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



VEHÍCULO No. 1: MOTOCICLETA, YAMAHA RX100, modelo 1997, color negro, placa NWL 78A.

**VEHÍCULO No. 2: CAMIONETA, CHEVROLET LUV D-MAX, modelo 2010, color plata,
placa NVV 546.**

INFORME No. 240334560

Bogotá D.C., marzo 14 de 2024

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:	15
2.4	MARCAS Y EVIDENCIAS SOBRE EL TERRENO:	24
2.5	VICTIMAS:.....	29
2.6	SEMÁFORO:	30
3.	ANÁLISIS FORENSE DEL ACCIDENTE DE TRÁNSITO.	31
3.1	POSICIÓN RELATIVA DE LOS VEHÍCULOS AL MOMENTO DEL IMPACTO.	31
4.	SECUENCIA DEL ACCIDENTE DE TRÁNSITO.....	39
5.	ANÁLISIS DE EVITABILIDAD.....	42
6.	HALLAZGOS.....	45
7.	CONCLUSIONES:	47
8.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	48

1. INTRODUCCIÓN

Los procedimientos de investigación y reconstrucción de accidentes de tránsito utilizan como metodología el MÉTODO CIENTÍFICO y técnicas de reconstrucción de accidentes de tránsito desarrolladas y probadas científicamente, aceptadas por la comunidad científica mediante la publicación de artículos científicos y discusión en congresos y seminarios, 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 reconstrucción, su recolección y descripción conforman el punto de partida del análisis retrospectivo del accidente.

➤ Instrumentos, equipos y programas de software empleados:

1. Procedimiento de investigación y reconstrucción de accidentes de tránsito – Manual de calidad IRS VIAL SAS norma ISO 9001-2015.
2. Equipos de Cómputo Lenovo Procesador Intel(R) Core (TM) i5-4460T CPU @ 1.90GHz.
3. Software Trimble Forensic Reveal – Licenses Manager - IRS VIAL SAS.
4. Herramienta *IRS® Calculator*, hoja de cálculo en Excel.

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 IRSVIAL, 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) Seis (6) fotografías a color del lugar de los hechos.

- b) Cinco (5) fotografías del estado final del vehículo No. 1 (Motocicleta)
- c) Historia clínica admisión No. 93297.
- d) Informe policial de accidentes de tránsito (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 con el reporte del accidente de tránsito ocurrió el jueves 9 de julio de 2020, a las 22:18 horas, en la carrera 7 con calle 4 (2.9243425, -75.2856732), en área urbana de la ciudad de Neiva (Huila).



Imagen No 1: En esta imagen se aprecia la ubicación geográfica del lugar de los hechos (fuente Google Earthpro).

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 6 así como en la tabla No. 1.



Fotografía No. 1 Panorámica: En esta fotografía tomada por el equipo de IRS Vial en sentido occidente - oriente en la calle 4 entre carreras 6 y 7, se aprecian las características generales de la vía, en la cual no se encuentra demarcación horizontal, sin señalización vertical; en este sentido se desplazaba el vehículo No. 1 (Motocicleta).



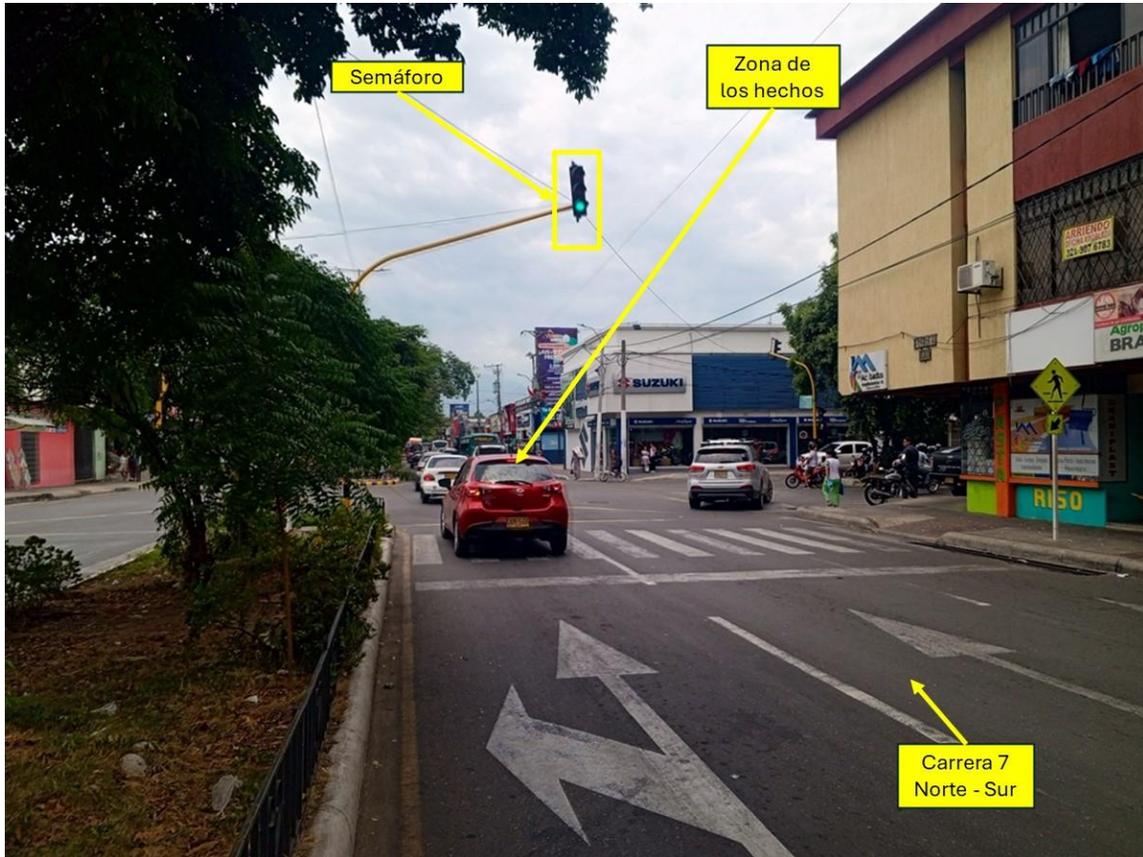
Fotografía No. 2 Panorámica: En esta fotografía tomada por el equipo de IRS Vial en sentido occidente - oriente en la calle 4 con carrera 7, se aprecian las características generales de la vía, en la cual se encuentra demarcación horizontal de flecha indicadora de sentido, paso peatonal borroso y línea de pare, sin señalización vertical y con semáforo operando; en este sentido se desplazaba el vehículo No. 1 (Motocicleta).



Fotografía No. 3 Panorámica: En esta fotografía tomada por el equipo de IRS Vial en sentido oriente - occidente en la calle 4 con carrera 7, se aprecian las características generales de la vía, en la cual se encuentra demarcación horizontal de línea antibloqueo, sin señalización vertical.



Fotografía No. 4 Panorámica: En esta fotografía tomada por el equipo de IRS Vial en sentido norte – sur en la carrera 7 entre calles 5 y 4, se aprecian las características generales de la vía, en la cual se encuentra demarcación horizontal de línea blanca segmentada y líneas de borde, sin señalización vertical y; en este sentido se desplazaba el vehículo No. 2 (Camioneta).



Fotografía No. 5 Panorámica: En esta fotografía tomada por el equipo de IRS Vial en sentido norte – sur en la carrera 7 con calle 4, se aprecian las características generales de la vía, en la cual se encuentra demarcación horizontal de línea blanca segmentada, líneas de borde, flechas indicadoras de sentido, línea de pare y paso peatonal (cebra), sin señalización vertical y con semáforo operando; en este sentido se desplazaba el vehículo No. 2 (Camioneta).



Fotografía No. 6 Panorámica: En esta fotografía tomada por el equipo de IRS Vial en sentido sur - norte en la carrera 7 con calle 4, se aprecian las características generales de la vía, en la cual se encuentra demarcación horizontal de línea antibloqueo y paso peatonal (cebra), sin señalización vertical.

NOTA 1: La inspección a la vía por parte del equipo de IRS Vial fue realizada el 12 de marzo de 2024.

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

CARACTERÍSTICAS	Calle 4	Carrera 7
ÁREA, SECTOR	<i>Urbano, Comercial</i>	
GEOMÉTRICAS	<i>Recta, Plano</i>	
UTILIZACIÓN	<i>Único sentido por calzada</i>	
CALZADAS	<i>Dos</i>	
CARRILES	<i>Tres por calzada</i>	
MATERIAL	<i>Asfalto</i>	
ESTADO	<i>Bueno</i>	
CONDICIONES Y TIEMPO	<i>Seca, Normal</i>	
ILUMINACIÓN	<i>Artificial buena</i>	
CONTROLES Y SEÑALES	<i>Demarcación horizontal de línea de pare, paso peatonal (cebra), flechas indicadoras de sentido y línea antibloqueo, con señalización vertical SR-10 (prohibido girar en U) y con semáforo operando.</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: MOTOCICLETA, YAMAHA RX100, modelo 1997, color negro, placa NWL 78A.



Imagen No. 5: En esta imagen se aprecia un vehículo de similares características al involucrado (http://motos.brick7.com.co/Rx+100+Negra/sort.most_recent/).

