

INFORME TÉCNICO - PERICIAL DE RECONSTRUCCIÓN DE ACCIDENTE DE TRÁNSITO R. A. T[®] 2



**VEHÍCULO No. 1: CAMIONETA, BMW X4 XDRIVER, modelo 2018, color blanco,
placa EDX 799.**

**VEHÍCULO No. 2: MOTOCICLETA, TVS SPORT, modelo 2016, color negro,
placa AYE 92E.**

INFORME No. 190329116

Bogotá D.C., abril 2 de 2019

R.A.T[®] es una marca registrada por IRSVIAL S.A.S, Resolución 39860 del 29/11/2007, SIC

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	3
2. EVIDENCIA FÍSICA DOCUMENTADA	4
2.1 FECHA, HORA Y LUGAR DE OCURRENCIA:	4
2.2 LA VÍA:	8
2.3 VEHÍCULOS:.....	16
2.4 MARCAS Y EVIDENCIAS SOBRE EL TERRENO:.....	27
2.5 VICTIMAS:	31
3. POSICIÓN RELATIVA DE LOS VEHÍCULOS AL MOMENTO DEL IMPACTO.	32
4. DESARROLLO ANALÍTICO DE LA DINÁMICA DE MOVIMIENTO DE LOS VEHÍCULOS.....	33
5. SECUENCIA DEL ACCIDENTE DE TRÁNSITO.....	40
6. ANÁLISIS DE LAS CAUSAS QUE DESENCADENARON EL ACCIDENTE - ANÁLISIS DE EVITABILIDAD.	42
7. HALLAZGOS.....	43
8. CONCLUSIONES:	47
9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	49

1. INTRODUCCIÓN

Los procedimientos de investigación y reconstrucción de accidentes de tránsito utilizan técnicas y metodologías desarrolladas y probadas científicamente con el fin de determinar la dinámica del accidente que permitan identificar las causas del siniestro. El análisis de las evidencias es la piedra angular de la investigación; su recolección y descripción conforman el punto de partida del análisis retrospectivo del accidente.

El presente informe muestra los procedimientos técnicos desarrollados durante la investigación y reconstrucción del siniestro ocurrido en la vía que conduce de Pasto a Mojarras a la altura del km 34 + 200 m (km 34 + 550 m IPAT) donde se encuentran involucrados: **VEHÍCULO No. 1: CAMIONETA, BMW X4 XDRIVER**, modelo 2018, color blanco, placa **EDX 799**. **VEHÍCULO No. 2: MOTOCICLETA, TVS SPORT**, modelo 2016, color negro, placa **AYE 92E**.

CLASE DE ACCIDENTE: CHOQUE

➤ **Documentación recibida:**

Todo el proceso de la investigación y reconstrucción analítica del siniestro, se basa en la información considerada por el grupo técnico de IRS VIAL, que fue recolectada empleando los procedimientos técnicos de fijación fotográfica, planimetría, y técnicas analíticas de reconstrucción de accidentes basadas en las leyes de la física, biomecánica, ingeniería automotriz, medicina forense, como se indica a continuación:

- a) Siete (7) fotografías a color del lugar de los hechos.

- b) Tres (3) fotografías del estado final de los vehículos.
- c) Dos (2) fotografías del día de los hechos.
- d) Informe de la autoridad IPAT.

2. EVIDENCIA FÍSICA DOCUMENTADA

La documentación recibida y recolectada durante el proceso de investigación y reconstrucción del accidente se describe y se analiza a continuación con el fin de determinar de manera retrospectiva la secuencia del accidente y sus causas.

2.1 FECHA, HORA Y LUGAR DE OCURRENCIA:

De acuerdo al reporte del accidente de tránsito el siniestro ocurrió el domingo 14 de octubre de 2018, a las 22:30 horas, en la vía que conduce de Pasto a Mojarras a la altura del km 34 + 200 m (km 34 + 550 m IPAT) ($1^{\circ}24'39.6''N$ $77^{\circ}17'08.6''W$), en área rural del municipio de Chachagui (Nariño).



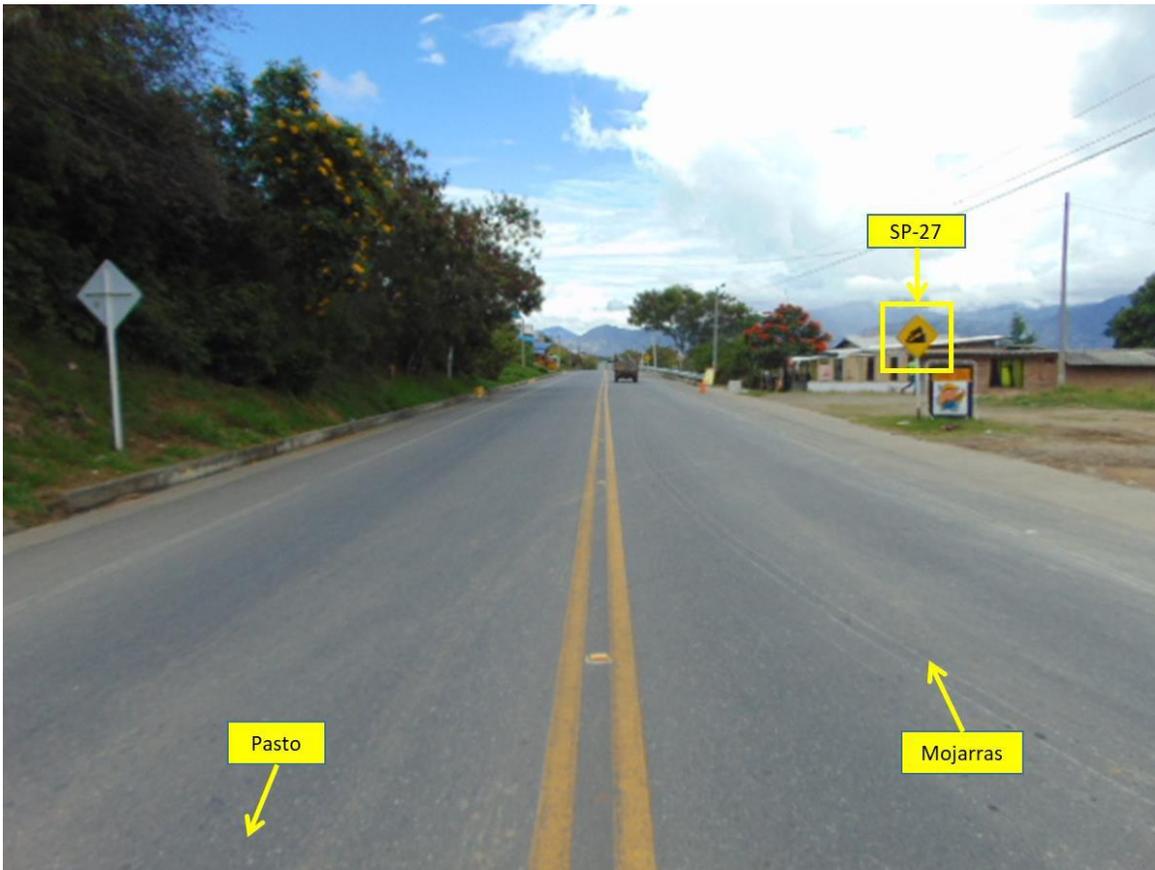
IMAGEN No. 1: En esta imagen se aprecia la ubicación geográfica del lugar de los hechos.

2.2 LA VÍA:

Las condiciones y características de la vía donde se produce el accidente de tránsito se aprecian en las fotografías No. 1 a la No. 7, así como en la tabla No. 1.



FOTOGRAFÍA No. 1 PANORÁMICA: En esta fotografía tomada por el equipo de IRS Vial en sentido Pasto – Mojarras a la altura del km 34, se aprecian las características generales de la vía, en la cual se encuentra demarcación horizontal de línea amarilla doble continua y líneas de borde, sin señalización vertical; en este sentido se desplazaba el vehículo No. 1 (Camioneta).



FOTOGRAFÍA No. 2 PANORÁMICA: En esta fotografía tomada por el equipo de IRS Vial en sentido Pasto – Mojarras a la altura del km 34 + 050 m, se aprecian las características generales de la vía, en la cual se encuentra demarcación horizontal de línea amarilla doble continua y líneas de borde, con señalización vertical SP-27 “Descenso peligroso”; en este sentido se desplazaba el vehículo No. 1 (Camioneta).



FOTOGRAFÍA No. 3 PANORÁMICA: En esta fotografía tomada por el equipo de IRS Vial en sentido Pasto – Mojarras a la altura del km 34 + 100 m, se aprecian las características generales de la vía, en la cual se encuentra demarcación horizontal de línea amarilla doble continua y líneas de borde, con señalización vertical SR-26 “prohibido adelantar”; en este sentido se desplazaba el vehículo No. 1 (Camioneta).



FOTOGRAFÍA No. 4 PANORÁMICA: En esta fotografía tomada por el equipo de IRS Vial en sentido Pasto – Mojarras a la altura del km 34 + 150 m, se aprecian las características generales de la vía, en la cual se encuentra demarcación horizontal de línea amarilla doble continua y líneas de borde, con señalización vertical SP-17 “Bifurcación derecha”; en este sentido se desplazaba el vehículo No. 1 (Camioneta).



FOTOGRAFÍA No. 5 PANORÁMICA: En esta fotografía tomada por el equipo de IRS Vial en sentido Pasto – Mojarras a la altura del km 34 + 200 m, se aprecian las características generales de la vía, en la cual se encuentra demarcación horizontal de línea amarilla doble continua y líneas de borde, con señalización vertical SI-05 “Información previa de destino”; en este sentido se desplazaba el vehículo No. 1 (Camioneta).



