



UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS



CARTA DE AUTORIZACIÓN

CÓDIGO

AP-BIB-FO-06

VERSIÓN

1

VIGENCIA

2014

PÁGINA

1 de 2

Neiva, 28 de julio de 2021

Señores

CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA

Ciudad

El suscrito:

Tatiana Andrea Gonzalez Walles, con C.C. No. 1.013.679.238,

Autor de la tesis y/o trabajo de grado

Titulado **PERITAZGO FÍSICO DE ACCIDENTES DE TRANSITO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA.**

presentado y aprobado en el año 2021 como requisito para optar al título de

FISICA ;

Autorizo (amos) al CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN de la Universidad Surcolombiana para que, con fines académicos, muestre al país y el exterior la producción intelectual de la Universidad Surcolombiana, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera:

- Los usuarios puedan consultar el contenido de este trabajo de grado en los sitios web que administra la Universidad, en bases de datos, repositorio digital, catálogos y en otros sitios web, redes y sistemas de información nacionales e internacionales “open access” y en las redes de información con las cuales tenga convenio la Institución.
- Permita la consulta, la reproducción y préstamo a los usuarios interesados en el contenido de este trabajo, para todos los usos que tengan finalidad académica, ya sea en formato Cd-Rom o digital desde internet, intranet, etc., y en general para cualquier formato conocido o por conocer, dentro de los términos establecidos en la Ley 23 de 1982, Ley 44 de 1993, Decisión Andina 351 de 1993, Decreto 460 de 1995 y demás normas generales sobre la materia.
- Continúo conservando los correspondientes derechos sin modificación o restricción alguna; puesto que, de acuerdo con la legislación colombiana aplicable, el presente es un acuerdo jurídico que en ningún caso conlleva la enajenación del derecho de autor y sus conexos.

Vigilada Mineducación

La versión vigente y controlada de este documento, solo podrá ser consultada a través del sitio web Institucional www.usco.edu.co, link Sistema Gestión de Calidad. La copia o impresión diferente a la publicada, será considerada como documento no controlado y su uso indebido no es de responsabilidad de la Universidad Surcolombiana.



**UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS**



CARTA DE AUTORIZACIÓN

CÓDIGO

AP-BIB-FO-06

VERSIÓN

1

VIGENCIA

2014

PÁGINA

2 de 2

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, "Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores" , los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.

EL AUTOR/ESTUDIANTE: Tatiana Andrea Gonzalez Walles

Firma:

Vigilada Mineducación

La versión vigente y controlada de este documento, solo podrá ser consultada a través del sitio web Institucional www.usco.edu.co, link Sistema Gestión de Calidad. La copia o impresión diferente a la publicada, será considerada como documento no controlado y su uso indebido no es de responsabilidad de la Universidad Surcolombiana.



**UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS**



DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO

CÓDIGO	AP-BIB-FO-07	VERSIÓN	1	VIGENCIA	2014	PÁGINA	1 de 5
---------------	---------------------	----------------	----------	-----------------	-------------	---------------	---------------

TÍTULO COMPLETO DEL TRABAJO: PERITAZGO FÍSICO DE ACCIDENTES DE TRANSITO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA.

AUTOR O AUTORES:

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
Gonzalez Walles	Tatiana Andrea

DIRECTOR Y CODIRECTOR TESIS:

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
Cristancho Fierro	José Miguel

ASESOR (ES):

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre

PARA OPTAR AL TÍTULO DE: Físico

FACULTAD: Ciencias Exactas y Naturales.

PROGRAMA O POSGRADO: Programa Física

CIUDAD: Neiva

AÑO DE PRESENTACIÓN: 2021

NÚMERO DE PÁGINAS: 48

Vigilada Mineducación

La versión vigente y controlada de este documento, solo podrá ser consultada a través del sitio web Institucional www.usco.edu.co, link Sistema Gestión de Calidad. La copia o impresión diferente a la publicada, será considerada como documento no controlado y su uso indebido no es de responsabilidad de la Universidad Surcolombiana.



SC 7384-1 SA-CERE 987526 OS-CER 997555

CÓDIGO	AP-BIB-FO-07	VERSIÓN	1	VIGENCIA	2014	PÁGINA	2 de 5
---------------	---------------------	----------------	----------	-----------------	-------------	---------------	---------------

TIPO DE ILUSTRACIONES (Marcar con una X):

Diagramas X Fotografías x Grabaciones en discos___ Ilustraciones en general x Grabados___
Láminas___ Litografías___ Mapas x Música impresa___ Planos x Retratos___ Sin ilustraciones___
Tablas o Cuadros x

SOFTWARE requerido y/o especializado para la lectura del documento:

No

MATERIAL ANEXO:

No

PREMIO O DISTINCIÓN (En caso de ser LAUREADAS o Meritoria):

PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS:

	<u>Español</u>	<u>Inglés</u>		<u>Español</u>	<u>Inglés</u>
1.	<u>Velocidad</u>	<u>Speed</u>	6.	<u>Ecuaciones</u>	<u>Equations</u>
2.	<u>Reconstrucción</u>	<u>Reconstruction</u>	7.	<u>Choque</u>	<u>Shock</u>
3.	<u>Siniestro</u>	<u>Sinister</u>	8.	<u>Movimiento</u>	<u>Movement</u>
4.	<u>Desaceleración</u>	<u>Deceleration</u>	9.	<u>Rozamiento</u>	<u>Friction</u>
5.	<u>Colisión</u>	<u>Collision</u>	10.	<u>Vehículo</u>	<u>Vehicle</u>



RESUMEN DEL CONTENIDO: (Máximo 250 palabras)

Los accidentes de tránsito son un suceso inesperado que se produce como consecuencia de la circulación de vehículos por una vía pública, causando muertes, lesiones o daños materiales.

Una de las causas principales de los accidentes de tránsito es la velocidad; En algunas ocasiones por ser excesiva y en otras por ser incorrecta en ciertas zonas. Por ello en la reconstrucción de accidentes de tránsito es importante realizar un cálculo de la velocidad para saber que velocidad llevaban los vehículos implicados.

Para tal motivo, los entes judiciales del departamento del Huila enviaron al semillero de investigación “Accidentología” una solicitud para establecer los factores cinemáticos (velocidad, tiempo, espacio) evidenciados en accidentes de tránsito según su requerimiento. Por lo anterior, Se estableció la velocidad de algunos actores viales en ciertos siniestros según la exigencia.

En el presente trabajo encontraran una breve descripción de cada uno de los 7 Peritazgo físicos de accidentes de tránsito entregados, analizados y presentados a las autoridades solicitantes. De los 7 informes de accidente de tránsito expuestos, se presentarán 6 de forma resumida y uno de forma extensa; En ellos se evidencia el análisis físico.

Cada uno de los casos analizados tiene su propia complejidad; por lo tanto dependiendo de las evidencias encontradas y suministradas por parte de los agentes de tránsito y la visita realizada al lugar, se hace un análisis de la posible dinámica del accidente vial; luego, aplicando los conceptos físicos se elaboran los cálculos, se realiza el informe que es presentado a dicha entidad.



CÓDIGO	AP-BIB-FO-07	VERSIÓN	1	VIGENCIA	2014	PÁGINA	4 de 5
---------------	---------------------	----------------	----------	-----------------	-------------	---------------	---------------

ABSTRACT: (Máximo 250 palabras)

Traffic accidents are an unexpected event that occurs as a result of the movement of vehicles on a public road, causing deaths, injuries or material damage.

One of the main causes of traffic accidents is speed; Sometimes it is excessive and sometimes it is incorrect in certain areas.

For this reason, in the reconstruction of traffic accidents it is important to get a speed calculation to know how fast the vehicles involved were.

By this motive, the judicial entities of department Huila sent a request to the "Accidentology" research hotbed to establish the kinematic factors (speed, time, and space) evidenced in traffic accidents according to their requirements.

Therefore, the speed of some road actors in was established according to the requirement.

In this paper you will find a brief description of each of the 7 physical expert reports of traffic accidents delivered, analyzed and presented to the requesting authorities.

Between the seven traffic accident reports exposed, 6 will be presented in a summarized way and one in an extensive way; In them the physical analysis is evidenced.

Each of the cases analyzed has its own complexity; Therefore, depending on the evidence found and supplied by the traffic agents and the visit made to the place,

we did an analysis is made of the possible dynamics of the road accident; then, applying the physical concepts, the calculations are made, the report that is presented to said entity is made.



SC 7384-1 SA-CERE 987526 OS-CER 997555

CÓDIGO	AP-BIB-FO-07	VERSIÓN	1	VIGENCIA	2014	PÁGINA	5 de 5
---------------	---------------------	----------------	----------	-----------------	-------------	---------------	---------------

APROBACION DE LA TESIS

Nombre Presidente Jurado: Gonzalo Edgardo Pedraza Guerrero.

Firma:

Nombre Jurado: Daniel Suescun Díaz

Firma:

Nombre Jurado: Carlos Eduardo Cuellar Santanilla.

Firma:

FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES
PROGRAMA DE FÍSICA.

ACTA DE SUSTENTACIÓN TESIS DE GRADO

Ante el jurado evaluador, y Jefe de Programa, con participación de estudiantes, docentes e invitados, se hizo presente en la sala virtual SUSTENTACION DE TRABAJO DE GRADO – VIRTUAL <https://meet.google.com/kcs-ggwk-wii>, el día veintisiete (27) del mes de julio del 2021, a las 10:00 a.m, la estudiante Tatiana Andrea González Walles, identificada con la cédula de ciudadanía No. 1013679238 y Código 20151133299, con el propósito de presentar y sustentar el trabajo de grado: " *Perítazgo Físico de Accidentes de Tránsito en el Departamento del Huila*", bajo la dirección del profesor PhD. José Miguel Cristancho Fierro, presente en la sustentación. Actuaron como Jurados, los profesores, Daniel Suescun Díaz y Carlos Eduardo Cuéllar Santanilla, docentes adscritos al Departamento de Ciencias Naturales de la Universidad Surcolombiana.

La estudiante presentó una ilustración ante el Comité evaluador y asistentes, sobre la actividad realizada en este proyecto de grado y, entre otros, sobre los siguientes aspectos: Introducción, Planteamiento del Problema, Pregunta de Investigación, Área de Estudio, Objetivo General, Marco Teórico, Metodología, Resultados y Conclusiones.

Los jurados y asistentes realizaron preguntas a la Tesista, las cuales respondió satisfactoriamente y el jurado otorgó al trabajo de grado la calificación de Aprobado.