CONDUCTOR		OSCAR FELIPE AGUDELO CARO
IDENTIFICACIÓN	CC 1.075.321.184	
EDAD	20 años	
LICENCIA	A2, B1, C1/ Sin restricción para conducir https://www.runt.com.co/consultaCiudadana/#/consultaPersona	

TABLA No. 2

CARACTERÍSTICAS		VEHÍCULO No. 1
SERVICIO	PARTICULAR	
OCUPANTES	0	
DIMENSIONES	Largo: 1965 mm Ancho: 740 mm Alto: 1050 mm Distancia entre ejes: 1240 mm https://comotos.co/yamaha-rx-100/	
PESO TOTAL	180 – 190 kg	

TABLA No. 3



Imagen No. 6: En estas imágenes se aprecia la descripción de daños o evidencias en el vehículo por parte de la autoridad: "Ver FPJ-22".



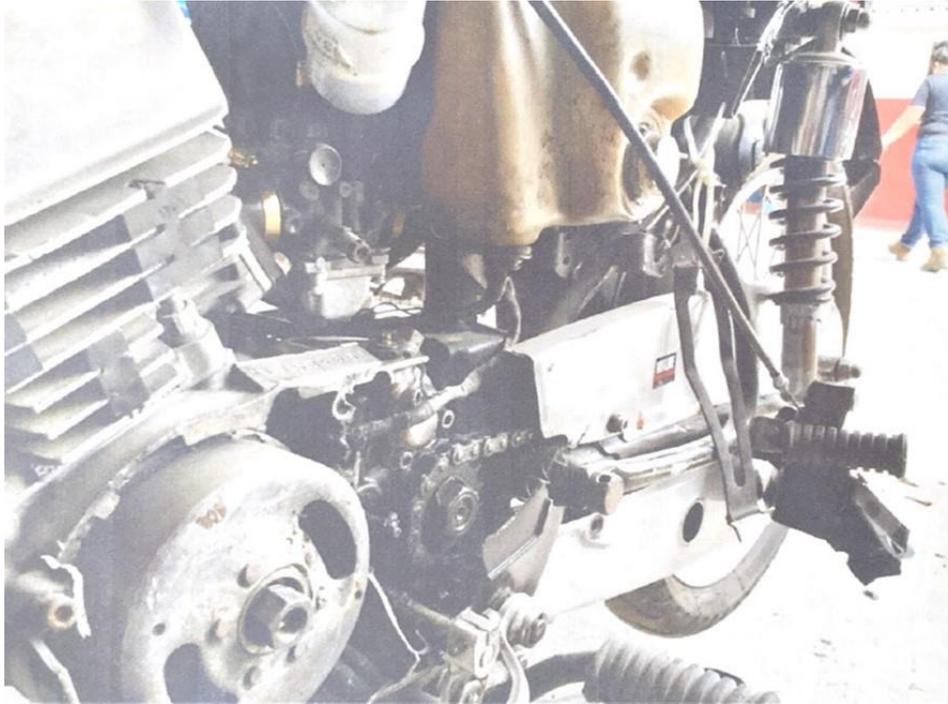
Imagen No. 7: En esta imagen se observa con los recuadros amarillos la ubicación de los daños o evidencia en la motocicleta. Elaboración a escala en el software Trimble Forensics Reveal.



Fotografía No. 7 Plano Medio: En esta fotografía se observa el estado final del vehículo, el cual presenta daños en su zona anterior, afectando la unida de luz.



Fotografía No. 8 Plano Medio: En estas fotografías se aprecian los daños que presenta el vehículo sobre el costado izquierdo, afectando las tapas.



Fotografía No. 9 Plano Medio: En estas fotografías se observa el daño en el costado derecho, afectando las tapas y en el costado derecho más hacia el tercio posterior el guardafangos.

- **VEHÍCULO No. 2: CAMIONETA, CHEVROLET LUV D-MAX, modelo 2010, color plata, placa NVV 546.**



Imagen No. 8: En esta imagen se aprecia un vehículo de similares características al involucrado (<https://carros.mitula.com.co/carros/chevrolet-luv-d-max-furgon-diesel>).

CONDUCTOR		HERNEY PEÑA NARVÁEZ
IDENTIFICACIÓN	CC 83.057.943	
EDAD	41 años	
LICENCIA	A2, B1 / Sin restricción para conducir https://www.runt.com.co/consultaCiudadana#/consultaPersona	

TABLA No. 4

CARACTERÍSTICAS		VEHÍCULO No. 2
SERVICIO	PARTICULAR	
CARGA / OCUPANTES	—	
DIMENSIONES	Largo: 5228 mm Ancho: 1860 mm Alto: 1790 mm Distancia entre ejes: 3095 mm chrome- extension://efaidnbmnnnibpcjpcglclefindmkaj/https://andar.com.co/wp-content/uploads/2019/11/d-max-ficha-tecnica.pdf	
PESO TOTAL	2500 – 2600 kg	

TABLA No. 5



B.B. DESCRIPCIÓN DAÑOS MATERIALES DEL VEHÍCULO VER FPJ - 22 .

Imagen No. 9: En estas imágenes se aprecia la descripción de daños o evidencias en el vehículo por parte de la autoridad: “Ver FPJ-22”.

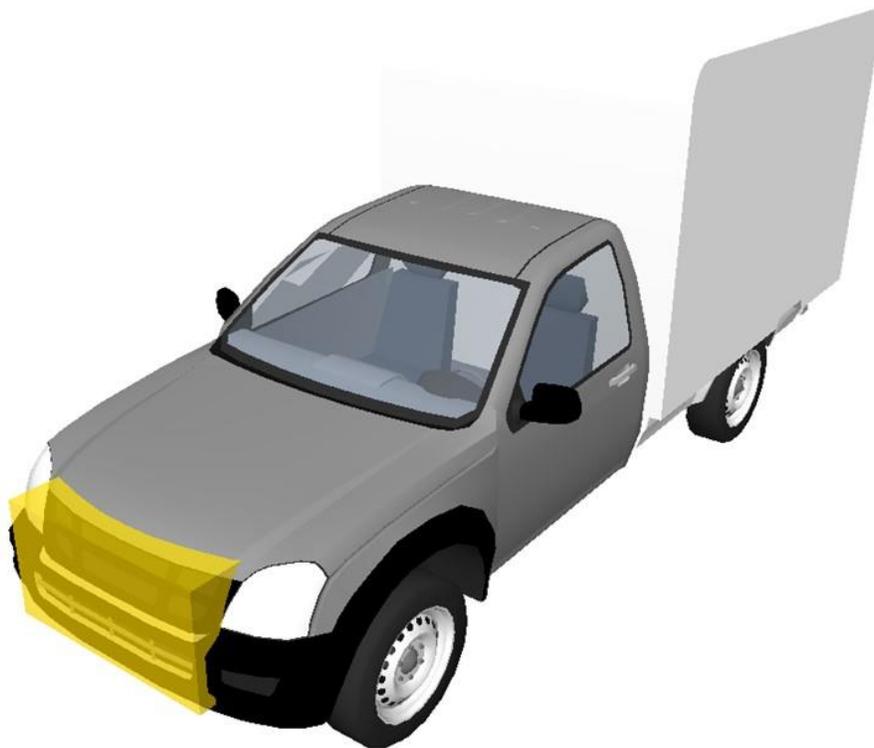


Imagen No. 10: En esta imagen se observa con los recuadros amarillos la ubicación de los daños o evidencia en la camioneta. Elaboración a escala en el software Trimble Forensics Reveal.

2.4 MARCAS Y EVIDENCIAS SOBRE EL TERRENO:

En el formato de levantamiento de accidentes realizado por la autoridad se aprecian las siguientes evidencias:

- Características de la vía.
- Vehículos en posición final.
- Huella de frenada de 7,0 m.
- Huella de arrastre metálico de 9,3 m.
- Sentido de circulación.
- Punto de referencia.

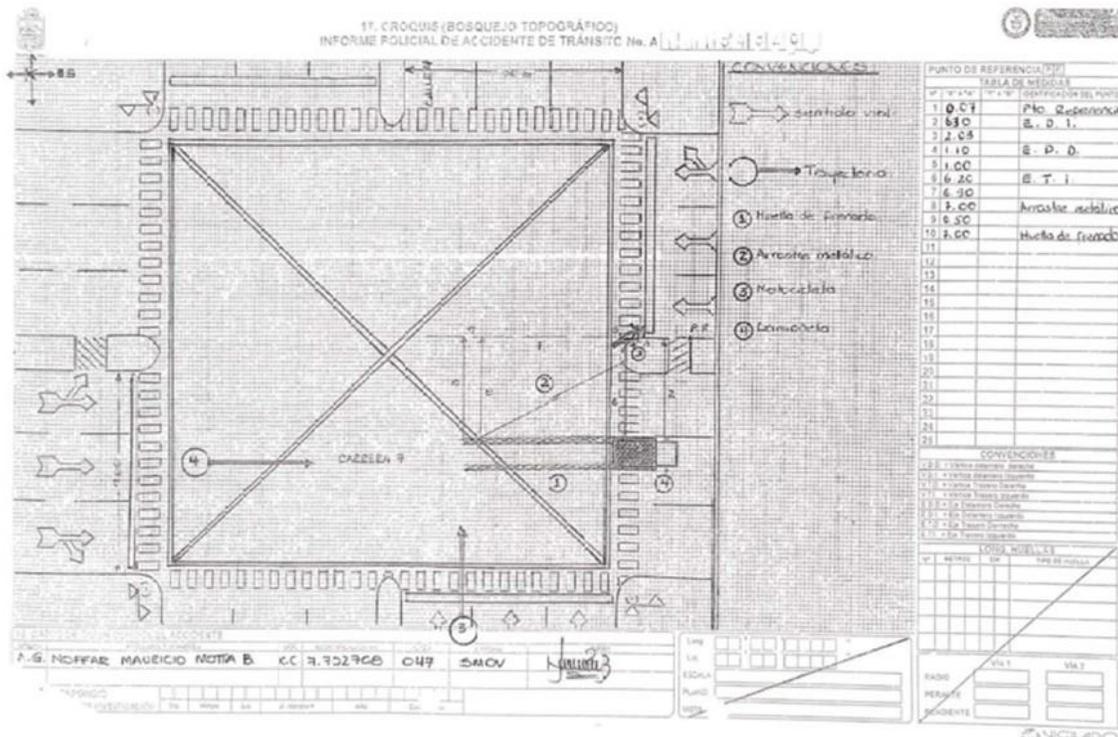


Imagen No 11: En esta imagen se muestra el croquis del informe de la autoridad.