FOTOGRAFÍA No. 6 PANORÁMICA: En esta fotografía tomada por el equipo de IRS Vial en sentido Cimarrones - Pasto a la altura del km 34 + 200 m, se aprecian las características generales de la vía, en la cual no se encuentra demarcación horizontal o señalización vertical; en este sentido se desplazaba el vehículo No. 2 (Motocicleta).



FOTOGRAFÍA No. 7 PANORÁMICA: En esta fotografía tomada por el equipo de IRS Vial en sentido Cimarrones - Pasto a la altura del km 34 + 200 m, se aprecian las características generales de la vía, en la cual no se encuentra demarcación horizontal o señalización vertical; en este sentido se desplazaba el vehículo No. 2 (Motocicleta).

NOTA 1: La inspección a la vía por parte del equipo de IRS Vial se realizó el 20 de marzo de 2019.

En la siguiente tabla se describen las características de la vía.

CARACTERÍSTICAS	Tramo de vía Pasto – Mojarras km 34 + 200 m (km 34 + 550 m IPAT)
ÁREA, SECTOR	<i>Rural</i>
GEOMÉTRICAS	<i>Recta, Pendiente 3°</i>
UTILIZACIÓN	<i>Doble sentido</i>
CALZADAS	<i>Una</i>
CARRILES	<i>Dos</i>
MATERIAL	<i>Asfalto</i>
ESTADO	<i>Buena</i>
CONDICIONES Y TIEMPO	<i>Normal, Seca</i>
ILUMINACIÓN	<i>Sin Iluminación artificial</i>
CONTROLES Y SEÑALES	<i>Demarcación horizontal de línea amarilla doble continua y línea de borde, con señalización vertical SR-26 “Prohibido adelantar”, SP-17 “Bifurcación a la derecha”, SP-46 “Peatones en la vía”.</i>

TABLA No. 1

2.3 VEHÍCULOS:

Las características técnico mecánicas de los vehículos, son consideradas en el presente análisis. Sin embargo, el aspecto más importante a observar radica en la ubicación de los daños sobre su estructura; variables que permitirán identificar la severidad del impacto y la posición relativa al momento del impacto.

La severidad del impacto está determinada por la magnitud del daño (dimensiones transversales, longitudinales y de profundidad), su ubicación (lo cual determina la rigidez de la estructura deformada) y el elemento que sirve de esfuerzo para producir el daño.

VEHÍCULO No. 1: CAMIONETA, BMW X4 XDRIVER, modelo 2018, color blanco, placa EDX 799.



IMAGEN No. 5: En esta imagen se observa un vehículo de similares características al involucrado en el siniestro.

Conductor: JONATAN DESIDERIO ACERO SAENZ con CC 1.022.975.597 de 26 años de edad.

NOMBRE COMPLETO:	JONATAN DESIDERIO ACERO SAENZ		
DOCUMENTO:	C.C. 1022975597	ESTADO DEL CONDUCTOR:	ACTIVO
NÚMERO DE INSCRIPCIÓN:	16556150	FECHA DE INSCRIPCIÓN:	19/05/2016

Licencia(s) de conducción

Nro. licencia	OT Expide Lic.	Fecha expedición	Estado	Restricciones	Detalles
1022975597	SDM - BOGOTA D.C.	09/06/2016	ACTIVA		Ver Detalle

Categorías de la licencia Nro: 1022975597

Categoría	Fecha expedición	Fecha vencimiento	Categoría antigua
A2	09/06/2016	09/06/2026	
B1	09/06/2016	09/06/2026	
C1	09/06/2016	09/06/2019	

IMAGEN No. 6: En esta imagen se aprecia el historial del conductor de la camioneta donde se encuentra licencia de conducción activa y no presenta restricción para conducir.

A continuación, se describen las características técnico-mecánico del vehículo No. 1 (Camioneta)

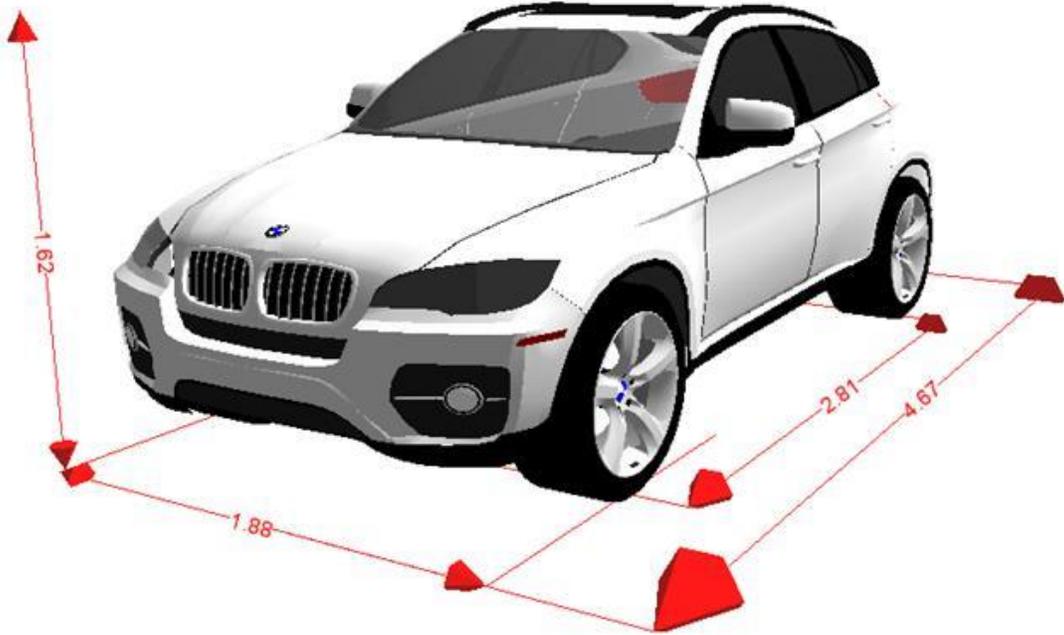
CARACTERÍSTICAS		VEHÍCULO No. 1
SERVICIO	<i>PARTICULAR</i>	
OCUPANTES	4	
DIMENSIONES		
		
https://www.autocosmos.com.co/catalogo/vigente/bmw/x4/xdrive-20d/164125		
PESO TOTAL	2300 – 2400 kg.	

TABLA No. 2

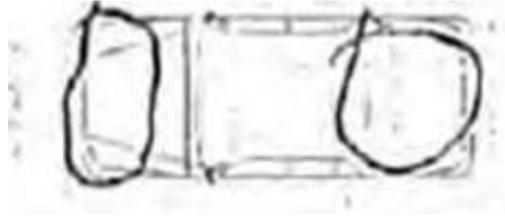


IMAGEN No. 7: En esta imagen se observa el diagrama del informe de la autoridad, en el cual hacen referencia a la zona de daños o evidencia en el vehículo afectando su zona anterior y posterior.

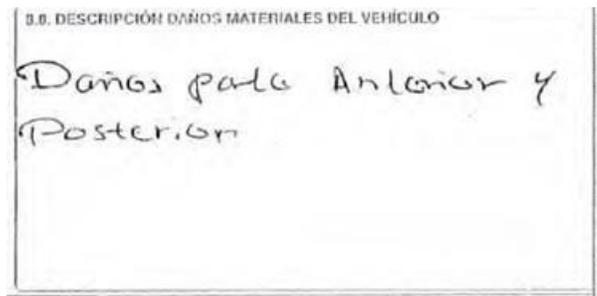


IMAGEN No. 8: En esta imagen se aprecia la descripción de daños realizada por la autoridad: *“Daños parte anterior y posterior”*.



IMAGEN No. 9: En esta imagen se indica con los recuadros amarillos la ubicación de los daños o evidencia en la camioneta.



FOTOGRAFÍA No. 8 PLANO MEDIO: En esta fotografía se aprecia el estado final del vehículo, el cual presenta daños en su zona anterior, afectando piezas como paragolpes, unidades de luz, persiana, capó y panorámico anterior.



FOTOGRAFÍA No. 9 PLANO MEDIO: En esta fotografía se aprecia el estado final del vehículo, el cual presenta daños en su zona posterior, afectando el panorámico posterior.

- **VEHÍCULO No. 2: MOTOCICLETA, TVS SPORT, modelo 2016, color negro, placa AYE 92E.**



IMAGEN No. 10: En esta imagen se observa un vehículo de similares características al involucrado en el siniestro.

Conductor: EDY SANTIAGO FLOREZ RODRIGUEZ con T.I 1.081.052.328 de 14 años de edad.

