe estar en capacidad de documentar visual y progresivamente el lugar de los hechos desde afuera hasta llegar a cada uno de los EMP y EF y devolverse desde la prueba microscópica hacia afuera, con el fin de establecer la correlación de los EMP Y EF hallados.

Es de anotar que en accidentes de tránsito se trabajan, principalmente, macroelementos y siguiendo los parámetros del artículo 256 de C. P. P., estos elementos después de ser examinados por peritos, para recoger elementos materiales probatorios y evidencia física que se hallen en ellos, serán sustituidos en el proceso por su registro fotográfico o filmico (impreso o digital) lo que se considera EMP y EF los cuales deben ser sometidos al proceso de cadena de custodia.

Es por esto que el encargado de la fijación fotográfica tiene una responsabilidad enorme y deberá contar con los elementos, equipos y materiales indispensables para el cumplimiento de sus funciones como cámara fotográfica, testigos métricos, tipo regla, escuadra o flecha, entre otros.

En ese sentido, la persona encargada de la documentación fotográfica del lugar de los hechos, debe ingresar al mismo siguiendo las rutas de acceso previamente establecidas y realizar su actividad utilizando la protección y elementos de bioseguridad necesarios.

El servidor de policía judicial asignado para efectuar la documentación fotográfica debe trabajar en coordinación con el topógrafo o planimetrista y demás técnicos que se requieran en la inspección, para identificar la orientación del lugar, puntos de amarre no removibles, la ubicación y distancia de los EMP y EF,

correlacionando la fotografía con el plano y con el acta de inspección judicial y numerando los EMP y EF.

El encargado de desarrollar este procedimiento, debe tener presente que las tomas fotográficas se hacen siempre de lo general a lo particular con el método deductivo e inductivo.



Imágenes 45, 46, 47, 48. Fijación fotográfica de un accidente de lo general a lo particular. Fuente: archivo académico caso investigado

Una de las recomendaciones más importantes es que todo EMP y EF debe ser documentado fotográficamente, antes de moverse.

Es de anotar que estas fotografías deben ser puestas bajo cadena de custodia y llevadas al almacén de evidencias junto con los soportes físicos del caso, para lo cual el profesional grabará la información en un CD o DVD, memoria SD o micro SD, en fin cualquier medio de almacenamiento digital de la información, creando 2 carpetas digitales donde una se llamará originales y contendrá el registro

digital de todas las tomas fotográficas realizadas para el caso y la otra carpeta se llamará copias y deberá contener solamente las fotografías más relevantes, las cuales se utilizaron para hacer parte del álbum fotográfico; Dentro de este dispositivo para almacenamiento de información, debe grabarse la ficha técnica fotográfica, las dos carpetas y toda la información que sea relevante para el caso.

La fotografía debe constituir una función exclusiva del registro del lugar de los hechos y EMP y EF, no debe incluir servidores, ni objetos ajenos como los equipos de trabajo o funcionarios encargados de la diligencia.

En el evento de los actos urgentes, la elaboración del álbum fotográfico se realizará de manera inmediata, teniendo en cuenta la urgencia manifiesta en la indagación, se entregará al servidor de policía judicial asignado para la coordinación de la diligencia para que lo anexe al informe ejecutivo que se presentará al Fiscal corresponsable, dentro de las 36 horas que establece la norma.

Descripción del procedimiento que por parte del encargado de la fijación fotográfica

Como lo habíamos mencionado anteriormente, las primeras fotografías que deben tomarse, son las que el primer responsable fija al llegar al lugar de los hechos, las panorámicas en el momento en que el grupo de criminalística llega al lugar de los hechos, debe fijar fotográficamente, si existen o no personas dentro del acordonamiento o, por el contrario, si al llegar no se ha acordonado de manera general la contaminación del lugar de los hechos.



Imagenes 49, 50. Fijación fotográfica de un accidente que muestran ejemplos de contaminación del lugar de los hechos.

Fuente: archivo académico caso investigado

La persona encargada de este procedimiento, antes de iniciar la documentación fotográfica, tiene en cuenta situaciones y condiciones particulares en cada escena y prepara su labor de acuerdo con su experiencia, la perspectiva, y elementos requeridos así:

Las imágenes deben contar la historia completa que puede ser una cadena o una progresión de imágenes las cuales deben tener “puntos de transición” que permitan pasar de una imagen a la siguiente.

En accidentes de tránsito se recomienda la fijación fotográfica del accidente desde el sentido vial del vehículo que embistió, iniciando, generalmente, por las huellas dejadas por los vehículos las cuales nos ilustran sobre la reacción de los conductores en la fase de decisión del accidente.

La función del testigo métrico es mostrar el tamaño de un objeto o lesión, su ubicación es vertical y horizontal con respecto al elemento documentado, teniendo la precaución de utilizar testigos métricos de la misma unidad de medida (pulgadas, centímetros o metros) del tamaño indicado para la evidencia que se va a tomar, sin embargo la fijación topográfica es donde se debe establecer las medidas de los elementos materiales probatorio y/o evidencia física.

Cobra gran importancia en accidentes de tránsito cotejar la huella de frenado en su ancho, con el ancho de la llanta y el vehículo que la dejó, es por esto que la fijación fotográfica de estas evidencias sirve para demostrar objetivamente que esa huella pertenece a ese vehículo.



Imagen 51 y 52. Fijación fotográfica de huella de frenado para cotejar con la llanta. Fuente: archivo académico caso investigado

Las autoridades de policía judicial clasificaron los tipos de fotografías que se deben tomar en el lugar de los hechos para realizar la documentación fotográfica del caso, debiendo tomar fotografías panorámicas, plano general, plano medio, primer plano, primerísimo plano, fotografías del occiso como descripción de lesiones y filiación, sábana de evidencias y sábana de pertenencias.

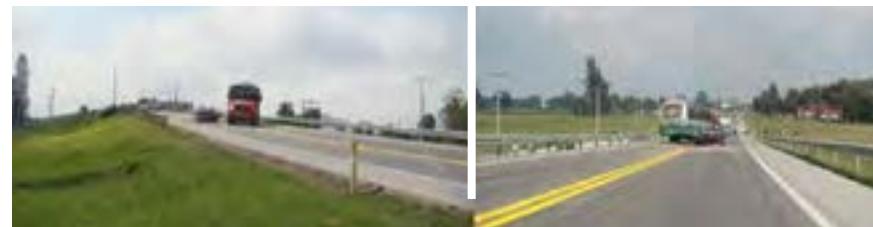
Dentro de ese orden de ideas se presenta la definición y toma fotografías panorámicas (larga distancia).

Tomar una fotografía panorámica del sitio, sin referencias métricas, indicadores o numeradores de EMP y EF, hacer por lo menos cuatro tomas en ángulos diferentes.

Para inspección judicial en campo abierto o en vía pública tomar fotografías panorámicas desde los cuatro puntos cardinales, para documentar los aspectos generales, condiciones, vías de acceso e inmuebles más cercanos y estado del lugar de los hechos, teniendo como punto de referencia el sitio donde se encuentra el

cuerpo del occiso o EMP y EF. En el evento de resultar afectados en el hecho otros inmuebles o vehículos, se procede igualmente a documentarlos fotográficamente.

Realizar tomas panorámicas, al finalizar la inspección judicial estas imágenes reflejan las condiciones en las cuales se entrega el lugar de los hechos, así mismo, documenta la posición final de los objetos que se puedan haber movido generalmente con fines investigativos, también pueden ser de utilidad cuando se presenten demandas especialmente por vehículos costosos y joyas entre otros.



Imagenes 53 y 54. Fotografías panorámicas de un lugar de los hechos.
Fuente: Archivo caso investigado.

La fotografía panorámica debe ilustrarnos sobre cuáles son las características del lugar de los hechos y entre ellas debe estar la fotografía si hay o no contaminación “personas dentro del acordonamiento”. Una de las características importantes de la fotografía panorámica es que debe evidenciar que no se ha ingresado al lugar de los hechos, por lo tanto debe observarse la cinta de acordonamiento.

El protocolo de policía judicial reza que “Para inspección judicial en campo abierto o en vía pública tomar fotografías panorámicas desde los cuatro puntos cardinales” sin embargo, este concepto solamente puede ejecutarse, si las condiciones del sitio lo permiten.



Imagen 55. Imagen que ilustra las 4 posiciones desde donde deben tomarse las fotografías panorámicas siempre que sea posible.
Fuente: Archivo ESEVI docente Andrés Pinzón software EDGE FX.

En conclusión el protocolo de policía judicial que acabamos de ver nos dice que las tomas fotográficas se hacen siempre de lo general a lo particular, sin referencias métricas, indicadores o numeradores y hacer por lo menos cuatro tomas panorámicas en ángulos diferentes.

Se recomienda que la fotografía panorámica muestren el acordonamiento para evidenciar que aún no se ha ingresado a la escena. Tomar fotografías de planos generales: Son tomas fotográficas realizadas a distancia intermedia para mostrar la posición de un sujeto se relacionada con la de otro, se usa con el fin de ubicar y relacionar EMP y EF en la escena (Fiscalía General de la Nación, 2005).



Imagenes 56 y 57. Fotografías panorámicas de un lugar de los hechos.
Fuente: Archivo caso investigado.

Fotografías plano medio: son tomas fotográficas realizadas a corta distancia que permiten ver una cantidad razonable de detalles del sujeto y del entorno donde se encuentra. Se usan para relacionar objetos, instrumentos o cuerpos cambiando de posición.



Imagen 58 y 59. Fotografías plano general de un lugar de los hechos.
Fuente: archivo caso investigado.

Las imágenes de planos medios y primeros planos se deben tomar en ángulo perpendicular o casi perpendicular con respecto al objeto en cuestión, pues ayudan a minimizar el problema de perspectiva que se puede generar al tomar imágenes de cerca (Fiscalía General de la Nación, 2005).

El servidor de policía judicial asignado para efectuar la documentación fotográfica hace tomas fotográficas de plano medio a los EMP y EF hallados en el lugar de los hechos, de acuerdo al método de búsqueda seleccionado y aplicado, teniendo en cuenta los puntos de amarre (Fiscalía General de la Nación, 2005).



Imagen 60 y 61. Fotografías plano medio y primer plano de una huella de frenado. Fuente: archivo caso investigado.

Tomar fotografías de primeros y primerísimos planos

Primeros planos: toma fotográfica realizada a muy corta distancia (acercamientos-detalles), en donde el sujeto u objeto a fotografiar llena casi todo el visor, se usan para mostrar detalles y siempre se utiliza testigo métrico. (Fiscalía General de la Nación, 2005).



Imagen 62 y 63. Fotografías primer plano. Fuente: archivo caso investigado.

Primerísimos planos: Son toma fotográfica de grandes acercamientos que señalan las particularidades de los indicios asociativos (Fiscalía General de la Nación, 2005).



Imagen 64 y 65. Fotografías de primerísimo plano. Fuente: archivo caso investigado.

Las imágenes de primeros y primerísimos planos se deben tomar en ángulo perpendicular o casi perpendicular con respecto al objeto en cuestión.

El servidor de policía judicial asignado para efectuar la documentación fotográfica hace tomas fotográficas de primeros y primerísimos planos a cada uno de los EMP y EF hallados en el lugar con y sin testigo métrico.

Los EMP y EF documentados, embalados y rotulados, detallando todas las características de relevancia fotográficamente harán parte del álbum.



Imagenes 66 y 67. Fotografías plano general del embalaje de occisos.
Fuente: archivo caso investigado.

sin dejar vacíos. Este tipo de imágenes tienen por objeto dar credibilidad al testimonio del testigo, en cuanto a lo que pudo haber visto y lo que definitivamente no pudo ver (Fiscalía General de la Nación, 2005).

Tomar fotografías al occiso

Realizar registros fotográficos del occiso tanto en el lugar de los hechos, como en la institución de salud a la que es llevado.



Imagen 68. Fotografías de primer plano de un occiso. Fuente: archivo caso investigado.

Tomar fotografías de testigos

Cuando se tomen versiones a testigos se debe realizar la toma a nivel del ojo del testigo, desde el punto de vista que este dice haber tenido. Para lograr estas imágenes se toma una serie con un objetivo de longitud focal normal, preferiblemente con trípode a nivel de la cabeza (Fiscalía General de la Nación, 2005).

La primera Imagen mostrará el punto de vista del testigo y lo ubicará en forma clara. Las imágenes siguientes deben ser una serie panorámica, nuevamente utilizando los puntos de transición

El servidor de policía judicial asignado para efectuar la documentación fotográfica hace toma fotográfica generales, plano medio, de primer y primerísimo plano y filiación y en caso de tratarse de un NN incluye tomas de los perfiles como se encuentra así:

Ubicar sobre el tórax el número de acta de inspección al cadáver.

- ➡️ Tomas fotográficas de plano medio de la posición en que fue hallado el cuerpo del occiso, desde por lo menos dos vistas o ángulos diferentes.

- ➡ Tomas fotográficas de primer y primerísimo plano a las lesiones que sean visibles en el cuerpo del occiso.
- ➡ Tomas fotográficas de filiación con el fin de hacer un registro de las características morfológicas y cromáticas del rostro del occiso, para utilizarlas como herramienta de identificación.
- ➡ Cuando el cuerpo del occiso se encuentre en instituciones de salud o morgue, se realizan fotografías generales, de plano medio, de primer y primerísimo plano y filiación, ilustrando de manera detallada la forma y condiciones como se entreguen las prendas, pertenencias y posibles elementos materia de prueba allegados dentro de la diligencia (Fiscalía General de la Nación, 2005).

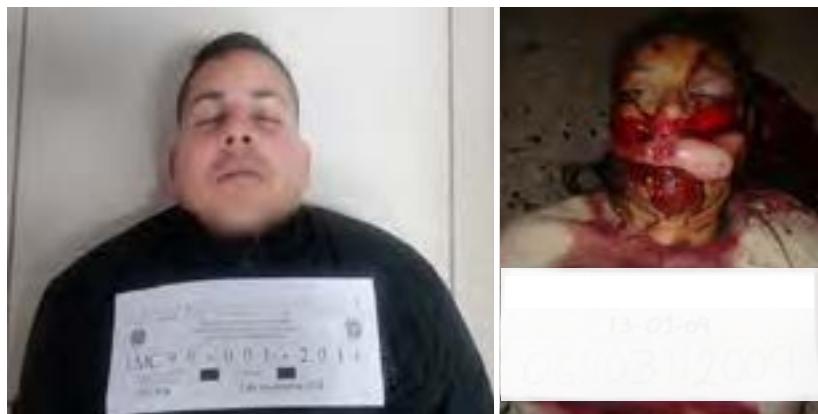


Imagen 69 y 70. Fotografías filiación de occisos en accidente de tránsito.
Fuente: Archivo Académico ESEVI.

Los requisitos técnicos de la toma contemplan que la toma fotográfica se realiza perpendicularmente, el cuerpo de la persona se colocará de frente al lente sin ningún tipo de giro del rostro.

El encuadre el rostro: Verticalmente entre el tórax y un espacio mínimo de diez centímetros sobre la cabeza. Horizontalmente que incluya los hombros, sin dejar bordes laterales y se ubicara sobre el tórax el número de acta de inspección al cadáver.

Tomar fotografía de la sábana de evidencias: Hacer toma fotográfica de plano medio a la totalidad de los EMP y EF recolectadas, embaladas y rotuladas dentro de la diligencia. (Fiscalía General de la Nación, 2005).



Imagen 71. Fotografías sabana de evidencias. Fuente: tomado de <https://sites.google.com/site/medicinalegalycriminalistica09/ter/criterios-de-identificacion-de-los-occisos>

Los EMP y EF de origen dactilares, al igual que las evidencias trazas, se pueden visualizar utilizando polvos, reactivos, fuentes especializadas de luz (láser, luces forenses), a medida que se van descubriendo o desarrollando se registran a través de imágenes tomadas primero a distancia media y luego un acercamiento final (bien enmarcado), que ubique el EMP y EF antes de recogerlo. Esto no dejaría ninguna duda en cuanto a la ubicación y tipo de EMP y EF que se encontró lo cual es aplicable sobre todo en caso de abandono de vehículos producto de un accidente de tránsito.

Este tipo de fotografías de sábana de evidencias, para ser tomadas como lo reza el protocolo, deben documentar la totalidad de los elementos materiales probatorios y evidencias físicas; como en accidentes de tránsito se manejan macroelementos como vehículos, huellas de frenado o arrastre, estos no pueden ser embalados y será muy complejo realizar una toma que incluya todos los EMP Y EF.

Tomar fotografía de la sábana de pertenencias

Estas fotografías se realizan a las pertenencias de las víctimas halladas en la inspección a cadáver o a los lesionados que las hayan dejado en el lugar de los hechos, fijadas fotográfica, topográfica y documentalmente como EMP y EF. (Fiscalía General de la Nación, 2005).



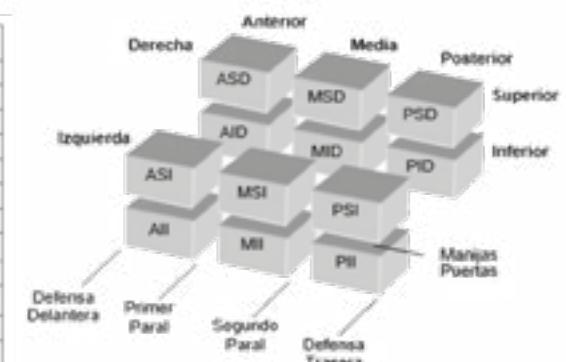
Imagen 72. Fotografía sábana de pertenencias. Fuente: archivo académico ESEVI.

Descripción de los daños en los vehículos

Por otro lado, complementando los métodos de búsqueda, se analiza el protocolo de inspección a vehículos de Código: PJIC-IV-PT-05, con el fin de buscar y recolectar elementos materia de prueba y evidencia física (EMP Y EF) que sean soporte de la investigación que en casos de accidentes de tránsito normalmente son daños y vestigios en el vehículo.

Tabla 1. Zonas del vehículo

Zonas	Siglas
Anterior Superior Izquierda	ASI
Anterior Inferior Izquierda	AII
Anterior Superior Derecha	ASD
Anterior Inferior Derecha	AID
Media Superior Derecha	MSD
Media Inferior Derecha	MID
Posterior Superior Derecha	PSD
Posterior Inferior Derecha	PID
Posterior Superior Izquierda	PSI
Posterior Inferior Izquierda	PII
Media Superior Izquierda	MSI
Media Inferior Izquierda	MII



Las divisiones anteriores establecen doce (12) zonas en el exterior del vehículo así:

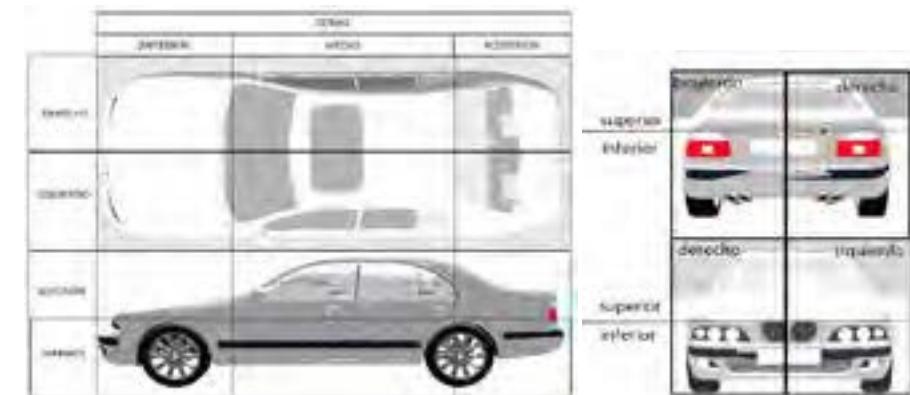


Imagen 73. Zonas del exterior del vehículo. Fuente: ESEVI software EDGE FX.

Tabla 2. División según la vista

Vista	División	Descripción
Longitudinal	Anterior	Se establece desde la defensa delantera hasta la cara anterior del primer paral.
	Media	Se establece desde la cara posterior del primer paral hasta la cara anterior del segundo paral.
	Posterior	Desde la cara posterior del segundo paral hasta la defensa trasera.
Superior	Derecha	Parte correspondiente a la silla del copiloto en la mayoría de vehículos. Se establece a la derecha del eje longitudinal que pasa por el centro de gravedad del vehículo.
	Izquierda	Parte correspondiente a la silla del conductor, establecida a la izquierda del eje longitudinal que pasa por el centro de gravedad del vehículo.
Lateral	Superior	Se establece desde el techo hasta las manijas de las puertas.
	Inferior	Se establece desde las manijas de las puertas hasta la superficie que sopor- ta el peso del vehículo.

Con base en la observación inicial, los servidores de policía judicial asignados realizan la documentación fotográfica y/o videográfica, fijación topográfica y descriptiva del exterior e interior del vehículo en caso de ser necesario, como por ejemplo la posición del cambio en posición final, o la fijación del velocímetro, entre otras.

Para realizar la inspección a un vehículo se debe realizar una observación en todas y cada una de las zonas del vehículo, así como la parte superior, inferior y zona interna con el objetivo de ubicar daños como los siguientes:

Rayón: son líneas o rayas, que suelen ser longitudinales, de escasa profundidad, que comprometen la pintura y algunas veces la base, y muy levemente, la parte metálica de la estructura del vehículo (Policía Nacional de Colombia, 2008).



Imagen 74. Ejemplo de rayones en la carrocería.
Fuente: Archivo personal.

Hendidura: Son rayas profundas, generalmente, longitudinales que afectan las láminas de la carrocería; son de mayor profundidad que el rayón: el surco es más ancho y puede llegar a romper la lámina en forma total o parcial produciendo un corte (Policía Nacional de Colombia, 2008).



Imagen 75. Ejemplo de una hendidura sobre la carrocería.
Fuente: Archivo personal.

Roce: Se produce por la fricción entre dos cuerpos o láminas; suele desprender la pintura especialmente en el lugar donde se inicia la fricción; como no presenta cortes, permite determinar qué parte del otro vehículo produjo el roce (Policía Nacional de Colombia, 2008).



Imagen 76 y 77. Ejemplo huellas por roce. Fuente: Archivo personal.

Hundimiento: es la deformación de una superficie, ocasionada por un impacto; se forma una cavidad alrededor del punto donde se produce dicho impacto. Se observa frecuentemente en casos de atropello, por efecto de la caída del peatón sobre el capó o cuando este impacta con uno de los laterales del vehículo (Policía Nacional de Colombia, 2008).



Imagen 78. Ejemplo de hundimiento de la carrocería.
Fuente: Archivo personal.

Deformación: es generada por el hundimiento de lámina metálica, produciendo diversas entrantes y salientes en la superficie (antes plana o lisa) presenta espacios cóncavos y convexos causados por el impacto, al igual que partes faltantes. (Policía Nacional de Colombia, 2008).



Imagen 79. Ejemplo de una deformación. Fuente: Archivo personal.

Desplazamiento: es el desalojo de un objeto del lugar donde normalmente se encuentra colocado, sin que esto dé lugar a la salida total o parcial de su base; se produce generalmente como consecuencia de un impacto directo en su estructura. (Policía Nacional de Colombia, 2008).



Imagen 80. Ejemplo de un desplazamiento posterior del eje. Fuente:
Archivo personal.

Englobamiento: es la deformación que se hace contraria al hundimiento, debido al comportamiento de algunos elementos de seguridad pasiva del vehículo al momento del impacto, los cuales disipan la energía cinética mediante la deformación programada de algunas partes del automotor (Policía Nacional de Colombia, 2008).



Imagen 81. Ejemplo de una hendidura sobre la carrocería. Fuente: Archivo personal.

Desalojo: similar al desplazamiento, pero es de tal naturaleza, que la lámina se desprende total o parcialmente de su base o fijación de la carrocería. (Policía Nacional de Colombia, 2008).



Imagen 82. Ejemplo de desalojo parcial del parachoques. Fuente: Archivo personal.

Rotura: es un corte limpio, sin surcos; no presenta hundimiento; puede ser total o parcial y aplica en la carrocería del vehículo (Policía Nacional de Colombia, 2008).



Imagen 83. Ejemplo de una rotura parcial y otra total de partes de la carrocería. Fuente: Archivo personal.

Zona de limpieza: en su gran mayoría, los vehículos se encuentran cubiertos de una capa de polvo, que al momento de impactar con un peatón o rozar con un objeto o elemento, se produce un espacio o zona de limpieza en la parte de contacto con la estructura del vehículo, por lo general, en forma alargada (Policía Nacional de Colombia, 2008).



Imagen 84. Ejemplo de zona de limpieza. Fuente: Archivo personal.

Fractura: corresponde a las partes mecánicas de los automotores y pueden ser totales o parciales de acuerdo al aspecto que ofrecen las superficies metálicas al mostrarse separadas en dos o más partes, originadas por el efecto de una fuerza, por esfuerzo estático o dinámico, o por consecuencia del uso.