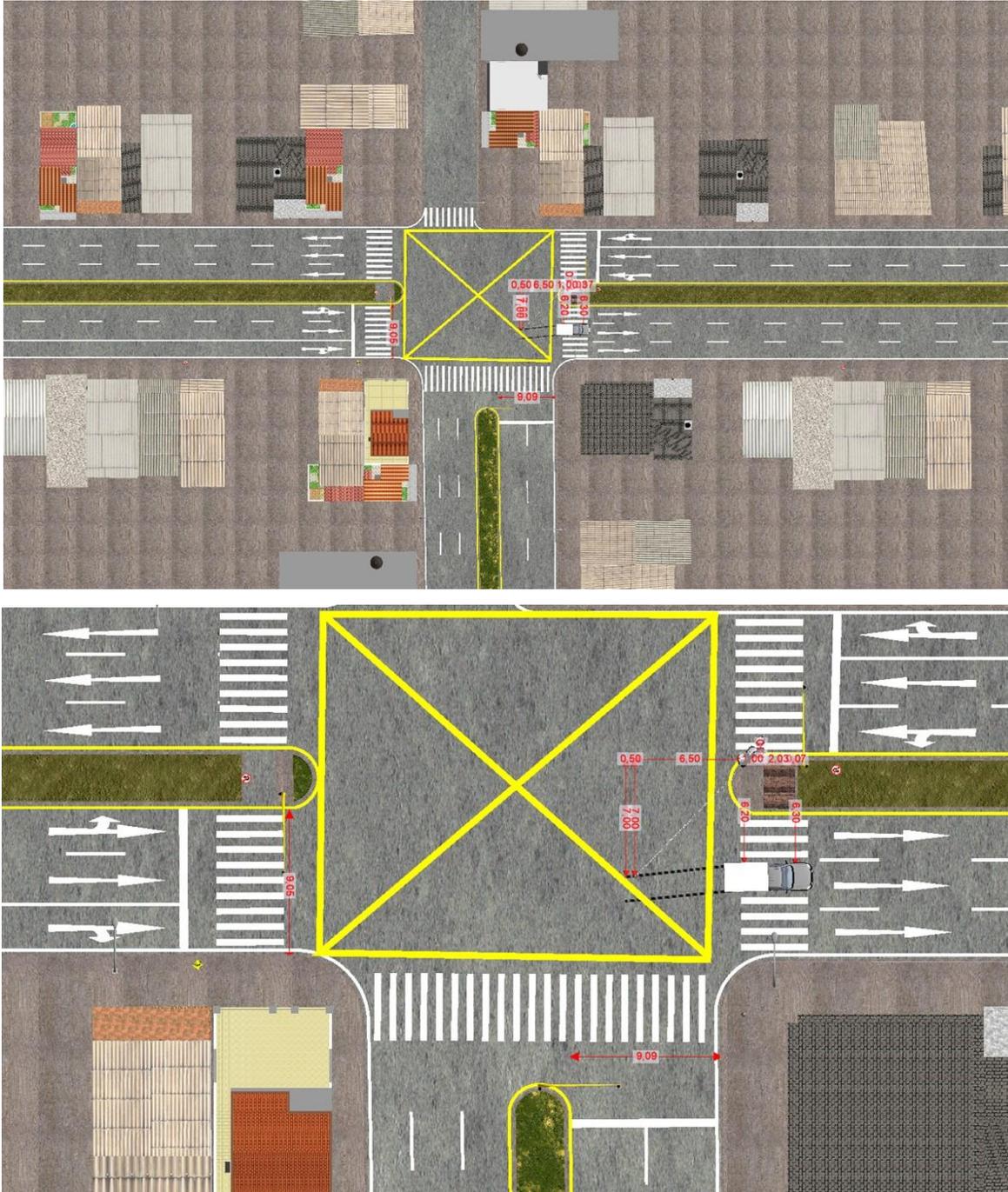


Imagen No. 12: En estas imágenes, vista en planta se observan las evidencias diagramadas en el croquis de la autoridad. Elaboración a escala en el software Trimble Forensics Reveal.

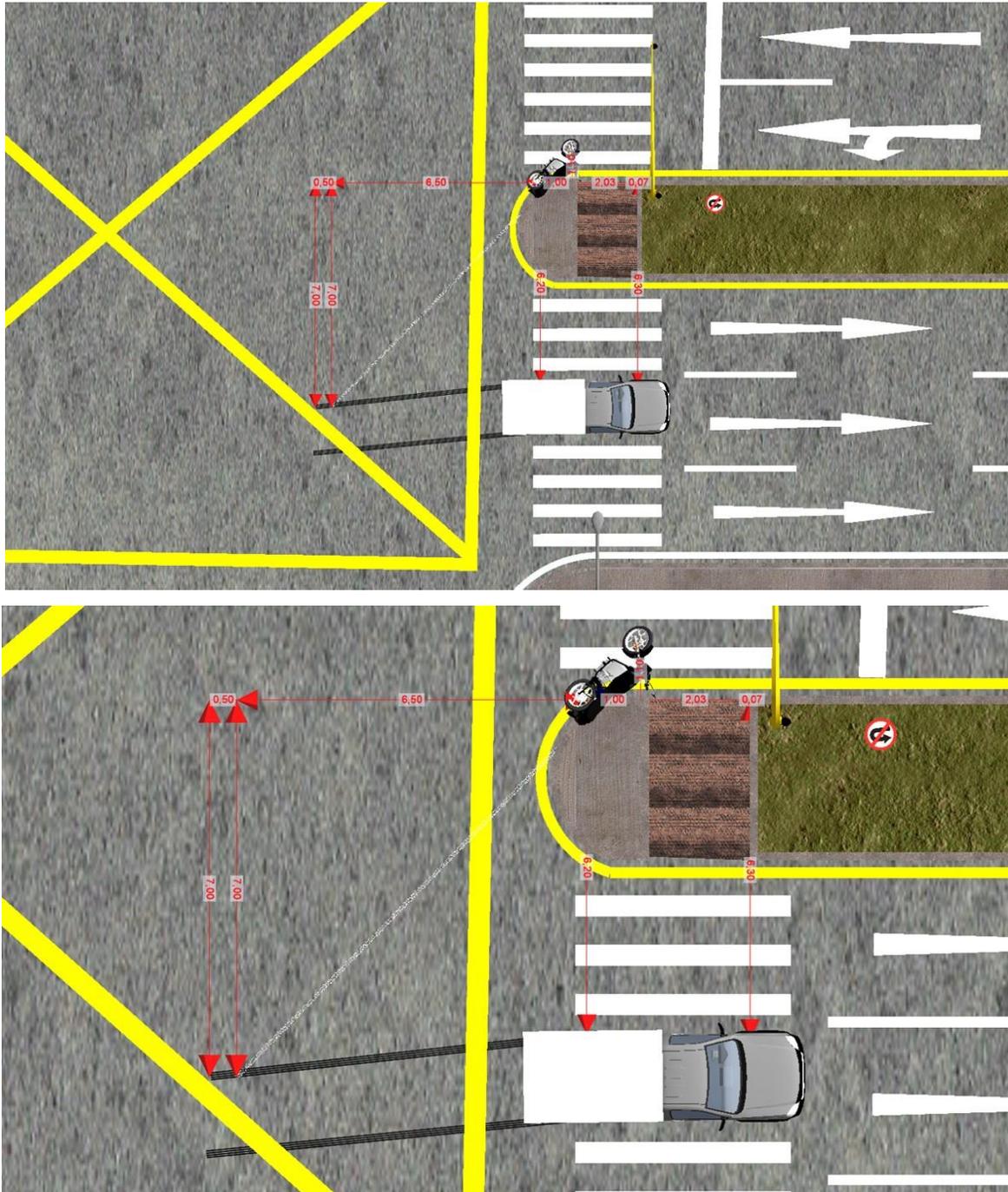


Imagen No. 13: En estas imágenes, vista en planta se observan las evidencias diagramadas en el croquis de la autoridad. Elaboración a escala en el software Trimble Forensics Reveal.