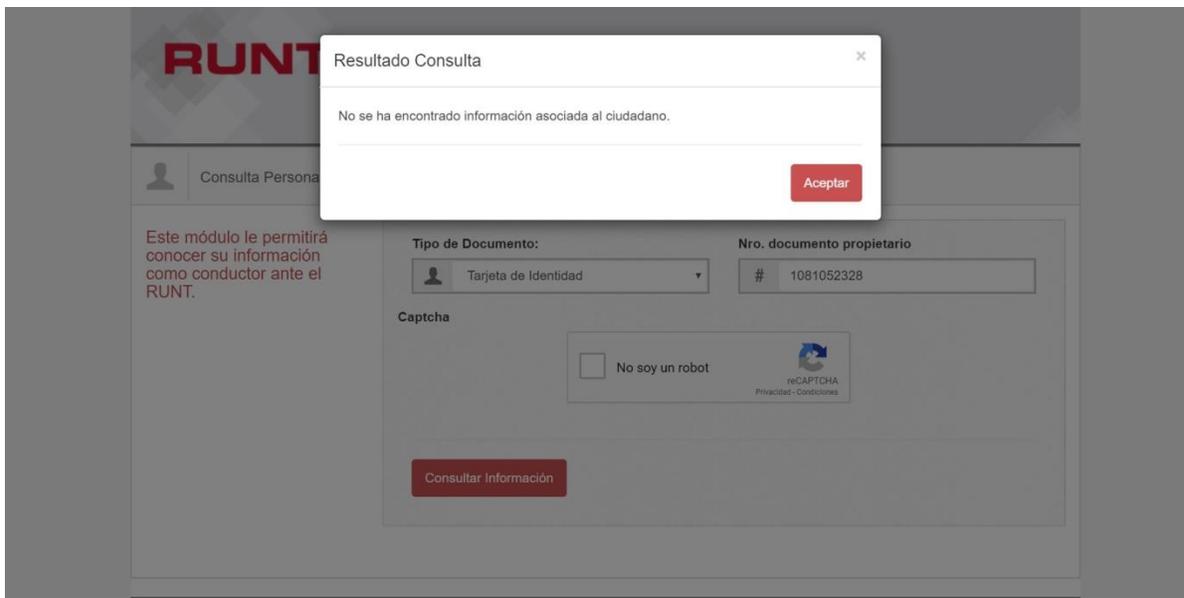


IMAGEN No. 11: En esta imagen se aprecia el historial del conductor de la motocicleta, donde no se encuentra licencia de conducción asociada al No. de tarjeta de identidad.

A continuación, se describen las características técnico-mecánico del vehículo No. 2 (Motocicleta)

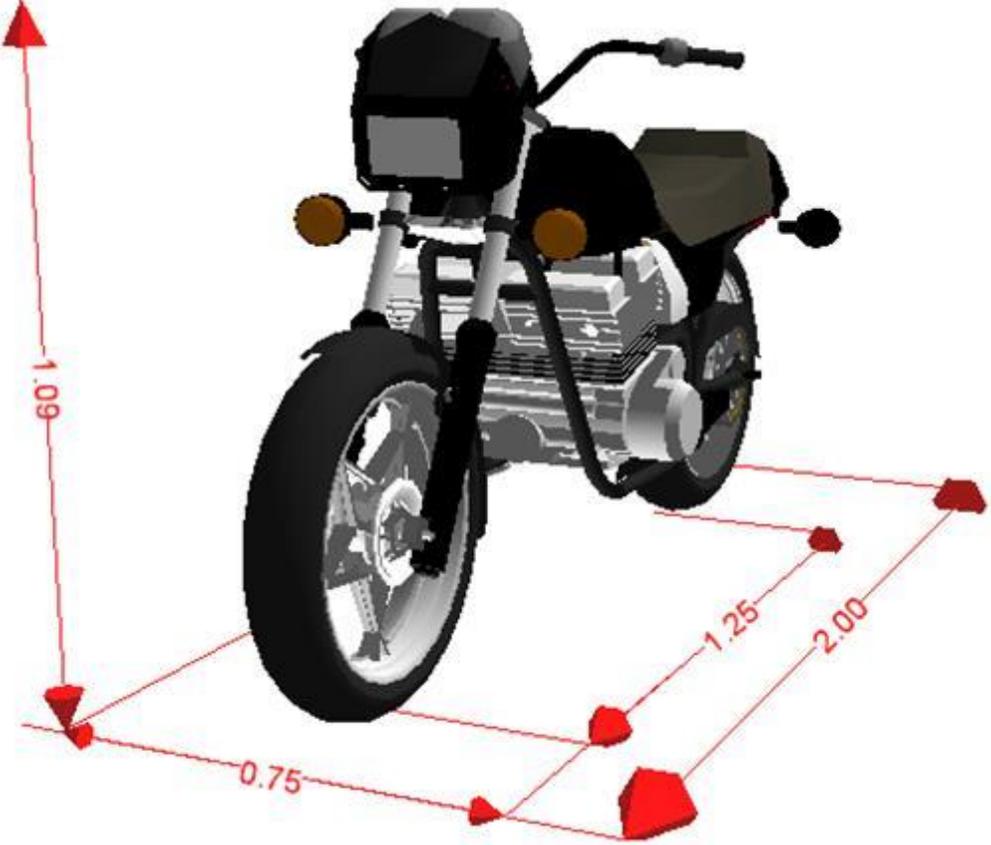
CARACTERÍSTICAS		VEHÍCULO No. 2
SERVICIO	PARTICULAR	
OCUPANTES	0	
DIMENSIONES		
		
https://www.tvsmotos.com/motos/street/tvs-sport-100-es		
PESO TOTAL	180 – 190 kg	

TABLA No. 3



IMAGEN No. 12: En estas imágenes se observa el diagrama del informe de la autoridad, en el cual hacen referencia a la zona de daños o evidencia en el vehículo afectando su zona anterior, costado derecho y zona posterior.

B.B. DESCRIPCIÓN DAÑOS MATERIALES DEL VEHÍCULO	
DAÑOS	TOTAL PARTE
ANTERIORES,	POSTERIORES lateral
	Izquierda.

IMAGEN No. 13: En esta imagen se aprecia la descripción de daños realizada por la autoridad: “daños total parte anterior, posterior lateral izquierda”.



IMAGEN No. 14: En esta imagen se indica con los recuadros amarillos la ubicación de los daños o evidencia en la motocicleta.



FOTOGRAFÍA No. 10 PLANO MEDIO: En esta fotografía se observa el estado final del vehículo, se notan daños en su zona anterior, afectando piezas como unidad de luz, carenaje, eje anterior y manubrio.

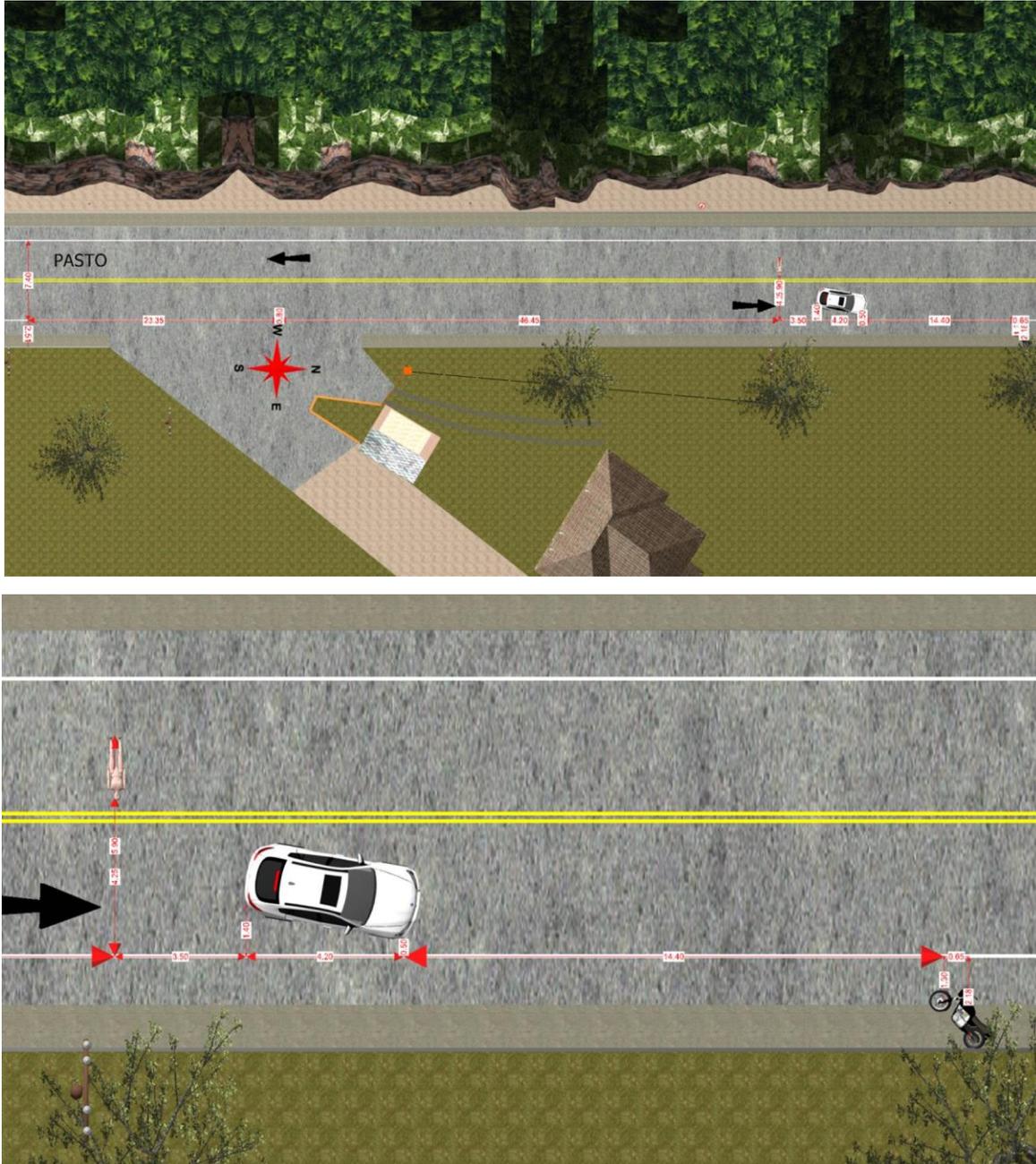


IMAGEN No. 16: En estas imágenes, vista en planta se aprecian las evidencias diagramadas en el croquis del informe de la autoridad.