Imagen 85. Ejemplo de fractura el eje delantero del automotor. Fuente: Archivo personal.

Por último los EMP y EF de tipo biológico que se produzcan por el impacto de un ser humano (estructura blanda) con un vehículo (estructura metálica) como sangre, grasa, epidermis o pilosos.

Actuaciones de policía judicial del servidor encargado de la fijación topográfica

Uno de los aspectos más importantes en la investigación de accidentes de tránsito, es la fijación topográfica del lugar de los hechos, en el cual deben tomarse todas las medidas que sean necesarias para fijar cada una de las evidencias encontradas, con el fin de poder reconstruir la escena en situaciones futuras o simuladas.

Es por esto que se realiza un análisis del protocolo de fijación topográfica de la Fiscalía General de la Nación y de la Resolución 0011268 "manual para el diligenciamiento del informe policial de

accidente de tránsito" el cual da unos parámetros para realizar la fijación topográfica de accidentes de tránsito.

El objetivo del encargado de esta diligencia es establecer las actividades que permitan la descripción gráfica de manera detallada y precisa del lugar de los hechos y la localización de los Elementos Materia de Prueba (EMP y EF) que allí se encuentran, con el fin de apoyar las actividades de investigación. (Fiscalía General de la Nación, 2005).

La importancia de la fijación topográfica radica en el registro exacto de las relaciones existentes entre los EMP y EF y el lugar de los hechos a través de la planimetría o la altimetría en (bosquejos, dibujos, mapas, croquis y diagramas) a fin de permitir la reconstrucción del mismo en un momento dado. (Fiscalía General de la Nación, 2005).

La topografía judicial aplicada a los accidentes de tránsito se practica en planimetría y altimetría utilizando diferentes herramientas de medición como el flexómetro, la cinta métrica o un nivel abney o de bolsillo y como herramientas tecnológicas se utilizan distanciómetros láser, estación total, escáner topográfico o vehículos aéreos remotamente tripulados para realizar orto mosaicos o fotogrametría.

De manera general se puede establecer que en criminalística de campo, el funcionario encargado de la diligencia de fijación topográfica, tiene dos formatos de policía judicial, los cuales son para realizar la representación gráfica judicial y se pueden utilizar para realizar este procedimiento, el FPJ 16 (bosquejo topográfico) el cual se caracteriza por ser a mano alzada, sin escala y se obtiene de manera inmediata en el lugar donde se practiquen las diferentes diligencias judiciales. Seguidamente el FPJ 17 (dibujo topográfico) el cual se utiliza al tomar la información registrada en el bosquejo y se realiza el dibujo a escala.

The image displays two versions of the 'BOQUERO TOPOGRÁFICO - FPI 16' form. Both versions have a header with the title and a stamp, followed by fields for 'Departamento', 'Municipio', 'Fecha', and 'Hora'. Below these are two small tables for 'MEDIDAS' and 'TIPOS DE IMPRESIONES'. The top version features a large rectangular grid for drawing a sketch, while the bottom version has a smaller, less prominent grid.

Imagen 86. Imagen del FPJ 16 Y FPJ 17. Fuente: Manual de Policía Judicial FGN, 2005.

El Ministerio de Transporte como máxima autoridad de tránsito y transporte en Colombia expidió el Manual de Diligenciamiento de Informe Policial de Accidente de Tránsito, mediante la Resolución 11268 de 2012, en el cual se registra la información más importante de un accidente de tránsito incluyendo la fijación topográfica.

El manual reglamenta que las autoridades de tránsito de control operativo, deberán realizar la fijación topográfica de los EMP y EF en este formato casilla 17 el cual se denomina croquis o bosquejo topográfico y este da la posibilidad de hacerse a escala, donde uno de sus aspectos más sobresalientes es la creación de la tabla de medidas para dar una mejor presentación y orden en el bosquejo siendo obligatorio el diligenciamiento con la técnica que reglamentó el manual.

De la información más importante que debe registrarse en la fijación topográfica, está la posición del norte, establecimiento del área de impacto, la posición final de los vehículos, las huellas y vestigios que sirvan para inferir las trayectorias de los vehículos antes del accidente.

También es necesario graficar y medir las bermas, aceras, calzadas, carriles, separadores, señalización horizontal y vertical, que reglamente, prevenga o informe a los usuarios de la vía el comportamiento que deben tener en el sector del accidente, deben diagramarse los vehículos estacionados, postes, árboles o elementos que puedan obstaculizar la visibilidad de los conductores.

No deben colocarse las cotas de medidas con las cuales se fijan los EMP y EF del caso, estas deben ser puestas en la tabla de medidas. Las únicas cotas que pueden evidenciarse son las de los anchos de carriles, calzadas, andenes, bermas, distancia entre el punto de referencia y el punto auxiliar, o del punto de referencia A al B en el método de triangulación.

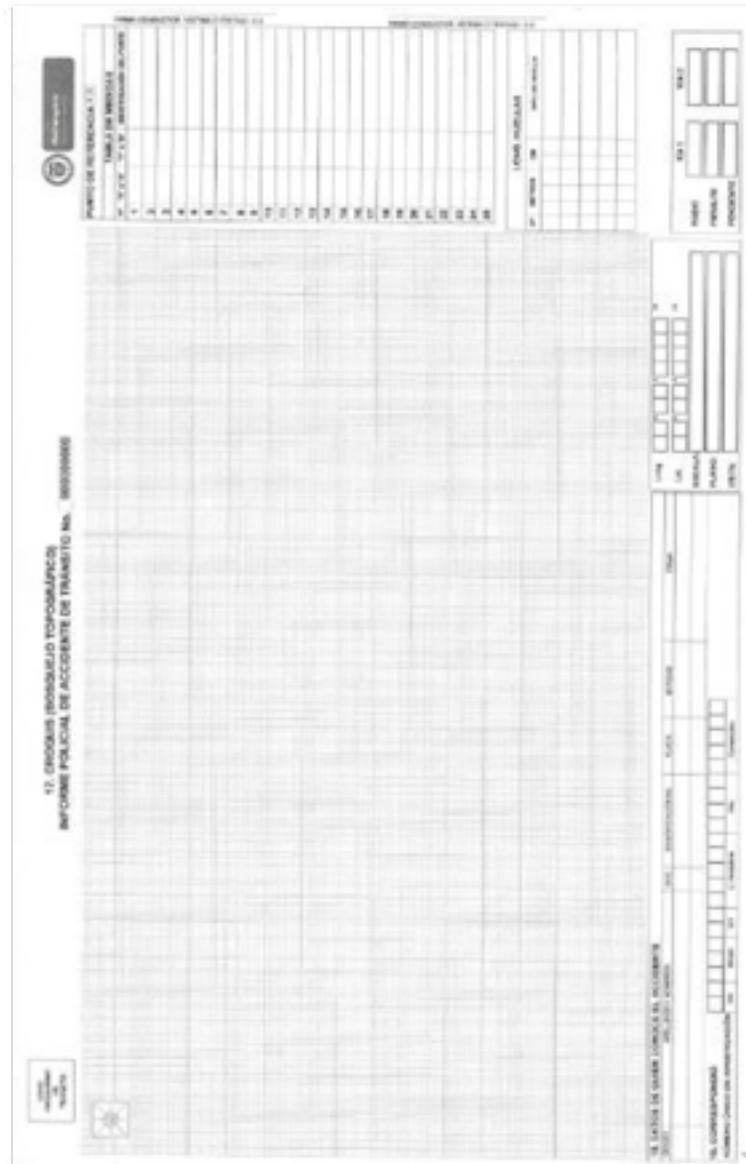


Imagen 87. Imagen del IPAT casilla 17 (bosquejo topográfico). Fuente: Informe policial de accidente de tránsito.

Las convenciones establecidas para realizar el bosquejo y el dibujo topográfico serán las siguientes:

Tabla 3. Convenciones

No.	Descripción de detalle	Convenciones Vista de Planta	Convenciones Vista en Perfil
1	Muro	=====	
2	Puerta	—(curva)——	
3	Puerta cerrada	—(curva)——	
4	Ventana	—(curva)——	
5	Río	~~~~~	
6	Cerca de alambre de púa	-----x-----	
7	Cerca de alambre liso	-----o-----	
8	Poste de transformador	•	
9	Poste de teléfono		
10	Poste de Luz	—(largo)—	
11	- Alcantarilla - Hidrante	Alcantarilla ○●○	Hidrante
12	Árboles	★	●

No.	Descripción de detalle	Convenciones Vista de Planta	Convenciones Vista en Perfil
13	Automóvil		
14	Camioneta		
15	Buses busetas		
16	Camiones		
17	Tractocamión		
18	Bicicletas		
19	Motocicletas		
20	Montacarga		
21	Trayectoria vehículo		
22	Huella de frenado		
23	Huella arrastre	Arraste metálico o de peatón	
24	Huella trayectoria		
25	Semáforo		Peatonal
26	Rejilla y alcantarillado		

No.	Descripción de detalle	Convenciones Vista de Planta	Convenciones Vista en Perfil
27	Hueco		
28	Señal de tránsito	SR-01 	
29	Punto de impacto		
30	Sentido vial		
31	Vehículo tracción animal		
32	Volcamiento de vehículo de tracción animal		Semovimiento muerto
33	Víctimas		Diagrame la víctima de acuerdo con su posición final, sea esta sedente, fetal, decúbito abdominal o lateral, etc.

De igual manera, el Manual para Diligenciamiento de Informe Policial de Accidente de Tránsito, reglamenta los métodos de fijación que se usarán para la investigación de accidentes de tránsito divididos en coordenadas cartesianas y triangulación.

Método por coordenadas cartesianas

Hace referencia al plano cartesiano, el cual trabaja con los ejes X y Y, para utilizarlo es necesario trabajar con ángulos rectos de 90° grados.

En la fijación de los EMP y EF es necesario conocer una línea base para trazar imaginarias desde los elementos hasta la línea base, esta puede ser la línea de borde de la vía de color blanco, el sardinel o el final de la calzada. Las mediciones deben ser perpendiculares a dicha línea, esto quiere decir que las medidas deben formar ángulos de 90°, con el fin de medir la distancia más corta entre dos puntos, que es una línea recta como se presenta en el siguiente ejemplo:

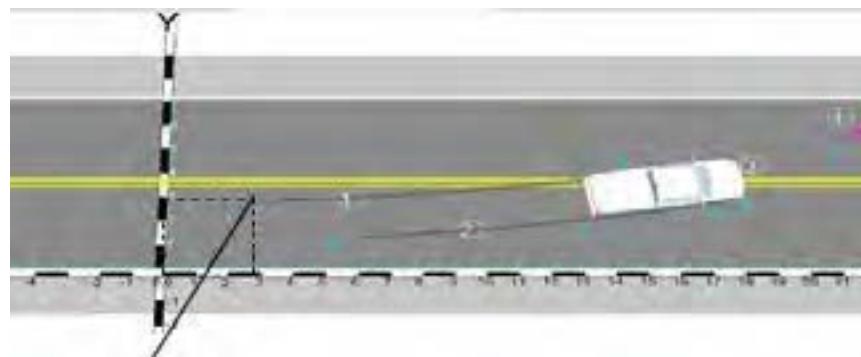


Imagen 88. Ejemplo de identificación del punto 1: se encuentra en 2.29 m en el eje X, y 3 m en el eje Y donde la descripción es: inicio huella frenado. Fuente: Archivo ESEVI software EDGE FX.

Tabla 4. Medidas expresada en metros ejemplo anterior

#	Y	X	Descripción
1	3	2.90	EMP Y EF 1 inicio huella de frenado trasera izquierda
2	1.1	6.20	EMP Y EF 2 inicio huella de frenado delantera derecha
3	2	13.	EMP Y EF 3 vértice posterior derecho vehículo camioneta
4	4	14.10	EMP Y EF 1 término de la huella de frenado
5	2.5	17.30	EMP Y EF 2 término de la huella de frenado
6	2.6	18	EMP Y EF 3 zona anterior derecha del vehículo tipo camioneta
7	5.5	21.2	EMP Y EF 4 pies del occiso
8	6	22.1	EMP Y EF 4 cabeza del occiso

Método por triangulación

En este método como su nombre lo indica, establece trabajar con triángulos, para luego calcular mediante el teorema del coseno el ángulo en donde se encuentra ubicado el objeto con respecto al punto de referencia.



Imagen 89. Identificación del punto 1: se encuentra a 12.7 m del punto de referencia A y a 6,4 m del punto de referencia B, descripción del punto cabeza del occiso. Fuente: Archivo ESEVI software EDGE FX.

Para utilizar este método es necesario por lo menos dos puntos de referencia que estén fijados entre sí y relativamente cerca uno del otro como lo muestra el ejemplo.

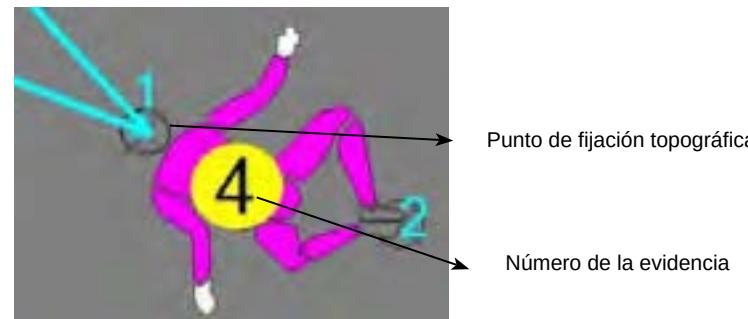


Imagen 90. Puntos de fijación topográfica 1 y 2 y numerador de la evidencia 4. Fuente: Archivo ESEVI software EDGE FX.

Los puntos de referencia en la fijación topográfica del método de triangulación, serán marcados como A y B respectivamente, donde se tomará la distancia de todos y cada uno de los puntos de fijación topográfica la cual debe ponerse en la tabla de medidas.

Este método es muy bueno en el caso de contar con elementos como una estación total, distanciómetro láser o un escáner topográfico.

Teniendo en cuenta el protocolo de actuación de policía judicial en la indagación e investigación “fijación topográfica”, se debe desarrollar en las siguientes condiciones así:

En toda inspección judicial a lugar de los hechos o inspección a cadáver, se debe realizar el plano correspondiente y el servidor de policía judicial asignado, para efectuar la fijación topográfica, debe contar con los equipos, elementos y materiales indispensables para el cumplimiento de sus funciones en el lugar de los hechos y verificar que estos se encuentren en buen estado de funcionamiento. (Fiscalía General de la Nación, 2005).

Antes de iniciar un procedimiento de este tipo, se debe contar como mínimo con los siguientes elementos: Cinta métrica y flexómetro, tiza o crayón, nivel de bolsillo, brújula, papel, borrador y lápiz.

El servidor asignado de policía judicial, debe ingresar al lugar de los hechos siguiendo las rutas de acceso previamente establecidas y realizar sus actividades utilizando la protección y elementos de bioseguridad necesarios (Fiscalía General de la Nación, 2005).

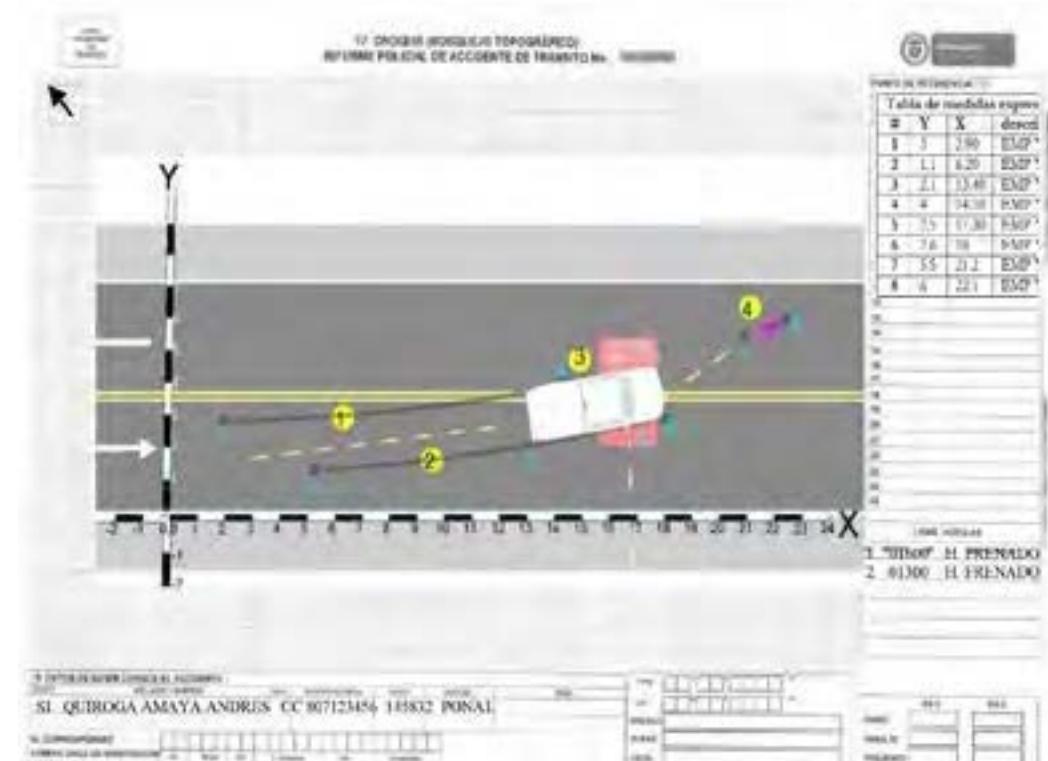


Imagen 91. Ejemplo de la fijación topográfica con el método de coordenadas cartesianas. Fuente: Archivo ESEVI software EDGE FX.

El servidor de policía judicial asignado para efectuar la fijación topográfica debe trabajar en coordinación con los demás integrantes del equipo de policía judicial. Debe existir una relación muy cercana entre la narración descriptiva del informe, la fijación fotográfica y el bosquejo topográfico, ya que las tres deben estar hablando de las mismas evidencias numeradas en el transcurso del procedimiento (Fiscalía General de la Nación, 2005).

Se debe elaborar el plano donde se muestran las alturas de los elementos materia de prueba cuando estos se localizan a un nivel diferente al plano de referencia (piso) como altimetría.

Esta condición de policía judicial se refiere, a realizar un bosquejo en altimetría, en el caso que existan evidencias que se encuentran a nivel diferente al del piso y que deben ser fijadas topográficamente. Por ejemplo huellas, rayones, marca de pintura, entre otras que se encuentren en la carrocería de un vehículo. Para ser cotejadas posteriormente con otra evidencia.

El servidor de policía judicial asignado para efectuar la fijación topográfica debe diligenciar los formatos estandarizados los cuales pueden ser FPJ 16, FPJ 17 o bosquejo topográfico IPAT.

El formato de bosquejo topográfico que es una representación gráfica general del lugar de los hechos, se caracteriza por ser a mano alzada, sin escala y se obtiene de manera inmediata en el lugar en donde se practiquen las diferentes diligencias judiciales (Fiscalía General de la Nación, 2005).

El formato de dibujo topográfico se utiliza para realizar planos a escala, en donde se registra la información general del bosquejo topográfico, sobre la localización y orientación del lugar de los hechos con la diferencia que debe ser a escala y no lleva medidas ya que el bosquejo topográfico las contiene.



Imagen 92. Ejemplo de un bosquejo topográfico fijado y acotado mediante método ortogonal. Fuente: Archivo Subintendente Fabián Castillo Bejarano. Laboratorio móvil de criminalística.

Descripción del procedimiento:

En primer lugar, el servidor de policía judicial asignado para efectuar la fijación topográfica, realiza la localización y orientación general del lugar de los hechos los EMP y EF de manera magnética y geográfica, o con posicionador satelital (GPS). (Fiscalía General de la Nación, 2005).

Luego de haber ubicado el lugar, toma la decisión de qué método de fijación va a utilizar, como el de triangulación o coordenadas que son los más utilizados en casos de accidentes.

En el bosquejo y/o dibujo topográfico, se deben registrar todos los aspectos más sobresalientes del lugar de los hechos como posición del norte, medición del posible punto de impacto o área de impacto, posición final de los vehículos o víctimas, las huellas encontradas, los postes de alumbrado público con su respectiva placa de identificación, hidrantes, alcantarillas, calles, carreras, diagonales, transversales, autopistas, avenidas, semáforos, señales de tránsito, señalización vial y nomenclatura entre otros, mostrando el siguiente ejemplo académico. (Resolución 0011268, 2012).

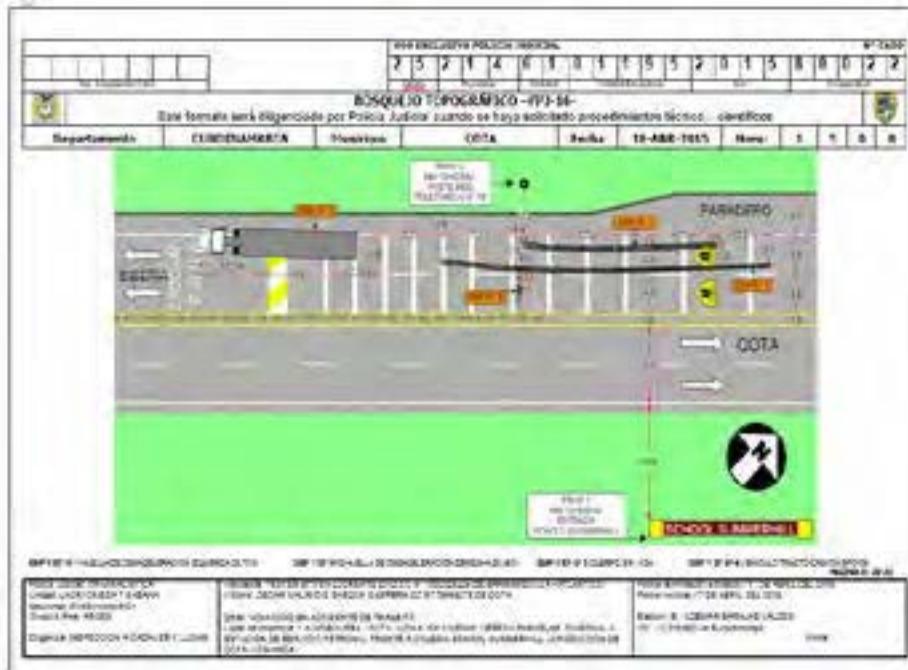


Imagen 93. Ejemplo de un dibujo topográfico fijado y acotado método ortogonal. Fuente: Archivo Subintendente Ildemar Barajas Valdés, LACR DITRA.

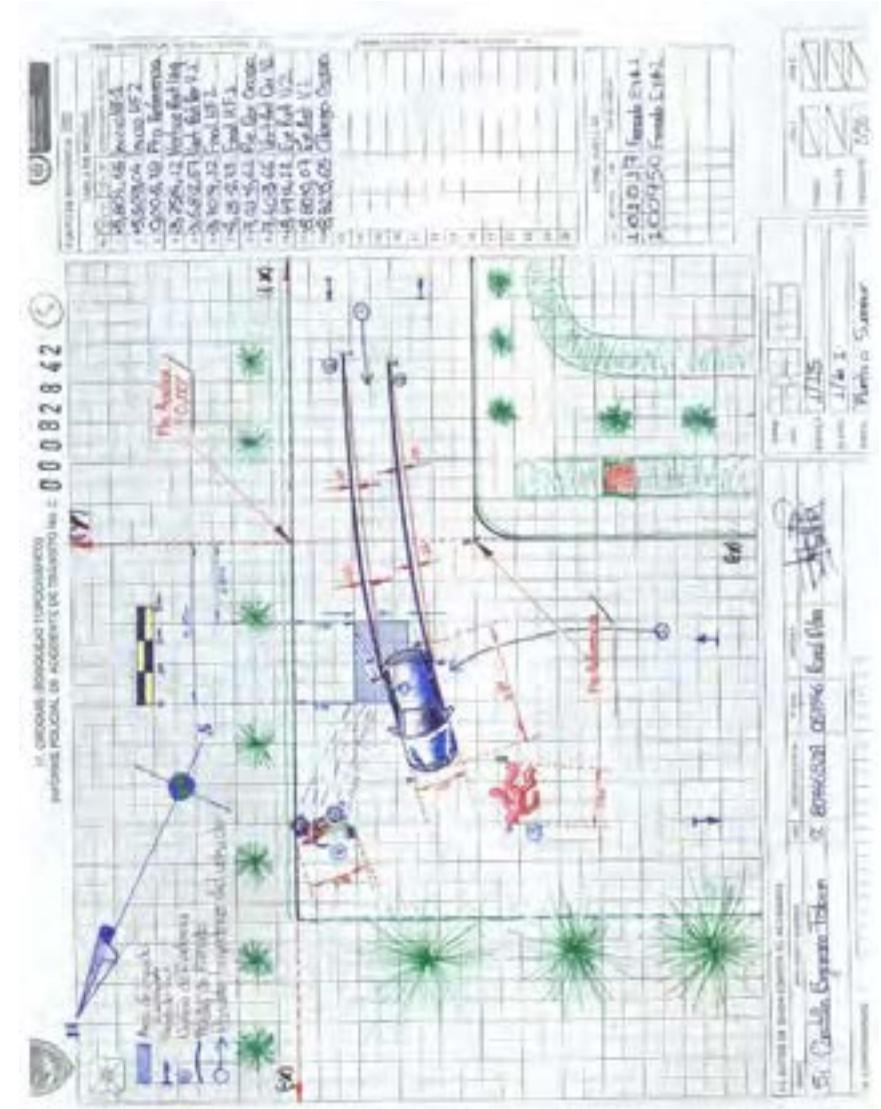


Imagen 94. Ejemplo de un dibujo topográfico fijado con el método de coordenadas cartesianas en el formato IPAT. Fuente: Archivo Subintendente Fabián Castillo Bejarano. Laboratorio móvil de criminalística DECUN.