El Profesor Gonzalo Edgardo Pedraza actuó como Jefe de Programa para esta ocasión a solicitud del Profesor José Miguel Cristancho Fierro, como consta en el memorando 058 del Programa de Física.



CARLOS CUELLAR SANTANILLA
Jurado



DANIEL SUESCUN DÍAZ
Jurado



GONZALO EDGARDO PEDRAZA
Jefe de Programa - Encargado

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA

FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES

PROGRAMA DE FISICA

PERITAZGO FÍSICO DE ACCIDENTES DE TRANSITO

EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA

ALUMNA:

TATIANA ANDREA GONZALEZ WALLES

DIRECTOR DE TRABAJO

JOSE MIGUEL CRISTANCHO FIERRO

NEIVA- HUILA

JULIO DEL 2021

INDICE

Página

1. INTRODUCCION	3.
2. MOTIVACION	4.
3. CONTENIDO	5.
3.1. Casos resumidos	
3.1.1 Caso 1. Choque de motocicleta contra camioneta.....	6.
3.1.2 Caso 2. Choque con objeto fijo.	9.
3.1.3 Caso 3. Choque por alcance camioneta y motocicleta.	13.
3.1.4 Caso 4. Choque entre camión y motocicleta.	16.
3.1.5 Caso 6. Atropello entre automóvil y peatón.	21.
3.1.6 Caso 7. Atropello entre motocicleta y peatón.	26.
3.2. Casos extensos	
3.2.1 Caso 5. Choque entre motocicleta con volcamiento lateral.	29.
4. CONCLUSIÓN.....	45.
5. AGRADECIMIENTOS.....	46.
6. REFERENCIAS.	48.

1. INTRODUCCION

El informe es la fase final del Trabajo de grado aprobado por el consejo de programa y revisado por los profesores Daniel Suescún y Carlos Cuellar, quienes actúan como jurados.

En él se mostrará una breve descripción de 7 informes de casos de accidentes de tránsito, proporcionados por las autoridades, casos que fueron analizados, por el semillero de investigación “Accidentología”, los cuales fueron presentados bajo los protocolos establecidos para presentación de informe de este tipo ante los organismos judiciales. Aquí se presentan los casos en forma similar a lo efectuado en medicina cuando se tratan **CASOS PATOLOGICOS CLÍNICOS o CPC**, aquí se llaman **CASOS ESPECIALES DE ESTUDIO o CEE**.

Por otra parte, por el hecho de ser casos que están siendo juzgados se omitirán nombres e identificación de las personas, y demás datos personales. Al ser un informe presentado y radicado frente a una entidad judicial, su contenido no puede ser modificado.

En consecuencia, se realizará un esbozo general de los casos tratados, teniendo en cuenta los aspectos físicos relacionados en cada uno de ellos.

2. MOTIVACION

Este trabajo de grado se realizó de la mano del semillero de investigación de Accidentología, tomando como motivación la carencia de físicos en el área de la investigación de accidentes de tránsito en el departamento del Huila. Siendo esta, una oportunidad para abrir puertas hacia la vinculación de Físicos a esta labor en las diferentes entidades del estado y empresas privadas.

Una motivación para dar este enfoque de investigación aplicada a la física, fue gracias al autor Víctor Antonio Irureta con su libro **“seguridad vial en serio- Menos opiniones y más ciencia”**; el cual mostró en sus páginas, la importancia de aplicar los conocimientos físicos para buscar un mayor acercamiento a la realidad del hecho estudiado.

Los estudios físicos aplicados a la reconstrucción de siniestros viales se fundamentan en trabajos objetivos tomando como soporte, factores medibles; determinando velocidades, trayectorias y posibles sitios de impacto de los vehículos implicados; si es posible establecer causas del siniestro vial; generando con dichos estudios un apoyo para la toma de decisiones de los entes judiciales.

3. CONTENIDO.

Cada uno de los casos analizados tiene su propia complejidad. Por lo tanto, dependiendo de las evidencias encontradas o suministradas por parte de los agentes de tránsito, y de las halladas en la visita realizada al lugar del siniestro, se hace un análisis de la posible dinámica del accidente; luego, aplicando los conceptos físicos se elaboran cálculos. Se realiza el informe por parte de la alumna, dicho informe es discutido en el grupo y para finalmente ser entregado a las autoridades correspondientes.

El responsable legal en caso necesario de la sustentación en audiencia judicial, es el Director del Semillero de Investigación.

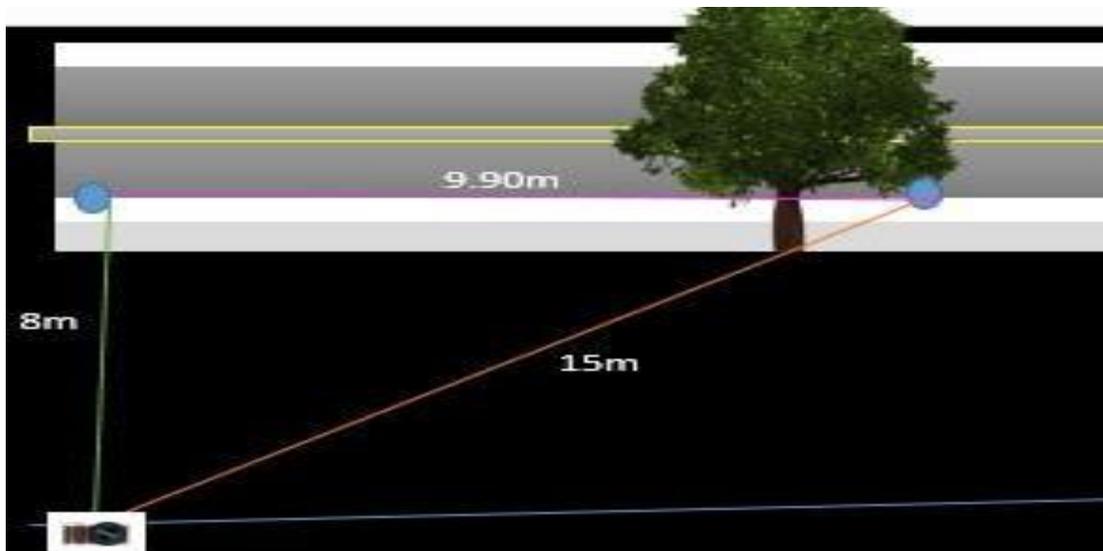


IMAGEN 2: Diseño de la vía con sus respectivas medidas tomadas en la visita al lugar de los hechos.

Inicialmente se planteó que la moto estaba describiendo un arco de curva, pero en la visita al lugar de los hechos se corroboró que la distancia corresponde a un recorrido en una carretera en línea recta; este espacio se observa en la grabación aportada como evidencia en **video 4**, en el que se identifica que corresponde al tiempo entre las horas 20 , minuto 45 con 41 segundo y las horas 20, minuto 45 con segundo 43.

En consecuencia, es un tiempo de **1 segundo (s)** aproximadamente que dura la moto en recorrer la distancia de 9.9 metros hasta cuando se oculta detrás del árbol y es el instante en que se produce el choque en referencia (véase imagen elaborado para esta ocasión).

El accidente se resume de la siguiente manera: Accidente ocurrido en horas de la noche el día 10 de noviembre del 2018, los dos vehículos involucrados viajan sobre la misma vía pero en sentido contrario, generando un choque de la moto con móvil desconocido, la moto rozó el auto en forma lateral impactando contra su carrocería con posterior volcamiento.

FÓRMULAS

Como no se observa variaciones de gran magnitud en la velocidad de la moto, se puede clasificar como una velocidad constante, cuya ecuación es:

$$X = V * t$$

ECUACIÓN 1

Donde;

X: Es la distancia recorrida durante el movimiento

t: Tiempo durante el recorrido.

En medición directa se estableció una distancia de 9.9m y el tiempo medido en la grabación está entre un intervalo de 0.5 s a 1 s. Se determina la velocidad mínima a la que iba la motocicleta porque no se tiene forma de determinar la velocidad perdida en el impacto.

CONCLUSIÓN

La velocidad mínima a la que viajaba la motocicleta está en un intervalo entre 35,64 km/h a 71.27 km/h, que para el lugar de los hechos es menor que la velocidad máxima permitida, la cual es de 90 km/h (según señalización vertical en el trayecto de los hechos). La velocidad del vehículo 2 no se establece porque no hay referencias cuantificables ni huellas en el sitio y éste se dio a la fuga.

3.1.2. ANÁLISIS CÁLCULO DE VELOCIDAD EN CHOQUE CON OBJETO FIJO.

MOTOCICLETA CONTRA ALCANTARILLA. CASO 002.

INFORMACIÓN

Siniestro vial ocurrido el día 31 de enero del 2019, dejando como resultado un muerto y daños materiales, el lugar de los hechos es Tramo de vía Pitalito- Garzón, vereda Sicana kilómetro 28+340, de acuerdo al Informe Policial de Accidente de Tránsito **IPAT No. 00941477**, clase de siniestro tipo choque, El vehículo tiene las siguientes características:

Vehículo No.1: Tipo motocicleta, marca Kawasaki, color negro, modelo 2018, conductor fallece. Se pide por parte de la autoridad determinar la velocidad con la que transitaba la motocicleta antes del choque.

El accidente se resume de la siguiente manera: El **vehículo No.1** motocicleta quien se desplazaba sentido SUR-NORTE(Pitalito-Garzón), se trasladaba sobre su carril y sentido vial y en el kilómetro 28+340, ve su tránsito interrumpido por una fila de vehículos detenidos que esperaban habilitación de la vía por el personal de la empresa Concesión Vial: Aliadas para el progreso, quienes se encontraban realizando control de tránsito (**ver imagen 7 IPAT No. 00941477**), por lo que el conductor al frenar perdió el control de su vehículo y colisionó contra un objeto fijo, en este caso la alcantarilla de aguas lluvia.

Los daños materiales, evidentes en la motocicleta, reflejan cómo ocurrió el impacto; Éste se da al detener de forma abrupta la rueda delantera contra el cabezal de la alcantarilla provocando que la energía que llevaba el motociclista antes del impacto se transformara en energía rotacional de la misma y en energía elástica para producir doblamiento de sus ejes, reflejado en el acortamiento permanente de la distancia entre ellos.