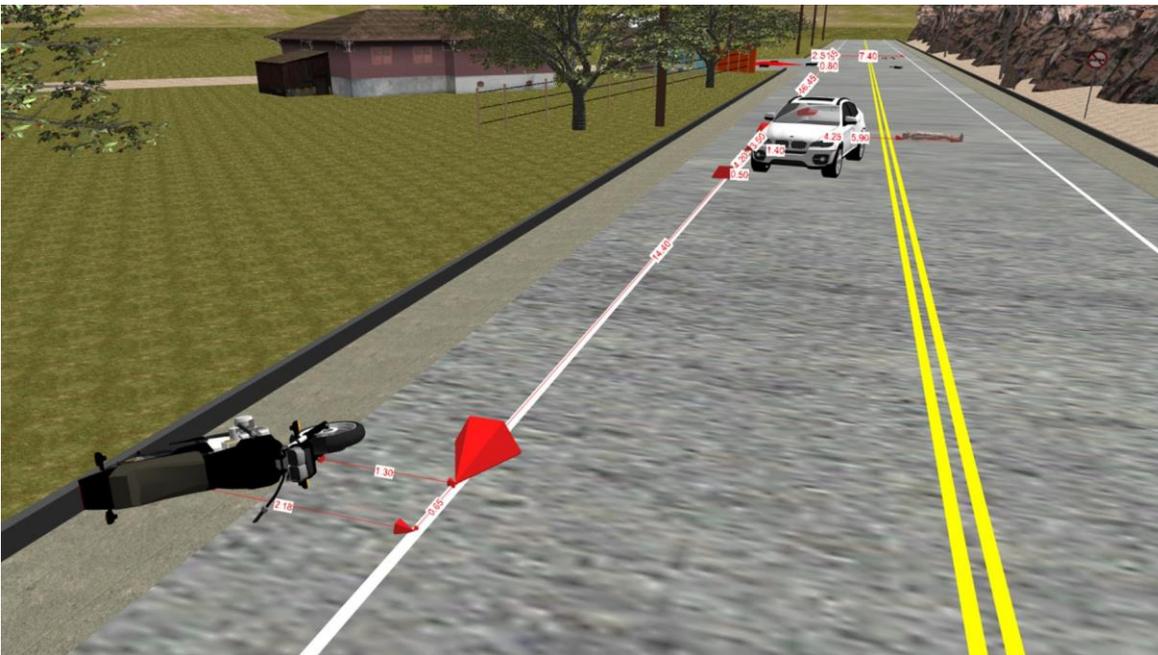
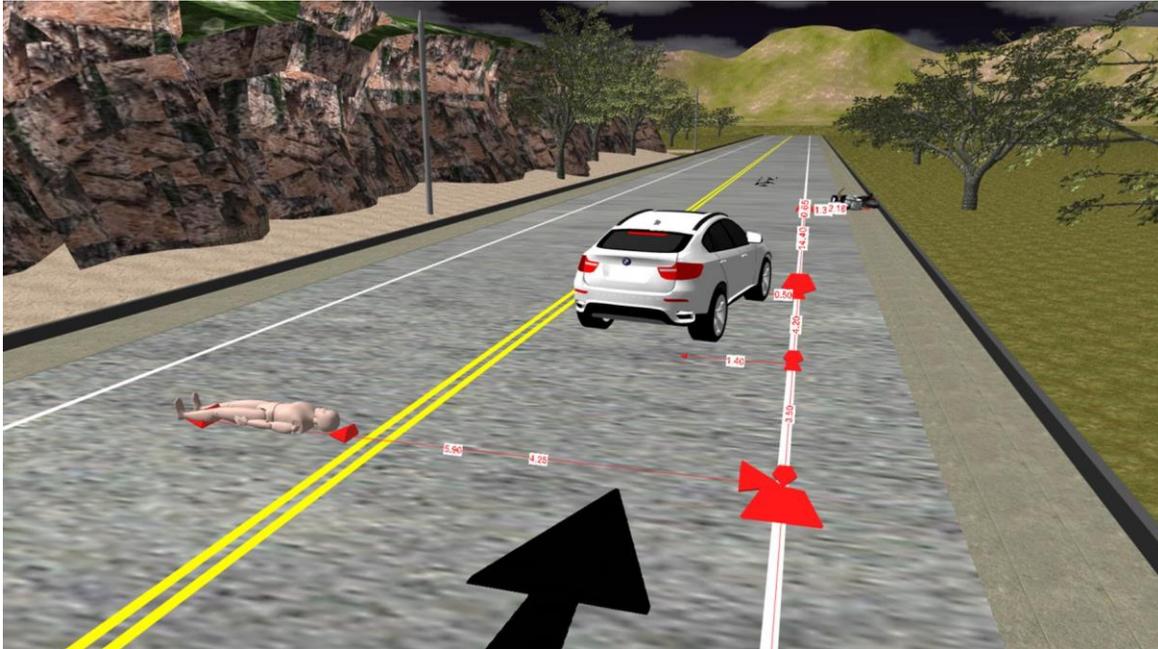
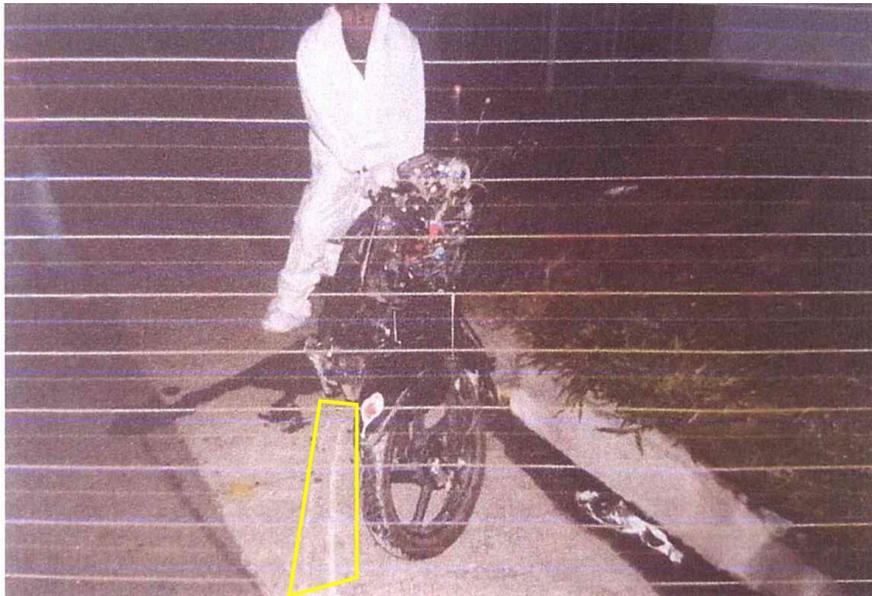


IMAGEN No. 17: En estas imágenes en 3D, se aprecian las evidencias diagramadas en el croquis del informe de la autoridad.



FOTOGRAFÍA No. 11 PLANO GENERAL: En esta fotografía se observa la posición final del occiso respecto a la camioneta.



FOTOGRAFÍA No. 12 PLANO MEDIO: En esta fotografía se aprecia una huella de arrastre metálico, la cual no se encuentra acotada en el croquis del informe de la autoridad.

2.5 VICTIMAS:

Producto del accidente se reporta una (1) persona fallecida, el conductor del vehículo No. 2 (Motocicleta), el menor Edy Santiago Florez Rodriguez con T.I 1.081.052.328 de 14 años de edad.

3. POSICIÓN RELATIVA DE LOS VEHÍCULOS AL MOMENTO DEL IMPACTO.

Teniendo en cuenta los daños de los vehículos, evidencias registradas en el croquis y fotografías del día de los hechos, se tiene la posición relativa entre el vehículo No. 1 **CAMIONETA** en su zona anterior; mientras tanto para el vehículo No. 2 **MOTOCICLETA** en su costado izquierdo más hacia su tercio anterior.

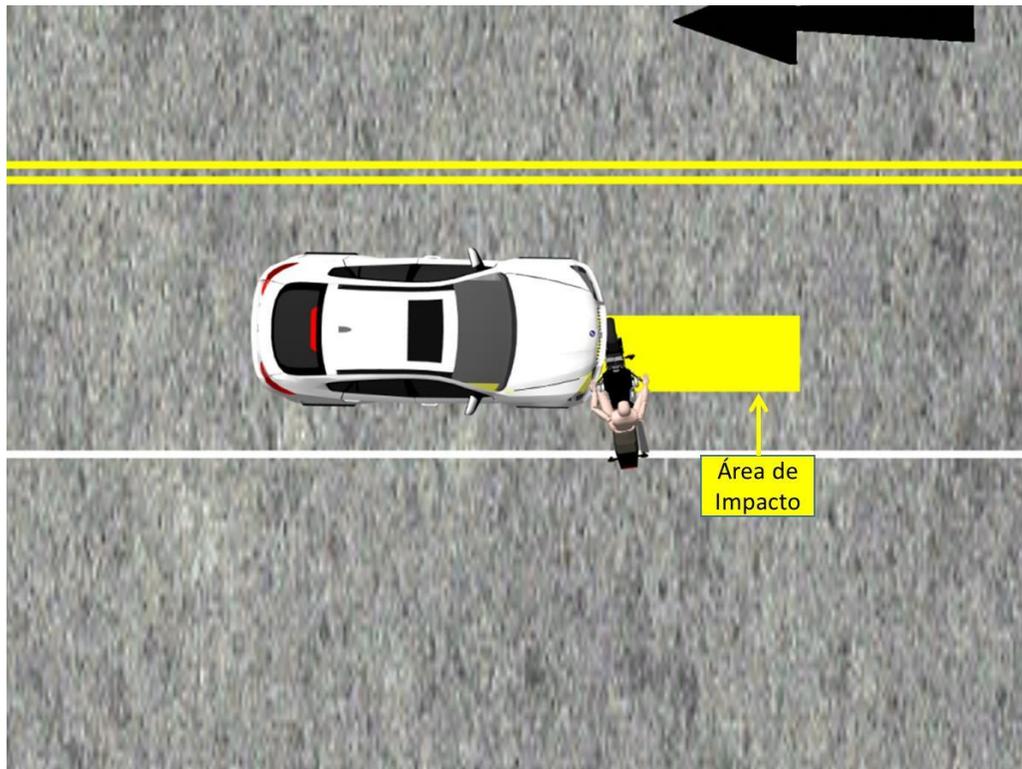


IMAGEN No. 18: En esta imagen se muestra la posición relativa de los vehículos al momento del impacto, y el área de color amarillo donde se presentó.