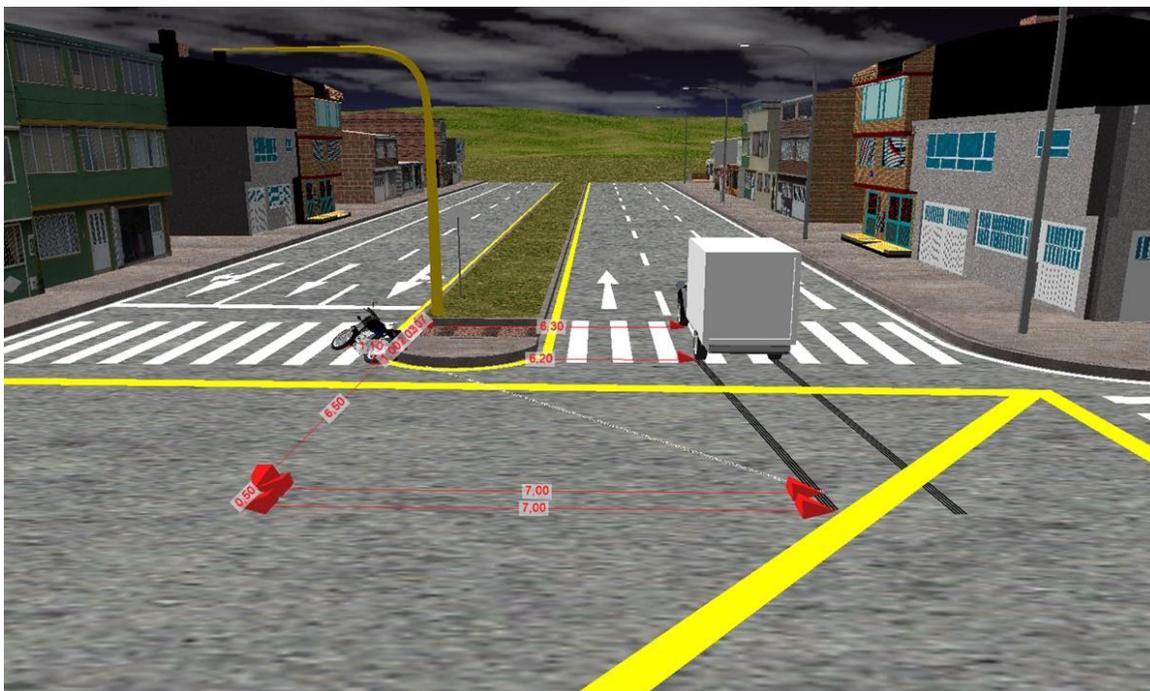
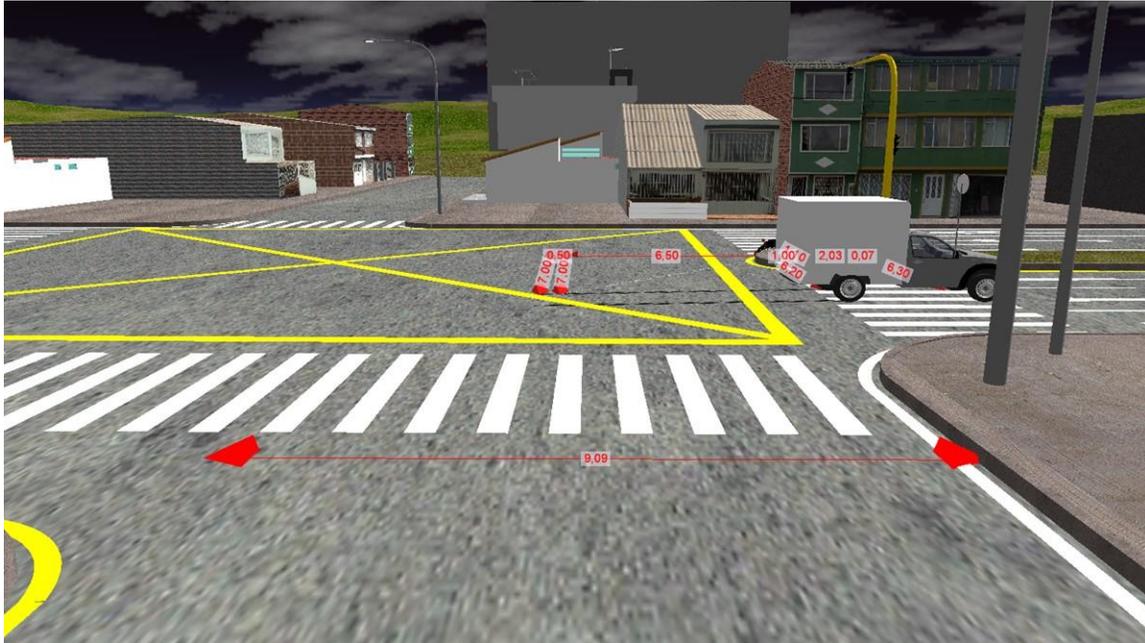


Imagen No. 14: En estas imágenes en 3D se observan las evidencias diagramadas en el croquis de la autoridad. Elaboración a escala en el software Trimble Forensics Reveal.

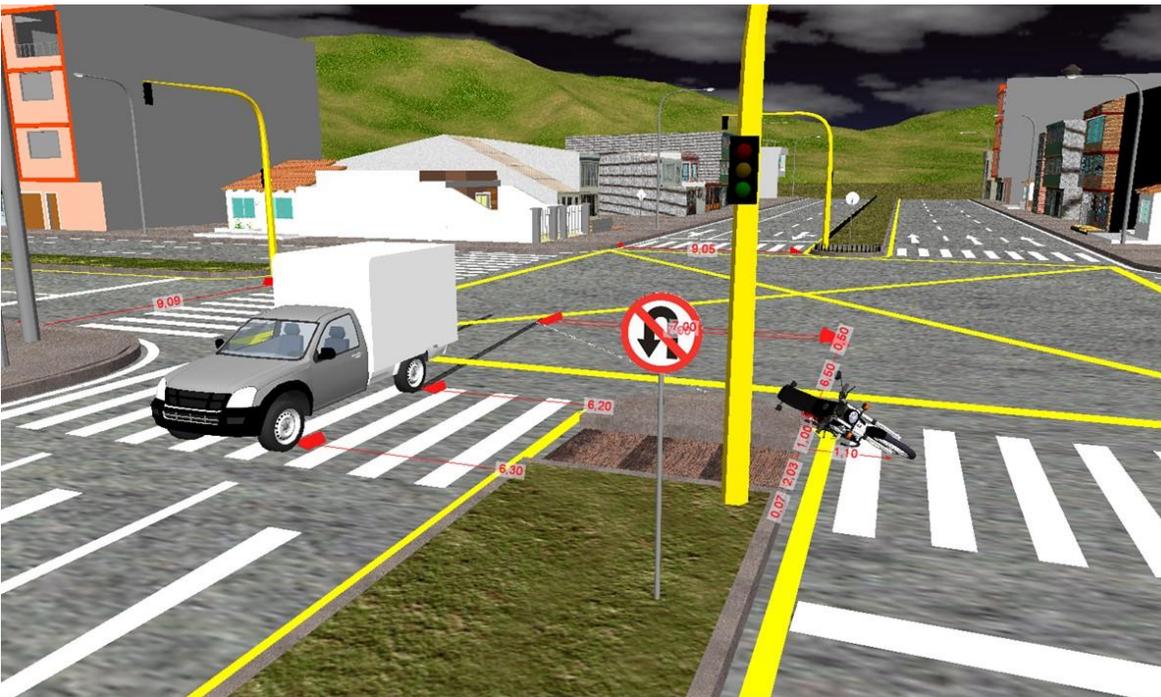


Imagen No. 15: En estas imágenes en 3D se observan las evidencias diagramadas en el croquis de la autoridad. Elaboración a escala en el software Trimble Forensics Reveal.

2.5 VICTIMAS:

Producto del siniestro se reporta una (1) persona lesionada, el conductor del vehículo No. 1 (Motocicleta), el señor, Oscar Felipe Agudelo Caro con CC 1.075.321.184 de 20 años quien fue remitido a la clínica de Fracturas y Ortopedia en la ciudad de Neiva (Huila), presentando las siguientes lesiones:

- Trauma craneoencefálico leve.
- Heridas múltiples en cara.
- Trauma en hombro derecho.
- Trauma en codo derecho.
- Trauma en pierna derecha.
- Múltiples laceraciones.

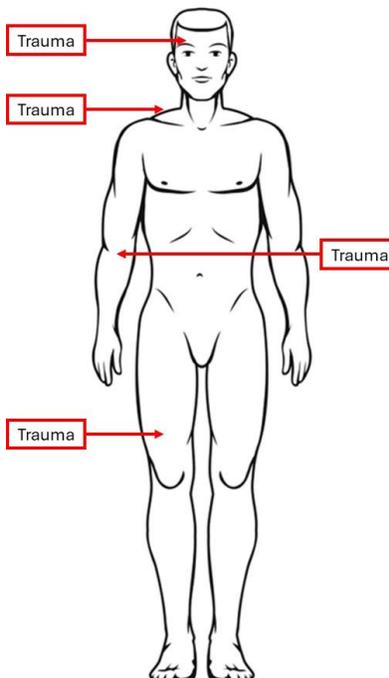


Imagen No. 16: En esta imagen se aprecia la ubicación de las lesiones en la víctima.

2.6 SEMÁFORO:

Al momento de la inspección a la vía por parte del equipo de IRS Vial se tomaron los tiempos de cambio semafórico en la intersección de la calle 4 con carrera 7.

Carrera 7 Norte – Sur	36 s	3 s	74 s			
Carrera 7 Sur – Norte	140 s		2 s	31 s	3 s	140 s
Calle 4 Occidente – Oriente	83 s				3 s	27 s

TABLA No. 6

3. ANÁLISIS FORENSE DEL ACCIDENTE DE TRÁNSITO.

El enfoque forense de la reconstrucción de accidentes de tránsito consiste en la utilización de técnicas avanzadas de análisis forense y calculo analítico, partiendo de las evidencias físicas recolectadas del accidente y teniendo en cuenta el vehículo, la vía y el hombre, desde una óptica holística es posible determinar la posición relativa de los involucrados antes, al momento y después del impacto, la secuencia del accidente, las causas que lo generaron y realizar un análisis de evitabilidad.