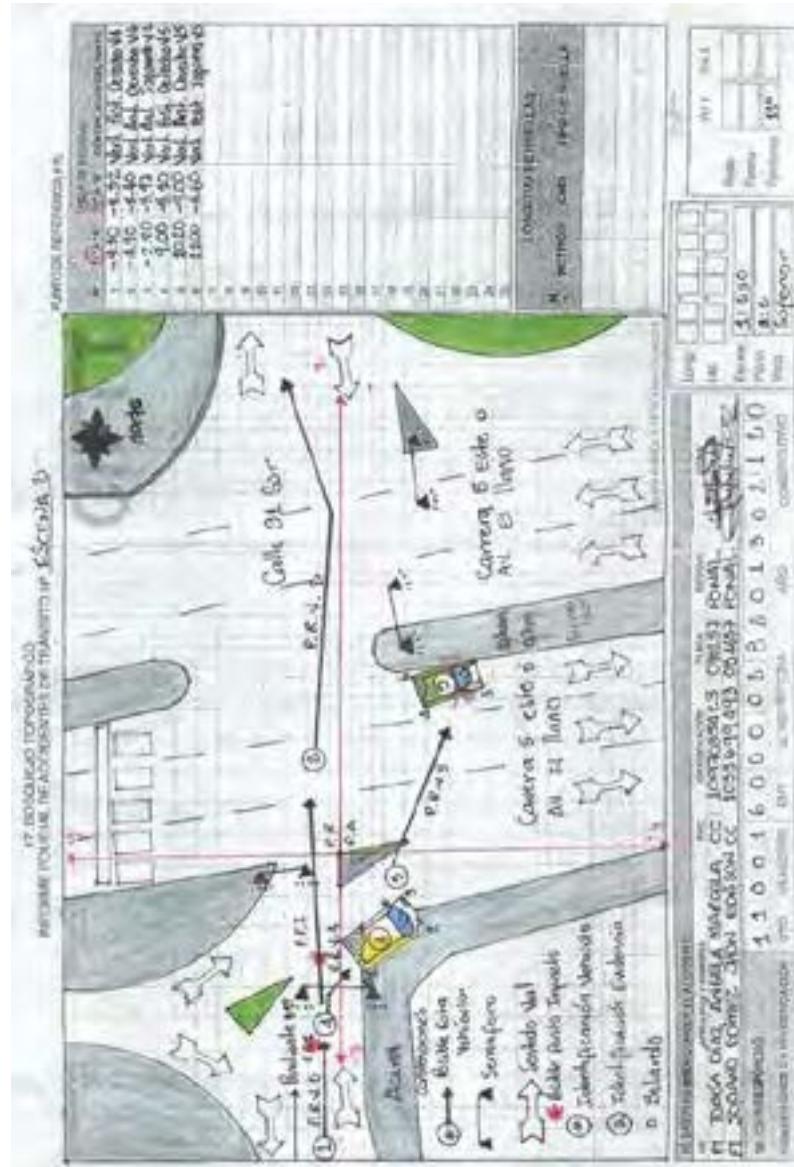


Imagen 95. Ejemplo de bosquejo topográfico fijado con el método de coordenadas cartesianas. Fuente: Archivo Ángela Marcela Tobón Díaz, SETRA MEBOG.

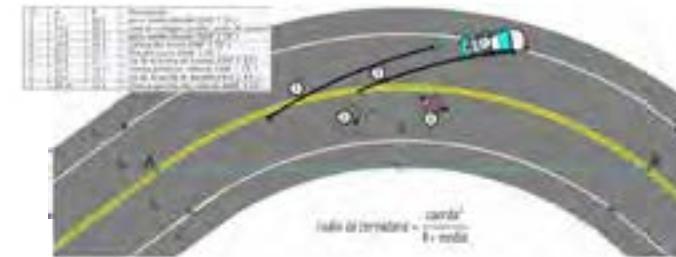


Imagen 96. Ejemplo de fijación de accidente en curva con el método de triangulación. Fuente: archivo académico software EDGE FX.

La fijación topográfica de un accidente de tránsito en una curva, requiere como primera medida establecer el radio de curvatura de la misma, la cual inicia identificando los puntos donde inicia la curva hasta donde termina, estableciendo la distancia entre estos, para luego medir la distancia media hasta la señalización horizontal utilizada, la cual puede ser las líneas de borde o la línea central. Realizado este procedimiento se puede encontrar que los puntos desde donde inicia la curva, se pueden aprovechar como puntos de referencia para realizar la fijación de las evidencias en cualquiera de los 2 métodos de fijación como lo ilustran los ejemplos de la Imagen 96 y 97.

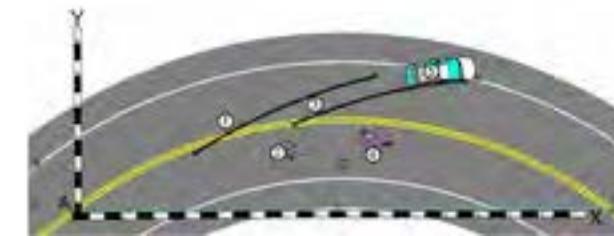


Imagen 97. Ejemplo de fijación de accidente en curva con el método de coordenadas. Fuente: archivo académico software EDGE FX.

Análisis de las actuaciones de Policía Judicial del servidor encargado de la inspección a cadáver:

Se realiza la divulgación del procedimiento de inspección a cadáver extractando la información más relevante que debe ser tenida en cuenta, en caso de accidente de tránsito, así: (Fiscalía General de la Nación, 2005).

Planificar: El servidor de policía judicial asignado para la coordinación de la diligencia, determinará con su equipo de trabajo los procedimientos técnicos por seguir de acuerdo a las circunstancias del hecho investigado, sobre todo los elementos de bioseguridad para el personal, la documentación fotográfica y fijación topográfica según las características del lugar y las técnicas descritas en los procedimientos estandarizados para cada evento. (Fiscalía General de la Nación, 2005).

Registrar la identificación del lugar de la diligencia: Luego de haber identificado cada uno de los EMP y/o EF hallados en la escena, el servidor de policía judicial asignado para la coordinación de la diligencia, registra en el "Acta de inspección técnica al cadáver" todos los datos solicitados conforme al número único de noticia criminal. (Fiscalía General de la Nación, 2005).

Descripción del lugar de los hechos, procedimientos y hallazgos: El servidor de policía judicial asignado para la coordinación, con su equipo de trabajo realizará la descripción narrativa del lugar de los hechos, observando la relación de los EMP y EF, describiendo los procedimientos técnicos ejecutados en la misma y determinando los hallazgos encontrados. (Fiscalía General de la Nación, 2005).

Documentar la posición y orientación del cadáver: En el caso de que en el lugar de los hechos haya uno o varios cadáveres, una vez realizada la observación y análisis del lugar, los servidores con funciones de policía judicial efectuarán la documentación fotográfica o filmica, la fijación topográfica y la narrativa descriptiva de los cadáveres de acuerdo a los siguientes procedimientos respectivamente: "documentación fotográfica" dejando como registros el "álbum fotográfico" y la "ficha técnica", "documentación

videográfica", "fijación topográfica" dejando como registro el bosquejo en el formato de "dibujo topográfico".

El servidor asignado describe cómo se encuentra el cadáver tomando como referencia su posición y orientación y dependiendo de la circunstancia, además describe la superficie de soporte o elemento empleado para la suspensión o medio en el cual se encuentra inmerso el cuerpo.

A continuación, realiza la descripción de la posición de los miembros superiores e inferiores como se indica:

Tabla 5. Posición de los miembros superiores e inferiores

Parte del miembro	Posición
Hombro	Abducción o aducción, rotación externa o rotación interna
Codo	Flexión o extensión
Muñeca	Flexión, extensión, supinación o pronación
Dedos	Flexión o extensión, abducción o aducción
Cadera	Abducción o aducción externa, flexión o extensión, rotación externa o interna de la cabeza del fémur.
Rodilla	Flexión o extensión
Tobillo	Dorsiflexión o plantiflexión, eversión o inversión
Cabeza	Conservando su eje, rotación a la derecha o la izquierda, adelante o atrás

Describir las prendas de vestir externas: El servidor, con funciones de policía judicial asignado, describe las prendas de vestir externas que porta el cadáver de la cabeza a los pies incluyendo, en lo posible, los siguientes aspectos: material, color, talla, marca, estado de la prenda, EMP y EF encontrados sobre las prendas y las observaciones adicionales, registrando esta información en el "Acta de inspección técnica al cadáver". (Fiscalía General de la Nación, 2005).

Tomar temperatura inicial: El servidor con funciones de policía judicial asignado, toma y registra en el "Acta de inspección técnica

al cadáver” la temperatura corporal inicial, la temperatura ambiente y la hora de la toma de las temperaturas, en los casos en que sea procedente. (Fiscalía General de la Nación, 2005).

Describir pertenencias: El servidor con funciones de policía judicial asignado para esta labor, registra y describe en el “Acta de inspección técnica al cadáver” todas las pertenencias considerando los siguientes aspectos:

Joyas: localización, material, color, forma, presencia de incrustaciones (color y forma), aspecto y observaciones adicionales.

Documentos: localización y tipo

Dinero o títulos valores: localización, denominación, cantidad y su relación numérica.



Imagen 98. Ejemplo de la sábana de pertenencias. Fuente: archivo académico ESEVI.

Es de resaltar, que este procedimiento se debe realizar de manera técnica y adecuada, evitando contaminar y alterar los posibles EMP y EF que se hallen sobre el cadáver y sus prendas. (Fiscalía General de la Nación, 2005).

Realizar crontanatología: El servidor con funciones de policía judicial asignado, identifica, describe y registra en el “Acta de inspección técnica al cadáver” los fenómenos cadavéricos presentes considerando los signos tempranos y tardíos tales como: deshidratación, enfriamiento cadavérico, livideces, rigidez, descomposición, putrefacción, estado enfisematoso, adipocira, momificación, etc. (Fiscalía General de la Nación, 2005).

Documentar morfológicamente el cadáver: El servidor, con funciones de policía judicial asignado, describe el color de piel del cadáver, estatura aproximada, contextura, aspecto, señales particulares visibles y las observaciones adicionales registrando esta información en el “Acta de inspección técnica al cadáver”, donde para realizar la documentación fotográfica del cadáver, el servidor asignado tendrá en cuenta las siguientes precauciones:

El encuadre del rostro se realiza verticalmente entre el tórax y diez centímetros sobre la cabeza y horizontalmente incluyendo los hombros sin dejar bordes libres.

Colocar sobre el tórax el número del “Acta de inspección técnica al cadáver” y realizar la toma perpendicularmente sin girar el rostro del occiso. (Fiscalía General de la Nación, 2005).

Describir signos externos de violencia en áreas descubiertas: El servidor con funciones de policía judicial, describe la ubicación topográfica de las lesiones o heridas en las áreas descubiertas de acuerdo a la anatomía topográfica del cuerpo y la registra en el “Acta de inspección técnica al cadáver”. (Fiscalía General de la Nación, 2005).



Imagen 99. Fotografía que ilustra pérdida de tejidos por fricción en áreas descubiertas.

Fuente: archivo Policía Nacional.

Realizar búsqueda EMP y EF sobre el cadáver: El servidor con funciones de policía judicial, realiza la búsqueda, recolección, embalaje y rotulado de los EMP y EF que se encuentran sobre el cadáver de acuerdo a los procedimientos establecidos para tal fin. La búsqueda debe realizarse de manera sistemática de la cabeza a los pies y registrando la información en el "Acta de inspección técnica al cadáver". (Fiscalía General de la Nación, 2005).

Realizar actividades previas al embalaje: Si el cuerpo se encuentra en suspensión completa o incompleta y dependiendo de las características del lugar se realizan las siguientes actividades:

- ➡ Dos personas o más lo sujetan de los miembros inferiores.
- ➡ Otra persona accede hacia la parte en donde se halle atada la soga o elemento utilizado para la suspensión y realiza cortes en un punto de manera que se preserve la integridad de los nudos.
- ➡ Marcar cada uno de los extremos con cinta de enmascarar, colocando un número en cada extremo de la soga. Es decir, al

cortar un extremo las dos puntas correspondientes son: 1 - 1 y en el otro extremo son: 2 – 2.

- ➡ Retirar la soga del material que la soporta, sujetando el cuerpo hasta colocarlo en una superficie firme y plana. No desatar el nudo.
- ➡ Describir y documentar la clase de nudo, material en que está hecho y características que presenta, si es visible el surco de presión (forma y dimensión) y demás lesiones que se observen.
- ➡ Realizar la documentación fotográfica y/o videográfica del cadáver, incluyendo la toma de fotografías de filiación y perfiles en caso de NN.
- ➡ Describir y documentar las prendas y pertenencias.
- ➡ La cuerda no se separa del cadáver y se embala conjuntamente. Realizar el embalaje del cadáver (Fiscalía General de la Nación, 2005).

Realizar el embalaje del cadáver: El embalaje del cadáver lo realizan por lo menos dos de los miembros del grupo de servidores asignados a la diligencia, quienes tienen en cuenta las siguientes consideraciones:

- ➡ Colocar la bolsa abierta sobre la bandeja para transportar el cadáver en caso de que sea una bolsa de cremallera. En caso de que se cuente con una bolsa sin cremallera se embala de la parte superior del cuerpo hacia la parte inferior, de manera que la boca de la bolsa quede hacia los pies.
- ➡ Si el cadáver se encuentra sobre una superficie móvil, se asegura contra una superficie fija, de manera que se evite cualquier tipo de riesgo de caída, o movimiento inadecuado que pueda alterar la integridad del cadáver.
- ➡ Levantar cuidadosamente el cadáver tomándolo, si es posible, de los hombros y los miembros inferiores.
- ➡ Cerrar y rotular la bolsa, realizar los procedimientos de rotulado y registro de cadena de custodia conforme a los procedimientos

establecidos en este manual y en el sistema de cadena de custodia.

- ➡ Cuando el cadáver está en avanzado estado de descomposición o putrefacción, el embalaje se realiza prestando especial atención a las medidas de bioseguridad y la protección del personal que realiza esta actividad. Si el cadáver se encuentra sobre una superficie fácilmente transportable se embala conjuntamente con dicha superficie. Por otra parte, si el cadáver se encuentra en una superficie que no puede transportarse fácilmente, se transfiere el cadáver cuidadosamente a la bolsa para embalaje evitando alteraciones de su integridad y procurando la preservación máxima del mismo.
- ➡ El servidor asignado, toma y registra la información sobre el embalaje del cadáver en el "Acta de inspección técnica al cadáver". (Fiscalía General de la Nación, 2005).

Es de aclarar que en las muertes violentas en accidente de tránsito ocasionalmente se presentan lesiones en los occisos como aplastamientos o pérdida de partes del cuerpo, donde se deben fijar fotográfica, topográfica y documentalmente y se embala de la misma forma, siguiendo el protocolo de cadena de custodia.

Realizar manejo de EMP y EF hallados debajo el cadáver: El servidor con funciones de policía judicial asignado, realiza la recolección, embalaje y rotulado de los EMP y EF, que se encuentren debajo del cadáver de acuerdo a los procedimientos establecidos para tal fin, registrando la información en el "Acta de inspección técnica al cadáver". (Fiscalía General de la Nación, 2005).

Se realiza la fijación topográfica y documentación fotográfica y/o videográfica de acuerdo a los procedimientos establecidos y se relacionan los EMP y EF encontrados bajo el cadáver en la "Inventario de EMP y EF".

Para el caso de cadáveres que han iniciado procesos de descomposición se toman muestras de fauna cadavérica y flora, dejando constancia de la toma de estas muestras en el "acta de inspección técnica al cadáver" y en el "inventario de EMP y EF".

Verificar y registrar la actuación de los servidores con funciones de policía judicial: de igual forma en las diligencias de inspección al lugar del hecho o lugares relacionados con las diferentes conductas punibles investigadas, se realizan los procedimientos de documentación y fijación establecidos en este manual, dejando constancia en las actas respectivas de los siguientes aspectos en los eventos que se hallan realizado:

- ➡ Las actuaciones de los servidores con funciones de policía judicial (dactiloscopista, fotógrafo, camarógrafo, topógrafo o servidor asignado) en el lugar de los hechos.
- ➡ La actuación de peritos en el lugar de los hechos (nombre, identificación y actuación).
- ➡ La toma de muestras de residuos de disparo, en los casos que lo ameriten.
- ➡ La hoja de registro de elementos materiales probatorios.
- ➡ La ficha técnica de fotografía y/o videográfica.
- ➡ El bosquejo.
- ➡ La ficha de exploración dactiloscópica.

El servidor de policía judicial asignado para la coordinación de la diligencia registra todas las observaciones que se den durante la inspección al lugar de los hechos y/o al cadáver y procede al cierre de la diligencia, registrando las firmas de los servidores que intervinieron en la actuación en el "acta de inspección al lugar de los hechos" y/o en el "acta de inspección técnica al cadáver" para que sea anexado al informe de policía judicial respectivo. (Fiscalía General de la Nación, 2005).



Capítulo 3

Determinación del coeficiente de fricción entre vehículos automotores y superficies de rodadura a diferentes alturas sobre el nivel del mar





Este capítulo presenta los resultados de la investigación institucional realizada por la Escuela de Seguridad Vial en el transcurso de 3 años de investigación, donde se logró establecer los valores de referencia para el coeficiente de fricción, entre vehículos y diferentes superficies de rodadura vehicular, a través de experimentos de frenado de emergencia midiendo las principales 10 variables más importantes en cuatro pisos térmicos sobre el nivel del mar.

La investigación se encuentra dividida en tres fases: la primera, en el año 2012 denominada “Determinación del coeficiente de fricción en vehículos ligeros, teniendo en cuenta las variables físicas de las vías colombianas y su aplicación en la seguridad vial”, en ella se estableció el procedimiento para determinar un coeficiente de rozamiento, procedimiento de ensayo basado en las recomendaciones prácticas de los comités internacionales como la SAE J2505:2010 y SAE J299:2003 a través de frenadas de emergencia, se determinaron las herramientas tecnológicas necesarias para el desarrollo de esta prueba experimental y se aplicaron las primeras 10 pruebas. (ESEVI, 2012).



Imagen 100. Fotografías de las primeras pruebas de la vigencia 2012.
Fuente: Archivo investigación institucional ESEVI 2012.

En la investigación institucional del año 2014 denominada “Determinación del coeficiente de fricción de vehículos en asfalto a distintas alturas sobre el nivel del mar”, se logró instaurar un protocolo de pruebas experimentales con el fin de determinar el número de personas y equipos necesarios para la toma de datos en el desarrollo de las pruebas.

Persona 1 (P1): Coordinador de las pruebas experimentales.

Persona 2 (P2): Conductor y logístico.

Persona 3 (P3): Registro datos.

Persona 4 (P4): Coordinador cámara 1 y logístico.

Persona 5 (P5): Coordinador cámara 2 y logístico.

Responsabilidades antes de iniciar las pruebas:

- P1: Encargado de la supervisión y líder del protocolo, quien es responsable de impartir las directrices del inicio y término de cada una de las pruebas, verificando las actividades que realizan los comprometidos en el ejercicio, supervisando la correcta toma de datos y registros videográficos de la prueba.
- P2: Calibración del acelerómetro, transporte e instalación del acelerómetro, garantía de duración de la batería, preparación del sistema para la adquisición de datos.
- P3: Señalización del vehículo (llantas), ubicación del vehículo en el punto de partida, verificación general de condiciones mecánicas, verificación interna de los sistemas de seguridad pasiva del vehículo, proceso de relajación.
- P4: Ubicación y calibración de la cámara lateral izquierda, identificación de cada prueba en el video, señalización de la vía en la zona del inicio e inicio de la huella.
- P5: Ubicación y calibración de la cámara lateral derecha de alta velocidad, identificación de cada prueba en el video donde su finalidad es ubicar el sitio donde la llanta se bloquea al realizar la frenada de emergencia.

Responsabilidades durante las pruebas:

- ➡ P1: Aplicará el protocolo de pruebas.
- ➡ P2: Conducirá normalmente y detendrá el vehículo con una frenada de emergencia en la zona de frenado, una vez el acelerómetro dé la señal luminosa. Deberá evitar el riesgo e iniciar la prueba cuando el coordinador lo indique.
- ➡ P3: Verificará la toma de los datos de los instrumentos y registrará la herramienta de recolección de datos.
- ➡ P4: Adquisición de datos de alta velocidad por el costado izquierdo del vehículo y tomará la medida de la huella desde el extremo inicial.

- ➡ P5: Adquisición de datos de alta velocidad por el costado derecho del vehículo y tomará la medida de la huella desde el extremo final.

Protocolo general de pruebas:

El coordinador de las pruebas debe seleccionar el sitio adecuado para realizar el ejercicio, donde debe despejar el lugar, reduciendo el riesgo de un accidente y prever cualquier situación con el fin de tomar acciones preventivas.

Posteriormente debe usar un área de 120 m en línea recta, como zona para realizar las pruebas estableciendo la zona segura, la zona de aceleración y la zona de frenado como lo muestra la siguiente Imagen.

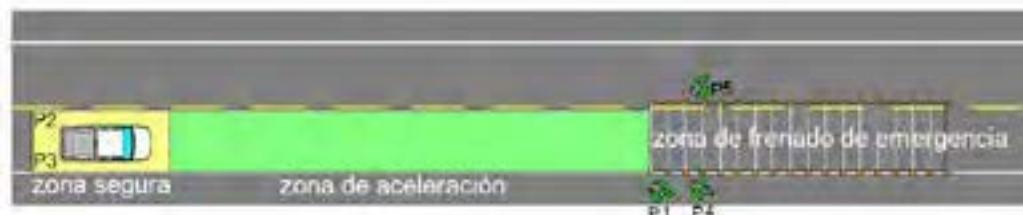


Imagen 101. Protocolo de pruebas de experimentación, fuente de archivo investigación institucional 2014 de la ESEVI.

En la zona de frenado debe trazarse con tiza 20 mts cada 50 cm con el fin de tener una referencia en la fijación videográfica, como lo muestra la siguiente imagen:



Imagen 102. Construcción de pista para pruebas. Fuente: de archivo institucional 2014 de la ESEVI.

De igual manera el coordinador debe dar instrucción al equipo de cómo desarrollar el ejercicio y verificar la disposición para P2, P3, P4 y P5 y su ubicación para el ejercicio conteo regresivo e inicio de la prueba.



Imagen 103. Prueba de experimentación en pista "Alto de Letras Colombia", fuente de archivo institucional 2014 de la ESEVI.

Verificación de la toma y registro de los datos

- ➡ P1 verificar que todos los integrantes del equipo registren y se desempeñen según lo planeado.
- ➡ P3 Registra la información del acelerómetro, del psicrómetro y de las demás herramientas, verificando la temperatura del asfalto, llanta, medio ambiente y distancia de frenado.

⌚ P4 y P5 buscan en el registro videográfico el sitio exacto donde la llanta se bloquea en la zona de frenado, con el fin de iniciar la toma de medidas de la distancia de frenado. (ESEVI, 2014).

Se desarrollaron 173 pruebas sobre asfalto, en 4 puntos de la geografía colombiana, seleccionados por su ubicación geográfica respecto al nivel del mar como lo muestra la siguiente Imagen.



Se realizaron 173 pruebas, de estas, 143 consistieron en pruebas de frenado de emergencia realizadas en cuatro vías de Colombia sobre asfalto seco en diferentes grados de desgaste y 30 pruebas sobre asfalto húmedo.

Definición de variables

Determinar experimentalmente los valores de referencia para el coeficiente de fricción en frenadas de emergencia realizadas por vehículos livianos, medianos y pesados, en asfalto a distintas alturas sobre el nivel del mar en Colombia, en diferentes condiciones de humedad, temperatura, presión, labrado, aceleración y composición de materiales intervinientes, para coadyuvar el sistema de administración de justicia en el país, precisando con mayor certeza los resultados de las investigaciones de accidentes de tránsito.