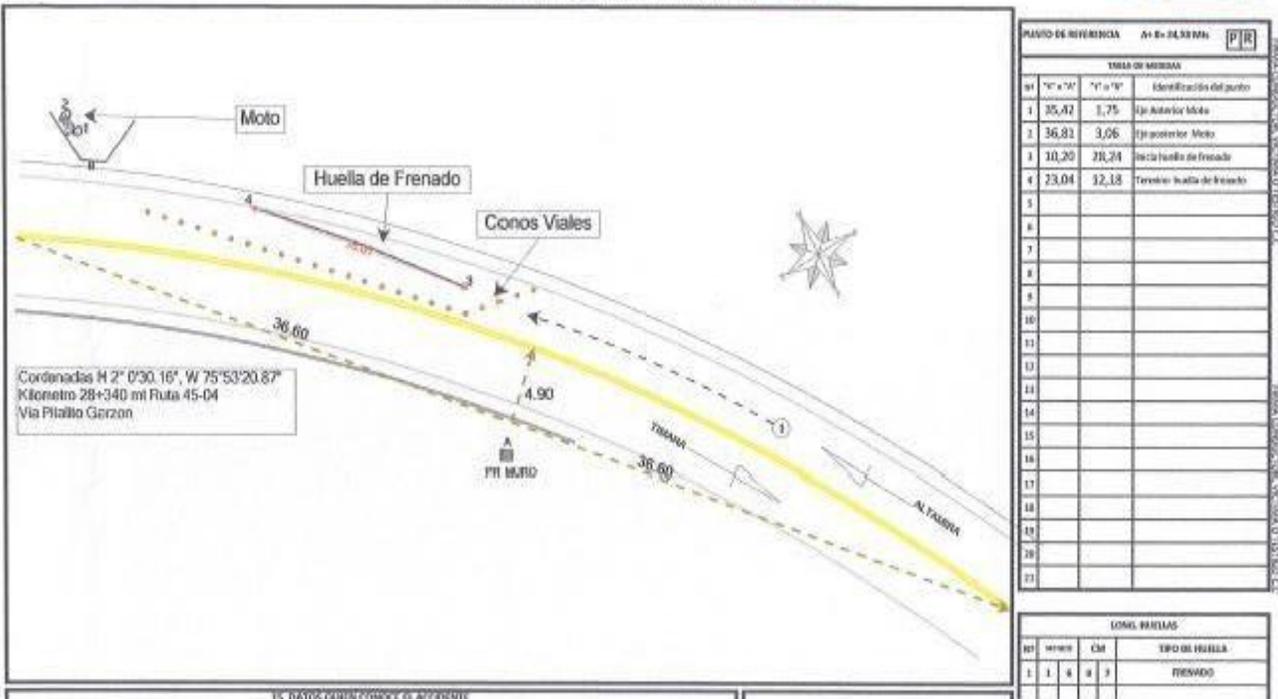


IMAGEN 3: Bosquejo topográfico. Tomada del Informe Policial de Accidentes de Tránsito (IPAT No. 00941477)



IMAGEN 4: Medida de la deformación entre ejes. Informe policial de accidentes de tránsito (IPAT No. 00941477)

FÓRMULAS

El evento se dio en dos momentos consecutivos. El primero está en el espacio cuya huella de frenado queda registrada sobre el piso de la vía, donde la velocidad inicial se puede determinar con la ecuación de simple frenado y el segundo cuando la motocicleta impacta contra el cabezote de la alcantarilla cuya velocidad se puede determinar por la ecuación del modelo empírico, por acortamiento de la distancia entre ejes.

La ecuación a utilizar en el método de acortamiento entre ejes es:

$$V = 1.381 * C + 16.576 \quad \text{ECUACIÓN 2}$$

Donde **C** es el acortamiento entre ejes de la motocicleta, y, el **1.381** y **16.576** son las constantes empíricas de la ecuación. (**Modelo de Derwyn M. Severy – SAE 700897**)(REFERENCIA 2).

Dicha fórmula se aplica debido a que en el siniestro se evidencia un acortamiento entre sus ejes. Esto sucede porque la energía que llevaba el motociclista antes del impacto se transformó en energía rotacional de la misma y en energía elástica para producir acortamiento entre sus ejes.

Otro modelo que se debe aplicar a este accidente es **el modelo de velocidad simple por fricción** (REFERENCIA 2), el cual se utiliza para conocer la velocidad desarrollada por un vehículo en este caso la motocicleta, al inicio de las huellas de frenado conociendo la distancia total de la marca de frenado.

Por lo tanto, la ecuación que se empleará para el cálculo será:

$$V = \sqrt{(2 * g * \mu * l)} \quad \text{ECUACIÓN 3.}$$

Donde:

g : La aceleración de la gravedad

l : La longitud de la huella de frenado

μ : El coeficiente de fricción de la vía. (Ecuación fundamentada en la conservación de energía cinética que se transforma en el trabajo de frenado, según una fuerza de rozamiento con un coeficiente determinado en un recorrido, demarcado por la huella de frenado).

Para establecer la velocidad total mínima y máxima en que viajaba el motociclista al entrar a la escena del accidente (**punto donde inicia la huella de frenado e inicio de la alcantarilla**) se debe realizar la suma de la velocidad empírica (**Modelo empírico para colisiones de motocicleta**) con cada una de las velocidades halladas con el método de velocidad simple por fricción, y usando el respectivo coeficiente entre los rangos 0.62 a 0.76 (**Tomado de la referencia 1 “Accidentología vial y pericia, Irureta, Pàgina 233”**).

Teniendo en cuenta que el peso neto de la motocicleta está en 148 Kg.

(<https://www.motorbikemag.es/ficha-tecnica/kawasaki-z250sl-2015/>).

CONCLUSIÓN

La velocidad que desarrollaba el motociclista de acuerdo con los datos establecidos, aplicando los principios físicos de la mecánica, y de acuerdo con las consideraciones establecidas; el intervalo de velocidad está entre 84,84 km/ h y 90,26 km/h.

3.1.3. ANÁLISIS CÁLCULO DE VELOCIDAD EN CHOQUE ENTRE CAMIONETA Y

MOTOCICLETA. CASO 003

INFORMACIÓN

Siniestro vial ocurrido el día 30 de Mayo del 2016 a las 12:45 PM, dejando como resultado un lesionado y daños materiales. El lugar de los hechos es en la avenida 1 con calle 13 esquina del municipio de Pitalito, de acuerdo a la narración de los hechos en numeral 5 del informe ejecutivo FPJ-03 e informe de accidente de tránsito A00035947. El tipo de siniestro es choque. Se pide por parte de la autoridad solicitante determinar la posible velocidad con la que transitaban cada uno de los vehículos involucrados antes del impacto.

Las características de los vehículos:

Vehículo N.1: Tipo Camioneta, marca Ford, línea F 350, color blanco, modelo 1992, Número de motor: FD46-004916T, Número de chasis 2FDKF37H3NC19550; servicio público; el conductor sale ileso.

Vehículo N.2: Tipo Motocicleta, marca Honda, línea Eco DELUXE ES, color negro azul, modelo 2012, Número de motor: HA11EDC9B08376, Número de chasis 9FMHA112XCF029426; servicio particular; el conductor sufrió fractura de peroné.

El accidente se resume de la siguiente manera: El vehículo No.1 Camioneta, quien se desplazaba en su trayectoria entre la calle 13 y calle 14, mientras que el vehículo No. 2, Motocicleta se desplazaba en su trayectoria entre la calle 12 y calle 13; en la misma dirección pero en sentido contrario.

El vehículo No. 1(camioneta) ve su tránsito interrumpido por el choque de (vehículo 2) la motocicleta contra el separador vial, lo que provoco desestabilización e invasión de la vía del Vehículo No. 1

(camioneta), por lo que el conductor del vehículo No. 1 accionó los frenos dejando una huella de neumático de **19.80 m de longitud** sin evitar chocar contra la moto.

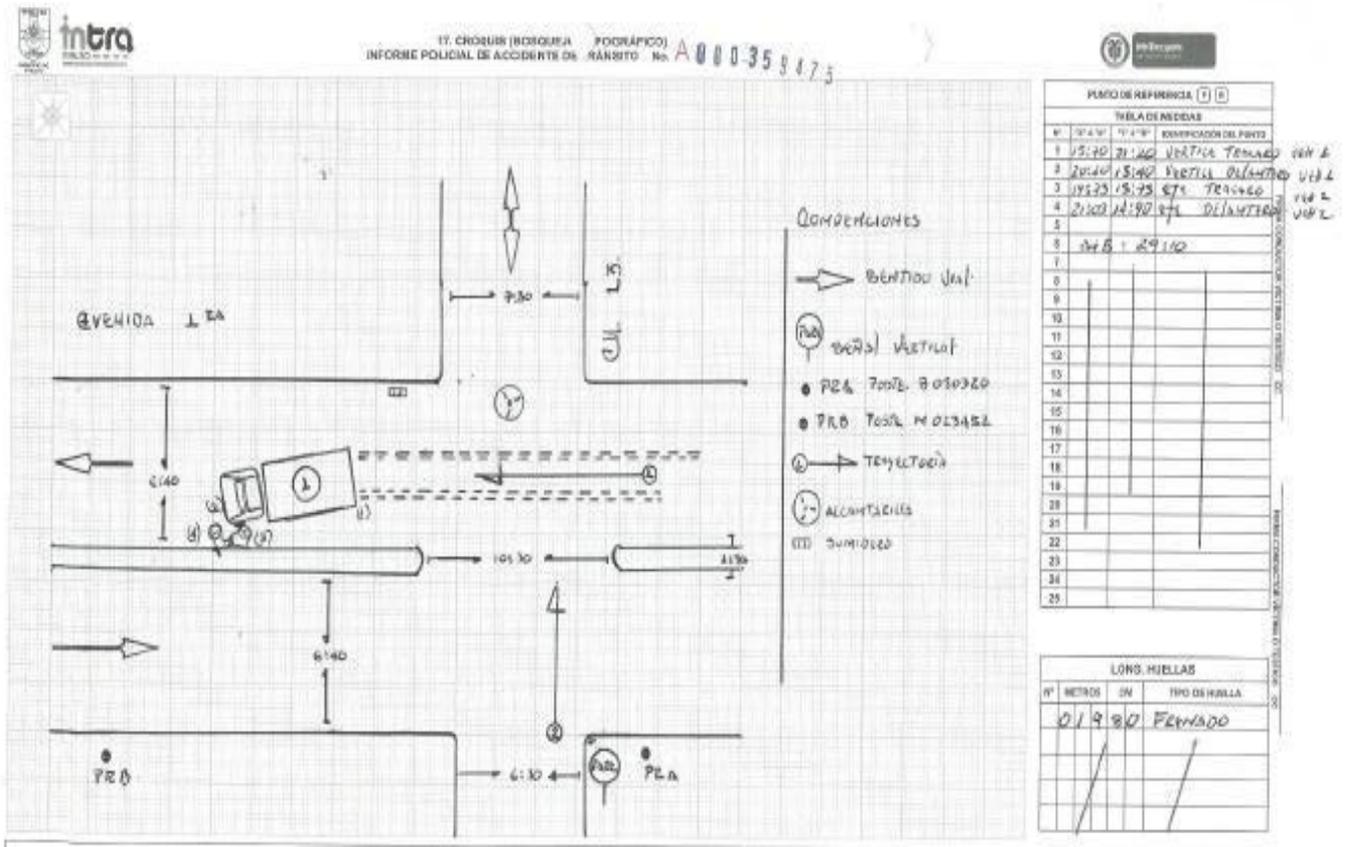


IMAGEN 5: Bosquejo topográfico. Tomado del Informe policial de accidentes de tránsito (IPAT A00035947).