El área de impacto de 5,0 x 1,0 m, área de color amarillo en la imagen No. 18, indica que el impacto se presenta en cualquier punto de esta área, la cual se encuentra ubicada en el carril derecho en sentido Pasto – Mojarras, es decir en el carril de desplazamiento de la camioneta.

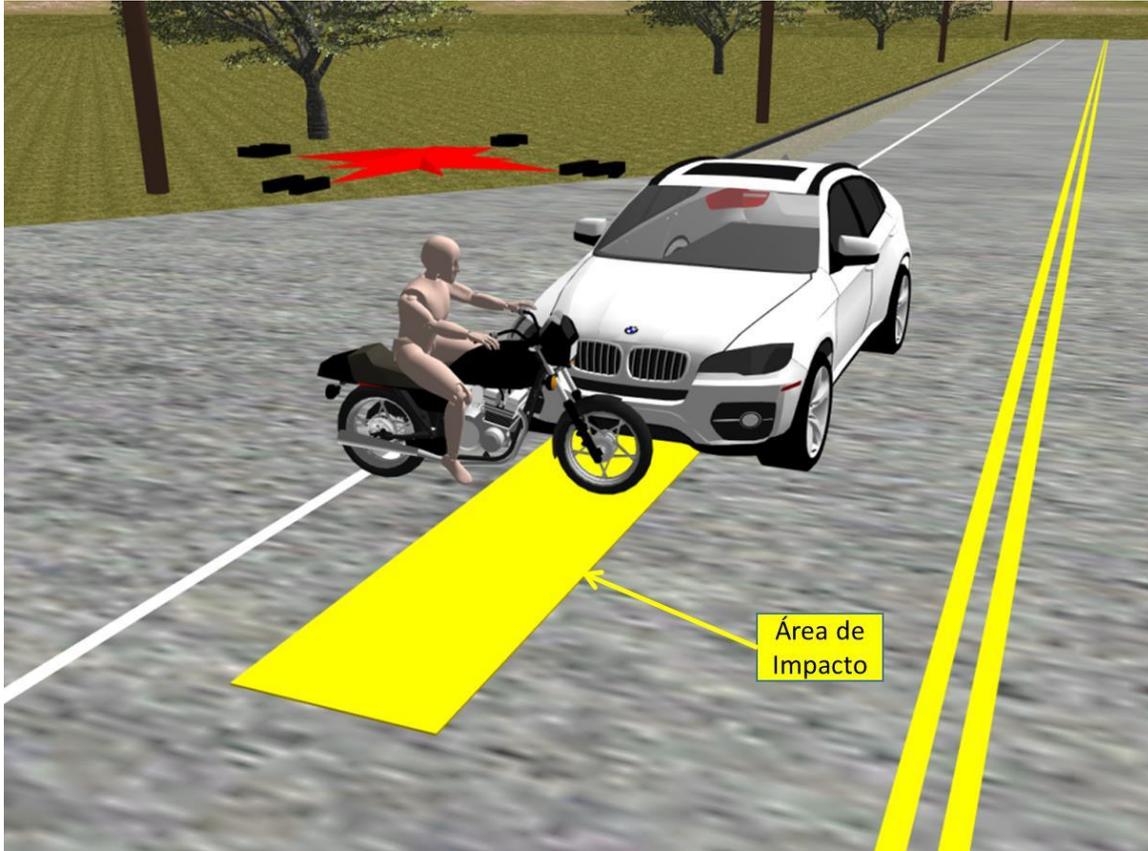


IMAGEN No. 19: En esta imagen en 3D se aprecia la posición relativa de los vehículos al momento del impacto.

4. DESARROLLO ANALÍTICO DE LA DINÁMICA DE MOVIMIENTO DE LOS VEHÍCULOS.

Uno de los aspectos principales de la investigación y la reconstrucción está vinculado con la determinación objetiva de la velocidad de circulación de los vehículos, momentos previos al accidente, el lugar de la vía donde ocurre la interacción y la posición relativa de los vehículos en ese instante, así como la secuencia de movimiento después del impacto. La valoración de estos interrogantes permitirá conocer la o las causas que desencadenaron el hecho.

Conceptos básicos: teóricos-físicos.

La deducción analítica de la velocidad de circulación de los vehículos y la secuencia del accidente se basa en la utilización de un **MODELO FÍSICO** basado de las leyes de la física, leyes de la cinemática, que tengan en cuenta las principales variables que intervienen en el siniestro, e involucre los parámetros que determinan la ocurrencia del mismo, además se tuvo en cuenta las siguientes condiciones:

- El área de impacto se localizó teniendo en cuenta las trayectorias que seguían los vehículos antes, los daños que estos presentaron, las posiciones finales y las evidencias en la vía, a partir de los resultados de los cálculos realizados utilizando en conjunto las leyes de conservación de la energía y de la cinemática, lugares diferentes no dieron resultados físicamente posibles y por tal motivo se descartan.
- Los vehículos después del impacto se detienen por el rozamiento de las llantas con el asfalto seco para la camioneta en un proceso de frenada controlado sin huella, por el arrastre de la motocicleta sobre el piso y el arrastre de la víctima sobre la vía.
- Los coeficientes de rozamiento efectivo¹ después del impacto que se usaron para realizar los cálculos se tomaron de tal forma que involucraran todo el proceso de detención de los vehículos descrito anteriormente, entre $\mu=0,7$ y $\mu=0,9$ para el arrastre de la víctima sobre la vía, entre $\mu=0,3$ y $\mu=0,5$ para la motocicleta y entre $\mu=0,6$ y $\mu=0,7$ para la camioneta.
- La posición relativa de los vehículos al momento del impacto se encuentra a partir de los daños que estos presentaron, sus posiciones finales y las evidencias.

¹ Coeficiente de rozamiento efectivo significa que se tienen en cuenta todos los factores que influyen en la desaceleración de los vehículos, impactos posteriores, estado de la vía, pendiente de la vía y estado de rotación de las llantas (bloqueadas, libres o aceleradas).

- La región donde se produjo la colisión y hasta donde se detuvieron los vehículos es recta, pendiente 3°, se encontraba seca y sin iluminación artificial (IPAT).
- Las técnicas² para determinar los valores de EES para cada vehículo son:
 - a. Comparación a partir de pruebas controladas de laboratorio (Crash Test).
 - b. Realizar mediciones de los daños y utilizar algoritmo de cálculo.
 - c. A partir del daño medido y la utilización de la curva velocidad – deformación y/o fuerza – desplazamiento.
 - d. Utilización de Redes de energía.
 - e. Por comparación con catálogos EES, el cual contiene fotos de vehículos siniestrados, categorizados por modelos y gravedad de colisión, esto permite ver rápidamente si el EES del impacto estimado es razonable, con base a una comparación visual del daño.
- Un proceso de frenada de emergencia se calcula teniendo en cuenta un tiempo de reacción del conductor entre uno coma cinco (1,5 s) y dos (2,0 s) segundos, la desaceleración del vehículo durante la frenada es uniforme con un *coeficiente de rozamiento efectivo* mínimo de $\mu=0,7$ y máximo de $\mu=0,8$ para la camioneta y entre $\mu=0,4$ y máximo de $\mu=0,6$ para la motocicleta.

NOTA 2: *Los resultados del análisis y los cálculos aquí hechos dependen en su totalidad de la información recibida; sin embargo, los rangos usados para los diferentes parámetros se han escogido de manera que incluyan lo que en realidad sucedió.*

² Accident Reconstruction Guidelines, Pan-European Co-ordinated Accident and Injury Databases, PENDANT, 2004, page 96.

**4.1 VELOCIDAD DE LA CAMIONETA AL INICIO DEL PROCESO DE FRENADO
CON TIEMPO DE RESPUESTA.**

$$V_v = \left[-t + \left(t^2 + \frac{2d_A}{\mu(\cos \theta - \sin \theta)g} \right)^{1/2} \right] \mu(\cos \theta - \sin \theta)g \quad (1)$$

Donde.

μ : Coeficiente de rozamiento efectivo entre $\mu=0,6$ y $\mu=0,7$.

g : Valor de la aceleración de la gravedad: $9,8 \text{ m/s}^2$

d_A : Distancia total recorrida por la camioneta, entre 54,0 y 59,0 m

t : Tiempo de respuesta del conductor de la camioneta se estimó entre 1,2 y 1,5 s compatible con la dinámica del siniestro.

θ : Pendiente de la vía 3° (bajando).

V_v : Velocidad de la camioneta al inicio del proceso entre 62 y 75 km/h.