Para determinar experimentalmente la aceleración de un vehículo que bloquea llantas en una frenada de emergencia, se deben tener en cuenta los factores que pueden incidir sobre dicha medida. En este caso se parte del supuesto de que los valores de referencia para Colombia no son los mismos en todos los lugares del país. Estos van a estar afectados por variables que comúnmente son cuestionadas y que están relacionadas a las condiciones geográficas del lugar en donde se tome la medida. (ESEVI, 2014).

Estas variables son:

"La presión atmosférica es la fuerza por unidad de superficie que ejerce el aire sobre la superficie terrestre. La presión atmosférica en un punto coincide numéricamente con el peso de una columna estática de aire de sección recta unitaria que se extiende desde ese punto hasta el límite superior de la atmósfera". La presión atmosférica también varía según la latitud. La menor presión atmosférica al nivel del mar se alcanza en las latitudes ecuatoriales. Tomado de (https://es.wikipedia.org/wiki/presión_atmósferica, consultada el 3 de mayo de 2017).

La presión atmosférica normalizada, 1 atmósfera, fue definida como la presión atmosférica media al nivel del mar que se adoptó como exactamente 101 325 Pa o 760 Torr. Sin embargo, a partir de 1982, la IUPAC recomendó que si se trata de especificar las propiedades físicas de las sustancias la "presión normalizada" debía definirse como exactamente 100 kPa o (750,062 Torr). Aparte de ser un número redondo, este cambio tiene una ventaja práctica porque 100 kPa equivalen a una altitud aproximada

de 112 metros, que está cercana al promedio de 194 m de la población mundial.

Para el desarrollo de la investigación y evaluar esta variable específica se escogieron cuatro lugares de la geografía colombiana en donde se puedan identificar variaciones sensibles de la presión atmosférica, estos fueron:

San Alberto (Cesar) a 120 sobre el nivel del mar (msnm), Puerto López (Meta) a 365 msnm, Tunja (Boyacá) a 2810 msnm, Alto de letras (Caldas) a 3500 msnm.

Temperatura de la vía

Se cree que una temperatura de la vía elevada pudiera afectar la adherencia de los vehículos sobre esta y registrar en una frenada de emergencia una huella mayor o menor. El calentamiento de la calzada se produce por efecto del sol y está directamente relacionado a la temperatura ambiental del lugar.

En la selección de los lugares se tuvo en cuenta la ubicación de climas extremos con el fin de conseguir el desarrollo de las pruebas en condiciones climáticas donde la temperatura ambiente eleve la temperatura de la calzada a los máximos valores y además se pueda evaluar esta condición, cuando la vía se encuentra fría, posiblemente en horas de la noche.

Los lugares seleccionados cumplieron con la condición de presentar variaciones importantes en las temperaturas ambientales medias, estas fueron:

- ➡ San Alberto (Cesar) 30 °C Puerto López (Meta) 24 °C Tunja (Boyacá) 13 °C
- ➡ Alto de letras (Caldas) a 8 °C.

El calentamiento de la calzada se pudo evaluar gracias a las condiciones climáticas seleccionadas. En el desarrollo del trabajo de campo se pudieron evaluar temperaturas de la calzada en un espectro que va desde los 3.1 °C hasta los 71 °C. Los valores de aceleración en ninguno de los casos mostraron variaciones importantes que se pudieran asociar a la temperatura.

Temperatura de llantas

Una de las ideas sobresalientes, que suelenemerger cuando se buscan variables que puedan intervenir en el proceso de parada de un vehículo, es creer que un vehículo frena diferente si tiene las llantas calientes o frías.

Y en efecto así es, solo basta con conocer un poco de carreras de autos para saber que desde la ingeniería, al conductor se le recomienda mantener las gomas calientes, para tener una mejor adherencia; sin embargo, esto relacionado a la longitud de la huella de frenada, puede no tener un valor significativo ya que es de esperar que el proceso dinámico que se presenta consuma tanta energía que los cambios producidos por la temperatura sean despreciables en el punto en donde se está presentando el contacto relativo de las dos superficies.

En todo caso el protocolo de pruebas experimentales de la investigación contó con un dispositivo para la medición de la temperatura de las llantas, antes y después de cada prueba y así obtener datos sobre la influencia de esta variable en la longitud de la huella de frenada. Las temperaturas en las gomas o bandas de rodadura de las llantas, oscilaron entre 10 y 50 °C.

Humedad

"Es el agua que impregna un cuerpo, también llamado vapor, el cual se encuentra en la atmósfera. El acumulado del vapor de agua en el aire, se expresa de forma absoluta mediante la humedad absoluta o de forma relativa. Esta última es la relación porcentual entre la cantidad de vapor de agua real que existe en el aire y la que necesitaría contener para saturarse a una misma temperatura" tomado de (<https://es.wikipedia.org/wiki/humedad>)

La humedad podría afectar la medición de la aceleración de un vehículo en una frenada de emergencia, si esta afectara la superficie de rodadura lo suficiente para que en un deslizamiento la adherencia disminuyera y por ende la longitud de la huella se alargara. Para evaluar esta variable se contó con un dispositivo capaz de medir la humedad del lugar de pruebas llamado PSYCHROMETER + IR

Thermometer que permitió conocer la humedad relativa para cada prueba realizada.

Los lugares visitados permitieron evaluar humedades que van desde el 27 hasta el 61%.

Desgaste de la calzada

Otra de las ideas que surgen en la búsqueda de variables que pudieran influir en la medida de la aceleración, de un vehículo sometido a una parada de emergencia, es pensar que el desgaste de la superficie de rodadura pueda cambiar la forma como el caucho de las llantas interactúa con dicha superficie. En efecto, esto sería cierto si el tráfico produjera un efecto de “pulido” en la calzada; sin embargo, la composición del asfalto implica que tras el desgaste, lo que va a quedar expuesto sigue siendo mezcla asfáltica, cuyas propiedades no cambian.

Para evaluar esta variable que puede tener incidencia, fueron seleccionados tramos de vías con tres niveles de desgaste, en primer lugar una vía nueva aún no abierta al público. En segundo lugar una vía con un desgaste de más de 10 años y en tercer lugar una vía en buen estado pero con un tiempo de vida intermedio, de aproximadamente 4 años.

Tipo de vehículo

Teóricamente esta es una variable de la que sí se espera obtener variaciones sensibles en la aceleración. Los estudios internacionales siempre han registrado variaciones según el tipo de vehículo, por lo cual para el desarrollo de esta investigación se espera obtener al final, los valores de referencia para el coeficiente de fricción en asfalto, discriminados por tipo de vehículo.

La clasificación utilizada en esta oportunidad será la tradicional que separa en tres categorías a los vehículos: livianos, medianos y pesados.

Se encuentran dentro de la categoría de vehículos livianos, los automóviles sedán, hatchback, coupé, etc. En la categoría de vehículos medianos se encuentran las camionetas y vehículos

pequeños de pasajeros. Y en la categoría de vehículos pesados se encuentran los camiones, buses, tractocamiones, etc.

Velocidad de vehículo

En el modelo experimental adoptado se considera como principal dato de entrada, la velocidad que tiene el vehículo cuando se bloquean completamente las llantas. De esta dependerá directamente la longitud de la huella y su conocimiento, permitirá devolver el cálculo utilizando una ecuación para que en una investigación real, la huella permita conocer la velocidad a la que el vehículo se desplazaba.

La estrategia diseñada para el control de esta variable consistió en medirla utilizando un odómetro y haciendo uso de la experticia del conductor, empezar el proceso de parada cuando se alcanzaba el valor de velocidad deseado.

Estos valores fueron registrados por el acelerómetro.

Además de las variables antes mencionadas, sobre las cuales se tomaron medidas para mantener el control, también se cuidaron durante el desarrollo de todas las pruebas, los valores para las siguientes posibles variables:

Presión de inflado

Se garantizó que la presión de inflado de las llantas de los vehículos durante las pruebas, fuera la que sugiere el fabricante aprox. 30 a 32 psi, de igual forma se deja constancia de que para el desarrollo se utilizaron llantas con las siguientes referencias.

Chevrolet Aveo	Camioneta Chevrolet	Camión Chevrolet NPR
Marca: Goodrich 185/60 R14 82 h	Marca: Goodyear Ref.: Wrangler 245/75 R16	Marca: Plus 122/120 7.5 R16

- Profundidad del labrado de las llantas

Se garantizó que las llantas siempre presentaran profundidad de labrado superior a los 5 mm. Esto se controló midiendo con un calibrador pie de rey, para cada lugar de pruebas.

- Estado tecnico-mecánico de los vehículos

Antes del inicio de las pruebas se verificó el estado técnicomecánico de los vehículos automóvil, camioneta y camión en el taller avalado por la institución para tal fin.

Con la puesta a punto del protocolo, el equipo de investigadores de la Escuela de Seguridad Vial ESEVI, procedió a desplazarse al primer lugar de los cuatro definidos en la planeación.

Se empezó por el municipio de San Alberto, departamento del Cesar. Allí específicamente en el kilómetro 7 + 600 se llevaron a cabo tres días del 31 al 2 de septiembre, en este lugar fue bastante difícil la toma de resultados debido a las inclemencias del clima, debido a las altas temperaturas, dicha situación hizo que los policiales de la investigación tuvieran algunos problemas de hidratación.

Además se tuvo en cuenta que en cada uno de los lugares estudiados no se afectó de manera significativa el tráfico, esto hizo que se realizaran todos los protocolos de seguridad necesarios.

De igual forma el equipo marchó al municipio de Puerto López los días 23 al 25 de septiembre, donde se pudo encontrar una vía a medio uso que permitió un trabajo experimental adecuado para la obtención de los resultados alcanzados.

Para las pruebas en Tunja, realizadas los días 17 y 18 de septiembre, se contó con apoyo para el cierre parcial de la calzada durante el momento de las pruebas. Finalmente el equipo viajó al Alto de Letras del 7 al 9 de octubre, donde se desarrollaron pruebas en el punto más alto de las carreteras nacionales de Colombia a 3600 msnm, enriqueciendo los resultados de la tabla propuesta al final de este trabajo. (ESEVI, 2014).

Al obtener los valores de referencia para el coeficiente de fricción sobre asfalto y contrastarlos contra el estándar internacional publicado en la (SAE 830612 Warner, C., Smith, G., James, M., and Germane, G., "Friction applications in accident reconstruction," SAE Technical Paper 830612, 1983, doi:10.4271/830612), se logra determinar una variación del coeficiente de fricción y ante

la evidencia de los resultados, es posible afirmar que existen diferencias importantes para los valores reales que deben usarse en Colombia.

Por este motivo se decide dar continuidad a la investigación iniciando la tercera fase denominada "Determinación del coeficiente de fricción entre vehículos automotores y superficies de rodadura a diferentes alturas sobre el nivel del mar". Completando la tabla de valores para coeficientes de fricción entre vehículos automotores livianos, medianos y pesados en diferentes superficies fabricadas en asfalto, concreto, adoquín, afirmado y material vegetal.



Imagen 105. Prueba de frenado sobre césped en Ibagué Tolima.
Fuente: Archivo institucional 2015 de la ESEVI.

Todas las pruebas se desarrollaron siguiendo el protocolo ESEVI 2014, en el que adicionalmente a la información tomada por el acelerómetro VERICOM 4000 DAQ, se tomaron medidas de las variables: temperatura de las llantas, temperatura de la calzada, temperatura ambiente, humedad y altura sobre el nivel del mar, buscando con esto complementar la información previamente adquirida en las pruebas con asfalto, para el análisis transversal de cada una de estas variables y la determinación de su influencia en el coeficiente de fricción.



Imagen 106. Prueba de frenado sobre afirmado o tierra en Facatativá, Cundinamarca. Fuente de archivo institucional 2015 de la ESEVI.

Se establecieron los lugares de prueba, siguiendo la metodología empleada en el año anterior, la cual considera como primer requisito la seguridad del entorno, en segundo lugar se evaluó la cercanía y la disponibilidad de las superficies, para lo cual se utilizó la red de la Policía para hacer consultas en esos lugares y así tener una primera aproximación de las superficies que se iban a encontrar.



Imagen 107. Prueba de frenado sobre concreto, Bogotá. Fuente de archivo institucional 2015 de la ESEVI.



Imagen 108. Sitios donde se realizaron las pruebas de frenado de emergencia con vehículos en las vigencias 2014 y 2015, fuente de archivo institucional 2014 de la ESEVI.

En tercer lugar se consideró la necesidad de que los lugares propuestos ampliaran el muestreo, especialmente en la altura sobre el nivel del mar y en las condiciones medioambientales en general, esta vez las pruebas se desarrollaron en los lugares señalados en la tabla No. 6.

Tabla 6. Lugares de pruebas experimentales

Lugar de pruebas	msnm	Nº pruebas
Puerto Salgar (Cundinamarca)	177	83
Ibagué (Tolima)	1.225	81
Zipaquirá (Cundinamarca)	2.650	58
Facatativá (Cundinamarca)	2.586	22
Berlín (Santander)	1.909	92
La Calera (Cundinamarca)	2.746	13
Bogotá D. C	2.625	42
San Alberto (Cesar)	120	40
Puerto López (Meta)	365	33
Tunja (Boyacá)	2.810	45
Alto de Letras (Tolima)	3.670	58
Total		567

Los rangos reportados se unificaron con los rangos determinados estadísticamente para el asfalto. De esta compilación se obtuvo una primera aproximación a la tabla de valores de referencia para el coeficiente de fricción en Colombia. (ESEVI, 2015).



Imagen 109. Prueba de frenado de emergencia sobre asfalto en Tunja Boyacá. Fuente de archivo institucional 2014 de la ESEVI.

Resultados

Análisis de correlación múltiple

Consideraciones previas

Previo al desarrollo del análisis de correlación múltiple, fue necesario hacer las siguientes consideraciones:

- ➡ Para la correcta aplicación de la técnica, es necesario que se conserve la relación de 1:10, es decir, por cada variable suscrita para análisis deben existir como mínimo 10 mediciones.
- ➡ Con el fin de cumplir con la condición No.1 se realizó una exploración de datos tendientes a definir el marco del análisis y las variables a considerar dentro del modelo.
- ➡ En promedio se realizaron 50 pruebas con cada tipo de vehículo (liviano, mediano y pesado), en cada una de las superficies (asfalto, concreto, adoquín, tierra y césped).
- ➡ El análisis considerará transversalmente las variables: Tipo de vehículo y material de fabricación de la vía. Es decir que se definirán los coeficientes de fricción respecto a la relación vehículo/vía.
- ➡ Las variables temperatura de la calzada y temperatura ambiente son linealmente dependientes, esto se verifica por la dependencia física del calentamiento de la calzada por acción del sol. Lo cual permitió considerar una sola variable para el análisis, en este caso la temperatura ambiente, ya que esta es la de más fácil acceso para el cuerpo policial.
- ➡ La variación registrada entre las variables: temperatura de las llantas antes y temperatura de las llantas después, en el mayor caso fue de 12 °C y esto no representa una variación significativa para tener en cuenta dentro de los procesos que puedan tener una influencia de causalidad en el coeficiente de fricción. Por tal motivo para el análisis de correlación múltiple se tendrá en cuenta indirectamente desde la temperatura ambiente.

- ➡ Las variables presión de inflado y profundidad de labrado, se constituyen para este análisis como un control metodológico, más no como variables susceptibles de análisis, esto por cuanto durante todas las pruebas se verificó que tanto la presión de inflado fuera la recomendada por el fabricante de las llantas, así como que la profundidad del labrado no disminuyera de 5 mm. En ese caso se podría indicar que el análisis acá presentado tiene validez para vehículos que presentan buenas condiciones de inflado y buen labrado en sus llantas.
- ➡ El modelo que se obtiene con el análisis de correlación múltiple es predictivo, por cuanto las variables independientes consideradas deben tener una relación directa de causalidad, respecto a la variable dependiente. En este caso es necesario considerar que la variable “distancia de frenado” no “causa” el coeficiente de fricción; sin embargo, se incluirá con el fin de conocer la relación de las demás variables con la huella de frenada.
- ➡ También se considerará la velocidad de pruebas como una variable que caracteriza la dinámica, así mismo se incluyó en el análisis para conocer su posible incidencia en el valor del coeficiente de fricción.
- ➡ El análisis se orientará hacia la practicidad del cuerpo policial que toma datos en el lugar de los hechos, tomando como variables principales del modelo aquellos datos de fácil acceso para los investigadores en los lugares en donde ocurren accidentes de tránsito.
- ➡ Es importante anotar que el modelo predictivo no es correcto desde el análisis dimensional, por tal motivo carece de sentido físico. Sin embargo, es posible cualificar correlaciones generales y medidas de influencia. (ESEVI, 2015).



Imagen 110 y 111. Acelerómetro VERICOM 4000 DAQ con el que se realiza la toma de información en las pruebas realizadas en el 2014 y 2015. Fuente: archivo institucional 2015.

Una vez hechas las anteriores consideraciones, las variables del modelo fueron:

Variables independientes

X1: Altura sobre el nivel del mar, osciló entre los 120 msn hasta los 3.730 msn, se trata de un dato de fácil acceso, el cual variará según el lugar geográfico en el que ocurra el accidente de tránsito.

X2: humedad, osciló entre 22% y 82%, se toma del reporte permanente del clima que puede consultarse desde cualquier celular. También puede utilizarse un medidor de humedades para tal fin.

X3: Temperatura ambiente, osciló entre 4 °C y 37 °C, al igual que la humedad puede consultarse del reporte del clima o mediante el uso de un termómetro adecuado.

X4: Distancia de parada, osciló entre 3 y 24 m y corresponde a la longitud de la huella de frenada tomada por el investigador en el lugar de los hechos. Para el modelo se toma el valor medido por el acelerómetro con el fin de proponer el análisis de datos realizando una comparación de los valores reportados por el VERICOM vs los valores reportados por los investigadores.

X5: Velocidad, osciló entre 27 km/h y 83 km/h, aunque no es un valor que pueda consultarse en el lugar de los hechos,

será importante conocer la influencia de esta variable en el coeficiente de fricción. La utilización del modelo se complejiza al introducir esta variable, ya que en un caso real de accidente de tránsito, el cálculo del coeficiente de fricción deberá considerar la estimación del rango de valores de velocidad en el que se presentó el mismo. (ESEVI, 2015).

Variable dependiente

Y: Aceleración, osciló entre -4,174 a -9,112 m/s², corresponde al valor tomado en el eje X por el acelerómetro VERICOM 4000DAQ. De este dato se obtiene el valor del coeficiente de fricción, al dividir entre la aceleración gravitacional. En ese caso el coeficiente de fricción es también la variable dependiente, pero de manera indirecta, ya que conforme al formalismo planteado desde el comienzo del presente proyecto, es la aceleración lo que se mide y no el coeficiente de fricción.

Objetivo del análisis de correlación múltiple: ajustar un modelo de la forma:

$$Y = \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_4 X_4 + \beta_5 X_5$$

Estimando los parámetros $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4, \dots, \beta_n$ para conocer el tipo de correlación que existe y el modelo predictivo de la variable dependiente.

Para cada caso se verificaron los valores del coeficiente de determinación R² en 0,99, el error estándar de la medida inferior a 0,0015 y un nivel de confianza del 95%. (ESEVI, 2015).

Asfalto



Imagen 112. Vehículo liviano, frenado de emergencia sobre asfalto, pruebas realizadas en el 2014. Fuente: Archivo institucional 2014.

Vehículo liviano – asfalto

La regresión se realizó con 45 datos, obteniéndose:

$$Y = -0,0001052X_1 - 0,0937936X_2 - 0,1104750X_3 - 0,0178157X_4 + 0,0026312X_5$$

Lo cual indica las siguientes relaciones:

- A mayor altura sobre el nivel del mar, menor coeficiente de fricción.
- A menor altura sobre el nivel del mar, mayor coeficiente de fricción.
- A mayor humedad, menor coeficiente de fricción.
- A menor humedad, mayor coeficiente de fricción.
- A mayor temperatura ambiente, menor coeficiente de fricción.
- A menor temperatura ambiente, mayor coeficiente de fricción.
- A mayor longitud de huella, menor coeficiente de fricción.
- A menor longitud de huella, mayor coeficiente de fricción.
- A mayor velocidad, mayor coeficiente de fricción.
- A menor velocidad, menor coeficiente de fricción.

Sin embargo, es importante anotar que las únicas relaciones que pueden considerarse debido al número de cifras significativas son X₂ y X₃, ya que estas presentan la mayor influencia para el coeficiente de fricción. En este caso correspondiendo a la humedad y a la temperatura ambiente, respectivamente. (ESEVI, 2015).

Vehículo mediano – asfalto



Imagen 113. Vehículo camioneta, frenado de emergencia sobre asfalto, pruebas realizadas en 2014. Fuente: archivo investigación institucional ESEVI 2014.

La regresión se realizó con 70 datos, obteniéndose:

$$Y = -0,0001013X_1 - 0,0946825X_2 - 0,1213661X_3 - 0,0167246X_4 + 0,0025201X_5$$

Lo cual indica las siguientes relaciones:

- A mayor altura sobre el nivel del mar, menor coeficiente de fricción.
- A menor altura sobre el nivel del mar, mayor coeficiente de fricción.
- A mayor humedad, menor coeficiente de fricción.
- A menor humedad, mayor coeficiente de fricción.
- A mayor temperatura ambiente, menor coeficiente de fricción.

A menor temperatura ambiente, mayor coeficiente de fricción.

A mayor longitud de huella, menor coeficiente de fricción.

A menor longitud de huella, mayor coeficiente de fricción.

A mayor velocidad, mayor coeficiente de fricción.

A menor velocidad, menor coeficiente de fricción.

En este caso también las únicas relaciones con significancia estadística son X₂ y X₃, ya que estas presentan la mayor influencia para el coeficiente de fricción. En este caso correspondiendo a la humedad y a la temperatura ambiente, respectivamente. El anterior modelo permite calcular el coeficiente de fricción para vehículos medianos que frenan sobre asfalto seco y que se ubican dentro de los rangos y parámetros transversales considerados. (ESEVI, 2015).

Vehículo pesado – asfalto



Imagen 114. Vehículo camión, frenado de emergencia sobre asfalto, pruebas realizadas en 2014. Fuente: Archivo Investigación Institucional ESEVI 2014.

La regresión se realizó con 47 datos, obteniéndose:

$$Y = -0,0001202X_1 - 0,0955734X_2 - 0,1324550X_3 - 0,0156157X_4 + 0,0023312X_5$$

Lo cual indica las siguientes relaciones:

- A mayor altura sobre el nivel del mar, menor coeficiente de fricción.
- A menor altura sobre el nivel del mar, mayor coeficiente de fricción.
- A mayor humedad, menor coeficiente de fricción.
- A menor humedad, mayor coeficiente de fricción.
- A mayor temperatura ambiente, menor coeficiente de fricción.
- A menor temperatura ambiente, mayor coeficiente de fricción.
- A mayor longitud de huella, menor coeficiente de fricción.
- A menor longitud de huella, mayor coeficiente de fricción.
- A mayor velocidad, mayor coeficiente de fricción.
- A menor velocidad, menor coeficiente de fricción.

En este caso también las únicas relaciones con significancia estadística son X2 y X3, ya que estas presentan la mayor influencia para el coeficiente de fricción. Estas corresponden a la humedad y a la temperatura ambiente, respectivamente. El anterior modelo permite calcular el coeficiente de fricción para vehículos pesados que frenan sobre asfalto seco y que se ubican dentro de los rangos y parámetros transversales considerados. (ESEVI, 2015).

El comportamiento del coeficiente de fricción sobre asfalto.

Los hallazgos para cada una de las regresiones de correlación múltiple mostraron una interdependencia de cada una de las variables, aunque en ocasiones demasiado débiles para ser considerada. Sin embargo, los análisis de correlación son coherentes con los hallazgos esperados ya que coinciden con las observaciones en campo, en donde se constató que en climas fríos, con buena altura sobre el nivel del mar y con buen nivel de humedad, los vehículos frenaban menos o extendían su frenada más allá de

lo que se evidenciaba en climas cálidos, de baja humedad y bajos respecto al nivel del mar.