FÓRMULAS

El modelo que se debe aplicar a este accidente es **el modelo de velocidad simple por fricción (REFERENCIA 2)**, el cual se utiliza para conocer la velocidad desarrollada por un vehículo, en éste caso la camioneta, al inicio de las huellas de frenado conociendo la distancia total de la marca de frenado.

Por lo tanto, la ecuación que se empleará para el cálculo será la **ECUACIÓN 3**.

El coeficiente de fricción de la vía se tomará en un intervalo entre 0.5 y 0.8 (**Referencia 1**) para llegar a un valor más aproximado al real, puesto no se cuenta con esta medida exacta del lugar. (**Referencia 1** “**Accidentología vial y pericia, Irureta, Pàg 232**)

CONCLUSIÓN

1. La velocidad del **Vehículo 1**, se establece a través de la huella de 19.80 m de longitud dejada al accionar los frenos.
2. La velocidad máxima y mínima que desarrollaba la camioneta de acuerdo con los cálculos, es de 63,43 km/h y 50,15km/h respectivamente.
3. El límite de velocidad en zonas urbanas para vehículos de servicio público, de carga y escolar, será de 60 km /h (**REFERENCIA 9) (Ley 1239 de 2008)**}

3.1.4. ANÁLISIS CÁLCULO DE VELOCIDAD EN CHOQUE ENTRE CAMIÓN Y MOTOCICLETA. CASO 004.

INFORMACIÓN

Siniestro vial ocurrido el día 06/08/2011 a las 19:30 PM, dejando como resultado dos lesionados, dos occisos y daños materiales. El lugar de los hechos es en Km 5 vía Neiva-Palermo en el sitio conocido como el secadero Los tres mosqueteros.

De acuerdo con la narración de los hechos, plasmado en actos urgentes, el accidente ocurrió entre dos vehículos así:

Vehículo N.1: Camión, marca Chevrolet, línea NHR, color blanco, modelo 2008. Conductor lesionado.

Vehículo N.2: Motocicleta Marca Suzuki Vivax 115, color negro, modelo 2007. Conductor fallecido.

El accidente de tránsito se puede resumir así: el **vehículo No.1** Camión, quien se desplazaba en su trayectoria Neiva-Palermo, mientras que el **vehículo No. 2, Motocicleta** se desplazaba en su trayectoria entre Palermo-Neiva. Se evidencia la huella de arrastre de la motocicleta, la cual se origina en el momento en que el conductor de la motocicleta (vehículo 1) choca contra el camión (vehículo 2) quedando aferrada en el bumper de la misma, la cual posteriormente suelta la motocicleta continuando su trayectoria, para finalmente provocar un volcamiento lateral en la zona verde de la vía Neiva - Palermo.

La autoridad Judicial solicita determinar la posible velocidad con la que transitaban cada uno de los vehículos involucrados antes del impacto a partir de las evidencias suministradas.

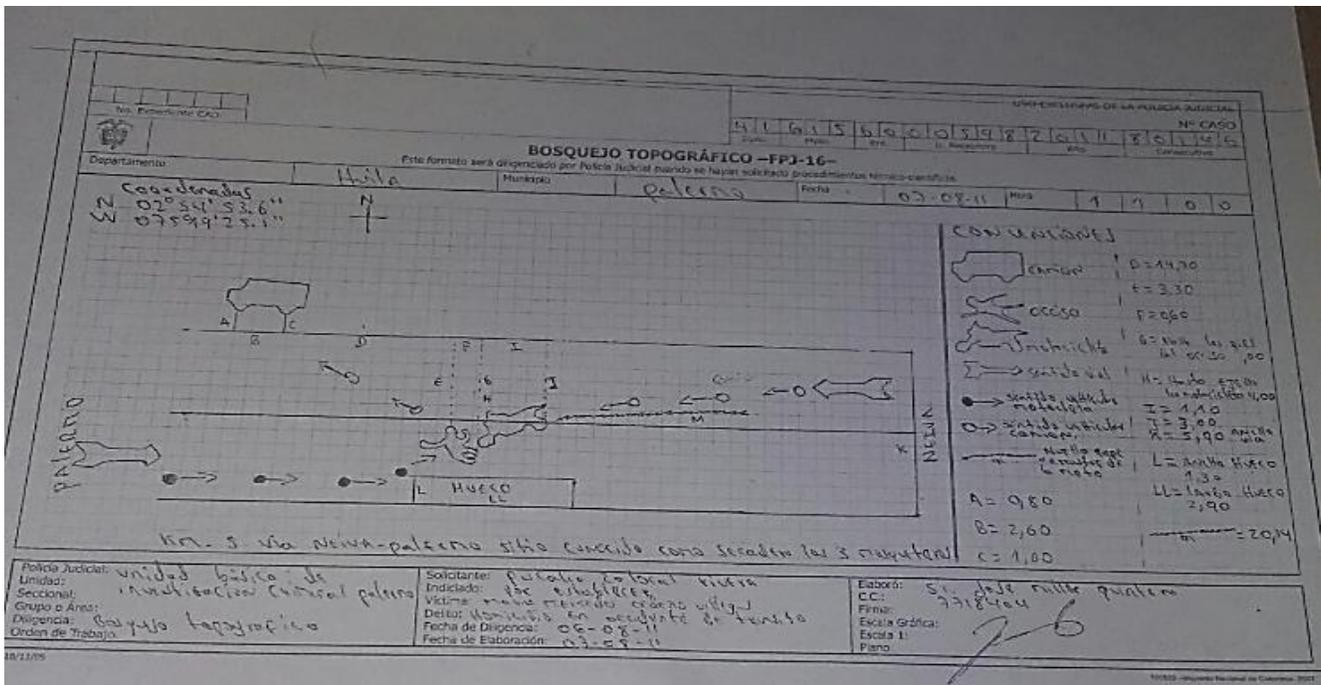


IMAGEN 6: Bosquejo topográfico Tomado del Formato Único de noticia criminal No.416156000598201180146

CARACTERÍSTICAS	VEHÍCULO N° 1
CLASE	CAMIÓN
MARCA	CHEVROLET
LINEA	NHR
MODELO	2008
COLOR	BLANCO
PLACAS	SON223
PESO NETO	3500 kg

CARACTERÍSTICAS	VEHÍCULO N° 2
CLASE	MOTOCICLETA
MARCA	SUZUKI
LINEA	VIVAX 115
MODELO	2007
COLOR	AZUL OSCURO
PLACAS	ETA 91B
PESO NETO	91 kg
LONGITUD TOTAL	1,932 mm
DISTANCIA ENTRE EJES	1,230 mm

Tablas de características vehículos sacado de fuente:

- <https://tecnoautos.com/motos/suzuki-vivax-115-la-scooter-bifuncional/>.
- https://www.catalogodelogistica.com/documenta/contenido/106606/ficha_tecnica_chevrolet_nhr_2013.pdf

FÓRMULA

Se establece la velocidad final del camión a partir del modelo de desaceleración en diferentes superficies (metal, césped y sin huella), Se establece que la masa promedio de cada vehículo con sus ocupantes es decir Vehículo 1 (Camión) y Vehículo 2 (Motocicleta) , es 3570kg(Mc) y 221kg(Mm) respectivamente.

(REFERENCIA 10 Y 11).

Para establecer la distancia recorrida por el camión antes de quedar inmóvil se tuvo en cuenta la forma longitudinal que recorrió. En la superficie metálica aproximadamente recorrió 20.14 m, en el césped 0.8 m y sin dejar huella 19 m.

Por lo tanto, la ecuación que se empleará para el cálculo será:

$$V = \sqrt{(2 * g * \mu * l)}$$

ECUACION 4

Donde:

g : La aceleración de la gravedad

l : La longitud de la huella

μ : El coeficiente de fricción de la vía.

Los coeficientes tomados para establecer la velocidad de desaceleración de acuerdo con su superficie (Metálica, césped y sin huella) son 0.1, 0.43 y 0.3 respectivamente. Es importante tener en cuenta que la velocidad de la motocicleta va en una dirección y la del camión en otra, esto debido a que se está trabajando con vectores; Por lo tanto se ha tomado la velocidad del camión como positiva y la velocidad de la motocicleta como una velocidad negativa, lo que se refleja en el aumento de la velocidad.

Finalmente, Aplicando el teorema de la conservación del momento, se establece que existe una relación directamente proporcional entre la velocidad con la que inicialmente transitaba la motocicleta y el camión.

La ecuación de la conservación del momentum para éste caso quedaría así:

$$Mm * Vom + Mc * Voc = Mm * Vfm + Mc * Vfc$$

Estableciendo que la velocidad final del camión es la velocidad establecida a partir de la desaceleración en las diferentes superficies. Y la velocidad de desaceleración Metálica seria la velocidad final de la motocicleta.

$$V_{fc} = V. des. Huella Metalica + V. fricción Cesped + V. des. Sin Huella$$

Para finalmente, establecer la siguiente relación:

$$V_{oc} = \frac{211 * V_{fm} + 3570 * V_{fc} + 211 * V_{om}}{3570}$$

CONCLUSIÓN

1. En la interpolación aplicada entre las velocidades de los vehículos, se evidencia una dependencia del momento del camión; Por tanto, al aplicar el condicionamiento de que la motocicleta está en reposo, la velocidad mínima resultante para el camión en movimiento sería de 19,8470321 m/s o 71,449km/h. Es decir la motocicleta estaría con una velocidad de 0 km/h mientras el camión va a 71.449 km/h.
2. Al aplicarle velocidad a la motocicleta, la velocidad del camión aumenta; es decir que, aunque la motocicleta fuera despacio, el camión llevaría más velocidad que la referida en la conclusión anterior.
3. No se puede establecer la velocidad requerida para causar los daños materiales ni de la velocidad que llevo al desenlace fatal de las dos personas.