VELOCIDAD DE UN VEHÍCULO DE ACUERDO A LA DISTANCIA RECORRIDA DESDE EL LUGAR DONDE OBSERVA EL OBSTACULO HASTA QUE SE DETIENE COMPLETAMENTE				
DISTANCIA MINIMA	d min (m)	54		
DISTANCIA MAXIMA	d max (m)	59		
COEFICIENTE DE FRICCIÓN MINIMO	μ min	0.6		
COEFICIENTE DE FRICCIÓN MAXIMO	μ max	0.7		
TIEMPO DE REACCION MINIMO	tr min (seg)	1.2		
TIEMPO DE REACCION MAXIMO	tr max (seg)	1.5		
PENDIENTE DE LA VIA	%	5.24	0.05	
RESULTADOS				
PLANO	Tipo de vehiculo			
		Grandes	Medianos	Pequeños
VELOCIDAD MINIMA	17.88	64.36	67.58	70.80
VELOCIDAD MAXIMA	21.39	76.99	84.69	88.54
SUBIENDO			km/h	km/h
VELOCIDAD MINIMA	18.51	66.62	69.95	73.28
VELOCIDAD MAXIMA	22.02	79.29	87.22	91.18
BAJANDO			km/h	km/h
VELOCIDAD MINIMA	17.20	61.94	65.03	68.13
VELOCIDAD MAXIMA	20.70	74.51	81.96	85.69
			km/h	km/h

IMAGEN No. 20: En esta imagen se observan los resultados obtenidos.

4.2 CALCULO DE LA VELOCIDAD RELATIVA INICIAL Y EL ΔV DE LOS VEHÍCULOS A PARTIR DE LA TÉCNICA EES.

$$V_{R1} = \sqrt{V_{R2}^2 + \frac{2\Delta E}{m^*}} \quad (2)$$

Donde:

V_{R1} : Velocidad relativa de acercamiento, entre 66 y 79 km/h.

V_{R2} : Velocidad relativa de separación se estimó en 0 km/h.

m^* : masa reducida

$$m^* = \frac{m_1 * m_2}{m_1 + m_2} \quad (3)$$

$$\Delta E = \frac{1}{2} m_1 * EES_1^2 + \frac{1}{2} m_2 * EES_2^2 \quad (4)$$

$$\Delta V_1 = \sqrt{\frac{2Em_2}{m_1 * (m_1 + m_2)}} \quad (5)$$

$$\Delta V_2 = \sqrt{\frac{2Em_1}{m_2 * (m_1 + m_2)}} \quad (6)$$

ΔV : Cambio de velocidad del vehículo durante el impacto.

E: Energía total absorbida por los dos vehículos debido a la deformación.

m_1 : masa del vehículo No. 1: entre 2300 y 2400 kg.

m_2 : masa del vehículo No. 2: entre 180 y 190 kg.

EES_1 : Velocidad equivalente de Energía del vehículo No. 1: entre 17 y 20 km/h.

EES_2 : Velocidad equivalente de Energía del vehículo No. 2 entre 20 y 25 km/h.

Se obtiene un ΔV para el vehículo No. 1, entre 4,8 y 5,7 km/h.

Se obtiene un ΔV para el vehículo No. 2 entre 61,4 y 72,7 km/h.

IRS® Calculator	
Calculo de ΔV a partir de estimación de EES	
Masa del vehiculo 1	2350
EES minimo V1	17 km/h
EES máximo V1	20 km/h
Masa del vehiculo 2	185 Kg
EES minimo V2	20
EES máximo V2	25 km/h
Velocidad relativa final minima	0 km/h
Velocidad relativa final máxima	0 km/h

Resultados	
Energia mínima del vehiculo 1	26202
Energia máxima del vehiculo 1	36265
Energia mínima del vehiculo 2	2855
Energia máxima del vehiculo 2	4461
Energia total minima	29057
Energia total máxima	40726

ΔV Vehiculo 1	
minimo	4.8
máximo	5.7
ΔV Vehiculo 2	
minimo	61.4
máximo	72.7

Velocidad relativa inicial minima	66.3
Velocidad relativa inicial máxima	78.5

IMAGEN No. 21: En esta imagen se observan los resultados obtenidos.

4.3 VELOCIDAD RELATIVA INICIAL DE ACUERDO A LA VELOCIDAD DE CADA VEHÍCULO Y AL ÁNGULO QUE FORMAN AL MOMENTO DEL IMPACTO.

$$V_{ri}^2 = V_1^2 + V_2^2 - 2V_1 V_2 \text{Cos}\theta \quad (7)$$

Donde:

V_{ri} : Velocidad relativa inicial, entre 66 y 79 km/h, se tiene un amplio rango a partir de la compatibilidad entre daños, lesiones y el resultado anterior.

V_1 : Velocidad de la camioneta al momento del impacto, entre 62 y 75 km/h.

V_2 : Velocidad de la motocicleta al momento del impacto, entre 15 y 20.

θ : Angulo que forman las velocidades al momento del impacto: para la camioneta 0° y para la motocicleta entre 95° y 100°.

VELOCIDAD RELATIVA INICIAL						
		$\alpha 1i$	$\alpha 2i$	V1	V2	
<i>IRS® Calculator</i>						
	$\alpha 1i$ (°) min	$\alpha 2i$ (°) min	V1i (km/h)min	V2i (km/h)min	$\alpha 1i$ (°) min	$\alpha 2i$ (°) min
	0	95	62	15	0.00	1.66
	$\alpha 1i$ (°) máx	$\alpha 2i$ (°) máx	V1i (km/h)max	V2i (km/h)max	$\alpha 1i$ (°) máx	$\alpha 2i$ (°) máx
0	100	75	20	0.00	1.75	
RESULTADO						
Velocidad Relativa	Vr min	66.27				
	Vr max	79.29	66-79			

IMAGEN No. 22: En esta imagen se observan los resultados obtenidos.

4.4 DISTANCIA QUE REQUIERE UN VEHÍCULO PARA DETENERSE Y QUE SE DESPLAZA A UNA VELOCIDAD V_v EN VÍA CON PENDIENTE.

$$D_T = \frac{(V_v \mp gt_r \sin \theta)^2}{2(\mu \cos \theta \pm \sin \theta)g} + t_r V_v \mp \frac{t_r^2 g \sin \theta}{2} \quad (8)$$

Donde:

D_T : Distancia total recorrida.

V_v : Velocidad del vehículo.

t_r : Tiempo de reacción entre 1,5 y 2,0 s.

g : Valor de la aceleración de la gravedad: 9,8 m/s²

μ : Coeficiente de rozamiento entre las llantas y la superficie.

Θ : Pendiente de la vía 3°

5. SECUENCIA DEL ACCIDENTE DE TRÁNSITO

Basados en el registro de evidencias y el análisis realizado para el evento se plantea la secuencia probable³ para el accidente en donde: un instante antes del impacto, el vehículo No. 1 **CAMIONETA** se desplazaba sobre el carril derecho en sentido Pasto – Mojarras a la altura del km 34 + 200 m, a una velocidad comprendida entre sesenta y dos (**62 km/h**) y setenta y cinco (**75 km/h**) kilómetros por hora; mientras tanto, el vehículo No. 2 **MOTOCICLETA**, se desplazaba en sentido Cimarrones – Pasto a la altura del km 34 + 200 m orientado diagonalmente hacia la izquierda sobre el carril derecho a una velocidad comprendida entre quince (**15 km/h**) y veinte (**20 km/h**) kilómetros por hora.

La motocicleta inicia el ingreso a la calzada, impactan con la camioneta haciendo que la motocicleta sea desviada hacia la derecha cayendo al piso, se arrastra por el piso y se detiene en posición final; mientras tanto la camioneta sigue hacia adelante y termina en posición final.

La velocidad calculada para el vehículo No. 1 (Motocicleta) es al momento del impacto, antes se podía desplazar a mayor velocidad sin poder determinar su valor.

No es posible determinar la presencia de más vehículos sobre la calzada al momento del siniestro.

³ Probable hace alusión a un resultado enmarcado dentro de un margen lógico, basado en un análisis objetivo de evidencias y con sustento técnico-científico que soporta el resultado obtenido.