3.1 POSICIÓN RELATIVA DE LOS VEHÍCULOS AL MOMENTO DEL IMPACTO.

Teniendo en cuenta los daños de los vehículos, las evidencias de acuerdo con el croquis de la autoridad y las lesiones del conductor del vehículo No. 1 (Motocicleta), se tiene la posición relativa al momento del impacto, para el vehículo No. 1 **MOTOCICLETA** en su costado izquierdo más hacia su tercio medio y posterior y para el vehículo No. 2 **CAMIONETA** en su zona anterior más hacia su tercio medio.

El área de 2,0 x 1,0 m de color verde, indica que el impacto se presenta en cualquier punto de esta área la cual se encuentra en la intersección de la calle 4 con carrera 7.

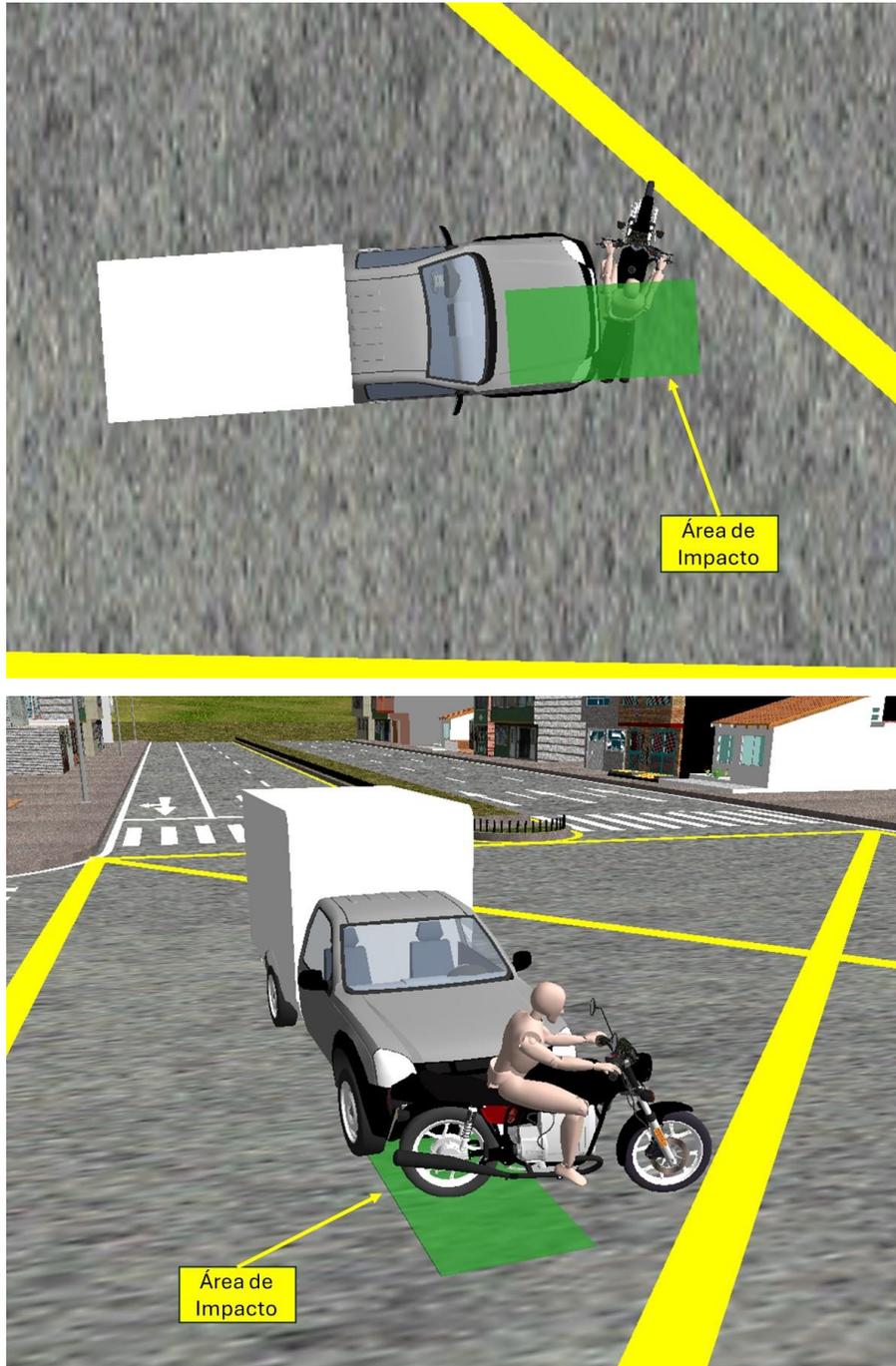


Imagen No. 17: En estas imágenes, vista en planta y 3D se muestra la posición relativa al momento del impacto y el área donde se presenta. Elaboración a escala en el software Trimble Forensics Reveal.

3.2 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 o los vehículos, momentos previos al accidente, el lugar de la vía donde ocurre el impacto y la posición relativa 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 o los vehículos y la secuencia del accidente se basa en la utilización de un **MODELO FÍSICO** aplicando las leyes de la física, que tenga en cuenta las principales variables que intervienen en el siniestro, e involucre los parámetros que determinan la ocurrencia de este, además se tuvo en cuenta las siguientes condiciones:

- El área de impacto y la posición relativa se localizaron teniendo en cuenta las trayectorias que seguían los vehículos antes de la interacción, los daños que estos presentaron, las posiciones finales y las evidencias en la vía, después de analizar los cálculos y al aplicar la ley de conservación de la energía, lugares diferentes no dieron resultados físicamente posibles, y por tal motivo se descartan.
- La región donde se produjo la colisión y hasta donde se detuvieron es plano, recto, se encontraba seca, con iluminación artificial buena.
- La camioneta después del impacto se detiene por el rozamiento de las llantas con el asfalto seco en un proceso de frenada controlado con huella, el arrastre e impacto contra el objeto fijo (separador) por pate de la motocicleta y el vuelo y arrastre de la víctima sobre la vía sin poder determinar su posición final.

- 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, un factor de desaceleración con un valor entre 3,43 y 5,39 m/s² que corresponde a un rozamiento efectivo entre $\mu=0,35$ y $\mu=0,55$ para la motocicleta, y entre 6,86 y 7,84 m/s², que corresponde a un rozamiento efectivo entre $\mu=0,7$ y $\mu=0,8$ para la camioneta.
- Al aproximarse dos o más vehículos a la misma zona y producirse la colisión entre ellos, se genera una fuerza que varía desde cero a una cantidad elevada en un periodo muy corto de tiempo y vuelve a regresar a cero rápidamente. En la mayoría de los choques, no se puede conocer cómo varía esta fuerza en función del tiempo, pero en este caso fue posible estimar la velocidad de impacto de los vehículos analizando la posición al momento del impacto y la ubicación final de los rodantes.
- Las pruebas de choque son fundamentales para la reconstrucción de accidentes y son uno de los recursos de conocimiento más importantes para los expertos en reconstrucción de accidentes de tránsito. La comparación visual de un daño real con las pruebas de choque y/o catálogos EES puede permitir una evaluación rápida y sencilla del accidente; al utilizar la comparación visual con regularidad, el experto adquiere un alto nivel de experiencia y buen conocimiento de la energía absorbida en las deformaciones. Las pruebas de colisión y/o catálogos EES permiten una determinación rápida y bien fundamentada de importantes parámetros de colisión (velocidad relativa de impacto, delta V, coeficiente de restitución). Esta técnica también es una alternativa útil a los cálculos prolongados y es especialmente importante en caso de accidentes con factores especiales, como la ausencia de marcas de huellas.
- 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.

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).

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

- 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.
- f. Por comparación con resultados obtenidos en reconstrucciones utilizando la técnica EES realizados con software de simulación como por ejemplo Virtual Crash, PC Crash, entre otros.
- 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, sí la desaceleración del vehículo durante la frenada es uniforme con un *coeficiente de rozamiento* mínimo de $\mu=0,7$ y máximo de $\mu=0,8$ para la camioneta y mínimo de $\mu=0,4$ y máximo de $\mu=0,6$ para la motocicleta.
 - Los cálculos se realizan con la herramienta *IRS® Calculator*, hoja de cálculo en Excel, en la cual se ingresan las fórmulas de los modelos físicos utilizados, herramienta elaborada por la Dirección Forense de IRS VIAL SAS.

NOTA 3: *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.*

3.2.1 VELOCIDAD DE LA CAMIONETA DE ACUERDO CON LA LONGITUD DE LA HUELLA DE FRENADA.

$$V = \sqrt{2\mu g d} \quad (1)$$

Dónde:

μ : Coeficiente de rozamiento efectivo entre las llantas y la vía $\mu=0,7$ y $\mu=0,8$.

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

d: Longitud de la huella de frenada del vehículo $7,0 \text{ m}$ (IPAT)

V: Velocidad de la camioneta en el instante de comenzar a marcar la huella de frenada entre 35 y 38 km/h .