3.1.5. CÁLCULO DE VELOCIDAD EN ATROPELLO ENTRE AUTOMÓVIL Y PEATÓN. CASO 006.

INFORMACIÓN

Siniestro vial ocurrido el día 26/03/2018 a las 21:47 horas, dejando como resultado un occiso y daños materiales. El lugar de los hechos es km 107 + 300 vía Garzón - Neiva en el sector conocido como vereda Arenosa.

De acuerdo con la narración de los hechos, la clase de siniestro es tipo atropello. Características:

Vehículo. Automóvil, Marca RENAULT, Línea SANDERO STEPWAY, Color Negro, Número de motor A690Q094872, Número de Chasis 9FBBSRALSCM012246, Modelo 2012, Carrocería HATCH BACK.

Peatón. Fecha de Nacimiento abril 1958 en Neiva, Estado Civil casado, Estudios primaria, Estatura 1.60 m.

El siniestro se puede resumir así: El accidente ocurrió el día 26 de marzo del 2018 en horas de la noche, el vehículo Automóvil que se desplazaba en su trayectoria Garzón – Neiva atropella a un peatón, transportándolo en un trayecto para finalmente liberarlo y éste cae a un lado de la vía.

La autoridad solicita al semillero de Accidentología establecer la velocidad con la que transitaba el automóvil antes de atropellar al peatón.

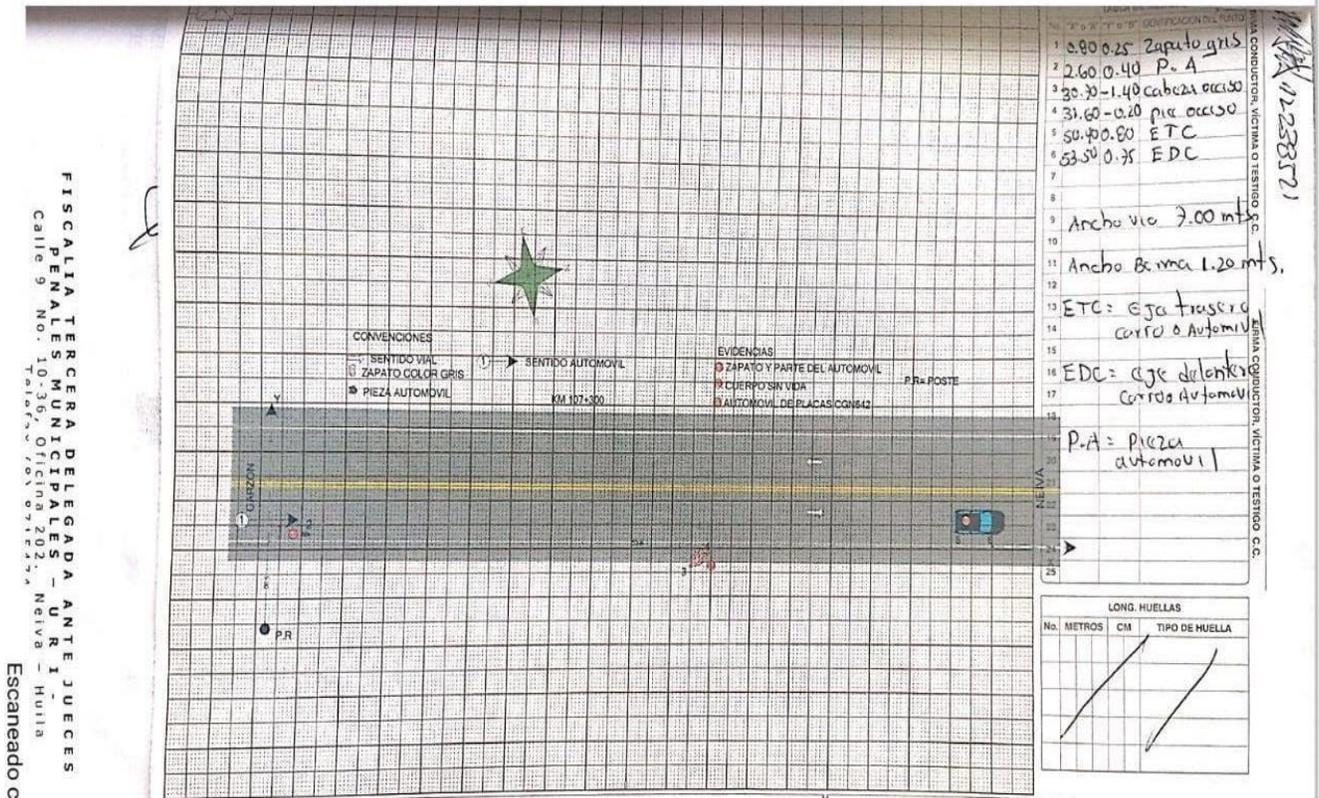


IMAGEN 10: Bosquejo Topográfico Formato Único de noticia criminal No. 410016000716202000007

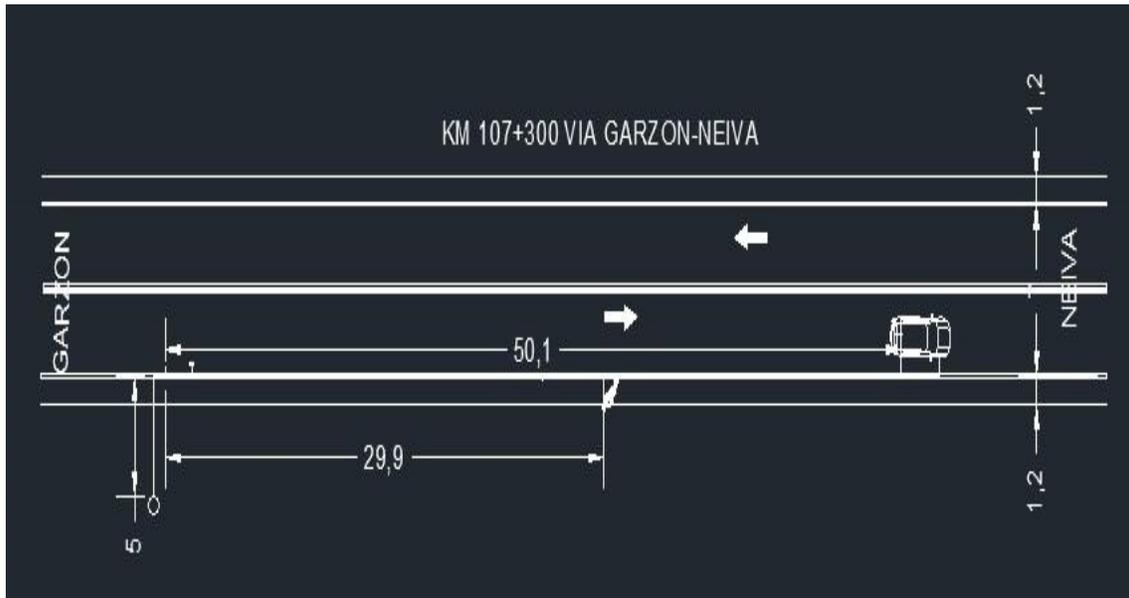


IMAGEN 11: Gráfico Diseñado en AUTOCAD con medidas tomadas del Bosquejo a escala.

FÓRMULAS

Para analizar la velocidad del automotor se utilizan tres modelos matemáticos que son:

A. El modelo de velocidad de atropello del Peatón por John Searle o modelo de caída, rebote y deslizamiento.

Dicho método se aplica al embestir un peatón, para este tipo de choque se define el factor de impacto, el cual corrige la velocidad de proyección teórica para obtener la velocidad de colisión del vehículo; este factor se introduce teniendo en consideración trabajos prácticos anteriores (para este caso se tomaron en analogía a trabajos prácticos descritos en la literatura).

Para poder usar prácticamente el método se indican los valores del Coeficiente de rozamiento entre el peatón y el suelo sobre la base de estudios realizados.

De acuerdo con la **Referencia 1 (Irureta, Pag. 44)** el Coeficiente a utilizar es 0.66.

La Distancia que se establece a partir del bosquejo topográfico al sitio del reposo final de objeto “occiso” desde el posible punto de impacto; la cual es de 29.9 m, según el programa de **AUTOCAD**.

Para el **Modelo A** se emplearon las siguientes fórmulas:

$$V_{omin} = \sqrt{\frac{2 * \mu * g * S}{1 + \mu^2}} \quad \text{ECUACIÓN 5}$$

$$V_{omax} = \sqrt{2 * \mu * g * (S - \mu * H)} \quad \text{ECUACIÓN 6}$$

El método permite determinar un rango de velocidades mínima y máxima para una cierta distancia de proyección. La velocidad mínima se halla como $V_{o \text{ min}}$ y máxima como $V_{o \text{ max}}$, Una distancia de proyección S , El coeficiente de fricción μ .

B. Modelo del cálculo de velocidad de atropello por Happer (Modelo Empírico)

Este método es un modelo empírico establecido a partir de un gráfico de dispersión en el cual se concentran varios ensayos realizados de atropellos de este tipo.

Para el **modelo B** se establece como fórmula:

$$V = 12.3 * \sqrt{s} - 1.9$$

ECUACIÓN 7

Donde;

12,3 y 1,9 son constantes establecidas en el método a partir de estudios repetitivos, de los cuales se realiza una desviación estándar. Y la variable s es la distancia de proyección.

C. Modelo de factor de desaceleración.

La fórmula a utilizar en el **Modelo C** es:

$$V1 = \sqrt{2 * g * \delta * s'}$$

ECUACIÓN 8

Donde,

g la gravedad.

δ el factor de desaceleración

s' la distancia de proyección(la distancia que se establece desde el posible punto de impacto hasta el sitio del reposo final de objeto "occiso")

Para tener una idea de la velocidad que podría llevar el automotor, suponiendo que en ciertos momentos después del impacto se presentan desaceleraciones involuntarias evidenciadas como por ejemplo en este caso, por el zapato que cae del peatón, el cuerpo sin vida, la parte del auto(pedazos) y finalmente la huella dejada por los frenos.

Para el caso en análisis, se utilizará un Coeficiente de desaceleración de 0.1 y 0.6; debido a que este vehículo cuenta con frenos ABS, y dichos vehículos en un Coeficiente entre 0.6 y 0.8 dejan huella en el pavimento. Teniendo como referencia que en este caso no se evidencia huella de frenado en el pavimento.