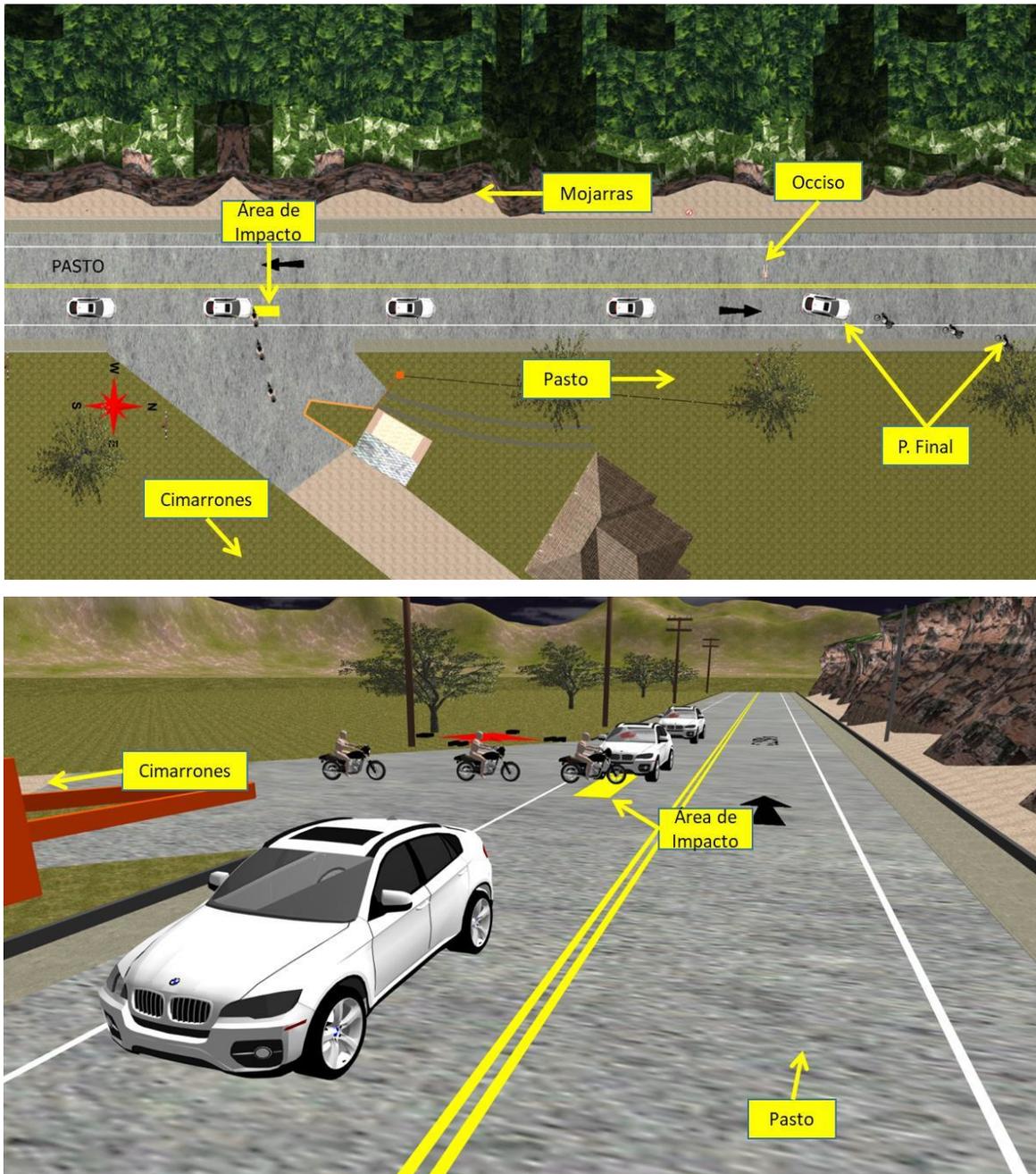


IMAGEN No. 23: En estas imágenes, vista en planta y 3D se observa la secuencia del accidente, nótense los sentidos vehiculares y el área de impacto de color amarillo, así como los desplazamientos hacia su posición final.

6. ANÁLISIS DE LAS CAUSAS QUE DESENCADENARON EL ACCIDENTE - ANÁLISIS DE EVITABILIDAD.

En la generación de todo accidente, se vinculan causas relacionadas con la APTITUD y ACTITUD de los conductores, con el estado de la vía y del vehículo. Por evitabilidad se entiende el análisis realizado a la secuencia del accidente, en las condiciones específicas del mismo, que permita determinar si los conductores de los vehículos durante su proceso de conducción una vez percibido el riesgo, podían o no realizar maniobras FÍSICAMENTE posibles que le permitieran evitarlo, teniendo en cuenta las normas establecidas, la visibilidad, tiempos de reacción, estado de los vehículos, etc. Cuando un conductor percibe un riesgo, inician una serie de eventos, procesos, que se desarrollan con el único fin de evitar el peligro o hacerlo menos grave, estos procesos dependen de aspectos dinámicos, anímicos, conductuales, siendo los más usados las maniobras evasivas hacia izquierda o derecha, así como el proceso de frenada de emergencia. Para analizar la EVITABILIDAD del accidente se describe a continuación un proceso normal de maniobra de emergencia, el cual es aproximadamente como sigue: El conductor observa el peligro, a partir de este instante transcurren aproximadamente entre uno coma cinco (1,5) y dos (2,0 s) segundos⁴, en aplicar los frenos o realizar alguna maniobra, por ejemplo girar; si se elige por la frenada, al actuar los frenos, las llantas disminuyen su velocidad de giro, y si se pisa fuertemente el pedal se pueden bloquear las llantas, por lo que el vehículo finalmente se desplaza un trayecto frenando con llantas a punto de bloquearse o deslizando antes de detenerse totalmente, en este último caso es posible que quede marcada una huella de frenada, si se elige la maniobra de giro el vehículo se desviará en la trayectoria que el conductor le dé a la dirección, y dependiendo del ángulo el vehículo solamente cambiará de dirección sin derrapar lateralmente.

⁴ Tiempo de reacción normal para un conductor atento en condiciones ambientales nocturna.

En los anteriores procesos se involucran dos distancias recorridas por el vehículo, primero la distancia que recorre el vehículo durante el tiempo de reacción del conductor, llamada distancia de reacción **dR**, y segundo la distancia que recorre el vehículo durante la frenada **dF**, la distancia total de parada **dT**, es la suma de las dos, es decir, **dT = dR + dF**; Es importante anotar que cuando se bloquean las llantas se pierde maniobrabilidad en la conducción.

VELOCIDAD	<i>Distancia de Reacción dR</i>	<i>Distancia de Frenado dF</i>	<i>Distancia Total de frenado dT</i>
CAMIONETA <i>Entre 62 y 75 km/h</i>	<i>Entre 26,4 y 42,7 m</i>	<i>Entre 22,1 y 37,7 m</i>	<i>Entre 48,5 y 80,4 m</i>
MOTOCICLETA <i>Entre 15 y 20 km/h</i>	<i>Entre 5,7 y 10,1 m</i>	<i>Entre 0,9 y 2,3 m</i>	<i>Entre 6,6 y 12,4 m</i>

TABLA No. 4

El hecho que analiza la evitabilidad del accidente radica en determinar en qué lugar se encontraba cada vehículo cuando podía percibir al otro como riesgo, y así realizar las maniobras tendientes a evitar el contacto entre ellos, maniobras como frenar o girar.

7. HALLAZGOS

- a) Los resultados del análisis hecho son compatibles con el modelo físico utilizado, en particular con la posición final de los vehículos, las evidencias en la vía y los daños que se presentaron.
- b) En el informe policial de accidentes de tránsito en su numeral 6.5 “Condición climática” indican que era normal.

- c) En el informe policial de accidentes de tránsito indican en su numeral 6 “Características del lugar”, inciso No. 6.1 Área corresponde a rural y en el inciso 6.2 Sector corresponde a Residencial.
- d) De acuerdo al Código Nacional de Tránsito se indica: **“ARTÍCULO 107. LÍMITES DE VELOCIDAD EN ZONAS RURALES.** *Modificado por el art. 2, Ley 1239 de 2008, Modificado por el art. 2, Decreto Nacional 15 de 2011* **NOTA:** *El Decreto Nacional 15 de 2011 fue declarado Inexequible mediante Sentencia de la Corte Constitucional C-219 de 2011. La velocidad máxima permitida en zonas rurales será de ochenta (80) Kilómetros por hora. En los trayectos de las autopistas y vías arterias en que las especificaciones de diseño y las condiciones así lo permitan, las autoridades podrán autorizar velocidades máximas hasta de (100) kilómetros por hora por medio de señales adecuadas”.*
- e) Con base en lo anterior y de acuerdo a la inspección a la vía por parte del equipo de IRS Vial en el sector de influencia del accidente de tránsito su área es rural y no predomina la zona residencial.
- f) De acuerdo al informe policial de accidentes de tránsito en su numeral 7.6 “Estado” indica que el tramo de vía era buena.
- g) De acuerdo al informe policial de accidentes de tránsito en su numeral 7.7 “Condiciones” indica que el tramo de vía se encontraba seco.
- h) En el informe policial de accidentes de tránsito no indican la presencia de un tercer vehículo en el hecho.
- i) En el informe policial de accidentes de tránsito no se indica si el conductor del vehículo No. 2 MOTOCICLETA portaba los elementos de seguridad (casco, chaleco).
- j) En las fotografías del día de los hechos no se aprecian cascos de seguridad cerca a las posiciones finales de los involucrados.
- k) No se posee información técnica que indique el estado fisiológico y anímico del conductor del vehículo No. 2 MOTOCICLETA.

- l)** En el croquis del informe de la autoridad no se diagraman huellas de frenado, huellas de arrastre metálico, huellas de arrastre biológico o vestigios del siniestro.
- m)** En las fotografías del día de los hechos se aprecia una huella de arrastre metálico, sin embargo, no es posible determinar la longitud total.
- n)** Es importante anotar que en el IPAT se indica hipótesis del accidente para el vehículo No. 2 MOTOCICLETA la No. 139 *“IMPERICIA EN EL MANEJO”*.
- o)** Es importante anotar que en el IPAT se indica hipótesis del accidente para el vehículo No. 2 MOTOCICLETA la No. 099 *“NO HACER USO DE SEÑALES REFLECTIVAS O LUMINOSAS”*.
- p)** En el numeral 13 del informe policial de accidentes de tránsito se realizan las siguientes observaciones: *“Impericia en el manejo y no hacer uso de señales reflectivas o luminosas estas hipótesis es del conductor de la moto”*.
- q)** Producto del accidente se reporta una (1) persona fallecida, el conductor del vehículo No. 2 (Motocicleta), el menor Edy Santiago Florez Rodriguez con T.I 1.081.052.328.
- r)** Se desconoce la idoneidad para conducir vehículo por parte del conductor del vehículo No. 2 MOTOCICLETA.
- s)** En el tramo de vía que conduce de Pasto a Mojarras a la altura del km 34 + 200 m se encuentra demarcación horizontal de línea amarilla doble continua y líneas de borde.
- t)** En el tramo de vía que conduce de Pasto a Mojarras a la altura del km 34 + 200 m se encuentra señalización vertical SR-26 “Prohibido adelantar”, SP-17 “Bifurcación a la derecha”, SP-46 “Peatones en la vía”.
- u)** En la zona de influencia del siniestro, no se encuentra señalización vertical SR-30 “Velocidad máxima”.