Es importante indicar que este tipo de vehículo reduce su velocidad desde el inicio de la desaceleración hasta el inicio de la huella entre 15 y 20% , es decir, la camioneta se desplazaba a una velocidad comprendida entre 41 y 45 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)	7	
DISTANCIA MAXIMA	d max (m)	7	
COEFICIENTE DE FRICCIÓN MINIMO	μ min	0,7	
COEFICIENTE DE FRICCIÓN MAXIMO	μ max	0,8	
TIEMPO DE REACCION MINIMO	tr min (seg)	0	
TIEMPO DE REACION MAXIMO	tr max (seg)	0	
PENDIENTE DE LA VIA	%	0	0,00
		0	



RESULTADOS

PLANO	Tipo de vehiculo		
	Grandes	Medianos	Pequeños
VELOCIDAD MINIMA	9,80	35,28	km/h
VELOCIDAD MAXIMA	10,48	37,72	km/h

Imagen No. 18: En esta imagen se observa el desarrollo de los cálculos realizados con la herramienta *IRS® Calculator*.

**3.2.2 VELOCIDAD FINAL DE LA MOTOCICLETA DE ACUERDO CON LA LONGITUD DE LA
HUELLA DE ARRASTRE METÁLICO Y A LA VELOCIDAD AL MOMENTO DEL IMPACTO
CONTRA EL OBJETO FIJO (SEPARADOR).**

$$V = \sqrt{2\mu g_{ef}d + V_{imp}^2} \quad (2)$$

Dónde:

μ: Coeficiente de rozamiento efectivo entre las llantas y la vía μ=0,7 y μ=0,8.

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

d: Longitud de la huella de arrastre metálico 9,3 m (IPAT).

V_{imp}: Velocidad de la motocicleta al momento del impacto contra el objeto fijo (separador) se estimó entre 5 y 10 km/h (compatibilidad de daños zona anterior).

V: Velocidad de la motocicleta en el instante de comenzar a marcar la huella de arrastre metálico entre 29 y 37 km/h.

VELOCIDAD DE UN VEHÍCULO CON V_o AL IMPACTO			
DISTANCIA MINIMA	d min (m)	9,3	
DISTANCIA MAXIMA	d max (m)	9,3	
COEFICIENTE DE FRICCIÓN MINIMO	μ min	0,35	
COEFICIENTE DE FRICCIÓN MAXIMO	μ max	0,55	
VELOCIDAD DE IMPACTO MINIMA	V _{imp} min (km/h)	5	1,39
VELOCIDAD DE IMPACTO MAXIMA	V _{imp} max (km/h)	10	2,78
PENDIENTE DE LA VIA	%	0	0,00



INVESTIGACIÓN FORENSE, RECONSTRUCCIÓN, SEGURIDAD VIAL

RESULTADOS		
PLANO		
VELOCIDAD MINIMA	8,11	29,19 km/h
VELOCIDAD MAXIMA	10,39 m/s	37,41 km/h

Imagen No. 19: En esta imagen se observa el desarrollo de los cálculos realizados con la herramienta *IRS® Calculator*.

3.2.3 DISTANCIA QUE REQUIERE UN VEHÍCULO PARA DETENERSE Y QUE SE DESPLAZA A UNA VELOCIDAD V_V .

$$D_T = \frac{V_V^2}{2\mu g} + t_r V_V \quad (3)$$

Donde

D_T : Distancia total recorrida.

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

V_V : Velocidad del vehículo.

t_r : tiempo de reacción de una persona atenta entre 1,5 y 2,0 s.

μ : Coeficiente de rozamiento entre las llantas del vehículo y el piso.

DISTANCIA QUE REQUIERE UN VEHICULO PARA DETENERSE						
VELOCIDAD MINIMA INICIAL	V_o min (km/h)	41		11,39		
VELOCIDAD MAXIMA INICIAL	V_o max (km/h)	45		12,50		
COEFICIENTE DE FRICCION MINIMO	μ min	0,7				
COEFICIENTE DE FRICCION MAXIMO	μ max	0,8				
TIEMPO DE REACCION MINIMO	t_r min (seg)	1,5				
TIEMPO DE REACION MAXIMO	t_r max (seg)	2	Radianes		Grados	
PENDIENTE DE LA VIA	%	0		0,00		0,00
RESULTADOS						
PLANO	distancia de reacción		distancia de frenado		Distancia total	
DISTANCIA MINIMA	17,08	m	8,27	m	25,36	m
DISTANCIA MAXIMA	25,00	m	11,39	m	36,39	m

Imagen No. 20: En esta imagen se observa el desarrollo de los cálculos realizados con la herramienta *IRS® Calculator*.

4. SECUENCIA DEL ACCIDENTE DE TRÁNSITO

Basados en el registro de evidencias y el análisis realizado para el evento se plantea la secuencia probable, un instante antes del impacto, el vehículo No. 1 **MOTOCICLETA** se desplazaba sobre el carril izquierdo de la calle 4 con carrera 7 en sentido occidente - oriente sin poder determinar la velocidad a la cual circulaba; mientras tanto, el vehículo No. 2 **CAMIONETA**, se desplazaba en sentido norte - sur entre el carril central y derecho sobre la carrera 7 con calle 4 a una velocidad comprendida al inicio de la reacción entre cuarenta y uno (**41 km/h**) y cuarenta y cinco (**45 km/h**) kilómetros por hora.

Los vehículos inician el cruce de la intersección, el conductor de la camioneta percibe un riesgo delante de él y procede a aplicar los frenos, impactan con la motocicleta, haciendo que esta sea desviada hacia su derecha cayendo al piso, se arrastre y deja una huella hasta impactar contra el separador donde se detiene en posición final; mientras tanto la camioneta sigue hacia adelante y a su izquierda dejando la huella de frenada hasta detenerse completamente.

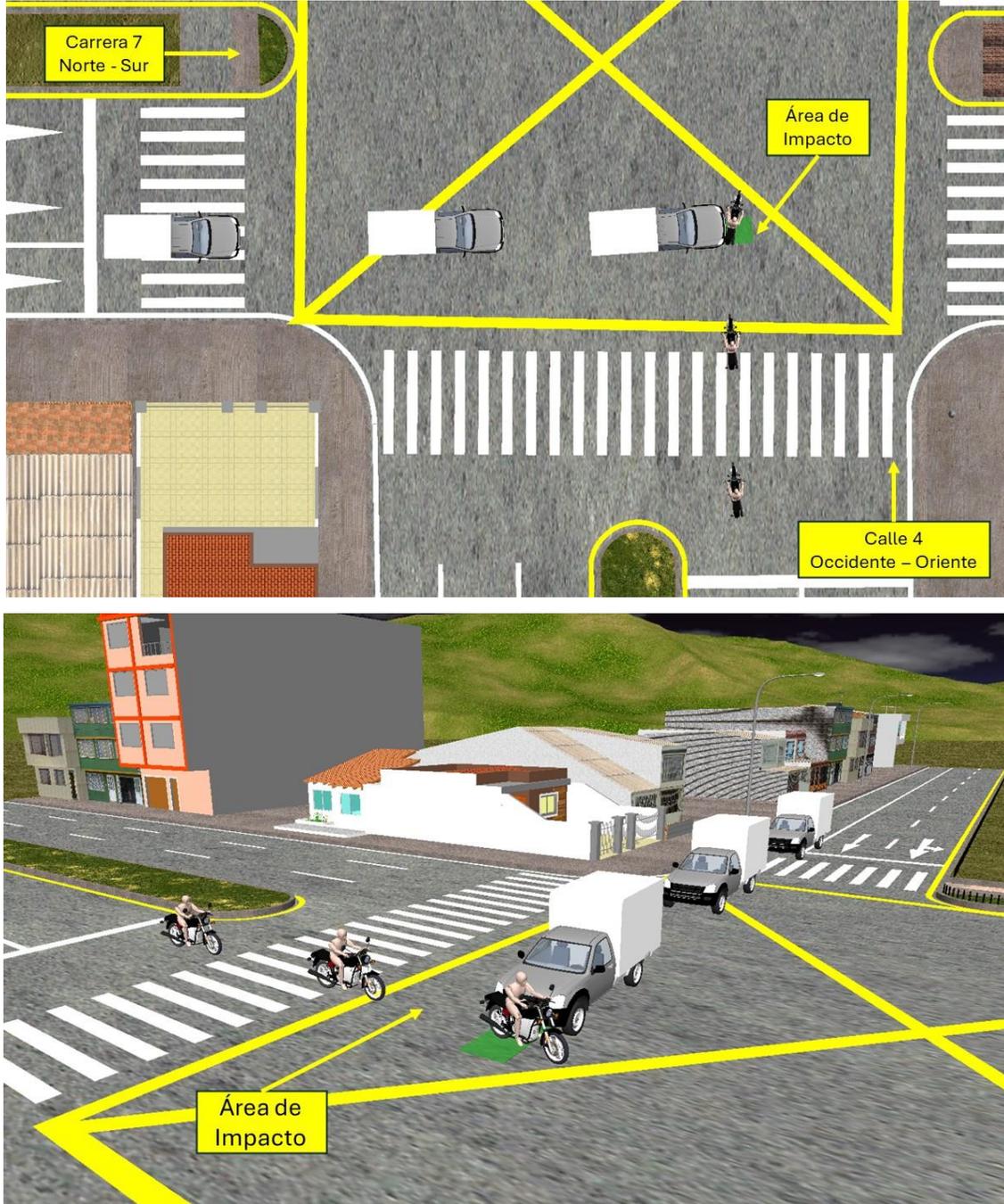


Imagen No. 21: En estas imágenes, vista en planta y 3D se aprecia la secuencia del accidente antes y al momento del impacto, nótese el sentido de desplazamiento de los vehículos y el área donde se presenta en la vía. Elaboración a escala en el software Trimble Forensics Reveal.