Al medir el diagrama elaborado con el programa **AutoCAD**, desde el posible punto de impacto hasta el eje delantero del automóvil en su posición final, da una distancia de 50.1 m

CONCLUSIÓN

❖ Los dos primeros modelos matemáticos (**Modelo del cálculo de velocidad de atropello por Happer y El modelo de velocidad de atropello del Peatón por John Searle o modelo de caída, rebote y deslizamiento.**) nos acercan a la velocidad real que podría llevar el automotor, la cual está en un intervalo entre 59,09 km/h y 69,87km/h.

❖ El otro modelo (**Modelo de factor de desaceleración**) se descarta debido a que se sale de la realidad puesto que a partir del coeficiente de 0.6 todo móvil al detenerse deja marca en el asfalto y en este caso no existe, por lo cual es un dato poco fiable.

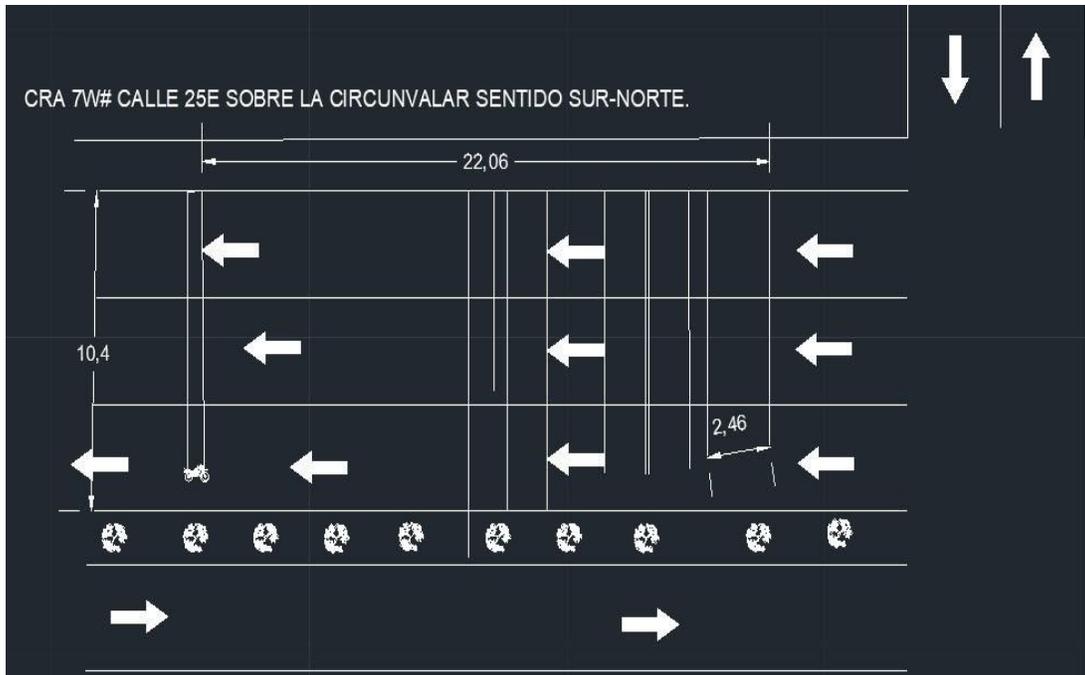


IMAGEN 13. Gráfico Diseñado en AUTOCAD con medidas tomadas del Informe policial de Accidente de tránsito (IPAT)

FÓRMULAS

Para analizar la velocidad del automotor se utilizará dos modelos matemáticos que son:

- A) Modelo por desaceleración huella de frenada
- B) Modelo de factor de desaceleración.

La fórmula para utilizar en el **Modelo A** es:

$$V = \sqrt{2 * g * \mu * s}$$

ECUACIÓN 9

Donde:

$\mu_1=0.35$: Intervalo entre coeficientes de huella.

$\mu_2=0.50$: Intervalo entre coeficientes de huella metal- asfalto.

s= 2.46 m: Distancia entre el inicio de la huella de frenado y la posición final de la motocicleta.

Teniendo como referencia que en el bosquejo topográfico se evidencia una distancia horizontal de 2.44 m y vertical de 8.57 m obteniendo vectorialmente una distancia de 2.46 m, como longitud de la huella de frenada como se puede evidenciar con ayuda del programa de **AUTOCAD**. Debido a que la motocicleta presenta un rozamiento lateral con el pavimento se utilizara un coeficiente de 0.35 y 0.5 (**Referencia Irureta, Pag 234**).

La fórmula para utilizar en el **Modelo B** es:

$$V = \sqrt{2 * g * \delta * s'} \quad \text{ECUACIÓN 10}$$

Donde,

$\delta_1=0.1$: Factor de desaceleración 1, $\delta_2=0.6$: Factor de desaceleración 2. s= 22.06 m: Distancia entre el inicio de la huella de frenado y la posición final la motocicleta.

Luego, se emplea el modelo de factor de desaceleración para tener una idea más clara de la posible velocidad que podría ir la motocicleta entendiendo que en ciertos momentos después del impacto se presentan desaceleraciones involuntarias evidenciadas como la huella de arrastre metálico dejada en el separador, el lago hemático en la calzada, o finalmente la huella dejada por los frenos.

Para este caso se utilizará un Coeficiente de desaceleración de 0.1 y 0.6 (**Modelo 8, REFERENCIA 3**).

CONCLUSIÓN

- ❖ La velocidad mínima con la que se transportaba la motocicleta es de 34,54km/h y la velocidad máxima es 55,29 km/h; Estableciendo que la velocidad con la que transitaba es mayor a la permitida en zona URBANA.

3.2. ANÁLISIS DE CASO (EXTENSO).

Entre los casos analizados, se seleccionó el más complejo y se explicara a mayor profundidad.

3.2.1. “CÁLCULO DE VELOCIDAD EN CHOQUE ENTRE MOTOCICLETAS CON VOLCAMIENTO LATERAL” CASO 005.

➤ SOLICITUD

Se pide determine la velocidad con la que circulaba cada vehículo involucrado en el siniestro vial.

Las características de los vehículos es la siguiente:

- Motocicleta, Marca KYMCO, Línea Activ 110, Color Negro, Número motor KB2017743053, Número de Chasis 9FLB80004DCF09161, Modelo 2013.
- Motocicleta: Marca BMW, Línea R1200GS, modelo 2018, servicio particular, Color Blanco.

➤ INSTRUMENTOS EMPLEADOS.

- Calculadora científica marca CASIO FX- 350 MS.
- Computador TOSHIBA □ EXCEL(Hoja de cálculo),
- AUTOCAD.
- DRON: MAVIC AIR 2 (MODEL: MAUE3W. REFERNCIA 3N3 BH76 , 0020 1VN),
- ESTACIÓN TOTAL MARCA: TIMBLE 5.

➤ INFORMACIÓN DEL CASO

Siniestro vial ocurrido el día 01/01/2020 a las 12:45 PM, dejando como resultado un lesionado, un occiso y daños materiales. El lugar de los hechos es en km 18 +400 vía Neiva-Aipe en el sitio conocido como el corregimiento cruce Guacirco.

De acuerdo con la narración de los hechos, la clase de siniestro es tipo choque por alcance debido al cruce, esto se establece observando los daños materiales y la localización y características del lugar de los hechos.

Los vehículos involucrados presentan las siguientes características:

- **Vehículo No. 1. Motocicleta** marca KYMCO, línea Activ 110, color negro, modelo 2013, conductor fallece en el lugar del hecho.
- **Vehículo No. 2 Motocicleta** marca BMW, línea R1200 GS, color blanco light, modelo 2018, conductor salió lesionado.

El choque es por alcance debido a cruce, esto se establece observando los daños materiales y el sitio donde ocurrieron los hechos. Por ello es necesario conocer el lugar de los hechos, además se puede conseguir más información o confrontar los datos plasmados en los informes.

CARACTERÍSTICAS	DESCRIPCIÓN
LUGAR	Vía Neiva-Castilla Kilómetro 18+400, Corregimiento cruce Guacirco.
GEOMÉTRICAS	Recta
PENDIENTE	No
UTILIZACIÓN	Doble sentido
CALZADAS	Una.
CARRILES	Dos con un ancho de 3.75 metros.
MATERIAL	Asfalto.
ESTADO	Bueno
CONDICIONES DE LA VÍA	Seca
CONDICIONES CLIMÁTICAS	Normal.
ILUMINACIÓN ARTIFICIAL	Sin iluminación.
BERMA	Con Berma
DEMARCACIONES VIALES	Si.
SEÑALES DE TRÁNSITO	Buen estado. Zona peatonal

TABLA 1. CARACTERÍSTICAS DEL LUGAR DE LOS HECHOS. Tomado del IPAT



MEDIDAS Y CAPACIDADES

Peso en vacío	105.0 kg (231.5 libras)
Longitud total	1,900 mm (74.8 pulgadas)
Anchura total	685 mm (27.0 pulgadas)

IMAGEN 14. FICHA TÉCNICA DEL VEHÍCULO 1. Tomada

<https://fichasmotor.com/kymco/kymco-activ-110-2007/>



MEDIDAS

Longitud	2.210 mm
Anchura	940
Distancia entre ejes	1.507 mm
Altura del asiento	850/870
Capacidad Depósito	20
Peso en seco	203
Peso lleno	229

IMAGEN 15. FICHA TÉCNICA DEL VEHÍCULO 2. Tomada de

<https://www.motorbikemag.es/ficha-tecnica/bmw-r-1200-gs-2018/>



IMAGEN 16. DAÑOS ESTRUCTURALES VEHÍCULO 1.: Estallido de su llanta trasera, doblamiento de su rin, tijera, amortiguador, desprendimiento de placa y stop de la motocicleta. Imagen tomada del IPAT No. C- 001088356.

Daños estructurales vehículo 2.



IMAGEN 17. DAÑOS ESTRUCTURALES VEHÍCULO 2: Parte frontal de la motocicleta
Doblamiento de barras, rotura de su chasis parte delantera, estallido llanta delantera, rayones en toda su parte lateral derecha. Imagen tomada del IPAT No. C- 001088356.



IMAGEN 18: FOTOGRAFÍA TOMADA EN EL LUGAR DE LOS HECHOS EN LA ACTUALIDAD CON DRON. Referencia del dron: MAVIC AIR 2 (MODEL: MAUE3W. REFERENCIA 3N3 BH76 0020 1VN)



IMAGEN 19: LUGAR DE LOS HECHOS HALLADO POR GOOGLE EARTH PRO.