El ajuste al coeficiente de fricción según los hallazgos podría darse conforme el error estándar de la medida. En ese caso, tomando como origen el valor de la media, se podría realizar el siguiente ajuste:

Coeficiente de fricción en asfalto, sin considerar factores medioambientales:

Superior a 15 °C

Vehículo liviano: 0,683 - 0,882

Vehículo mediano: 0,586 - 0,856

Vehículo pesado: 0,551 - 0,812

Coeficiente de fricción en asfalto, considerando factores medioambientales:

(Inferior a 15 °C)

Vehículo liviano: 0,683 – 0,872

Vehículo mediano: 0,586 - 0,846

Vehículo pesado: 0,551 - 0,802 Vehículo liviano: 0,673 - 0,882

Vehículo mediano: 0,576 - 0,856

Vehículo pesado: 0,541 - 0,812

Conforme a lo anterior una primera aproximación a la tabla para asfalto sería:

Tabla 7. Ajuste de tabla de valores para el coeficiente de fricción en asfalto

Tipo de vehículo	Condiciones medio ambientales	Coeficiente de fricción
Vehículo liviano	Temp< 15 °C y hum>25%	0,683 – 0,872
	Temp>15 °C y hum< 25%	0,673 – 0,882
Vehículo mediano	Temp< 15 °C y hum>25%	0,586 - 0,846
	Temp>15 °C y hum< 25%	0,576 - 0,856
Vehículo pesado	Temp< 15 °C y hum>25%	0,551 – 0,802
	Temp>15 °C y hum< 25%	0,541 - 0,812

Concreto

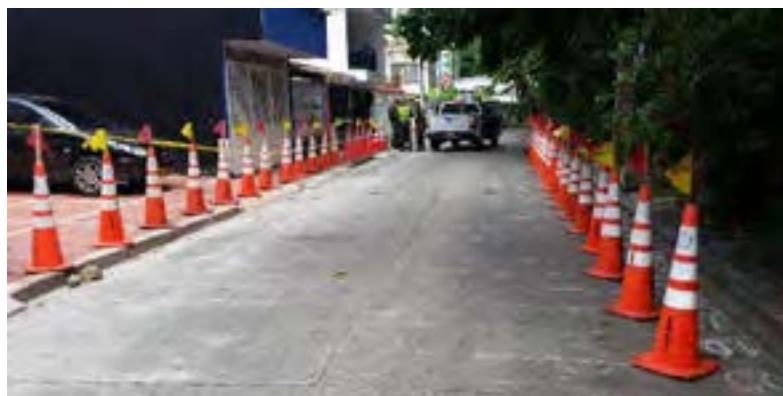


Imagen 115. Vehículo camioneta, pruebas de frenado de emergencia sobre concreto en Ibagué Tolima. Fuente: Archivo Investigación Institucional ESEVI 2015.

Vehículo liviano – concreto

La regresión se realizó con 40 datos, obteniéndose:

$$Y = -0,0001143X_1 - 0,0845713X_2 - 0,0813541X_3 - 0,0156367X_4 + 0,0035423X_5$$

Lo cual indica las siguientes relaciones:

A mayor altura sobre el nivel del mar, menor coeficiente de fricción.

A menor altura sobre el nivel del mar, mayor coeficiente de fricción.

A mayor humedad, menor coeficiente de fricción.

A menor humedad, mayor coeficiente de fricción.

A mayor temperatura ambiente, menor coeficiente de fricción.

A menor temperatura ambiente, mayor coeficiente de fricción.

A mayor longitud de huella, menor coeficiente de fricción.

A menor longitud de huella, mayor coeficiente de fricción.

A mayor velocidad, mayor coeficiente de fricción.

A menor velocidad, menor coeficiente de fricción.

En este caso se verifica el mismo comportamiento que para el asfalto, en donde los factores medioambientales son los que presentan una incidencia apreciable, la cual puede considerarse para el ajuste de los valores del coeficiente de fricción según el clima. (ESEVI, 2015).

Consecuentemente con esto, las ecuaciones para la regresión de los vehículos medianos y pesados presentan las mismas características, estas se presentan a continuación:

Vehículo mediano – concreto

La regresión se realizó con 45 datos, obteniéndose:

$$Y = -0,0001043X_1 - 0,0825614X_2 - 0,0995540X_3 - 0,0176482X_4 + 0,0023222X_5$$

Vehículo pesado – concreto

La regresión se realizó con 48 datos, obteniéndose:

Verificándose la misma tendencia respecto a los factores medioambientales.

El comportamiento del coeficiente de fricción sobre concreto

En este caso el comportamiento es similar al presentado para el asfalto a diferencia de que la interrelación debida a los factores medioambientales es más débil. Las observaciones en los lugares de pruebas permiten inferir que la disminución en la correlación puede deberse al material en sí, es decir, que el concreto por ser un material más absorbente que el asfalto, se ve menos influenciado por variaciones en la humedad que puedan modificar sensiblemente el coeficiente de fricción.

Sin embargo, para este caso también fue posible identificar valores medios y proponer un ajuste al coeficiente de fricción, conforme a los factores medioambientales. En este caso también se consideró el error estándar en la medida. Quedando la tabla propuesta para concreto así:

Tabla 8. Ajuste de tabla de valores para el coeficiente de fricción en concreto

Tipo de vehículo	Condiciones medioambientales	Coeficiente de fricción
Vehículo liviano	Temp< 16 °C y hum>26% Temp>16 °C y hum< 26%	0,519 - 0,650
		0,529 - 0,882
Vehículo mediano	Temp< 16 °C y hum>26%	0,586 - 0,739
	Temp>16 °C y hum< 26%	0,632 - 0,856
Vehículo pesado	Temp< 16 °C y hum>26%	0,551 - 0,693
	Temp>16 °C y hum< 26%	0,572 - 0,812

Adoquín

Se conserva la relación hallada en los materiales asfalto y concreto, donde la mayor influencia es producida por la humedad relativa y la temperatura ambiental. En este caso las regresiones múltiples fueron:



Imagen 116. Vehículo camioneta, pruebas de frenado de emergencia sobre adoquín en Ibagué Tolima. Fuente: Archivo Investigación Institucional ESEVI 2015.

Vehículo liviano – Adoquín

La regresión se realizó con 46 datos, obteniéndose:

$$Y = -0,000122X_1 - 0,0734602X_2 - 0,0702430X_3 - 0,0145256X_4 + 0,0034412X_5$$

Vehículo mediano – Adoquín

La regresión se realizó con 45 datos, obteniéndose:

$$Y = -0,0001023X_1 - 0,0714503X_2 - 0,0894439X_3 - 0,0145772X_4 + 0,0022343X_5$$

Vehículo pesado – Adoquín

La regresión se realizó con 43 datos, obteniéndose:

$$Y = -0,0001245X_1 - 0,0744559X_2 - 0,0816432X_3 - 0,015136X_4 + 0,0018131X_5$$

El comportamiento del coeficiente de fricción sobre adoquín.

Conforme a las observaciones los vehículos frenando en adoquín presentan un comportamiento similar al concreto. Esto se puede deber al material de fabricación el cual es similar al concreto. En este caso la correlación de los factores medioambientales disminuyó un poco más, esto puede deberse al mismo fenómeno de absorción que se presenta en el concreto, solo que en el adoquín puede que se presente de mayor manera debido a que existen separaciones entre las losas, las cuales se presentan con mayor frecuencia que en el caso del concreto. (ESEVI, 2015).

La aproximación a una tabla de valores para el coeficiente de fricción, ajustada para los factores medioambientales quedaría:

Tabla 9. Ajuste de tabla de valores para el coeficiente de fricción en adoquín

Tipo de vehículo	Condiciones medioambientales	Coeficiente de fricción
Vehículo liviano	Temp< 16 °C y hum>26%	0,576 - 0,594
	Temp>16 °C y hum< 26%	0,586 - 0,604
Vehículo mediano	Temp< 16 °C y hum>26%	0,671 - 0,742
	Temp>16 °C y hum< 26%	0,661 - 0,752
Vehículo pesado	Temp< 16 °C y hum>26%	0,641 - 0,694
	Temp>16 °C y hum< 26%	0,651 - 0,704

Superficies deformables (césped y tierra)

En el análisis preliminar se identificó un fenómeno que posiblemente pueda atribuirse a la deformación que puede presentar la superficie durante el proceso de parada de emergencia. Si bien las superficies: asfalto, concreto y adoquín no se deforman durante un proceso de parada de emergencia, tienen un comportamiento similar en el que se puede apreciar una leve influencia de factores medioambientales. En cambio para las superficies: césped y adoquín, el comportamiento cambia, lo cual se evidencia también al intentar hallar valores de correlación, encontrándose lo siguiente:



Imagen 117. Vehículo camioneta, pruebas de frenado de emergencia sobre césped en Ibagué Tolima. Fuente: Archivo Investigación Institucional ESEVI 2015.

Vehículo liviano – césped

La regresión se realizó con 35 datos, obteniéndose:

$$Y = -0,000120X_1 - 0,0031460X_2 - 0,0003243X_3 - 0,0045235X_4 + 0,0923341X_5$$

Vehículo mediano – césped

La regresión se realizó con 44 datos, obteniéndose:

$$Y = -0,0001023X_1 - 0,0014503X_2 - 0,0094439X_3 - 0,0143577X_4 + 0,0922554X_5$$

Vehículo pesado – césped

La regresión se realizó con 46 datos, obteniéndose:

$$Y = -0,0000945X_1 - 0,0032448X_2 - 0,0015324X_3 - 0,004225X_4 + 0,899121X_5$$

Vehículo mediano – tierra

La regresión se realizó con 40 datos, obteniéndose:

$$Y = -0,0001203X_1 - 0,0014550X_2 - 0,0094530X_3 - 0,0045721X_4 + 0,0822343X_5$$

Vehículo pesado – tierra

La regresión se realizó con 25 datos, obteniéndose:

$$Y = -0,0001824X_1 - 0,0046455X_2 - 0,001643X_3 - 0,0085136X_4 + 0,0218511X_5$$

Comportamiento de las superficies deformables

La aceleración de un vehículo que bloquea llantas sobre una superficie rígida, es diferente a la que experimenta ese mismo vehículo en una superficie deformable. Los coeficientes de correlación para las superficies césped y tierra así lo demuestran, ya que el patrón que se venía presentando en las superficies asfalto, concreto y adoquín, aquí desaparece y es reemplazado por una nueva tendencia en la que los factores medioambientales no presentan una verdadera incidencia, pero gana notable influencia la velocidad del vehículo. Esto puede deberse a que una vez el vehículo bloquea las llantas sobre la superficie deformable, este tenderá a enterrarse en una profundidad que bien podría depender de la masa y de un diferencial de la velocidad. (ESEVI, 2015).

Sin embargo, esta tendencia solo cobra mayor fuerza como hallazgo nuevo en la investigación, pero debe ser comprobada con experimentación, en donde se mida la aceleración de un vehículo con diferentes masas, de tal forma que se verifique la hipótesis en la cual la masa tendría una influencia notoria en superficies deformables. (ESEVI, 2015).

En ese caso la tabla de valores para el coeficiente de fricción, no se ajustaría por las condiciones medioambientales en césped y tierra, sino que se ajustaría conforme al peso del vehículo, tomando la siguiente forma:

Tabla 10. Propuesta de ajuste a la tabla de valores para el coeficiente de fricción en superficies deformables

Tipo de vehículo	Masa de vehículo	(miu) Céspedes	(miu) Tierra
Vehículo liviano		0,363 - -- 0,424	-
Vehículo mediano	Masa < 000 Kg	0,429 --	- 0,575 --
	Masa > 2000 Kg	-- 0,752	-- 0,735
Vehículo pesado		0,417 -- -- 0,612	0,484 -- -- 0,677

Conclusiones del análisis de correlación múltiple

Se verificó la existencia de dos comportamientos físicos diferentes según el tipo de superficie en el que se desarrolle la frenada de emergencia. Para esto se clasificó en dos tipos: Superficies no deformables (asfalto, concreto y adoquín) y superficies deformables (césped y tierra).

Para el caso de las superficies no deformables se verificaron los cuatro factores (ambientales, propios del vehículo, propios de la vía y variables físicas) y se halló que existe influencia de los factores medioambientales, representados en humedad relativa y temperatura.

La presión atmosférica aunque no presenta una correlación fuerte en el modelo de regresión sí tendría influencia indirecta, al considerar que dependiendo de la altura del lugar, es muy probable encontrar condiciones similares en cuanto a humedad y temperatura ambiente.

La velocidad es la segunda variable de mayor influencia en superficies no deformables y aunque el coeficiente de correlación es despreciable, el signo + indica la direccionalidad de la predicción, el cual es consistente con los hallazgos reportados en publicaciones científicas, en donde el coeficiente de fricción tiene una relación directamente proporcional con la velocidad, es decir que tiende a incrementar a medida que incrementa la velocidad. A mayor velocidad, mayor es el coeficiente de fricción.

Los hallazgos en superficies deformables corresponden a uno de los valores agregados de la investigación más importantes, ya que suponen el hallazgo de nuevo conocimiento complementario, en este caso se realizó una mejor aproximación al análisis general en el que se propuso que tal vez podría existir una influencia de la masa de los vehículos. De ser así, sería posible elaborar un modelo físico inédito en el que se considere un término de energía adicional en la ecuación para el cálculo de la velocidad. (ESEVI, 2015).

Como gran resultado de la presente investigación, el equipo investigador logra determinar después de exhaustivos análisis y tratamiento científico de la información, siguiendo rigurosamente métodos y protocolos aceptables y válidos, que han sido sometidos a distintas revisiones de expertos presenta la siguiente tabla de valores para el coeficiente de fricción en Colombia.

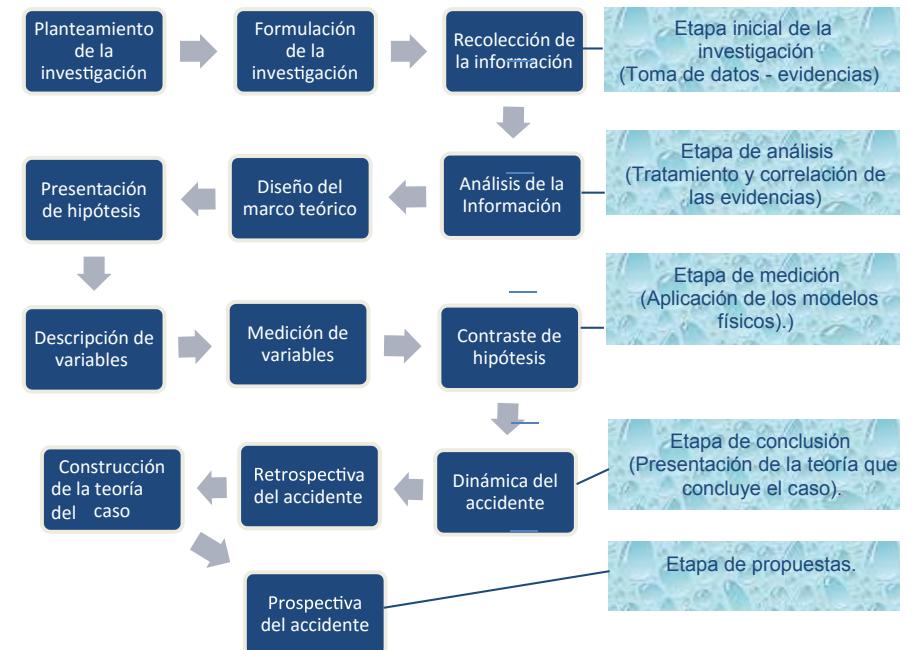
Tabla 11. Valores de referencia para el coeficiente de fricción

Superficie	Liviano	Mediano	Pesado
Asfalto	0.68-0.88	0.59-0.86	0.55-0.81
Concreto	0.52-0.66	0.62-0.75	0.56-0.70
Adoquín	0.58-0.60	0.67-0.75	0.64-0.70
Tierra	0.50-0.58	0.58-0.74	0.43-0.75
Césped	0.36-0.42	0.43-0.75	0.42-0.61

Finalmente se estableció la tabla general de valores para el coeficiente de fricción consiguiendo con ello concretar una herramienta de consulta que permite la estandarización de procesos que buscan coadyuvar en la investigación de accidentes de tránsito y en la disminución del número de muertes y lesiones por esta causa, haciendo uso de una perspectiva asociada al estudio de la dinámica del accidente. (ESEVI, 2015).

Capítulo 4

Metodología para la investigación y reconstrucción de accidentes de tránsito en Colombia





En esta unidad se abordará la temática central del libro, en cuanto a que la investigación del accidente debe seguir un método ecuménico, único, e integral, para lograr a través de diferentes técnicas y bajo el criterio de cualquier profesional en la materia, una conclusión objetiva o una teoría del caso con varias conclusiones que puedan ser revisadas, reproducidas y controvertidas por otros investigadores.

¿Cómo se define la investigación de accidentes de tránsito?

Para entrar en materia, es importante definir la investigación de accidentes de tránsito como el conjunto de procedimientos sistemáticos, lógicos, ordenados y coherentes, que apoyados en la ciencia y la técnica buscan explicar el origen del accidente de tránsito y su fenomenología.

Partiendo de esta definición, se considera la investigación y reconstrucción de los accidentes como un proceso metódico con fundamento exclusivo en las ciencias y sus disciplinas, siendo entonces la metodología la que define el ordenamiento que tienen los investigadores en la sistematización de sus técnicas aplicadas y empíricas para esclarecer un hecho de tránsito.

La investigación del accidente de tránsito, bajo el seguimiento estricto de un método científicamente reconocido y aprobado, deja de ser simplemente un método para convertirse en el establecimiento de una realidad objetiva, probatoria y concluyente. Esto es obviamente cuestionable en sistemas de justicia como el oral acusatorio, donde

la refutación es un factor relevante para develar anomalías o reforzar teorías, pero baluarte que se suma a la indispensable sustentación de los métodos y procedimientos que emplean los investigadores y reconstructores de accidentes.

De la investigación se deriva la reconstrucción, que conceptualmente se puede concebir como la representación retrospectiva de los acontecimientos que se desarrollaron en la ocurrencia del accidente, desde sus escenas temporo-espaciales, escena preliminar, escena de reacciones múltiples, escena de materialización del hecho y escena de posiciones finales.

La investigación de crímenes relacionados con accidentes de tránsito tiene como particularidad que el investigador conoce los móviles del hecho, lo que permite dedicarse exclusivamente a las causas que dieron origen al acaecimiento y sus consecuencias inmediatas.

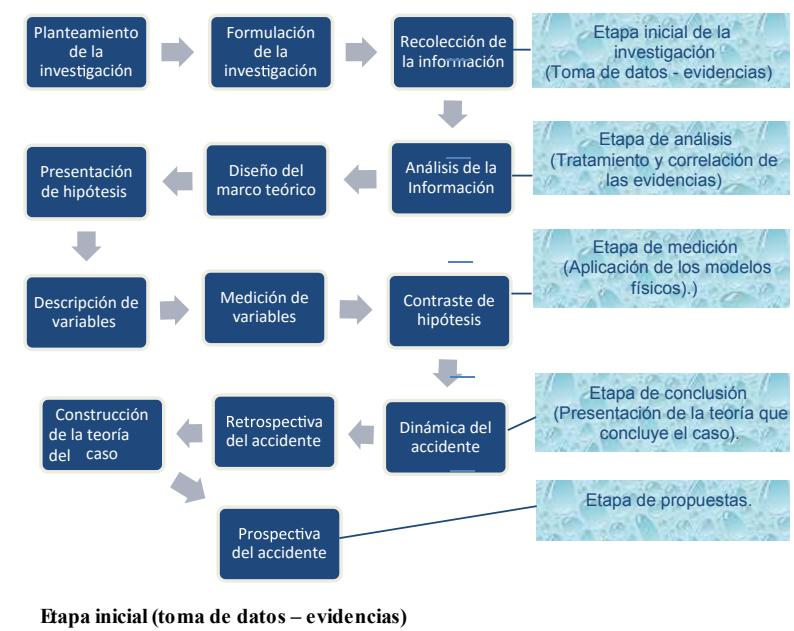
En este orden de ideas, el método científico aplicado a la investigación de accidentes de tránsito solo sufrirá unas modificaciones de ordenamiento, clasificación y conceptualización, pues sus características de reproducibilidad y controversia son un factor común de los resultados que se dan en el informe pericial del investigador.

Para consolidar lo anteriormente dicho, se parte del siguiente esquema que apropiaremos a continuación:



El enfoque de la metodología de la investigación de accidentes de tránsito es cuantitativo, por cuanto sus resultados, como lo enumera Hernández, Fernández y Baptista (2010), en su libro Metodología de la Investigación, esta se enmarca en un proceso secuencial, deductivo y probatorio que analiza la realidad objetiva (pág. 3).

Partiendo de esta premisa, la secuencia lógica por seguir se desarrolla en un marco metodológico lineal que adopta los siguientes aspectos por etapas así:



Etapa inicial (toma de datos – evidencias).

La etapa inicial de la investigación de accidentes de tránsito se puede decir que inicia desde la atención de la primera autoridad que conoce el hecho, siendo el programa metodológico (donde aplica). Por primera vez así el planteamiento de la investigación es la apertura del proceso representado aquí.

Planteamiento de la investigación

El planteamiento de la investigación es llevado a cabo por las autoridades que conocen el caso de primera mano, esto quiere decir que la etapa inicial es llevada a cabo por la autoridad de policía judicial que entra en contacto con el lugar de los hechos y se dispone a establecer los procedimientos que se llevarán a cabo en su tratamiento, dentro del programa metodológico en cuanto a la delimitación funcional de las tareas que se deban adelantar en procura de los objetivos trazados; los procedimientos de control en el desarrollo de las labores y los recursos de mejoramiento de los resultados obtenidos.

Formulación de la investigación

La formulación de la investigación es el establecimiento de los interrogantes que se van a resolver dentro de la indagación, aquí surgen las preguntas de investigación que cerrarán y limitarán la investigación para llevar a cabo la ejecución de un proceso que tenga un norte a seguir. De igual forma en la formulación de la investigación se establece el objetivo principal y los objetivos específicos para desarrollar los capítulos del “Informe pericial de investigación y reconstrucción de accidente de tránsito”.

Recolección de la información

La recopilación del acervo probatorio es una actividad que comprende una serie de tareas que tienen diligencias dentro y fuera del lugar de los hechos, desde la atención misma del accidente por parte del primer responsable, como de la Policía Judicial que recolecta las evidencias físicas, hasta los exámenes especializados para los EMP y EF y la búsqueda de información en bases de datos o fuentes externas que se deben apoyar en expertos.

Toma de datos: Se basa en la recolección de la información a cerca de un accidente de tránsito, verificada a través de la inspección al lugar de los hechos, labores de vecindario, entrevistas a testigos, documentos, entre otros; teniendo como referencia los factores que

inciden en un accidente de tránsito (factor humano, factor vehículo, factor vía, factor de modo tiempo y espacio).

Actos urgentes: según la normatividad vigente en Colombia, son considerados actos urgentes la inspección al lugar de los hechos, inspección a cadáver, entrevistas, identificar, recoger y embalar técnicamente los EMP y EF, documentándolos a través de la fijación fotográfica, topográfica y documental de un lugar de los hechos, toda vez que los servidores públicos en ejercicio de sus funciones de policía judicial reciban la información de la ocurrencia de un delito. (Ley 906, 2004).

Teniendo en cuenta este aspecto, la Policía Nacional dentro del proceso de movilidad de segundo nivel de la Dirección de Tránsito y Transporte describe el procedimiento de “conocer accidentes de tránsito con lesionados y muertos”, donde cada vez que se presente un hecho de estos de ámbito penal, se tiene que realizar una serie de actividades y procedimientos estandarizados mediante una caracterización establecida en la Policía Nacional así:

1. **Repcionar la información:** Recibir información sobre la ocurrencia de un presunto accidente de tránsito, dicha información puede obtenerse a través de la central de radio, vía telefónica, voces de auxilio o circunstancial (al paso de la patrulla policial por el lugar).
2. Verificar que el caso no ha sido atendido
3. **Desplazarse al lugar del accidente:** Hacer presencia en la dirección o lugar donde se informó la ocurrencia del accidente. Teniendo en cuenta la problemática de la jurisdicción, prever el talento humano y material logístico necesario para el desplazamiento, verificar las informaciones de inteligencia existentes sobre la situación de orden público, asimismo establecer las medidas de seguridad en el sitio de ubicación.
4. **Verificar e informar la magnitud del accidente:** Informar al radioperador y Comandante de la unidad la magnitud del

accidente, con el fin de coordinar medios logísticos y personal requerido.

Ingresar al lugar de los hechos desplegando todas las precauciones para evitar riesgos contra la integridad física y de los elementos materia de prueba o evidencia física que se encuentren.

Si se evidencia que en el accidente se encuentra cualquier materia o sustancia peligrosa, deberá ubicar y verificar la hoja de seguridad del producto y la tarjeta de emergencia, reportando los datos de mayor relevancia a la central de comunicaciones, con el fin de coordinar el apoyo necesario para atender la emergencia.

5. Verificar la gravedad si hay herido o muerto.

6. Coordinar apoyo: Verificar el lugar de los hechos, con el fin de establecer si requiere apoyo, de ser necesario solicitar presencia de más personal de la institución (laboratorio de criminalística), entidades y/u organismos de socorro (Cuerpo oficial de bomberos, Cruz Roja, Defensa Civil).

7. Asegurar el lugar de los hechos: Proteger el lugar de los hechos realizando un aislamiento utilizando las barreras físicas necesarias para delimitar la zona donde se encuentran los EMP y EF. Cuando existan lesionados en el lugar de los hechos se debe garantizar la oportuna y adecuada evacuación a centros de atención hospitalaria.