- v) En el informe aportado por la contraparte se indica la presencia de una señal vertical SR-30 “Velocidad máxima 30 km/h”, sin embargo, no señalan su ubicación respecto al punto de referencia tomado por la autoridad o la distancia al lugar de los hechos.
- w) Los daños de los vehículos son compatibles con el rango de la velocidad relativa obtenido (66 – 79 km/h).
- x) La velocidad calculada para los vehículos es al momento del impacto, antes se podían desplazar a mayor velocidad sin poder determinar su valor.
- y) El área de impacto de 5,0 x 1,0 m, área de color amarillo en la imagen No. 18, indica que el impacto se presenta en cualquier punto de esta área, la cual se encuentra ubicada en el carril derecho en sentido Pasto – Mojarras, es decir en el carril de desplazamiento de la camioneta.
- z) La velocidad y el ángulo de impacto de los vehículos es compatible con la ubicación de los vehículos sobre la calzada.
- aa) Es de anotar que de acuerdo al ángulo de impacto del vehículo No. 1 CAMIONETA existe la compatibilidad en la cual antes del impacto se desplace por el carril derecho en sentido Pasto – Mojarras a la altura del km 34 + 200 m.
- bb) Teniendo en cuenta las evidencias encontradas existe una compatibilidad con el hecho que el vehículo No. 2 MOTOCICLETA al momento del impacto se encontraba orientado diagonalmente hacia la izquierda sobre el carril derecho en sentido Pasto – Florida proveniente de la vía adyacente a la calzada principal.
- cc) Es importante anotar que de acuerdo a las características generales de la vía (pendiente) y el entorno los conductores presentaban baja visibilidad.
- dd) Con información de la necropsia de la víctima y la experticia técnica al vehículo No. 2 MOTOCICLETA es posible complementar el presente informe.
- ee) Con la información que se posee, no es posible determinar si el vehículo No. 2 MOTOCICLETA presentaba los sistemas luminosos en buenas condiciones o si se encontraban en funcionamiento.

ff) No se posee información técnica que demuestre una maniobra riesgosa por parte del vehículo No. 1 CAMIONETA.

8. CONCLUSIONES:

8.1 Secuencia:

Un instante antes del impacto, el vehículo No. 1 CAMIONETA se desplazaba sobre el carril derecho en sentido Pasto – Mojarras a la altura del km 34 + 200 m, a una velocidad comprendida entre sesenta y dos (62 km/h) y setenta y cinco (75 km/h) kilómetros por hora; mientras tanto, el vehículo No. 2 MOTOCICLETA, se desplazaba en sentido Cimarrones – Pasto a la altura del km 34 + 200 m orientado diagonalmente hacia la izquierda sobre el carril derecho a una velocidad comprendida entre quince (15 km/h) y veinte (20 km/h) kilómetros por hora.

8.2 Factor vía:

Las características de la vía, estado, señalización y demarcación no fueron factores generadores de la causa del accidente, sin embargo, su diseño (pendiente 3°) disminuyen las condiciones de visibilidad y el ingreso a la calzada proveniente de la vereda Cimarrones se debe realizar con precaución.

8.3 Factor vehículo:

No se posee información que permita indicar una falla en los sistemas mecánicos de los vehículos.

8.4 Factor humano:

1. La velocidad del vehículo No. 1 CAMIONETA (62 - 75 km/h), es inferior (adecuada) a 80 km/h, límite de velocidad de acuerdo al área (rural) sin señalización vertical SR-30 “Velocidad máxima”.

2. La velocidad del vehículo No. 2 MOTOCICLETA (15 – 20 km/h) es inferior (adecuada) a 30 km/h, límite de velocidad de acuerdo al área y diseño (rural, intersección) sin señalización vertical SR-30 “Velocidad máxima”, al igual es compatible con la maniobra de ingreso a la calzada.

3. La causa⁵ fundamental (DETERMINANTE) del accidente de tránsito obedece al inicio del cruce de la calzada por parte del vehículo No. 2 MOTOCICLETA sin tomar las medidas de precaución.

NOTA 3: Para la introducción de este informe pericial en un proceso penal y/o civil como elemento material probatorio y su sustentación en audiencia por parte de los peritos firmantes, es necesaria la comunicación a la dirección forense de IRS VIAL S.A.S para su autorización.

⁵ CAUSA desde la óptica de la SEGURIDAD VIAL, es decir, se determinan los factores que de alguna forma originan riesgos viales, relacionados con el factor humano, la vía y los vehículos, no corresponden a juicios de valor o responsabilidad.

9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Investigation Traffic Accident Manual. University Northwestern Institute Traffic. Stannard Baker & Lynn Fike.
2. "Vehicular response to emergency braking", Walter S. Reed. University of Texas at Austin. A. Taner Keskin. ALFA Engineering, Inc. (Society of Automotive Engineers document number: SAE 879501).
3. "Motor Vehicle Accident Reconstruction and Cause Analysis, Rudolf Limpert, Fifth Edition, 1999, Lexis Publishing.
4. "Friction Applications in Accident Reconstruction" by Warner et al. (Society of Automotive Engineers document number: SAE 830612).
5. "Vehicular Deceleration and Its Relationship to Friction" Walter S. Reed. University of Texas at Austin. A. Taner Keskin. ALFA Engineering, Inc. (Society of Automotive Engineers document number: SAE 870936).
6. Energy Basis for Collision Severity. Environmental Activities Staff, Kenneth L. Campbell, General Motors Corp. SAE 740565.
7. A method for Quantifying Vehicle Crush Stiffness Coefficients James A. Neptune, George Y. Blair y James E. Flynn. Blair, Church & Flynn Consulting Engineers, SAE 920607.
8. A Method for Determining Accident Specific Crush Stiffness Coefficients, James A. Neptune y James E. Flynn J₂ Engineering. Inc. SAE 940913.
9. Delta V: Basic Concepts, Computacional Methods and Misunderstandigs. Ric. D Robinette, Richard J. Fay y Rex E. Paulsen. Fay Engineering Corp. SAE 940915.

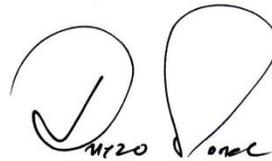
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

10. Seventeen Motorcycle Crash Tests into Vehicles and a Barrier, Kelley S. Adamson Gregory C. Anderson, Unified Building Sciences & Engineering, Inc. Scalia Safety Engineering, Peter Alexander Ralph Aronberg, Raymond P. Smith & Associates Aronberg, & Associates Consulting Engineers, Inc. Ed L. Robinson and Gary M. Johnson J., Rolly Kinney, Robinson & Associates, LLC Kinney, Engineering, Inc., Claude I. Burkhead, III David W. Sallmann, Advanced Engineering Resources Rudny & Sallmann Engineering Ltd. John McManus Consulting Engineering Services, SAE 2002-01-0551.

11. "Perception/reaction time values for accident reconstruction", Michael J., OH Philip H. Cheng, John F. Wiechel, S.E.A., Inc., Columbus, OH Dennis A. Guenther Ohio State Univ., Columbus, OH, SAE 890732.



Alejandro Umaña Garibello
Ingeniero Mecánico



Diego Manuel López Morales
Físico Forense

NOTA 4: Cada uno de los peritos forenses que firman el presente informe técnico pericial de reconstrucción de accidentes de tránsito, autoriza expresamente al otro individualmente a comparecer ante los estrados judiciales para sustentar en audiencia de juicio oral el contenido del mismo.

Ms Diego Manuel López Morales

- Físico y Magíster en ciencias Físico Matemáticas.
- Físico Forense Investigador y Reconstructor de accidentes de tránsito.
- Físico Forense - Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses, 1994 - 2005.
- Centro Internacional Forense FCI, ex director Forense FCI. 2005 – 2007.
- Reconstructor de más de 3100 accidentes de tránsito.
- Perito experto en las cortes de Colombia.
- Docente Universitario, autor de artículos sobre accidentología y seguridad vial.
- Certificado como **PERITO FORENSE AVANZADO** en hechos de Tránsito, Organización Internacional de Accidentología Vial **OIAV**, Certificado **DEKRA ISO/IEC 17024 -2012. PFT 0010**
- Miembro **NAPARS** (National Association of Professional Accident Reconstruction Specialists).

Ing. Alejandro Umaña Garibello

- Ingeniero Mecánico 2017 (Universidad ECCI)
- Tecnólogo en investigación judicial y analista de accidentes de tránsito (Fundación Autónoma de las Américas)
- Tecnólogo en Mecánica Automotriz 2015 (Universidad ECCI).
- Certificado como **PERITO FORENSE** en hechos de Tránsito, Organización Internacional de Accidentología Vial **OIAV**, Certificado **DEKRA ISO/IEC 17024 -2012 PFT 0012.**
- Ex funcionario del Seguridad Vial del Centro de experimentación de seguridad vial CESVI COLOMBIA S.A. 2009
- Acompañamiento en Móviles, CENTRO INTERNACIONAL FORENSE "F.C.I" 2007
- Investigación de accidentes de tránsito, RIVERA PINZÓN E.U 2007
- Investigador de más de 900 accidentes de tránsito.
- Primer seminario internacional de accidentología 2011.
- Curso de entrenamiento paquete Edge FX.