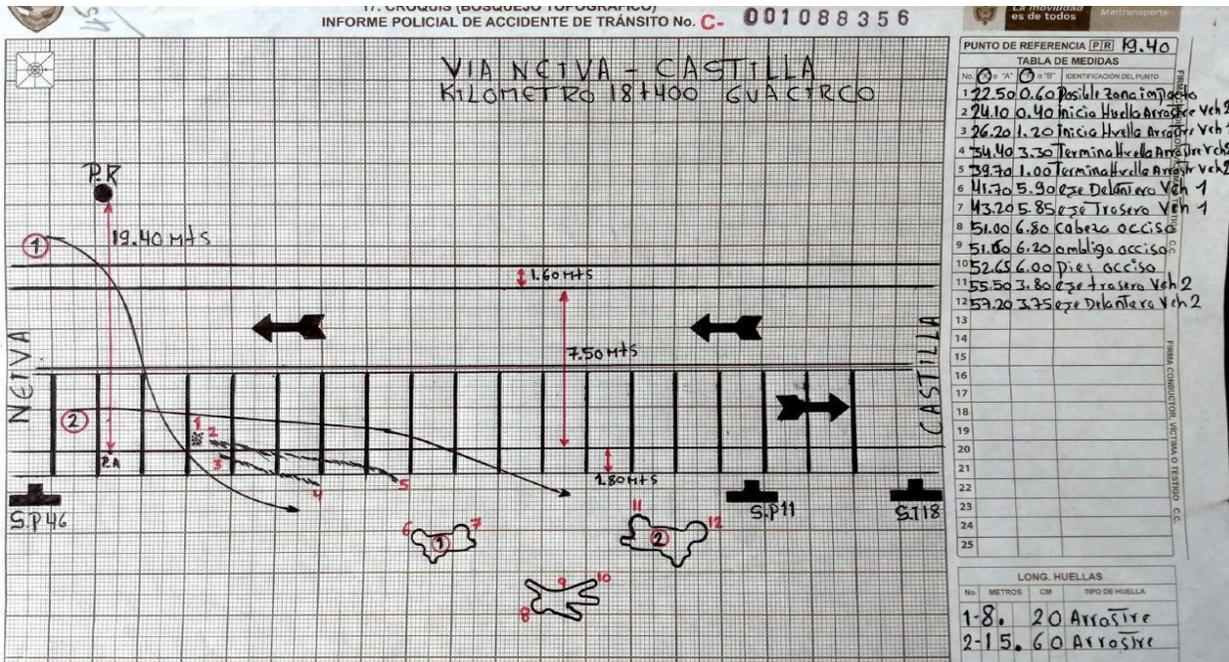


IMAGEN 20: BOSQUEJO TOPOGRÁFICO. Tomado del Informe de accidentes de tránsito

IPAT No. C- 001088356

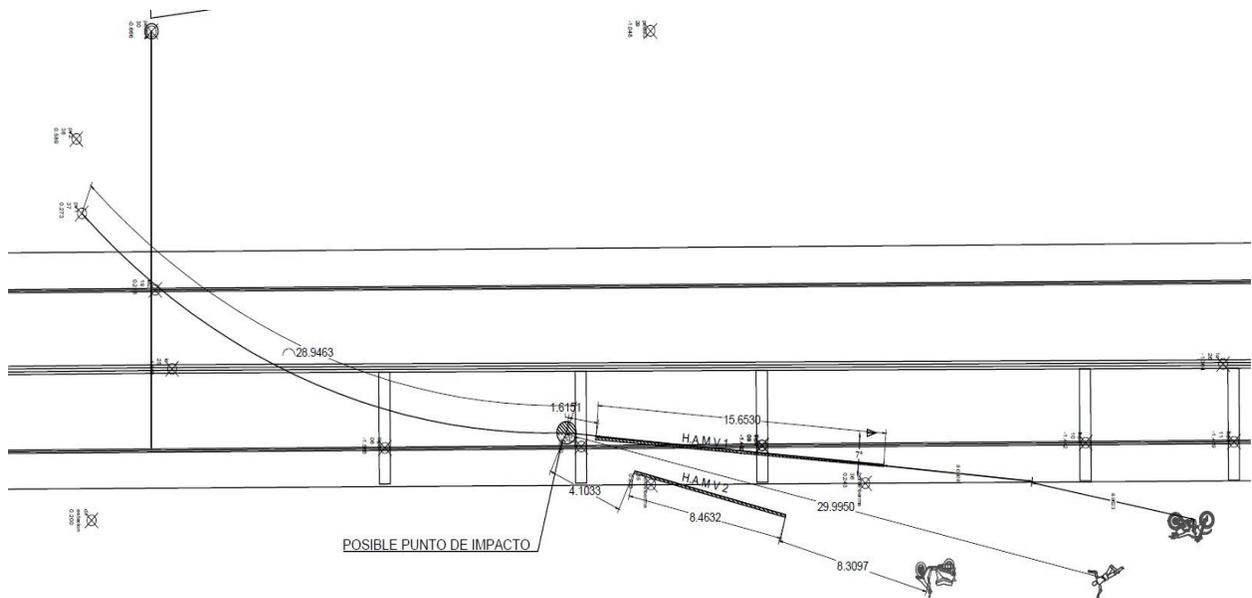


IMAGEN 21: GRÁFICO DISEÑADO EN AUTOCAD APARTIR DE IMAGEN 20.



IMAGEN 22: SENTIDO VIAL NEIVA - CASTILLA.

No. Evidencias	Descripción de los EMP Y EF
1	Arañazo metálico dejada por el vehículo motocicleta 1
2	Huella de arrastre metálico dejada por el vehículo motocicleta 2

TABLA 2. NUMERACIÓN DE LAS EVIDENCIAS.

➤ FÓRMULAS A EMPLEAR (ECUACIÓN 28 Y ECUACIÓN 38)

Los principios empleados para el análisis de este choque son el modelo de fricción simple mediante huella de arrastre metálico y factor desaceleración en las áreas en que no se evidencian huellas.

Para hallar la velocidad del vehículo 1:

$$V1 = v. \text{ roto} - \text{ traslacion} + v. \text{ desaceleracion.} \quad \text{ECUACIÓN 11}$$

Para hallar la velocidad de roto – traslación, Se aplica el principio de la conservación de la energía al sistema.

$$Ec1 = Wfr + Er \quad \text{ECUACIÓN 12}$$

Donde

Ec1: Energía cinética del vehículo al inicio de la huella.

Wfr: Trabajo de rozamiento durante la traslación.

Er: Energía de rotación del vehículo.

Se sabe que:

$$Er = \frac{1}{2} I \omega^2 \quad \text{ECUACIÓN 13}$$

$$Wfr = \mu N x \quad \text{ECUACIÓN 14}$$

$$N = mg \quad \text{ECUACIÓN 15}$$

$$Ec = \frac{1}{2} mV^2 \quad \text{ECUACIÓN 16}$$

Reemplazamos Ecuación 15 en Ecuación 14

$$Wfr = \mu mg x \quad \text{ECUACIÓN 17}$$

Se sustituye **Ecuaciones 13, 16 y 17** en **Ecuación 14**

$$\frac{1}{2}mvo^2 = \mu mg x + \frac{1}{2}I\omega^2 \quad \text{ECUACIÓN 18}$$

Donde,

m: masa total del vehículo

vo: Velocidad inicial

μ : Coeficiente de fricción neumático- superficie.

x: Distancia huella

I: Momento de inercia.

ω : momento angular.

g: gravedad

Luego se despeja en la **Ecuación 18**, la vo, y eso da como resultado:

$$vo = \sqrt{2\mu g x + \frac{I\omega^2}{m}} \quad \text{ECUACIÓN 19}$$

Al suponer que los fenómenos de rotación y traslación se originan en forma simultánea, por lo tanto, el tiempo que transcurre en ir el vehículo desde la posición inicial hasta el extremo de la huella es el mismo en ambos fenómenos sin importar el valor de la velocidad del vehículo en el inicio de la huella.

Entonces la distancia “x” que recorre el centro de masa del cuerpo durante la roto-traslación es:

$$x = \frac{1}{2}at^2 \quad \text{ECUACIÓN 20}$$

Siendo:

a: Valor desaceleración producto de la fricción en la traslación.

t: tiempo.

Luego a partir de la Segunda ley de Newton

$$F=m*a \implies Fr=m*a \implies \mu gm = ma \implies \mu g = a \quad \text{ECUACIÓN 21}$$

Se sustituye la **Ecuación 21** en **Ecuación 20**

$$x = \frac{1}{2} \mu g t^2 \implies \frac{2x}{\mu g} = t^2 \implies \sqrt{\frac{2x}{\mu g}} = t \quad \text{ECUACIÓN 22}$$

Se sabe que la traslación y la rotación ocurren en el mismo tiempo por consiguiente; la rotación del vehículo sería:

$$\theta = \frac{1}{2} \alpha t^2 \quad \text{ECUACIÓN 23}$$

Luego, se reemplaza la **Ecuación 22** en **Ecuación 23**, y se despeja α

$$\theta = \frac{1}{2} \alpha \frac{2x}{\mu g} \implies \alpha = \frac{\theta \mu g}{x} \quad \text{ECUACIÓN 24}$$

Sabemos que la velocidad angular está dada por la fórmula:

$$\omega^2 = 2\theta\alpha \quad \text{ECUACIÓN 25}$$

La **Ecuación 25** es considerada como la velocidad angular final, la velocidad angular inicial es cero.

Posteriormente se reemplaza la **Ecuación 24** en **Ecuación 25**, donde se obtiene:

$$\omega = \sqrt{\frac{2\theta^2 \mu g}{x}} \quad \text{ECUACIÓN 26}$$

Luego, suponiendo que el vehículo es un paralelepípedo, considerando así que rota alrededor de su centro de masas en un eje z, y su momento de inercia es:

$$I = \frac{m(a^2+b^2)}{12} \quad \text{ECUACIÓN 27}$$

Donde,

a es el ancho del paralelepípedo

b es el largo del paralelepípedo.

Finalmente, se reemplaza la **Ecuación 27** y **Ecuación 26** en **Ecuación 19**

$$V_o = \sqrt{2\mu gx + \frac{m(a^2+b^2)}{12m} * \frac{2\theta^2 \mu g}{x}} \quad \text{ECUACIÓN 28}$$

Siendo, La Ecuación 28 para determinar el valor de la velocidad al inicio de la huella; existiendo un movimiento de roto-traslación.

Luego; se halla modelo de desaceleración.

De acuerdo con el principio de conservación de la energía, la variación de la energía cinética sería el resultado del trabajo efectuado por la fuerza que causa desaceleración en el vehículo.