8. Ejecutar medidas operacionales de manejo del tránsito: Adoptar las medidas de tránsito necesarias una vez identificado el evento y la magnitud del mismo como: anillo vial; contraflujo – reversible; desvíos, restricción vehicular y de peatones; cierres parciales y/o totales. Las medidas que sean adoptadas deben ser reportadas al Comandante de la jurisdicción y este a su vez al Jefe del centro de información estratégico vial, con el fin de ser difundidas a las partes interesadas.

9. ¿Hay indiciado identificado?

10. ¿Hay niños, niñas y/o adolescentes conductores? Como existen niños, niñas y adolescentes indiciados como conductores en el lugar de los hechos, solicitar a las unidades de policía de infancia y adolescencia, comisaría de familia o al Instituto Colombiano de Bienestar Familiar o Ministerio Público para que se haga el correspondiente procedimiento.

11. Coordinar con policía de infancia y adolescencia o con autoridad competente.

12. Hacer la captura: Teniendo en cuenta que existe la comisión de un delito de lesiones personales u homicidio se debe hacer la captura. Establecer las razones o circunstancias que motivan la captura, ya que esta puede ser: en flagrancia por requerimiento escrito de autoridad judicial competente (detención preventiva administrativa) o con fines de extradición.

13. Solicitar la práctica del examen de alcoholemia y/o embriaguez: Trasladar a los conductores involucrados en el accidente de tránsito a la dependencia del Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses o centro médico, con el fin de que le sea realizado el examen que corresponda. Para el caso donde el conductor haya fallecido se realiza solicitud FPJ-12 Solicitud de análisis. Para el caso donde el conductor se encuentre lesionado se realiza el Formato FPJ28 Acta Consentimiento de examen. Para lo cual se realizará la respectiva solicitud.

14. Si la prueba es positiva.

15. Se deberá realizar el procedimiento de número 2MO-PR-0004 conocer infracciones al tránsito y al transporte.

16. Realizar actividades criminalísticas de campo: Realizar las actuaciones por su trascendencia y circunstancias especiales requieren la inmediata intervención de esta. Según lo señalado en el Código de Procedimiento Penal se consideran actos urgentes, entre otros: inspección al lugar de los hechos, inspección al cadáver, entrevistas, y situaciones de flagrancia.

- 17. Procedimientos para inmovilizar vehículos, 2dc-pr-0019 recolectar, embalar y rotular EMP Y EF:** Desarrollar las actividades contempladas en el procedimiento para inmovilizar vehículos. En caso de que el vehículo tenga placas diplomáticas previa identificación y verificación, se harán coordinaciones con el Ministerio de Relaciones Exteriores. Además se realiza el embalaje y rotulación de los vehículos involucrados en el accidente de tránsito, teniendo en cuenta que son EMP y EF.
- 18. Solicitar la historia clínica o epicrisis del occiso o lesionados, para casos de homicidio:** Solicitar la(s) historia(s) clínica(s) de la(s) víctima(s) o epicrisis, con el fin de anexarlas a las diligencias correspondientes.
- 19. Diligenciar el informe policial de accidente de tránsito y los formatos de la policía judicial:** Registrar la información técnica y legal indispensable en el formato Informe policial de accidentes de tránsito y sus respectivos anexos. Se deben utilizar las convenciones señaladas en el manual para el diligenciamiento del informe de accidentes.
- 20. Entregar documentos y copias del informe de accidente de tránsito a conductor(es) o representante(s):** Entregar los documentos utilizados para diligenciar el Informe policial de accidente de tránsito además de la copia del mismo a conductor(es) o representante(s).
- 21. Realizar actos urgentes en centro hospitalario:** Esta actividad se realiza cuando el accidente de tránsito fue conocido con lesiones personales y la(s) víctima(s) fallecen posteriormente, sin sobrepasar 30 días a partir de la ocurrencia de los hechos. Una vez culminadas estas diligencias se deben radicar ante la autoridad judicial de la jurisdicción, para que esta realice trámite ante la autoridad inicial donde se encuentran radicadas las diligencias.
- 22. Radicar la documentación ante autoridad competente:** En los accidentes con lesiones y homicidios radicar el caso ante

autoridad judicial correspondiente, anexando los siguientes documentos:

- * Informe policial de accidente de tránsito y sus anexos según corresponda
- * Resultado prueba de embriaguez
- * Copia de la historia clínica o epicrisis según corresponda
- * Arraigo sociocultural del indiciado
- * Solicitud experticias técnicas a vehículos
- * Solicitud necropsia, en caso de muerte
- * Acta derechos de víctimas
- * Acta de entrega de pertenencias.
- FPJ-01: Reporte de iniciación.
- FPJ-03: Informe ejecutivo.
- FPJ-04: Actuación primer responsable.
- FPJ-05: Informe de la policía de vigilancia en casos de captura en flagrancia.
- FPJ-06: Acta derechos del capturado.
- FPJ-09: Acta inspección a lugares.
- FPJ-10: Inspección técnica a cadáver según el caso.
- FPJ-11: Investigador de campo.
- FPJ-12: Solicitud de análisis de EMP o EF.
- FPJ-14: Entrevista.

- FPJ-16: Bosquejo topográfico.
- FPJ-22: Inspección a vehículo.
- FPJ-23: Ficha técnica fotográfica y/o videográfica.
- FPJ-28: Acta de consentimiento.
- FPJ-29: Querella.

Haciendo un especial énfasis en este procedimiento, recobra una principal importancia en la fijación del lugar de los hechos la cual se realiza de forma documental diligenciando los formatos establecidos, pero con una mayor objetividad la fijación fotográfica y topográfica se convierte en las piezas más importantes que debe realizar cualquier investigador de accidentes de tránsito, haciendo un resumen de estos procedimientos.

Etapa de análisis (tratamiento y correlación de las evidencias)

La etapa de análisis comprende la interpretación de fenómenos asociados a las características en las que se encuentren las evidencias, para lo cual se requiere separarlas y hacer un análisis individual de acuerdo a los cuatro factores interviniéntes en el accidente de tránsito así:

Evidencias relacionadas con el factor humano: dentro de estas se encuentran los interrogatorios, las entrevistas, datos extraídos en bases de datos clínicos ya sea psicológicos o físicos, datos extraídos en bases de datos sobre su historial como conductor como órdenes de comparendo, multas y otros accidentes, datos relacionados con su formación como capacitaciones en materia de conducción y normatividad del tránsito o el transporte y por último la información que se pueda recolectar sobre su estado anímico para el día de la ocurrencia de los hechos.

De igual forma se debe hacer un análisis detallado de las lesiones, relacionando patrones con las causas y estableciendo dinámicas, secuencias y vectores de proyección en cada lesión que puedan reforzar hipótesis sobre el origen de estas.

Evidencias relacionadas con el factor vehículo: en toda investigación de accidente de tránsito se debe contar con una inspección técnica a los vehículos que se involucran en él, las cuales se deben basar en dos aspectos fundamentales, la inspección de daños y la inspección mecánica. También se debe constatar todo registro de historial de mantenimiento, revisiones tecnicomecánicas y consulta en bases de datos sobre modificaciones y otros accidentes donde haya estado involucrado.

Evidencias relacionadas con el factor vía: en este factor es importante destacar las características dentro de un rango que comprenda el accidente desde su escena temporo espacial preliminar hasta la escena de posiciones finales de las evidencias para destacar la tipología geométrica, las posibles averías, la velocidad de diseño, la seguridad activa y pasiva, la señalización horizontal y vertical, los dispositivos para el control y operación del tránsito, el material de construcción y la consulta en bases de datos sobre adecuaciones, modificaciones y/o mantenimiento realizado y proyectado.

Evidencias relacionadas con el factor “condiciones de modo, tiempo y lugar”: El factor de modo, tiempo y lugar se debe analizar desde sus condiciones en cada una de las escenas del accidente de tránsito, puesto que hace referencia a aspectos como las condiciones climáticas específicamente durante la ocurrencia de los hechos, por ello el análisis de las evidencias que se realizará en este factor, parte de la revisión e indagación de las condiciones metereológicas, geográficas y circunstanciales del tiempo y el lugar donde se desencadenan las acciones que determinan el accidente.

Apreciación situacional del lugar y zonas de incidencia

Dentro de la fase de análisis es importante realizar una revisión y análisis de la estadística de accidentalidad, donde se deben discriminar las causas de los accidentes de los últimos años, para establecer relaciones o descartar patrones que se puedan presentar con similares accidentes al ocurrido, lo cual permitirá vislumbrar causas de fondo como el diseño de la vía y otros factores externos que pudieron incidir en este acaecimiento.

Diseño del marco teórico

Este se plasma en el “Informe pericial de investigación y reconstrucción de accidente de tránsito” a partir de la metodología aquí descrita.

Etapa de medición

La etapa de medición es donde se establecen las variables, se aplican los modelos físicos y las ciencias aplicadas para poder descartar hipótesis o reforzar estas.

Descripción de variables

Toda investigación debe tener variables que deben ser discriminadas de acuerdo a la formulación de la investigación de la que anteriormente se habló.

Así las cosas las variables se establecen de acuerdo a los interrogantes que se estipularon en la formulación de la investigación, y deben ser descritas ordenadamente así:

- ⌚ Huellas de frenado, derrape, trayectoria, arrastre, etc.

- ⌚ Velocidad de circulación de los rodantes.

- ⌚ Distancias de frenado, parada, reacción y total.

- ⌚ Campos de visibilidad y campos de visión.

- ⌚ Tiempos de reacción.

- ⌚ Las demás que se consideren susceptibles de medición.

Medición de variables

La medición de las variables que se establecieron en la formulación de la investigación y que se estimaron en la descripción de variables, deben ser sometidas a medición y los investigadores deberán presentar y sustentar las técnicas, teorías y postulados que aplique, así como indicar los procedimientos y modelos que se aplican en el caso con su estimación bibliográfica.

Contraste de hipótesis

Las variables que se han medido traen consigo esclarecimiento de las hipótesis planteadas, en este punto y bajo el resultado de los análisis que se hicieron a las evidencias y la medición de las variables ya se pueden descartar hipótesis y se reforzará específicamente una de ellas que nos dará lugar a la construcción de la teoría del caso.

Etapa de conclusión

Esta es la etapa donde se presentan las conclusiones de todos los procedimientos que se llevaron a cabo durante la investigación desde su planteamiento.

Dinámica del accidente

Para construir la dinámica del accidente es necesario formular la secuencia que siguieron los cuerpos en movimiento indicando los fenómenos presentados con base en los análisis previos y medición de las variables.

Retrospectiva del accidente de tránsito

La retrospectiva del accidente de tránsito es la visualización de cada una de las escenas temporo espaciales y la descripción de estas en

el caso específico que se está investigando donde se debe describir cuál de las escenas contiene el factor determinante del accidente.

Construcción de la teoría del caso

La teoría del caso reúne todas las conclusiones que el perito ha desarrollado durante el proceso investigativo en un texto donde se enuncia el factor determinante del hecho y los factores que contribuyeron a la materialización de este, se enuncian todas las causas y los factores que intervinieron con sus argumentos fundados.

Prospectiva del accidente

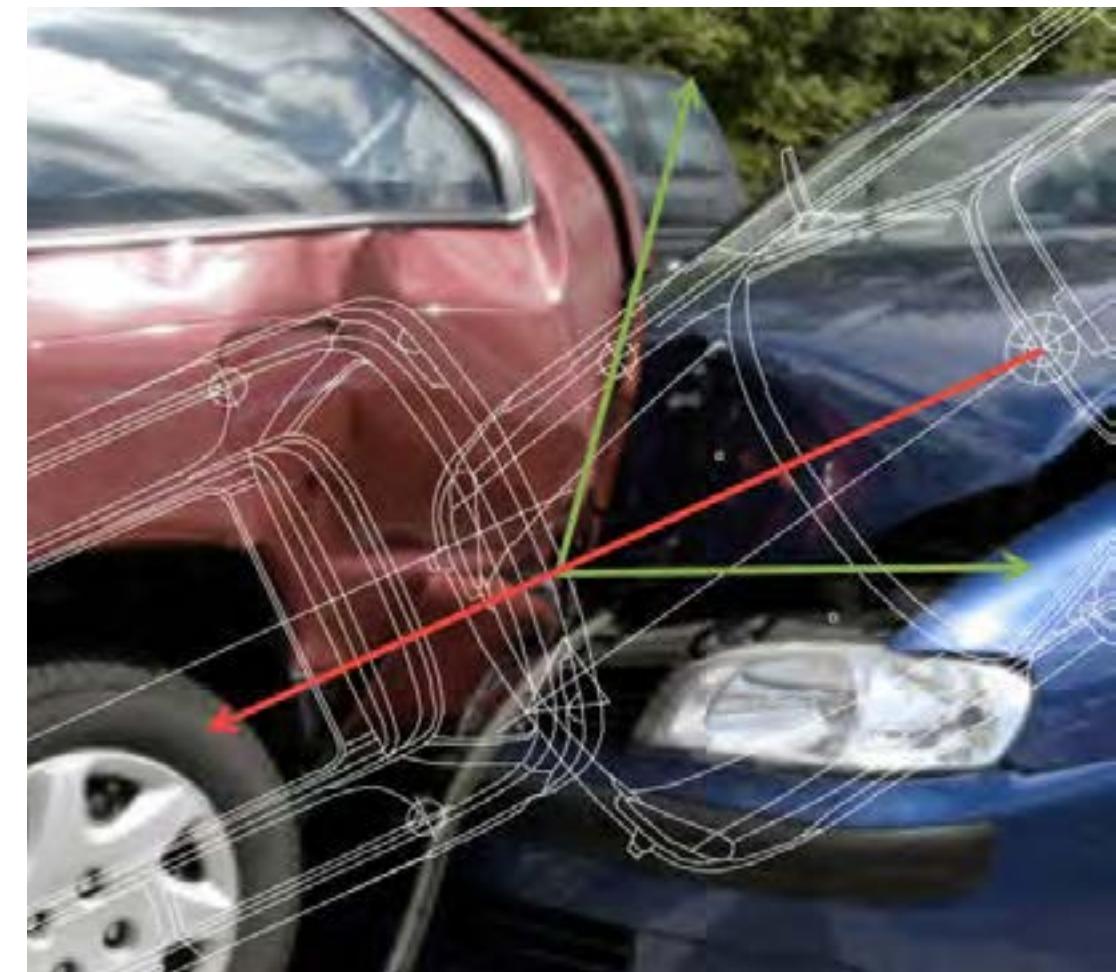
Cada investigación genera un nuevo conocimiento y todo conocimiento debe ser aprovechado para solucionar problemas. Para el caso de los accidentes de tránsito, cada día se incrementa el número de siniestros, muertes y lesiones.

En este sentido, los investigadores a partir de sus análisis deben presentar alternativas de solución a futuros accidentes basados en la proyección y de acuerdo a las causas generadoras del hecho.

Es importante aclarar que no para todos los accidentes es necesario presentar una prospectiva del accidente de tránsito, esto se da cuando existen generalidades de las causas y relación de estas con hechos similares.

Capítulo 5

Conceptos de física aplicada a los accidentes de tránsito





Para reconstruir objetivamente un accidente de tránsito se utiliza la física. La rama específica de esta ciencia que se encarga de esta labor, es la física forense, la cual también es considerada como una ciencia forense fundamental. Las reconstrucciones que se realizan desde este abordaje emplean únicamente evidencias, cuyo estudio, permite representar una cualificación o cuantificación de la energía, para ser incluida como un parámetro dentro de un modelo físico que finalmente permita establecer una dinámica. En todos los casos, los modelos físicos solo permiten aproximarse a la realidad de un evento, así que no siempre es posible conocer toda la secuencia. En algunos casos se pueden establecer solo algunos hitos o puntos fijos, pero existen algunos accidentes en los que ningún hecho relevante para la investigación judicial, se logra dilucidar. La importancia del manejo de la escena, es evidente para quien hace esta labor, ya que de la calidad de los datos analizados, depende la utilidad final de la reconstrucción.

Para abordar desde un nivel básico la elaboración de reconstrucciones de accidentes de tránsito utilizando la Física Forense, es importante comprender que al ser esta una ciencia de aproximaciones, se usan las matemáticas como un lenguaje con el cual se logra describir los fenómenos de la naturaleza. La fórmula matemática solo describe una aproximación que considera dentro de su contenido más y más aproximaciones de parámetros, algunos aceptados mundialmente y otros no.

En el caso de la criminalística, algunos datos provienen del lugar de los hechos y de la recolección de evidencias en el manejo de la escena y otros, como por ejemplo el valor de la aceleración de

la gravedad $g = 9,8 \frac{m}{s^2}$, es aceptado sin discusión, ya que fue

sustentado mediante argumentos teóricos y experimentales. En el caso de los modelos utilizados en física forense, existen tantas aproximaciones como parámetros existan en la ecuación, algunos muy conocidos y aceptados, pero otros que pueden ser conjetas teóricas que pueden discrepar de la realidad.

También es necesario tener cuidado con el modelo físico empleado, ya que un modelo es el resultado de un estudio experimental o teórico cuyo fin último es obtener una expresión matemática que modele la realidad, en este caso, por ejemplo, es como tener una máquina a la que se le entrega la longitud de una huella de frenada y esta a cambio dice cuál era la velocidad del vehículo que la marcó. La máquina, que es el modelo físico escrito en lenguaje matemático, recibe un número y lo interpreta como si fuera uno de los casos con el cual fue probado el modelo, es decir, que el modelo siempre va a funcionar, pero no todas las veces aplica, ya que existen consideraciones previas a su implementación, que deben tomarse en cuenta para que no se haga uso indiscriminado de las fórmulas matemáticas, tales como establecer los límites del uso del modelo, las condiciones iniciales y finales necesarias para su aplicación y su validez, entre otros.

Sin embargo, no basta con hacer todas las consideraciones importantes del modelo físico y de los parámetros a utilizar, existe un contexto en el que se desarrolla el accidente de tránsito, el cual resulta de la interrelación de los factores: humano, vial y mecánico, intervenientes en este tipo de eventos. Las evidencias que se analizan son circunstanciales y deben ser estudiadas en conjunto, de tal forma que exista soporte en la estructura del concepto y coherencia entre las diferentes dinámicas que pueden resultar del estudio de las todas las evidencias por separado. El contexto no incluye de ninguna manera evidencias subjetivas como las entrevistas a testigos o a conductores, esto no quiere decir que no sean útiles para el proceso, solo que con el fin de mantener la objetividad del concepto, estas no pueden ser admitidas.

El contexto se ilustra de manera exemplificada a lo largo del capítulo, se abordan desde un nivel básico los aspectos relevantes y algunos modelos físicos aplicables a la reconstrucción. No se trata solo de física, ya que la física por sí sola no permite reconstruir el accidente, es la valoración del contexto dentro de unos límites que establecen las leyes de la física, la que finalmente logra aproximarse al hecho. Los profesionales que hacen esto, valoran el contexto con una serie de complementos adquiridos en el manejo de información específica

y especializada sobre dinámica de vehículos, anatomía, biomecánica, derecho, ingeniería de tráfico, entre otros. Su desarrollo considera una parte de la teoría de la reconstrucción de accidentes de tránsito, importante para construir peritajes objetivos y fuertes en lo probatorio.

Reconstrucción de accidentes

Se comienza por abordar los accidentes de tránsito como eventos irreconstruibles desde cualquier punto de vista, incluyendo el físico. Esta forma de proceder contrainductiva, busca la comprensión del accidente como un evento integral en el que decir "se reconstruyó el accidente" implica conocer hasta el más mínimo detalle, como por ejemplo la razón específica por la cual el conductor de un vehículo ingresa en el carril contrario o cuál fue la verdadera influencia del trazado de la vía o de los defectos del vehículo o incluso cuál fue el verdadero valor del tiempo de reacción del conductor. De modo que desde esta perspectiva lo que se puede hacer con el accidente de tránsito, es aproximarse mediante una serie de conjetas que surgen de la correlación de evidencias y de la evaluación de un modelo físico, que al ser considerado dentro del marco jurídico puede cobrar una relevancia de orden penal ya que se trata de eventos que generan destrucción, lesiones y muerte de personas y animales.

Conforme a lo anterior corresponde considerar en primera instancia lo que llamamos *desplazamiento*, esta cualidad que tienen las personas y los vehículos de ir de un lugar a otro. Desde una perspectiva reduccionista de los accidentes de tránsito, cuando dos trayectorias de un desplazamiento, de dos o más actores de la vía, se cruzan e interfieren temporalmente, empiezan los problemas. Cuando dos cuerpos intentan ocupar el mismo espacio, en el mismo instante, se produce inevitablemente una colisión, la cual puede ser de diferentes tipos, a saber, desde la física: inelástica o elástica. Elástica si no se absorbe energía por efectos de la deformación u otros fenómenos e inelástica cuando parte de la energía que había antes de la colisión se transforma en otras formas, reflejándose especialmente en los daños y las lesiones.

En el caso de los AT las colisiones son en su mayoría inelásticas, aunque es posible hallar colisiones elásticas a baja velocidad en donde, por ejemplo, un vehículo pesado “toca” lateralmente una motocicleta y pese a que el vehículo pequeño es desplazado con vehemencia hasta incluso perder el control, es posible que ocurrido el accidente, sobre el tractocamión no sea distinguible a simple vista, un lugar de contacto, ni mucho menos se pueda hallar una deformación que pueda atribuirse a la interacción con la motocicleta. En estos casos se podría hablar de colisiones cuasielásticas donde la ausencia de evidencias, dificulta la reconstrucción, ya que al desconocer la configuración de impacto se complejiza establecer otras circunstancias específicas, como trayectorias o zonas de impacto. Sin embargo, nótese que estos choques cuasiinelásticos, no resultan menos riesgosos que los de alta velocidad, ya que al producirse la salida de la trayectoria de un vehículo, el resultado del accidente dependerá en sí de las circunstancias que lo rodean. No toda caída de un motociclista termina en lesiones o muerte, así mismo pasa con los demás vehículos, no todo incidente se convierte en accidente.

En cuanto a colisiones o choques inelásticos, es posible mediante una experticia determinar la forma que tomó la energía en cada una de las partes colisionantes, es decir, en el caso de los seres humanos, la energía debida al choque se transformó en deformación que en términos anatómicos corresponde con las lesiones presentes en el cuerpo del lesionado u occiso. Así mismo los daños son la manifestación de la energía involucrada en la deformación del vehículo.

Se utiliza una caracterización de las lesiones frente a ciertas condiciones de impacto, especialmente, se pueden encontrar en la literatura científica análisis de atropellos frontales, con diferentes vehículos, a diferentes velocidades, en diferentes superficies y con diferentes cuerpos, entre ellos cadáveres y dummies, que al ser puestos en experimentación controlada, consiguen establecer las referencias o cotas con las que trabaja el perito, para estimar una velocidad de impacto. Los estudios se han centrado principalmente en la cabeza, donde se mide el cambio de momento lineal, al cual se somete un cuerpo humano, ante un impacto contra un vehículo.

La descripción de las lesiones a diferentes velocidades permite observar que en efecto a mayor velocidad, aumenta la severidad de las lesiones; sin embargo, el número de lesiones no aumenta necesariamente, ya que la dinámica de los cuerpos humanos impactados por vehículos es caótica y no siempre se da el contacto de la misma manera o en las mismas partes del cuerpo.

En el caso de modelos para la valoración de lesiones, el más conocido es el AIS (Abbreviated Injury Scale), que atribuye a cada lesión un valor numérico o codificación y así mismo este valor es utilizado, según el modelo físico, en una ecuación que considera otras variables asociadas al impacto para conocer, por ejemplo, la velocidad de impacto. También hay estudios por partes anatómicas individuales de los cuerpos, en los cuales se mide el esfuerzo al que es sometido un órgano o sector de un cuerpo humano, para buscar una aproximación teórica de la velocidad necesaria en un accidente real para causar una u otra lesión. Hay varios modelos propuestos aunque es necesario conocer las condiciones específicas de cada estudio para poderlos aplicar en un caso real, por esto la valoración de lesiones es quizás una de las partes más importantes de la reconstrucción, porque el perito debe crear a partir de la información experimental y teórica un panorama general de las lesiones que son y no son posibles en ciertos tipos de accidentes. Este tema es muy amplio y quien se propone hacer reconstrucciones de accidentes, debe familiarizarse directa e indirectamente con las lesiones y con su mecanismo de producción, aprender a tasar valores de energía en términos de velocidad a partir de su observación y la correlación.

Así como en la colisión, se consume energía en lesiones, también se consume energía en daños. Cuando un vehículo choca, la parte de su estructura que hace contacto se deforma y dependiendo de la intensidad de la fuerza de colisión, esta deformación puede ser irreversible y se presentarán entonces abolladuras, polifragmentaciones, rayones, fracturas, fisuras, etc. La energía que se consume en estos daños también puede ser abordada desde los modelos teórico y experimental. En el primero se consideran principalmente las *indentaciones*, que son las deformaciones en profundidad, localizadas sobre una cuadrícula parametrizada del vehículo. Estas indentaciones ingresan en

una ecuación que considera el coeficiente de restitución de los materiales y que permite conocer la velocidad de impacto de un vehículo en función de la energía consumida en daños. En este caso el conjunto de ecuaciones aumenta ya que estos modelos que consideran deformaciones locales, son ajustados para cada tipo de colisión, sea centrada, descentrada, lateral, etc. y para cada tipo de vehículo, sea liviano, mediano, pesado, especial, etc. Por esto también, independientemente del modelo, es necesario conocer sus alcances y limitantes.