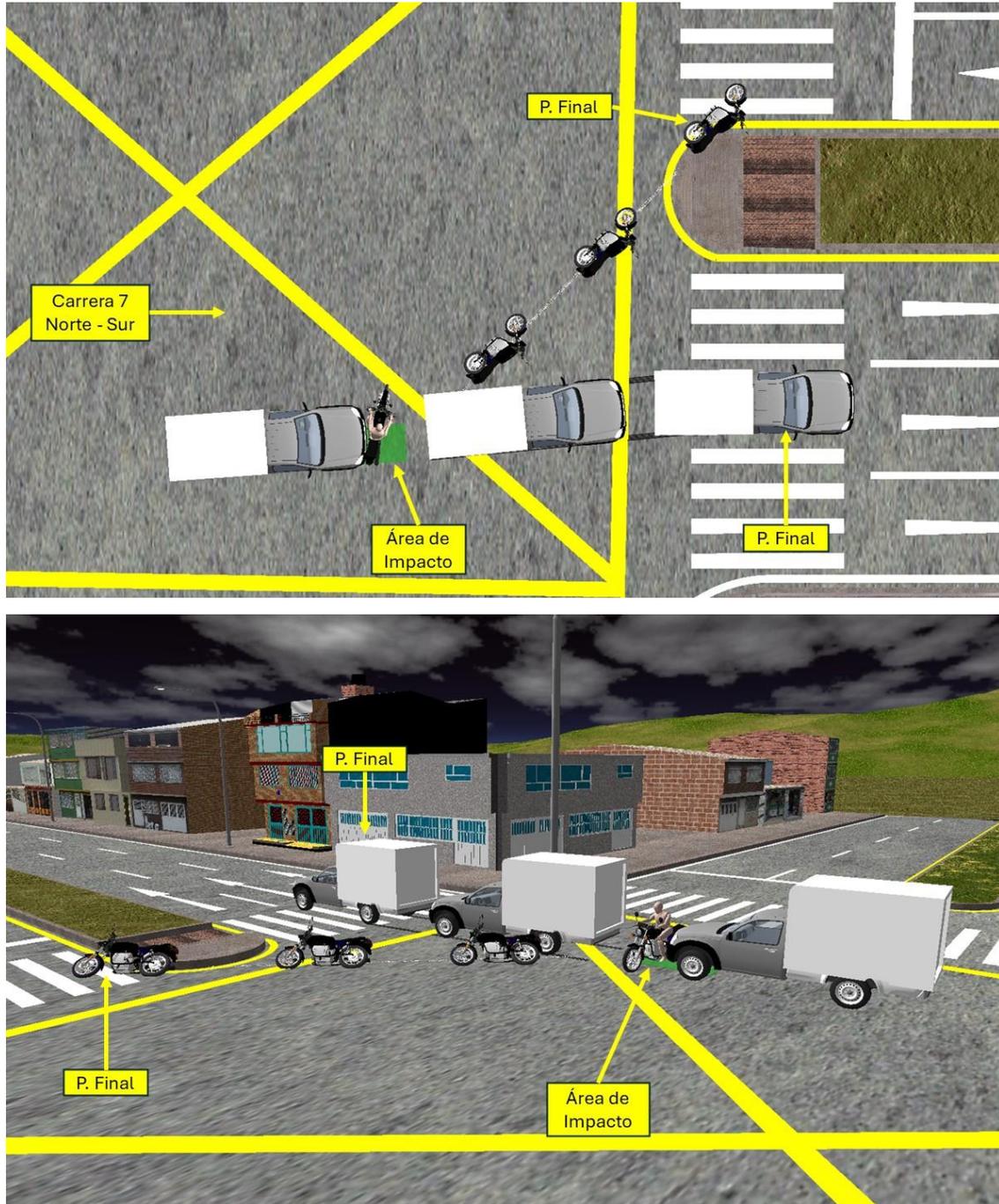


Imagen No. 22: En estas imágenes, vista en planta y 3D se aprecia la secuencia del accidente al momento y posterior al impacto, nótese el desplazamiento de los vehículos hasta sus posiciones finales. Elaboración a escala en el software Trimble Forensics Reveal.

5. 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 s) y dos (2,0 s) segundos³, 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.

³ Tiempo de reacción normal para un conductor atento en condiciones ambientales normales nocturnas.

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	Distancia de Reacción dR	Distancia de Frenado dF	Distancia Total de frenado dT
CAMIONETA Entre 41 y 45 km/h	Entre 17,1 y 25,0 m	Entre 8,3 y 11,4 m	Entre 25,4 y 36,4 m
CAMIONETA a 30 km/h	Entre 12,5 y 16,7 m	Entre 4,4 y 5,1 m	Entre 16,9 y 21,8 m

TABLA No. 7

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.

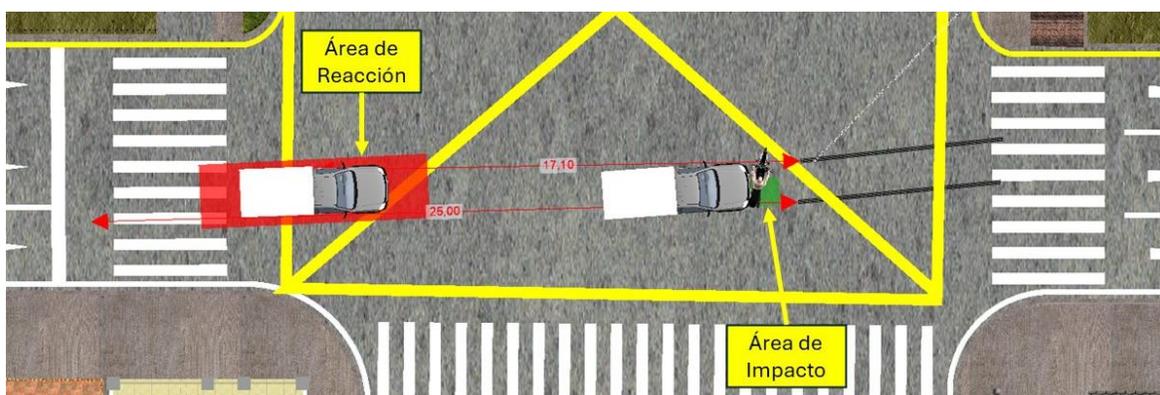


Imagen No. 23: En esta imagen vista en planta se observa el área de reacción de color rojo y el área de impacto de color verde. Elaboración a escala en el software Trimble Forensics Reveal.

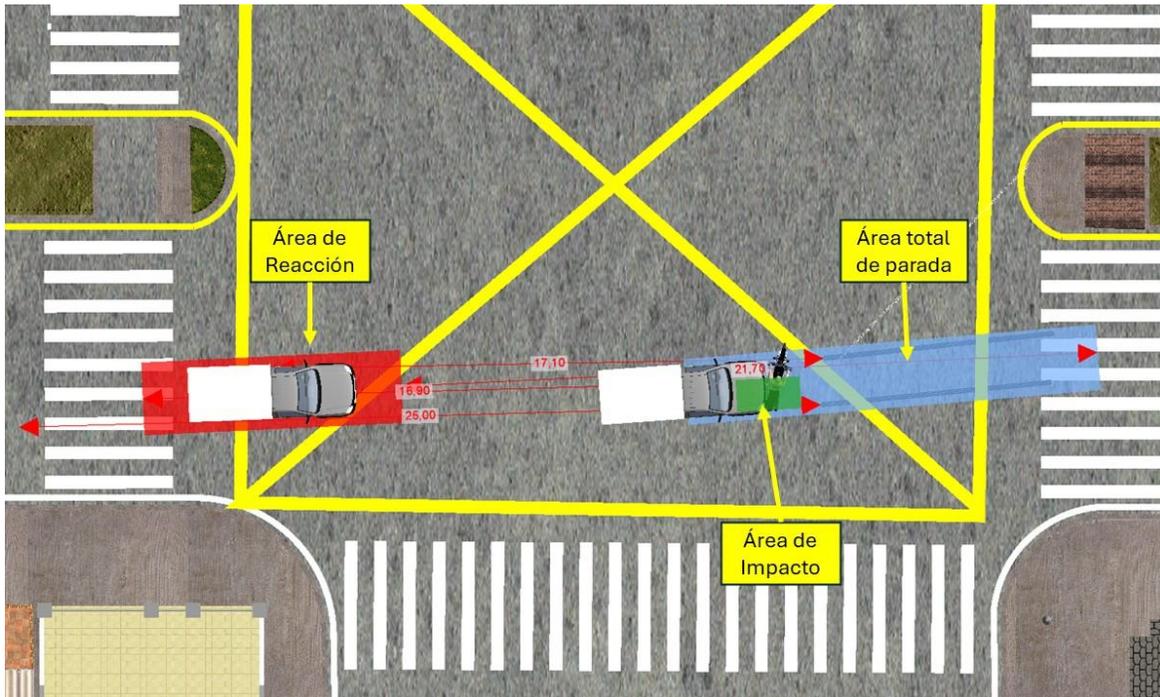
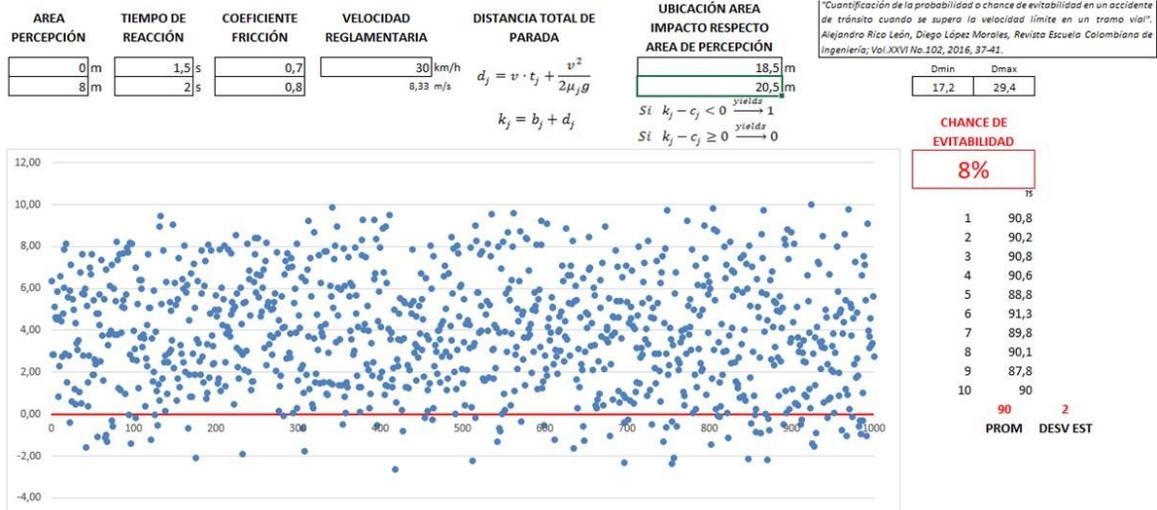