Se sabe,

$$E_c = W. desacel. \quad \text{ECUACIÓN 29}$$

Dicho trabajo se efectúa durante un espacio de detención s' o distancia de desaceleración;

$$W. desacel. = F * s' \quad \text{ECUACIÓN 30}$$

Aplicando la segunda ley de Newton, la fuerza provoca una aceleración negativa o desaceleración:

$$F = m * a$$

ECUACIÓN 31

Pero al ser una desaceleración, se realiza el producto de la aceleración de la gravedad por un factor de desaceleración.

$$a = g * \delta$$

ECUACIÓN 32

Así, se reemplaza la ecuación 32 en la ecuación 31:

$$F = m * g * \delta$$

ECUACIÓN 33

Se sustituye la ecuación 33 en la ecuación 30;

$$W. desaccel. = m * g * \delta * s'$$

ECUACIÓN 34

Se sabe que la energía cinética antes y después del choque es:

$$Ec = \frac{1}{2}m * V_f^2 - \frac{1}{2}m * V_i^2$$

ECUACIÓN 35

Y $V_f^2 = 0$, Entonces:

$$Ec = -\frac{1}{2}m * V_i^2$$

ECUACIÓN 36

Por tanto, se reemplaza la ecuación 36 y 34 en la ecuación 29

$$-\frac{1}{2}m * V_i^2 = m * g * \delta * s'$$

ECUACIÓN 37

Simplificando;

$$V_i = \sqrt{2 * g * \delta * s'}$$

ECUACIÓN 38

Siendo V_i la Velocidad de desaceleración.

➤ CONSIDERACIONES FÍSICO-MATEMÁTICAS

Para hallar la velocidad del vehículo 1:

Se aplica el principio de conservación de la energía al sistema, teniendo en cuenta que después del impacto, la energía cinética inicial del vehículo se ha convertido en trabajo de rozamiento, con una pérdida de energía por factores no cuantificables, por lo que la velocidad a hallar será la velocidad mínima.

En el trascurso del accidente se distinguen dos movimientos: de rotación – traslación (Roto- traslación) y traslación simple.

El trabajo ejercido durante la traslación está vinculado con el rozamiento durante el desplazamiento longitudinal del centro de masa de la moto.

A partir de lo anterior, se establece que la velocidad con la que transitaba la motocicleta (vehículo 1) es el resultado de la suma de la velocidad ejecutada en el momento de la roto-traslación con la velocidad resultante de la desaceleración ejercida por la fricción entre el asfalto y el metal.

Para establecer la velocidad de roto-traslación fue pertinente consultar la ficha técnica de la motocicleta KYMCO con el fin de establecer el ancho, que es de 0.685m y longitud de la misma que es de 0.0019m, también se especificó la distancia recorrida durante la roto-traslación teniendo como referencia la huella de arrastre metálico establecida que tiene un valor de 8.4632m, al igual que el coeficiente de rozamiento entre metal y asfalto que está entre 0.55 y 0.7. Es importante entender que al existir una rotación se emplea la inercia de la motocicleta, tomándola como si fuera un paralelepípedo.

Al hacer los cálculos con la hoja Excel, estableciendo el coeficiente de rozamiento de 0.55, da como resultado de la velocidad de roto traslación 9.653 m/s o 34.754 km/h. Al hacer el mismo cálculo con el coeficiente de fricción de 0.7 da como resultado 10.891 m/s o 39.208 km/h.

Luego, se realizaron los cálculos de la velocidad por factor desaceleración teniendo como coeficiente de rozamiento del metal y asfalto entre 0.1 y 0.6.

Al hacer los cálculos en Excel, estableciendo el coeficiente de rozamiento de 0.1 da como resultado de la velocidad por desaceleración 4.035 m/s o 14.53 km/h. Al hacer el mismo cálculo con el coeficiente de fricción de 0.6 da como resultado 9.885 m/s o 35.587 km/h.

Después se estableció que el valor total de la velocidad del **vehículo 1**, reside en un intervalo entre **13.7m/s (49.3 km/h)** y **20.77 m/s (74.79 km/h)**.

Para hallar la velocidad del vehículo 2:

Se aplica El modelo 8(Referencia 2), velocidad por desaceleración teniendo en cuenta que en el transcurso del movimiento traslacional se transita por diferentes coeficientes de rozamiento como son el de asfalto metal con intervalos entre 0.1 y 0.6; metal-tierra con intervalos 0.55 y 0.7; y el coeficiente de la huella de arrastre con intervalos entre 0.35 y 0.50. A partir de lo anterior, se establece que la velocidad con la que transitaba la motocicleta (vehículo 2) es el resultado de la suma de la velocidad de desaceleración que provoca la huella, la velocidad de desaceleración con el coeficiente entre asfalto y metal y la velocidad resultante de la desaceleración ejercida por la fricción en el asfalto y la tierra.

Al hacer los cálculos en Excel, se estableció cada coeficiente de rozamiento así:

- Los coeficientes de rozamiento del neumático-asfalto oscilan entre 0.35 y 0.5. El coeficiente de rozamiento de **0.35** da como resultado de la velocidad dejada por la huella de **10.362 m/s o 37.304 km/h**. Al hacer el mismo cálculo con el coeficiente de fricción de 0.5 da como resultado

12.383 m/s o 44.587 km/h.

- Los coeficientes de rozamiento del asfalto-metal oscilan entre 0.1 y 0.6. El coeficiente de rozamiento de 0.1 da como resultado de la velocidad por desaceleración 3.979 m/s o 14.3270 km/h. Al hacer el mismo cálculo con el coeficiente de fricción de 0.6 da como resultado 9.7483 m/s o 35.094 km/h.
- Los coeficientes de rozamiento del metal-tierra oscilan entre 0.55 y 0.7. el coeficiente de rozamiento de 0.55 da como resultado de la velocidad por desaceleración 9.827 m/s o 35.38 km/h. Al hacer el mismo cálculo con el coeficiente de fricción de 0.7 da como resultado 11.087 m/s o 39.914 km/h.

Es importante resaltar que los coeficientes anteriormente establecidos fueron tomados de referencia 2.

CONCLUSIÓN:

Se estableció que el valor total de la velocidad del **vehículo 2**, está en el intervalo entre **24.17 m/s (87.0124 km/h)** y **33.221 m/s (119.597 km/h)**.

4. CONCLUSIÓN

El presente trabajo de grado tuvo como objetivo principal colaborar con los entes judiciales en el esclarecimiento de los hechos a partir del Peritazgo físico, promoviendo la aplicación de los fundamentos físicos en la reconstrucción de siniestros viales.

En nuestro departamento del Huila, se evidencia la carencia de físicos en el área de la investigación de accidentes de tránsito. Entonces, a partir del presente trabajo de grado en el que se analizan 7 casos de siniestros viales, se abrieron puertas a la generación de nuevas oportunidades laborales para futuros profesionales en la carrera de física, permitiendo una vinculación en diferentes entidades del estado y empresas privadas.

5. AGRADECIMIENTOS.

Este trabajo de Grado es el resultado de un esfuerzo conjunto en el que participaron varias personas brindando opiniones, correcciones, dando palabras de ánimo, acompañamiento en tiempos de crisis y en momentos de felicidad.

Por lo tanto, al terminar el presente trabajo, es inevitable expresar agradecimientos a todas las personas que hicieron posible este gran logro.

En primer lugar, deseo agradecer de manera especial y sincera al profesor José Miguel Cristancho Fierro por aceptarme y apoyarme al momento de realizar este trabajo de grado bajo su dirección; debido a que gracias a su apoyo, confianza y orientación se obtuvieron los resultados deseados, de igual manera quiero agradecerle por ser como un padre para mí en mis estudios universitarios. También darle las gracias por tantas prácticas compartidas durante estos últimos años. En cuya experiencia y educación han sido mi fuente de motivación.

En segundo lugar, quiero expresar mi agradecimiento especial a Carlos Augusto Guzmán quien ha sido un compañero incondicional, generoso, amable, al brindarme sus conocimientos y experiencias que fueron de gran importancia en mi crecimiento profesional y personal.

Para mis colegas del semillero, amigos y compañeros, solo tengo palabras de agradecimiento, especialmente a aquellos que en mi caminar me motivaron a ser mejor, me acompañaron y guiaron en momentos de crisis, aquellos que siempre estaban de manera incondicional y desinteresada brindándome su ayuda y comprensión.

Y por supuesto, el agradecimiento más profundo y sentido va para mi familia. Sin su apoyo, colaboración e inspiración habría sido imposible llevar a cabo la culminación de mi pregrado.

A mis padres, Edgar y Beyanith, por su ejemplo de lucha, honestidad, fortaleza, sabiduría, apoyo, paciencia y superación. Este logro es por ellos y para ellos.

Finalmente, quiero agradecer a la facultad de ciencias exactas y naturales de la Universidad Surcolombiana, más específicamente al programa de Física por brindarme la oportunidad de iniciar y terminar mis estudios para convertirme en una nueva profesional.

6. REFERENCIAS

Referencias personales:

- 1) CARLOS AUGUSTO GUZMAN MARTINEZ, *Topógrafo, Perito de tránsito, Integrante del semillero Accidentología, Conocimientos en manejo de AutoCAD.*

Referencias Bibliográficas

- 2) *Accidentología vial y pericia.* Víctor A. Irureta.
- 3) *Modelos físicos para Accidentología vial,* Gustavo A. Enciso (MODELO 3,5, 8, 22).
- 4) *Métodos para establecer límites de velocidad en carreteras de Colombia.*
- 5) Alonso, Finn. *Física.* Addison-Wesley Iberoamericana. (1995).Capítulos 6- 9, 13, 14.
- 6) Serway. *Física.* Editorial McGraw-Hill (1992).Capítulos 5- 9
- 7) *Física para ciencias e ingeniería.* Serway Beichner. Tomo 1.
- 8) *Newtonian Mechanics for undergraduate,* Vijay Tymm, Imperial College London, UK (2016).
- 9) *Classical Mechanics,* John R Taylor, Sausalito, California: Univ. Science Books, (2005).

Referencias de la web

- 10) <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=31604#:~:text=El%20%20%20ADmite%20de%20velocidad%20en,los%2080%20kil%C3%B3metros%20por%20hora.>
- 11) <https://tecnoautos.com/motos/suzuki-vivax-115-la-scooter-bifuncional/>
- 12) https://www.catalogodelogistica.com/documenta/contenido/106606/ficha_tecnica_chevrolet_nhr_2013.pdf
- 13) <https://www.motorbikemag.es/ficha-tecnica/bmw-r-1200-gs-2018/>
- 14) <https://fichasmotor.com/kymco/kymco-activ-110-2007/>