Imagen 118. Física aplicada a los accidentes de tránsito. Fuente: Archivo Investigación Institucional ESEVI 2014.

La otra forma de estimar la velocidad a partir de los daños es utilizando el método experimental de los EES (Energy Equivalent Speed) ya que a partir de experimentos controlados con diferentes tipos de vehículos que son colisionados, se parametriza la velocidad de la colisión respecto a los daños, conformando bases de datos en las cuales se puede consultar el EES, el cual puede ser utilizado

para calcular la velocidad de un vehículo en un accidente real, al considerar en un modelo como el de la conservación de la energía, la pérdida de energía debida a la colisión, en ese caso el término adicional en el que se perdió energía para cada rodante, estará asociado al EES de cada vehículo. Véase la ecuación (1) que representa la ley de la conservación de la energía para el choque entre dos vehículos, donde la energía perdida en daños para vehículo No.1 y No.2, está representada por:

$$\frac{1}{2} m_1 v_1^2 + \frac{1}{2} m_2 v_2^2 = \frac{1}{2} m_1 v_1'^2 + \Delta E_1 + \frac{1}{2} m_2 v_2'^2 + \Delta E_2$$

Ecuación (1)

En el caso de la valoración de daños en vehículos con miras a establecer la energía consumida para obtener la velocidad, también existe gran profundidad en el tema y el perito debe adiestrarse en el uso de las bases de datos y en la comparación objetiva de daños por medio de fotografías, en donde además se debe tener en cuenta el tipo de vehículo que se usó en la prueba y si esta aplica para el caso de la reconstrucción real. Los materiales van cambiando y existen modelos demasiado rígidos en estas bases de datos que no son comparables a vehículos actuales en los que se busca la mayor deformación para absorber energía. Estas y otras consideraciones son las que hace el experto al momento de reemplazar un valor para el ΔE .

En el caso de las lesiones, es necesario tener en cuenta que el cuerpo humano es un biomaterial que se degrada con el tiempo y va paulatinamente con la edad, perdiendo sus propiedades físicas. No se producen las mismas lesiones en un joven de 18 años que es atropellado a una velocidad, de por ejemplo 40 km/h, que en una persona de la tercera edad. En el primero se podrían hallar lesiones moderadas, pero en el segundo las lesiones tendrían mayor posibilidad de ser fatales. Esto se explica por la pérdida de resistencia de los huesos, dada por el proceso normal de descalcificación del cuerpo que no en todos los casos se limita a personas de la tercera edad, sino que también puede deberse a patologías que reducen la resistencia ósea. Esto es un aspecto

a considerar que puede ser de gran relevancia en el debate y la argumentación con fines judiciales.

Aparte de las lesiones presentadas por impacto, están las de arrastre y sobrepaso de llantas. Las primeras se evidencian en el cuerpo de la persona cuando ha caído desde un vehículo en movimiento o ha sido lanzado con posterioridad a un impacto, en cuyo caso se encontrarán desde escoriaciones menores hasta desfacelaciones profundas.

Las segundas reflejan lesiones por compresión, localizadas y alineadas con otras del mismo tipo, se encuentran fracturas comminutas, estallidos de bóveda craneana, estallidos hepáticos, entre otros. Estas evidencias dejan ciertas características en la vía y en los vehículos, en el caso del arrastre de cuerpo es posible hallar una huella de arrastre biológico sobre la calzada.

En el caso del sobrepaso de llanta, no se observa gran desplazamiento, sino que, por el contrario, el cuerpo queda prácticamente en el mismo lugar en el que hace contacto con la llanta, aquí la evidencia está menos esparcida y más agrupada.

Las evidencias aquí halladas también tienen sus restricciones en la interpretación, desde el punto de vista de la física no se analiza igual una huella de arrastre biológico que fue marcada por un cuerpo que se arrastró libremente sobre la vía, que una huella de este tipo marcada por un cuerpo que se arrastra esta distancia por el empuje de una llanta que se encontraba en condición de bloqueo. Esto mismo aplica para todo cuerpo u objeto que se arrastre, motocicletas y bicicletas inclusive, como asunto particular para tener en cuenta en la reconstrucción de accidentes. De modo que si la huella se marcó mientras existía un empuje externo, será más complicado el uso de esta evidencia dentro de los modelos físicos conocidos. Sin embargo, cuando la huella es marcada libremente, se podrá calcular la velocidad a la cual se desplazaba el cuerpo utilizando un modelo físico.

El mismo modelo con el que se calcula la velocidad de un cuerpo humano que se arrasta libremente sobre una superficie, es el

mismo que se emplea para calcular la velocidad de un vehículo que deja marcada una huella de frenada. En este caso la huella de frenada es la huella de arrastre, mientras que el cuerpo se comporta análogamente a un vehículo que se desplaza, será el vehículo que se desplaza con sus llantas bloqueadas, las mismas que son el punto de contacto con la superficie de arrastre. La dinámica del arrastre de los cuerpos es la misma, de hecho el mismo modelo aplica para motocicletas que se arrastran lateralmente y para los macroelementos, en general, de los que se puede conocer al menos la trayectoria de su arrastre.

Las consideraciones para cada elemento que se arrastra son diferentes; sin embargo, como se verá más adelante, siempre que se garanticen las mínimas condiciones iniciales y finales, las consideraciones desaparecen, ya que aunque en principio la ecuación matemática que modela este tipo de dinámicas, es deducida teóricamente, su ajuste utiliza datos empíricos que provienen de la medida de la aceleración o del cálculo del coeficiente de fricción como se quiera ver. Para comprender esto, suponga que tiene un cuerpo de masa sobre una superficie plana. La masa es lanzada en deslizamiento o arrastre con una velocidad hasta recorrer y detenerse a una distancia. Entonces de la conservación de la energía se tiene para un solo objeto:

$$\frac{1}{2} mv_i^2 = \frac{1}{2} mv_f^2 + \Delta E \quad \text{Ecuación (2)}$$

donde en esta ocasión donde ΔE es la pérdida de energía en el desplazamiento, que para el caso de macroelementos se puede asumir como la energía debida al trabajo que realiza la fuerza de fricción en oposición al movimiento del cuerpo, durante todo el desplazamiento, esto es:

$$w = f_r d \quad \text{Ecuación (3)}$$

con $f_r = \mu mg$ pudiéndose obtener de la ecuación (2) la velocidad al inicio del desplazamiento del cuerpo al despejar y asumir la velocidad final $v_f = 0$, debido a que el cuerpo se detiene al final de la huella. Quedando:

$$v_i = \sqrt{\frac{2AE}{m}} \quad \text{Ecuación (4)}$$

en donde al remplazar por el trabajo realizado se cancelan las masas y se obtiene finalmente:

$$v_i = \sqrt{2\mu gd} \quad \text{Ecuación (5)}$$

que es la expresión matemática que permite el cálculo de la velocidad de un cuerpo que se arrastra sobre una superficie plana. Esto corresponde con la expresión simplificada para el cálculo de la velocidad a partir de: huellas de frenada, huellas de arrastre metálico y huellas de arrastre biológico. Donde v_i es la velocidad del cuerpo que se arrastra en el punto inicial de la huella, g es la aceleración de la gravedad, d es la distancia o longitud de la huella y μ es el coeficiente de fricción entre las superficies, que en esencia no es un coeficiente de fricción, sino un factor de ajuste empírico, que se obtiene de pruebas controladas conocidas como, por ejemplo, las presentadas en el capítulo 3 de este libro, donde se sometió un vehículo a frenadas de emergencia en diferentes condiciones y se midió su aceleración media y su distancia de parada.

Existen valores para el coeficiente de fricción en personas, algunas realizadas con cadáveres y otras con dummies, en general se pueden esperar valores entre 0,7 y 1, sin embargo, esto debe ser evaluado para cada caso, no es lo mismo el arrastre que se produce en una persona con abundantes prendas de vestir, como pasa en climas fríos, que con poca ropa y exponiendo más piel, además las pruebas, por obvias razones, no están hechas con personas vivas, por lo que nunca se puede conocer la influencia real de esta variable. Lo más recomendable es trabajar con datos homologables, que tengan confiabilidad y validez, sin embargo, esto no siempre es posible, lo que no significa que no se pueda hacer una itinerancia de datos que permita hacer aproximaciones cuasiempíricas de los valores observables posibles, dentro de los rangos ya conocidos.

Para el caso del arrastre lateral de las motocicletas y bicicletas, las pruebas controladas que se utilicen como referencia para el coeficiente de fricción, deben considerar el tipo de motocicleta con el que se realizó la prueba, ya que no es lo mismo el arrastre de una motocicleta cuya estructura tiene más carenaje hecha en polímeros, que una motocicleta con partes más descubiertas y que dejan expuestas especialmente zonas metálicas. Los valores son dispersos y mientras unos autores reportan valores entre 0,5 a 0,7, otros bajan estos rangos desde 0,3. En cualquier caso estos datos solo buscan orientar en el orden de magnitud de esta variable.

De las aplicaciones del modelo físico de arrastre, el cálculo de la velocidad de un vehículo a partir de la huella de arrastre es la más utilizada, esta aplicación es la que cuenta con más información de respaldo, ya que en la investigación de accidentes de tránsito se requiere conocer la velocidad de los vehículos para establecer si existió una falta al deber objetivo de cuidado con respecto al límite de velocidad permitido en la zona de influencia del hecho. Se cree que esta es una de las principales causas de la accidentalidad vial.

En el caso de un vehículo que se desplaza a una velocidad y bloquea llantas hasta detenerse, dejando tras de sí una o más huellas de frenadas rectilíneas y continuas, es posible utilizar de manera directa las tablas del capítulo 3 y calcular la velocidad de este vehículo utilizando la siguiente expresión

$$v_h = \sqrt{2gd(\mu \cos \theta + \sin \theta)} \quad \text{Ecuación (6)}$$

donde v_h es la velocidad del vehículo en el punto en donde comienza la huella de frenada, g es la aceleración de la gravedad, d es la longitud de la huella de frenada, μ es el coeficiente de fricción entre el vehículo y la vía (véase tablas del capítulo 3) y θ es la inclinación o pendiente de la vía, la cual se mide conforme a los métodos del capítulo tres. Cómo se puede observar esta expresión es similar a la expresión (5) solo que incluye ahora el ángulo de la vía, que en el caso de un vehículo frenando influye, alargando o acortando la frenada y, por ende, afecta la longitud de la huella. La influencia de la pendiente es apreciable en los casos en donde el ángulo empieza

a superar los 5º sexagesimales, también debe notarse que al igual que en (5), la velocidad final es cero, es decir que el vehículo se detiene al final de la huella de frenada, siendo esto no solamente una suposición, sino una necesidad del modelo físico probado experimentalmente, en donde en todas las pruebas el vehículo se detenía al final de la huella.

Sin embargo, en los casos en donde el vehículo, luego de marcar una huella de frenada, queda ubicado por delante del punto final, a cierta distancia d' , no se puede asumir que la velocidad final era cero, sino diferente de cero, en cuyo caso existiría una variable adicional que debe ser calculada o estimada para que teóricamente se pueda calcular un estimativo de la velocidad del vehículo usando la expresión:

$$v_h = \sqrt{2\mu gd (\mu \cos\theta + \operatorname{sen}\theta) + v_f^2} \quad \text{Ecuación (7)}$$

esta es la expresión derivada de la conservación de la energía, en donde se asume que el total de la energía cinética $2\Delta E$ perdida por el vehículo durante el trayecto en el que se marcó la huella d , se debió a un trabajo w , realizado sobre la fuerza de fricción F_r que se opone al movimiento, durante toda la longitud de la huella. Esta expresión es teórica y en el momento de la edición de este libro no se hallaron pruebas experimentales que corroboraran el uso de las variables θ y v_f . Como se indicó al comienzo del capítulo, incluir más variables implica hacer más aproximaciones, lo cual no es algo desventajoso, si se tienen valores de respaldo. En el caso de la pendiente de la vía, la obtención del valor tiene un buen margen de objetividad, ya que se mide en la escena. Sin embargo en el caso de la velocidad final, este es un dato que puede ser un tanto subjetivo, pero que puede estimarse a partir de los daños, lesiones o de las mismas distancias recorridas, después del bloqueo de llantas. La expresión (7) es la más general del modelo de arrastre, nótese que al hacer $\theta = 0$ y $v_f = 0$ y se llega inmediatamente a la expresión (5).

Además de las consideraciones en el uso del modelo y en los parámetros a utilizar están las propias del objeto que se está arrastrando, en este caso, un vehículo. Al respecto se sabe

que las dinámicas para cada tipo de vehículo son diferentes, en vehículos livianos un modelo teórico solo tiene que considerar que la adherencia en cada una de las llantas sea la misma, esto se garantiza cuando la huella de frenada es recta, puesto que un desvío de la misma, puede implicar un desbalance en el sistema de frenos y en ese caso el coeficiente de fricción debe reevaluarse. Sin embargo, si la huella o las huellas son rectilíneas, así solo sea una, es posible garantizar que la condición en la que se encontraban las otras tres llantas era muy similar a la condición de la que se bloqueó e incluso podría hallarse en un estado “cuasiestable”, cercano a la zona de adherencia estática, en cuyo caso las demás llantas estarían frenando levemente mejor.

Para casos de vehículos medianos, especialmente pesados o con desbalance del sistema de frenado, el modelo sigue siendo válido, todo dependerá de los valores que se tomen para el coeficiente de fricción, que en este caso relaciona la superficie de rodadura con todo el vehículo, como si se tratara de una sola masa que se desliza sobre ciertos puntos de contacto fabricados en caucho. Esto, como se sabe no es cierto, puesto que existe una transferencia de carga hacia delante en una frenada y además no es posible conocer el estado real de cada llanta, entre otras circunstancias, por lo que en este caso se verificó experimentalmente la validez de esta ecuación para frenadas de emergencia y se determinaron los rangos de valores dentro de los que oscila el coeficiente de fricción para diferentes tipos de vehículos, en diferentes condiciones, de tal forma que este no es en sí un coeficiente puro asociado al rozamiento, sino una constante que agrupa varios fenómenos que se presentan durante el proceso de frenado con llantas bloqueadas y que describe la aceleración media.

Sobre este modelo resulta pertinente resaltar que su deducción conduce a una expresión que no considera la masa del cuerpo y esto es importante porque suele existir confusión respecto a la experiencia normal y la evidencia física de que un vehículo cargado es más difícil de frenar que descargado, pero esto no tiene cabida en el modelo, ya que este no considera todo el proceso de frenado como tal, que se compone de percepción, decisión y reacción, sino que modela la dinámica, únicamente desde el momento mismo en el que se

produce el arrastre o se bloquean las llantas, sin considerar alargues de la frenada por efectos de una mayor o menor fuerza sobre el pedal del freno. Esto último es lo que produce la sensación de una frenada más larga, la calibración de la fuerza que se ejerce con el pie sobre el freno, cuando se está con el vehículo cargado o descargado.

Para ilustrar la situación anterior, supóngase que el conductor de un rodante acostumbra a desplazarse con su vehículo descargado y frena con normalidad imprimiendo cierta fuerza F en el pedal del freno para detenerse. En el momento en el que el vehículo se halla cargado o haya aumentado su masa significativamente, ante la necesidad de frenar del conductor, este notará que requiere hacer una fuerza mayor a F , es decir $F + F_1$, esta F_1 surge de la inercia producto de la primera y segunda ley de Newton y en efecto implica que el conductor deba ejercer más fuerza; por lo tanto, se alarga la frenada de manera proporcional al tiempo que tarda el conductor en incrementar la fuerza para frenar. Sin embargo, cuando se produce el bloqueo de las llantas el vehículo ya no se verá influenciado por este efecto, puesto que todo esto pasó antes del bloqueo. A partir de ese momento la fuerza sobre el pedal es máxima y el comportamiento del vehículo no dependerá de su masa, sino de la velocidad con la cual se produce la frenada de emergencia.

La ecuación (7) establece la velocidad al comienzo de la huella, y esto lleva a que surja un interés por establecer cómo era esta velocidad antes de dicho punto. Especialmente cuando el rango de velocidad arrojado por el cálculo del primer modelo es ambiguo para la toma de decisiones judiciales, por ejemplo, cuando la velocidad permitida en la zona de influencia del hecho es de 30 km/h y el cálculo por medio de la huella de frenada, empleando la ecuación (5) arroja valores entre 26 y 34 km/h, en ese caso se analiza las circunstancias propias en la que se produce esta evidencia, la cual es durante un proceso de frenado de emergencia, el cual consiste en el accionar a fondo del freno, luego de percibir un riesgo. Entre la percepción y la acción hay varias etapas, estudiadas por diferentes autores y siempre se puede asumir, bajo estas circunstancias, que la velocidad, un instante antes del punto donde comienza la huella de frenada, siempre es superior al valor calculado con la ecuación (5).

Esto procede científicamente y ha sido estudiado, por ejemplo, para los automóviles por Overgard y Arazaweski, quienes proponen una ecuación empírica para el cálculo de la velocidad antes del inicio de la huella de frenada, esta expresión es:

$$v_i = 0,9Iv_h + 12,3 \quad \text{Ecuación (8)}$$

donde v_i es la velocidad al comienzo del proceso de parada (punto de percepción) y v_h es la velocidad del vehículo al comienzo de la huella. Naturalmente tiene sus restricciones, especialmente, porque solo está demostrada para automóviles, lo cual hace que su uso para otro tipo de vehículos implique solo un manejo orientativo, ya que no existe certeza sobre su aplicabilidad. Sin embargo, también están los modelos teóricos que asumen un comportamiento físico del vehículo antes del punto donde comienza la huella, estableciendo expresiones que consideran variables como el tiempo de reacción del conductor, el tiempo de actuación del dispositivo o el tiempo de respuesta del sistema, entre otras. En contraposición con esto, también es posible asumir un solo tiempo de reacción y sumar a la velocidad calculada con la huella de frenada, una velocidad v' dada por:

$$v' = \frac{1}{2} at^2 \quad \text{Ecuación (9)}$$

donde se considera la aceleración constante y el tiempo t corresponde a un solo tiempo que agrupa cada subtiempo del proceso de percepción, reacción y decisión, respectivamente. En cualquier caso los modelos empleados requieren su verificación, como se ha dicho, así mismo los valores de los parámetros utilizados, deben ser sustentables conforme a las referencias empleadas.

Otros modelos para el cálculo de la velocidad consideran la trayectoria que sigue un cuerpo humano, en el caso de los atropellos, luego de que es impactado por un vehículo y lanzado una cierta distancia. Las consideraciones sobre los modelos dependerán de la procedencia de estos y de los parámetros utilizados. En este caso se pueden hallar modelos empíricos como los propuestos por la SAE, en donde el único dato que se requiere es la distancia total

de lanzamiento d_t , entendiéndose esta como la longitud recorrida por el peatón desde el punto en donde se produce el impacto hasta el punto en donde finalmente queda ubicado luego de ser lanzado hacia delante. Estos modelos distinguen entre lo que se llama “forward projection” y “wrap projection” el primero un lanzamiento con el impacto por encima del centro de masa del peatón y el segundo un impacto por debajo del centro de masa del peatón. Algunos modelos propuestos son:

$$v_{imp} = 11.4 \sqrt{d_t} - 0.4 \quad \text{Ecuación (10)}$$

$$v_{imp} = 12.7 \sqrt{d_t} - 2.6 \quad \text{Ecuación (11)}$$

La ecuación (10) se utiliza para el lanzamiento con el impacto por encima del centro de masa del peatón y la (11) para lanzamientos con el impacto por debajo. Estas consideraciones se realizan a partir de conocer la información sobre la geometría frontal del vehículo y la estatura del peatón.

También se pueden encontrar modelos teóricos validados con datos experimentales, estos consideran más parámetros en su expresión, por lo que se debe prestar más atención en las aproximaciones utilizadas. Por ejemplo está el modelo de las tres fases, en donde se requiere que el vehículo que impacta se encuentre frenando y que el impacto sea frontal. De esta forma, se modelan tres fases, una de impacto, otra de lanzamiento y una de arrastre. La fase de impacto va desde el primer contacto que se presenta desde la parte más saliente del vehículo hasta que este, luego de caer sobre el capó, es lanzado hacia adelante. En esta fase se hace una importante aproximación que implica que la velocidad a la cual sale despedido el peatón es la misma que la velocidad a la cual transita el vehículo. Durante esta fase se recorre una distancia de contacto que matemáticamente se expresa así: $d_{con} = v_{imp} - 4.9\mu_v t_c^2$ donde v_{imp} es la velocidad de impacto, μ_v es el coeficiente de fricción entre el vehículo y la vía y es el tiempo t_c que duró el contacto entre el vehículo y el peatón. Como se puede observar este último parámetro es el

más difícil de aproximar, ya que se trata de un tiempo menor a un segundo, el cual deberá ser tomado de resultados experimentales.

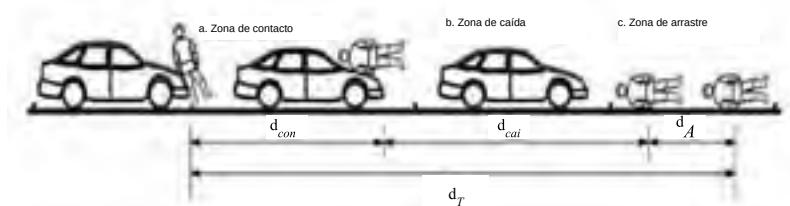
La segunda fase se recorre una distancia de caída o de vuelo, aquí la velocidad inicial $v_{cái}$ será la misma velocidad final de la zona de contacto y la longitud durante esa zona recorrida, para un movimiento rectilíneo uniforme horizontal, será: $d_{cái} = V_{cái} t_{cái}$ donde la parte derecha de la ecuación son la velocidad y el tiempo de caída respectivamente. Por otra parte del movimiento vertical, de esta fase de caída se puede describir como una caída libre desde una altura h correspondiente al centro de masa, así:

$$h = \frac{1}{2} gt^2_{cái} \quad \text{que al definir el tiempo de caída como } t_{cái} = \sqrt{\frac{2h}{g}}$$

y sabiendo que $v_{cái} = v_{imp} - \mu_v g t_c$ se puede deducir la expresión de la distancia de caída dada por: $d_{cái} = (v_{imp} - \mu_v g t_c) \sqrt{\frac{2h}{g}}$

En la tercera fase, llamada fase de arrastre, se modela la distancia de arrastre, tal como se vio al comienzo del capítulo, donde se utiliza la conservación de la energía, para hallar la distancia de arrastre

$$d_a = \frac{v_{cái}^2}{2\mu_p} \quad \text{donde } \mu_p \text{ es el coeficiente de fricción entre la persona y el piso, ya que en esta última fase se presenta un arrastre sobre la vía, deviniendo esta distancia de un arreglo diferente de la ecuación (5).}$$



Con estas tres distancias se completa la descripción matemática de las tres fases, lo que continúa en el modelo es hacer la suma y hallar la dependencia de la distancia de lanzamiento de la velocidad de impacto, esto ya está hecho y validado, el resultado es:

$$v_{imp} = \mu_v g t_c + \mu_p g \sqrt{\left(t_c + \frac{2h}{g}\right)^2 - \frac{\mu_v t_c^2}{\mu_p} + \frac{2d_r}{\mu_p g}} - \mu_p g \left(t_c + \sqrt{\frac{2h}{g}}\right)$$

Ecuación (12)

Que corresponde con la expresión teórica para el cálculo de la velocidad de impacto de un vehículo en un atropello frontal, donde además de depender de la distancia total de lanzamiento d_r , también depende de otras variables que no son tan sencillas de medir, por esto la validación del modelo físico con datos experimentales es fundamental, para conocer en qué casos aplica el modelo. En este caso, por ejemplo, el modelo está validado para la menor incertidumbre realizando el cálculo dentro de los siguientes intervalos: μ_v entre 0,4 y 0,8; μ_p entre 0,6 y t_c ; 1. entre 0,4 y 0,8s y h entre 0,84 y 1,12 m, esto garantiza dos resultados que corresponden a los dos extremos de la probabilidad del valor real.

En general la reconstrucción objetiva de un accidente de tránsito requiere ganar habilidad en el manejo de modelos físicos, haciendo las consideraciones hechas en los casos anteriores. Aunque, esto no es suficiente, ya que los resultados, no son utilizados como ensayos de laboratorio o ejercicio de salón de clase. En este caso el físico forense adquiere una responsabilidad penal con el concepto que emite, siendo que detrás de cada afirmación se pone en juego la libertad de las personas y la oportunidad de resarcir justamente a las víctimas.