Imagen No. 24: En estas imágenes se observa el chance de evitabilidad si el límite de velocidad establecido para la zona es de 30 km/h y la camioneta se desplaza a esta velocidad, la cual sería del 8%, es decir, el accidente también se presenta.

6. HALLAZGOS

- a) Los resultados del análisis hecho son compatibles con el modelo físico utilizado, en particular con las evidencias en la vía, los daños que se presentaron y la descripción de lesiones del conductor del vehículo No. 1 MOTOCICLETA.
- b) En el croquis del informe de la autoridad se diagraman huellas de frenada y huellas de arrastre metálico.
- c) En el informe policial de accidentes de tránsito indican como hipótesis del accidente para los vehículos la No. 157 “OTRA: *Por establecer*”.
- d) Producto del siniestro se reporta una (1) persona lesionada, el conductor del vehículo No. 1 (Motocicleta), el señor, Oscar Felipe Agudelo Caro con CC 1.075.321.184 de 20 años quien fue remitido a la clínica de Fracturas y Ortopedia en la ciudad de Neiva (Huila).
- e) En el informe policial de accidentes de tránsito no se indica si el conductor del vehículo No. 1 MOTOCICLETA portaba el casco.
- f) Con la información disponible, no es posible determinar si el conductor del vehículo No. 1 MOTOCICLETA portaba el casco y sí lo hacía de la manera adecuada.
- g) Los motociclistas que usan el casco tienen hasta 85% menos lesiones graves⁴.
- h) La mayoría de las muertes ocurridas a causa de accidentes de motocicleta se producen como efecto de las lesiones cerebrales y un gran porcentaje de éstas son una consecuencia de no usar el casco.
- i) En un accidente, el casco absorbe gran parte de la energía del impacto con su estructura y el cerebro golpea contra las paredes del cráneo con menos fuerza. Además, disminuye la fuerza del impacto hacia una superficie más grande, por lo que la energía del choque no se concentra en una sola parte de la cabeza. Finalmente, actúa como una barrera que evita el contacto entre el cráneo y el objeto del impacto (por ejemplo, el suelo u otro auto).
- j) La información disponible de daños del vehículo y lesiones de la víctima es compatible con el rango de la velocidad obtenido y la secuencia del accidente

⁴ https://smarter-usa.org/wp-content/uploads/2017/06/11_2004_Motorcycle_Safety_H.pdf.

- k) El área de 2,0 x 1,0 m de color verde, indica que el impacto se presenta en cualquier punto de esta área la cual se encuentra en la intersección de la calle 4 con carrera 7.
- l) El impacto se presenta durante la reacción de los conductores, es decir, percibieron un riesgo delante de ellos.
- m) De acuerdo con las características de la vía y condiciones medioambientales, los conductores presentaban buena visibilidad antes de ingresar a la intersección.
- n) Si se determina por la entidad competente que el límite de velocidad en el lugar de los hechos es de 30 km/h y el vehículo No. 2 CAMIONETA se desplaza a dicha velocidad necesitaría recorrer entre 16,9 y 21,8 m para detenerse completamente posterior a percibir el riesgo sobre la calzada.
- o) Con la información disponible, no es posible determinar la fase semafórica en la intersección.
- p) En accidentes en una intersección semaforizada no es posible a partir de la reconstrucción analítica determinar cuál vehículo realizó el cruce en fase roja o verde, sin embargo, generalmente el vehículo que se desplaza a más velocidad es el que realiza el cruce de la intersección en fase verde a amarillo - rojo.
- q) Con las experticias técnicas a los vehículos y fotografías del día de los hechos es posible complementar el presente informe y reducir el margen de incertidumbre.

7. CONCLUSIONES:

7.1 Secuencia:

Basados en el registro de evidencias y el análisis realizado para el evento se plantea la secuencia probable⁵, un instante antes del impacto, el vehículo No. 1 MOTOCICLETA se desplazaba sobre el carril izquierdo de la calle 4 con carrera 7 en sentido occidente - oriente sin poder determinar la velocidad a la cual circulaba; mientras tanto, el vehículo No. 2 CAMIONETA, se desplazaba en sentido norte - sur entre el carril central y derecho sobre la carrera 7 con calle 4 a una velocidad comprendida al inicio de la reacción entre cuarenta y uno (41 km/h) y cuarenta y cinco (45 km/h) kilómetros por hora.

7.2 Factor vehículo:

No se encuentra evidencia que indique fallas mecánicas en los vehículos involucrados.

7.3 Factor vía:

Las características de la vía, diseño, estado, señalización y demarcación no fueron factores contribuyentes de la causa del accidente.

7.4 Factor humano:

1. La velocidad del vehículo No. 2 CAMIONETA (41 – 45 km/h) es inferior a 60 km/h, límite de velocidad de acuerdo con el área y sector (urbano, comercial).

⁵ Probable hace alusión a un resultado enmarcado dentro de un margen lógico, basado en un análisis objetivo de evidencias con sustento técnico-científico que soporta el resultado obtenido, es decir, la secuencia y dinámica planteadas es la más probable desde la óptica forense, una diferente no sería consistente con la evidencia y las leyes de la física.

2. **Sí el límite de velocidad establecido por la autoridad competente corresponde a 30 km/h y sí el vehículo No. 2 CAMIONETA se desplaza a dicha velocidad, el accidente se presenta en un 92% sin poder determinar su alcance (daños, lesiones).**

3. **La causa⁶ DETERMINANTE del accidente obedece al cruce de la intersección en fase semafórica roja por parte de alguno de los vehículos.**

NOTA 4: 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, queda prohibida su reproducción en físico o por medio electrónico sin autorización, este documento está en cadena de custodia.

8. 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.

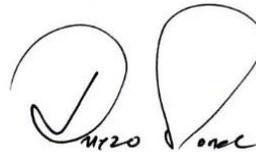
⁶ CAUSA desde la óptica de la SEGURIDAD VIAL, es decir, se determinan los factores que de alguna forma originan riesgos viales, relacionados con el factor humano, la vía y los vehículos, no corresponden a juicios de valor o responsabilidad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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.
10. "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.
11. "Motorcycle Slide to Stops Tests" by Christopher J. Medwell, Joseph R. McCarthy, Michael T. Shanahan, SAE document number 970963.
12. Motorcycle Accident Reconstruction". Nathan Rose, William Neale. SAE International R-483, 2019, P: 38, 47 "Summary of braking decelerations".
13. Seventeen Motorcycle Crash Tests into Vehicles and a Barrier, Kelley S. Adamson Gregory C. Anderson, Peter Alexander Ralph Aronberg, Raymond P, Robinson and Gary M. Johnson J., Rolly Kinney, Kinney, Claude I. Burkhead, III David W. Sallmann, John McManus, SAE document number 2002-01-0551.
14. Motorcycle Accident Reconstruction". Kenneth S Obenski, Paul F Hill, Eric S Shapiro and Jack C Debes. Lawyers & Judges Publishing Company, Inc, 2007.



Alejandro Umaña Garibello
Ingeniero Forense



Diego Manuel López Morales
Físico Forense

NOTA 5: 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 de este.

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 3500 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).

Mtr. Alejandro Umaña Garibello

- Máster en Investigación y Reconstrucción de Accidentes de Tráfico (Escuela de postgrado de Ciencias del Derecho).
- Ingeniero Mecánico 2017 (Universidad ECCI)
- Tecnólogo en Mecánica Automotriz 2015 (Universidad ECCI).
- Tecnólogo en investigación judicial y analista de accidentes de tránsito (Fundación Autónoma de las Américas)
- 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 Centro de experimentación de seguridad vial CESVI COLOMBIA S.A. 2009
- Investigador de más de 1900 accidentes de tránsito.
- Primer seminario internacional de accidentología 2011.
- Curso de entrenamiento paquete Edge FX.
- Miembro **NAPARS** (National Association of Professional Accident Reconstruction Specialists).