La reconstrucción analítica del accidente de tránsito, puede modelar un escenario hipotético en el que se plantean y se resuelven interrogantes a la luz de las normas legales, por ejemplo, luego de determinar que un atropello sucedió a una velocidad de 40 km/h en una zona cuyo límite era de 30 km/h, cabe hacerse la pregunta

¿habría sucedido el accidente de igual forma, si el vehículo se hubiese estado desplazando por debajo del límite de velocidad en la zona? Una respuesta afirmativa indicaría que el accidente era inevitable aún a una velocidad dentro del límite establecido, luego la causa del accidente se desligaría de la velocidad y se podrían explorar otras alternativas en la ocurrencia del hecho, como que haya sido el peatón quien salió intempestivamente en la trayectoria del vehículo y su conductor no podía hacer nada para detenerse, aun transitando a 30 km/h.

Un concepto de reconstrucción de accidente que incluye la evitabilidad del hecho, debe abordar este estudio con suma cautela, ya que la evitabilidad se desarrolla dentro de un marco creado artificialmente, en el que se suponen condiciones iniciales de tiempo y de espacio, para los implicados en el accidente. Se habla de evitabilidad espacial, cuando se resuelve, por ejemplo preguntas del tipo: Qué habría pasado si el conductor del vehículo, en lugar de percibir al peatón a 10 metros, lo hubiera percibido a 15?, ¿qué distancia requería el vehículo para detenerse sin impactar al peatón? Y se habla de evitabilidad temporal cuando se resuelven preguntas del tipo ¿cuánto tiempo requería el conductor para detenerse? ¿Cuánto tiempo gastó el peatón en llegar a la mitad de la calzada? etc.

Los modelos para la evitabilidad son teóricos y su desglose no corresponde al alcance de este libro, sin embargo una idea general, de la evitabilidad temporal en la que se requiere conocer el tiempo empleado por el conductor de un vehículo desde el punto de percepción hasta la zona de impacto, puede modelarse según la expresión:

$$t_{pr} = \frac{v_h - v_f}{\mu_g} + 1.5 \quad \text{Ecuación (13)}$$

Donde:

t_{pr} : Tiempo empleado por el conductor en detener el vehículo

v_h : Velocidad del vehículo al comienzo de la huella de frenada

v_r : Velocidad límite a la que se produjo el impacto

μ : Coeficiente de fricción 0.5 a 0.7

g : Aceleración de la gravedad: 9.8 m/s²

1.5: Tiempo de reacción del conductor en s

La velocidad v_r se puede determinar utilizando la ecuación (6) al reemplazar l por $1 - 10$, conforme a la zona y velocidad de impacto. Finalmente se puede determinar el tiempo que requeriría el vehículo para detenerse a una velocidad de 30 km/h según:

$$t_{req} = v_{30} / \mu g + 1.5$$

Ecuación (14)

Estos valores se deben comparar para establecer si habiendo el conductor percibido a la persona a 30 km/h, contaba con tiempo suficiente para detenerse. Además deben tener cada consideración, especialmente al considerar los tiempos que pueden ser fácilmente alterados por estados psicológicos asociados o por defectos en los sistemas del vehículo. Como se reitera en todo el capítulo, las aproximaciones que se utilizan deben estar probadas, de preferencia experimentalmente.

En el caso de la evitabilidad espacial, por ejemplo, es posible establecer la distancia requerida por un vehículo, desde el punto de percepción posible, hasta su punto de detención

$$dT = V^2 / 2gd + Vt$$

Ecuación (15)

Donde:

D : Distancia total desde el punto de percepción posible hasta la detención.

d : Longitud del bloqueo de llantas

μ : Coeficiente de fricción entre las llantas y vía

V : Velocidad al comienzo del bloqueo

t : tiempo de percepción

g : aceleración de la gravedad

Evidentemente estos son modelos muy simplificados, pero sirven para ilustrar que se hacen varias consideraciones necesariamente, por ejemplo, cuando se asume que si el conductor del vehículo hubiese estado circulando a menor velocidad, se encontraría en el mismo punto en el que se encontraba cuando ocurrió el accidente. Si se observa con detenimiento, lo más probable es que si se hubiese estado desplazando a menor velocidad, se habría hallado en otro lugar. Sin embargo esta es una restricción que se impone al modelo.

También se asume que el peatón, por ejemplo, en los casos de atropello, se hallaría en el mismo lugar cuando el vehículo se desplazaba a menor velocidad; sin embargo, esto tampoco es así, luego esta sería otra restricción, lo cual muestra que este análisis es bastante sensible, pero que puede ser enmarcado dentro de una lógica en la que algunas condiciones iniciales son aceptadas, de lo contrario los estudios de evitabilidad también tendrían que considerar si yendo a una velocidad superior también se evitaría el accidente, lo cual físicamente tiene solución, pero no es procedente dentro de la realidad que se quiere describir.

Finalmente, cada modelo empleado, experimental o teórico, debe integrarse con el resto de la información y el resto de los modelos empleados. Gran parte de la reconstrucción está centrada en el análisis de daños y lesiones y en la corroboración de la información que arrojan los modelos de valoración cualitativa, con los datos que entregan los modelos teóricos. Todo informe requiere al menos una segunda opinión, la experiencia en la reconstrucción es vital para el éxito de la misma, ya que además del uso de modelos físicos, también se hace uso de un *background* que posee el perito forense en el que la diversidad de casos analizados le ha permitido desarrollar una habilidad especial para identificar dentro de los casos conocidos, dinámicas comunes e influyentes en la accidentalidad vial.



Glosario



Accidente de tránsito: es un “evento generalmente involuntario, generado al menos por un vehículo en movimiento que causa daños a personas y bienes involucrados en él e igualmente afecta la normal circulación de los vehículos que se movilizan por la vía o vías comprendidas en el lugar o dentro de la zona de influencia del hecho” (Art. 2º, Ley 769, 2002).

Actores del tránsito: son considerados actores del tránsito todas las personas que ejercen su derecho a la libre locomoción como peatones, conductores, pasajeros o acompañantes. (Ley 769, 2002).

Actos urgentes: son la inspección en el lugar del hecho, inspección de cadáver, entrevistas e interrogatorios. Además la identificación, recolección y embalaje de los elementos materiales probatorios y evidencia física que se encuentren en el lugar, los cuales se deben fijar fotográfica, topográfica o video gráficamente y documentar todos los pormenores del hecho en los formatos de policía judicial (Art. 205, Ley 906, 2004).

Acompañante: Persona que se transporta en un vehículo automotor o uno no automotor diferente al conductor (Ley 769, 2002).

Conductor: Persona que conduce un vehículo automotor o un vehículo no automotor por una vía (Art. 6º, Ley 769, 2002).

Altimetría: Parte de la topografía que se ocupa de medir las alturas teniendo en cuenta los niveles existentes entre los diferentes puntos de un terreno (Fiscalía General de la Nación, 2005).

Definición de automotores. Se entiende por vehículo automotor todo aparato provisto de un motor propulsor, destinado a circular por el suelo para el transporte de personas o de bienes, incluyendo cualquier elemento montado sobre ruedas que le sea acoplado. No quedan comprendidos dentro de esta definición:

- a) Los vehículos que circulan sobre rieles;
- b) Los vehículos agrícolas e industriales siempre y cuando no circulen por vías o lugares públicos por sus propios medios (Decreto 1032 , 1991).

Modalidades de la conducta punible: Dolo, culpa, preterintención.

Dolo: La conducta es dolosa cuando el agente conoce los hechos constitutivos de la infracción penal y quiere su realización. También será dolosa la conducta cuando la realización de la infracción penal ha sido prevista como probable y su no producción se deja librada al azar.

Culpa: La conducta es culposa cuando el resultado típico es producto de la infracción al deber objetivo de cuidado y el agente debió haberlo previsto por ser previsible, o habiéndolo previsto, confió en poder evitarlo (Art. 23, Ley 599, 2000).

Preterintención: Cuando su resultado, siendo previsible, excede la intención del agente. (Art. 24, Ley 599, 2000).

Vehículo de tracción animal: es un vehículo no motorizado halado o movido por un animal (Art. 2º, Ley 769, 2002).

Criminalística: Es una disciplina que consiste en el estudio de los indicios de un hecho criminal con el fin de determinar todos los datos posibles relativos a la víctima o a las circunstancias del crimen, empleando para ello diferentes ciencias o técnicas aprobadas por la comunidad científica.

Bicicleta: Vehículo no motorizado de dos (2) o más ruedas en línea, el cual se desplaza por el esfuerzo de su conductor accionando por medio de pedales. (Art. 2º, Ley 769, 2002).

Ciclista: Conductor de bicicleta o triciclo. Estas definiciones nos aclaran que las bicicletas son catalogadas por nuestra normatividad, como vehículos no motorizados de impulsión humana, que

funcionan con pedales y quienes las maniobran son considerados conductores, concepto que debe ser muy claro a la hora de conocer e investigar un accidente de tránsito (Art. 2°, Ley 769, 2002).

EMP y EF: Elemento material probatorio o evidencia física.

Flagrancia: Se entiende que hay flagrancia cuando:

1. La persona es sorprendida y aprehendida durante la comisión del delito.
2. La persona es sorprendida o individualizada durante la comisión del delito y aprehendida inmediatamente después por persecución o cuando fuere señalado por la víctima u otra persona como autor o cómplice del delito inmediatamente después de su perpetración.
3. La persona es sorprendida y capturada con objetos, instrumentos o huellas, de los cuales aparezca fundadamente que acaba de cometer un delito o de haber participado en él.
4. La persona es sorprendida o individualizada en la comisión de un delito en un sitio abierto al público a través de la grabación de un dispositivo de video y aprehendida inmediatamente después. La misma regla operará si la grabación del dispositivo de video se realiza en un lugar privado con consentimiento de la persona o personas que residan en el mismo.
5. La persona se encuentre en un vehículo utilizado momentos antes para huir del lugar de la comisión de un delito, salvo que aparezca fundadamente que el sujeto no tenga conocimiento de la conducta punible (Art. 301, Ley 906, 2004, modificado Ley 1453 de 2011).

Atropello: Accidente donde un peatón es objeto de un impacto por un vehículo (Ley 769, 2002).

Caída de ocupante: Se refiere a la caída de un conductor, acompañante o pasajero desde un vehículo hacia el exterior, interior o dentro del mismo; cerciorándose que la caída no sea por efecto de un choque o volcamiento (Resolución 0011268, 2012).

Choque o colisión: es el encuentro violento entre dos (2) o más vehículos o entre vehículo y un objeto fijo (Art. 2°, Ley 769, 2002).

Coeficiente de fricción (μ): Es una medida adimensional que expresa el valor en unidades de la resistencia entre superficies en contacto. Este coeficiente puede ser dinámico o estático. Matemáticamente es la relación entre la fuerza de fricción y la normal.

Distancia de frenado (df): Es la distancia recorrida por el vehículo durante la acción efectiva de frenado (Resolución 0011268, 2012).

Huella de aceleración: Se produce por el patinaje de la llanta por tracción del vehículo sobre superficies con elevada capacidad de adherencia, apreciándose en algunas ocasiones, restos de materiales lanzados en sentido contrario a la marcha del vehículo. Estas huellas serán marcadas únicamente por las llantas de tracción, estas comienzan oscuras y luego se van aclarando. También posee estrías longitudinales (Sánchez, 2009).

Huella de derrape: La huella de derrape es provocada por una rueda que se mantiene rodando, pero que al mismo tiempo desliza lateralmente. Presenta la particularidad de que las estrías no siguen el sentido longitudinal de la huella, su ancho puede ser variable en relación con las dimensiones del neumático (Sánchez, 2009).

Huella de frenado: Son marcas dejadas por los neumáticos del vehículo sobre la vía que se producen por una acción de frenado a fondo debido al bloqueo de las llantas, estas huellas están compuestas de un estriado longitudinal que reproduce el diseño de fabricación de la llanta, su ancho permanece constante.

Huella de paso o rodadura: Producida por una rueda sin bloqueo, apreciable en superficies blandas como tierra, barro, gravilla, entre otros, o por aquellas superficies que se deforman al sobrepaso de un vehículo, dejando marcado el dibujo de la banda de rodadura. Igualmente se pueden observar sobre superficies duras siempre y cuando exista humedad entre las dos superficies.

Huellas de arrastre metálico: son marcas dejadas sobre la vía por el deslizamiento de algún componente metálico del vehículo (Sánchez, 2009).

Clase de accidente incendio: Se refiere a aquellos casos en el que el vehículo se incendia sin que exista accidente previo (Resolución 0011268, 2012).

Lugar de los hechos: Espacio físico abierto o cerrado, mueble o inmueble donde ocurrió un hecho que se presume es delito, el cual se debe perpetuar valiéndonos de métodos que registren lo que allí sucedió, para que más adelante el investigador pueda retomar el análisis haciéndose una idea de lo ocurrido a pesar de no haber visto directamente el lugar. Con el término “fijación” del lugar de los hechos, se refiere a la forma de conservar una escena para su posterior observación. Según los recursos disponibles que empleen video, fotografías, moldes, planos, dibujos, bosquejos proporcionados y con medidas horizontales y verticales.

Pasajero: Persona que se transporta en un vehículo automotor o un vehículo no automotor y paga por este servicio (Art. 2°, Ley 769, 2002).

Peatón: Persona que transita a pie por una vía (Art. 2°, Ley 769, 2002).

Pendiente: Una pendiente es un declive del terreno y la inclinación, respecto a la horizontal, de una vertiente.

Peralte: Se denomina peralte a la pendiente transversal que se da en las curvas de una vía con el fin de proporcionar una componente centrípeta.

Planimetría: es la parte de la topografía que estudia el conjunto de métodos y procedimientos que tienden a conseguir la representación a escala de todos los detalles interesantes del terreno sobre una superficie plana, prescindiendo de su relieve y la altitud para lograr una representación en una dirección horizontal.

Primer responsable: Es el particular o el servidor público que por razón de su trabajo o por el cumplimiento de las funciones propias de su cargo entran en contacto con EMP y EF y que por tanto son responsables por su recolección, preservación y entrega a la autoridad competente. Esta Función también será ejercida por los integrantes de la Policía Nacional de la especialidad de vigilancia,

quienes serán los encargados de custodiar el lugar en donde se presentó un acto delictivo (Fiscalía General de la Nación, 2016).

Policía judicial: Por policía judicial se entiende la función que cumplen las entidades del Estado para apoyar la investigación penal y, en el ejercicio de las mismas, dependen funcionalmente del Fiscal General de la Nación y sus delegados (Ley 906, 2004).

Vehículo: Se define como “todo aparato montado sobre ruedas que permite el transporte de personas, animales o cosas de un punto a otro por una vía terrestre pública o privada abierta al público” (Art. 2°, Ley 769, 2002).

Los vehículos se pueden clasificar en automotores y no automotores así:

Vehículos Automotores: Es todo aparato provisto de un motor propulsor, destinado a circular por el suelo, que sirve para el transporte de personas o de bienes, incluye a cualquier elemento montado sobre ruedas que se le acople un motor y excluye a los que transitan sobre rieles (trenes y semejantes), agrícolas e industriales siempre y cuando no circulen por las vías de uso público, entonces en el momento que un vehículo agrícola transite por sus propios medios por una vía pública se convierte en vehículo automotor, debiendo portar los documentos obligatorios. Incluyen todas las fuentes móviles motorizadas, motocicletas, automóviles, buses, camiones, tracto camiones etc. con autorización para circular por vías públicas o privadas (Decreto 1032 , 1991).

Topografía: Es la ciencia que permite la representación gráfica de las características artificiales y naturales de un lugar utilizando la planimetría y altimetría (Fiscalía General de la Nación, 2005).

Topografía judicial: Aplicación de la topografía convencional en el ámbito judicial (Fiscalía General de la Nación, 2005).

Triangulación: Método aplicado en levantamientos topográficos consistente en fijar un punto a partir de dos ya conocidos, conociendo como mínimo dos distancias para obtener una tercera (Fiscalía General de la Nación, 2005).

Referencias bibliográficas



Amrit Toor, Michael Araszewski, Ravinder Johal, Robert Overgaard and Andrew Happer, (2002). "Revisión and Validation of Vehicle/Pedestrian Collision Analysis Method" INTECH Engineering Ltd. SAE 2002-01-0550,

Congreso de la República de Colombia. Secretaría del Senado. Ley 769. (6 de Agosto de 2002). Código Nacional de Tránsito Terrestre. Bogotá, Colombia.

Congreso Nacional de la República de Colombia. Secretaría del Senado. Ley 906. (31 de agosto de 2004). Código de Procedimiento Penal Colombiano. Bogotá, Colombia. Culturizando. (6 de 11 de 2016). Obtenido de culturizando.com: <http://culturizando.com/la-historia-de-la-fotografia/>

Congreso Nacional de la República de Colombia. Secretaría del Senado. Ley 599. (24 de julio de 2000). Por la cual se expide el Código Penal. Bogotá, Colombia.

Damask Arthur C. (s. f.) "Forensic Physics of Vehicle Accidents", Accident Reconstruction Journal Volume 3, SIX 1991 ISSUES, pag 24, July/August.

Decreto 1032. (18 de abril de 1991). Por el cual se regula integralmente el seguro obligatorio de daños corporales en accidentes de tránsito. Decreto 1032 de 1991. Bogotá, Colombia: Ministerio de Hacienda y Crédito Público.

ESEVI (2012). "Determinación del coeficiente de fricción en vehículos ligeros teniendo en cuenta las variables físicas de las vías colombianas". Investigación Institucional. Bogotá: PONAL.

ESEVI (2014). "Determinación del coeficiente de fricción de vehículos en asfalto a distintas alturas sobre el nivel del mar". Investigación Institucional ESEVI Bogotá: PONAL.

ESEVI (2015). "Determinación del Coeficiente de Fricción entre Vehículos Automotores y Superficies de Rodadura a Diferentes Alturas sobre el Nivel del Mar". Investigación Institucional ESEVI Bogotá: Dirección Nacional de Escuelas.

Fiscalía General de la Nación. (2 de enero de 2005). Inspección al lugar de los hechos y/o al cadáver. Actuaciones de Policía Judicial en la Indagación e Investigación. Bogotá, Colombia.

Fiscalía General de la Nación. (2 de febrero de 2005). Actuaciones de Policía Judicial en la Indagación e Investigación Fijación Topográfica. Fijación Topográfica. Bogotá, Colombia: Fiscalía General de la Nación.

Fiscalía General de la Nación. (2 de febrero de 2005). Documentación fotográfica. Bogotá, Colombia.

Fiscalía General de la Nación. (2005). Actuación del servidor de policía judicial asignado para la coordinación de la diligencia. Bogotá: Fiscalía General de la Nación.

Fiscalía General de la Nación. (2005). Protección, preservación y entrega del lugar de los hechos. Bogotá.

Fiscalía General de la Nación. (2016). Manual de Procedimientos para la Cadena de Custodia. Bogotá, Colombia.

Franck Harold y Franck Darren (2010) Mathematical methods for accident reconstruction, a forensic engineering perspective, CRC Press, United States, ISBN978-1-4200-8897-7.

Fuentes, J.L., Cabellos, M.I., Rojas, J.W. (2006). Validación de la prueba de distancia de lanzamiento para la reconstrucción analítica de la colisión automóvil-peatón, Revista Científica del Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses. Volumen 19 (1) (diciembre). ISSN: 0120-0097.

Fuentes, J.L., Rojas, J.W., Delgado M.C. (2008). Aproximación a un modelo de rodadura complementario en la reconstrucción analítica de accidentes vehículo-peatón Revista científica del Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses, Volumen 20, No. 3 diciembre de, ISSN: 01200097.

Inhawan Han, Raymond M. Brach (s. f.) "Throw Model for Frontal Pedestrian Collisions" SAE 2001-01-0898.

Ministerio de Transporte (26 de julio de 2010). Resolución 3027. Por la cual se actualiza la codificación de las infracciones de tránsito, de conformidad con lo establecido en la Ley 1383 de 2010, se adopta el Manual de Infracciones y se dictan otras disposiciones. Bogotá, Colombia.

Ministerio de Transporte. Resolución 0011268. (6 de diciembre de 2012). Por medio de la cual se adopta el nuevo informe policial de accidente de tránsito. Manual para el diligenciamiento del Informe Policial de Accidente de Tránsito. Bogotá, Colombia.

Noon, Randall K. (1994). Engineering Analysis of Vehicular Accidents CRC.

Overgaard, R. Johal, R. Araszewski M. y A Toor, "Relationships Between Pre-Skidding and Pre-Braking Speed", SAE 2001-01-1281.

Overgaard, R. R. Johal, M. Araszewski y A Toor (s. f.). "Relationships Between Pre-Skidding and Pre-Braking Speed", SAE 2001-01-1281.

Policía Nacional de Colombia. (1) de octubre de 2008). Módulo investigación de accidentes de tránsito. Bogotá, Colombia.

Rodríguez, Pablo Luque, Daniel Álvarez Mántaras (2007). Investigación de accidentes de tránsito, manual de reconstrucción NetbibloEspaña, ISBN 978-84-9745-173-4

Rudolf Limpert (1999). Motor vehicle accident reconstruction and cause analysis. Lexis Publishing, Charlottesville, Virginia.

Sánchez, E. V. (10 de abril de 2009). Análisis de huellas en accidentes de tránsito. Obtenido de Análisis de Huellas en Accidentes de Tránsito: <http://xn-analisisdehuellasdefrenado-dlc.blogspot.com.co/>

Severy, Derwyn M. Harrison M. Brink, and David M. Blaisedell. "Motorcycle Collision Experiments" SAE 700897.

Simms, C K D P Wood and D G Walsh (2004). "Confidence Limits for Impact Speed Estimation from Pedestrian Projection Distance" IJCrash vol. 9 2 (219-228).

Terry D. Day, Smith R. Jay. (s. f.) Friction Factors for Motorcycles Sliding on Various Surfaces. Society of Automotive Engineers document number: SAE 840250.

- Warner C., Smith. G, James M., Germane G. (s. f.) Friction Applications in Accident Reconstruction. Society of Automotive Engineers document number: SAE 830612.
- Wood, Denis P. (1995). Determination of Speed From Pedestrian Throw", Forensic Accident Investigation Volume 1, Thomas L. Bohan, Arthur C. Damask, pág. 75, Ph.D., P.E. "
- Yang, Jikuang, Yao, Jianfeng (s. f.). "Correlation of Different Impact Conditions to the Injury Severity of Pedestrian in Real World Accidents", Chalmers University of Technology, Sweden Hannover Medical University, Germany Paper No. 05-0352.

Libros

- Baird (1991) "Experimentación, una introducción a la teoría de mediciones y al diseño de experimentos". México: Universidad Autónoma. ISBN0-13-295338-2.
- Dirección General de Tráfico de España (1991) "Investigación de accidentes de tráfico" España, Gráficas Lormo, Madrid.
- Luque y Álvarez (2007) "Investigación de accidentes de tráfico, manual de reconstrucción" España, Netbiblo editores.

Artículos

- Cenek, Jamieson y McLarin (2001) "Frictional Characteristics of RoadSide Grass Types" Opus International, central Laboratories, Gracefield, New Zeland.
- Frickeand y Baker (1990) "Traffic Accident Investigation Manual" USA, Northwestern University Traffic Institute, Illinois 60204 Library of Congress Catalog Number 90-60196.
- Jackson (2012) "Vehicle Dynamics – Adjusting Drag Factors for Special Circumstances" Brasil, Institute of Police Technology and Management, VIII National Seminar on Traffic Crash Accidents. Recuperado de: <http://www.asbac-ba.org/publicacoes/Vehicle%20Dynamics%20-%20Adjusting%20Drag%20Factors%20Brazil%202012.pdf>
- Vargas, Solminihac y Echaveguren (2009) "Modelación de la demanda de fricción en el frenado en alineamientos rectos" Chile, Universidad del Bío Bío, Universidad Católica y Universidad de Concepción. Recuperado de: <http://www.sochitran.cl/wp-content/uploads/Acta-2009-01-31.pdf>

Cibergrafía

- Escuela Superior Politécnica de Chimborazo Geotecnia "Composición del suelo". Recuperado de: <http://www.academia.edu/7152817/Arcillas> <http://apuntesingenierocivil.blogspot.com.co/2010/10/composicion-mineralogica-del-suelo.html>, http://www.ingenierocivilinfo.com/2010/01/composicion-mineralogica-del-suelo_03.html consultado el 2015/06/22
- Jiménez "Composición del concreto". Recuperado de: <http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/sedes/manizales/4080020/Lecciones/Capitulo%203/COMPOSICION%20DEL%20CONCRETO%20SIMPLE.htm>, consultado el 2015/06/15
- University of California Agriculture and Natural Resources. "Statewide integrated pest management program". Tomado de: http://www.ipm.ucdavis.edu/greenbulletin/Turfgrass_Species_Spanish.pdf