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



VEHÍCULO No. 1: CAMPERO, TOYOTA FORTUNER, modelo 2011, color blanco, placa RKX 153.

INFORME No. 211131645

Bogotá D.C., marzo 11 de 2022

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:.....	9
2.3	VEHÍCULOS:.....	15
2.4	MARCAS Y EVIDENCIAS SOBRE EL TERRENO:.....	19
2.5	VICTIMAS:	25
3.	POSICIÓN RELATIVA DEL VEHÍCULO Y EL PEATÓN AL MOMENTO DEL IMPACTO.	27
4.	DESARROLLO ANALÍTICO DE LA DINÁMICA DE MOVIMIENTO DEL VEHÍCULO.....	29
5.	SECUENCIA DEL ACCIDENTE DE TRÁNSITO.....	33
6.	ANÁLISIS DE EVITABILIDAD DEL ATROPELLO.....	36
8.	CONCLUSIONES:.....	41
9.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	42

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: (ATROPELLO)

➤ 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 suministrada y recolectada empleando los procedimientos técnicos de fijación fotográfica, planimétrica, 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) Informe policial de accidente de tránsito IPAT.

- b) (5) fotografías del lugar de los hechos.
- c) (8) fotografías del día de los hechos.

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 viernes 18 de junio del 2021 a las 20:00 horas, en la vía que conduce de Bogotá a La Vega km 21 + 650 m Sector cruce el Rosal municipio de Facatativá (Cundinamarca).



Imagen No.1: En esta imagen se aprecia la ubicación geográfica del lugar de los hechos. **4.8513166, -74.2745949** (Google Earthpro).

INFORME POLICIAL DE ACCIDENTES DE TRÁNSITO No. C-001256318

1. ORGANISMO DE TRÁNSITO: [] 2. ORGANISMO DE TRÁNSITO: []

3. LUGAR O COORDENADAS GEOGRÁFICAS: [] VIA Y KILOMETRO O SITIO, DIRECCIÓN Y CIUDAD: [] Long: [] Lat: [] LOCALIDAD O COMUNIDAD: []

4. FECHA Y HORA: 18/06/2017 12:30
FECHA Y HORA DE OCURRENCIA: 18/06/2017 12:30
FECHA Y HORA DE LEVANTAMIENTO: []

5. CLASE DE ACCIDENTE: CHOQUE 1 CAÍDA OCUPANTE 4
ATROPELLO 2 INCENDIO 5
VOLCAMIENTO 3 OTRO 6

6.1. CHOQUE CON: VEHICULO 1 PASO A NIVEL 2 PASO ELEVADO 3 PASO INFERIOR 4
TRAY 5 PONTE 6 PASO DE VÍA 7 TRANSVERSAL 8
SEMIVIENTE 9 BARRERA 10

6.2. OBJETO FIJO: MUR 1 SEMAFORO 2 BARRERA 3
POSTE 4 MUR 5 BARRERA 6
ANCHO 7 MURANTE 8
BARRERA 9 VALLA 10

7. CARACTERÍSTICAS DEL LUGAR: 7.1. ÁREA: RESIDENCIAL [] ESCOLAR [] DEPORTIVA [] INDUSTRIAL [] TURÍSTICA [] PRIVADA [] COMERCIAL [] MILITAR [] HOSPITALARIA []

7.2. SUPERFICIE DE RODADURA: ASFALTO [] PAVIMENTO [] CEMENTO [] TERRO [] OTRO []

7.3. ESTADO: BUENO [] CON HUECOS [] CON AGRIETAS [] EN REPARACIÓN [] HUNDIMIENTO [] BARRIDO [] PARADO [] FORDA [] FORDADA []

7.4. CONDICIONES: SECA [] HÚMEDA [] LLOVEDA [] LODO [] ALCANTARILLA DESTAPADA []

7.5. DISEÑO: GLORIETA [] PASO A NIVEL [] PASO ELEVADO [] PASO INFERIOR [] INTERSECCIÓN [] PONTE [] LOTE O PASADIZO [] CICLO RUTA [] PEATRAL [] TUNEL []

7.6. CONDICIÓN CLIMÁTICA: BRISA [] VIENTO [] LLUVIA [] NORMAL [] NIEBLA []

8. CONDUCTORES, VEHÍCULOS Y PROPIETARIOS: 8.1. CONDUCTOR: Apellido y Nombres: Espinoza Manuel Humberto, D.O.C.: Y 3195257, Nacionalidad: Chilena, Fecha de Nacimiento: 30/06/64, Sexo: M, Gravedad: MURTO, Período: []

8.2. VEHÍCULO: Placa: RKX15, Marca: Renault, Línea: blanca, Color: [], Modelo: [], Carrocería: [], Ton.: [], Pasajeros: [], Licencia de Trans. No.: 10003289199, Matrícula: [], Empresa: [], Disposición de: []

8.3. PROPIETARIO: Apellido y Nombres: Espinoza Manuel Humberto, D.O.C.: Y 3195257, Clase de Servicio: [] Clase de Mercancía: []

8.4. LUGAR DE IMPACTO: []

8.5. DESCRIPCIÓN DAÑOS MATERIALES DEL VEHÍCULO: Presente pérdida total de totalidad óptica estado de reserva parte exterior y desprendimiento del bache y del lado de cope estado de reserva.

8.6. FALLAS EN: FRENSO [] DIRECCIÓN [] LUCES [] BOCINA [] LLANTAS [] SUSPENSIÓN [] OTRA []

8.7. LUGAR DE IMPACTO: []

ORIGINAL. AUTORIDAD COMPETENTE

Imagen No.2: En esta imagen se muestra la página No.1 del informe policial de accidente de tránsito IPAT.

INFORME POLICIAL - LOS ACCIDENTES DE LOS VEHÍCULOS A MOTOR Y LOS TRANSPORTES SIN MOTOR

NO. DE LA INVESTIGACIÓN: 0-501256318

REALIZA BOLSUEJO TORRENTICO LABORATORIO MOVIL DE CRIMINALISTICA

FIRMA CONDUCTOR, VÍCTIMA O TESTIGO C.C.

LONG. HUELLAS
 NO. METROS CM TIPO DE HUELLA

VIA 1 VIA 2
 RADIO PERALTE PENDIENTE

Long. Lat. ESCALA PLANO VITAL

15. DATOS DE QUIEN CONOCE EL ACCIDENTE
 GRADO APELLIDOS Y NOMBRES
 21 NOC LINA MARISOL AGUIRRE C. LOSBON284
 PT. Crebaracho Pimilla Jimmy cc 8089913, 070331 Pontac

16. CORRESPONDIO
 NOMBRE Y CATEGORÍA DE INVESTIGACIÓN: Dpto. Mag. Gra. Ent. U. Inspector Año Concesionario

ORIGINAL: AUTORIDAD COMPETENTE

Imagen No.4: En esta imagen se muestra la página No.3 del informe policial de accidente de tránsito IPAT.

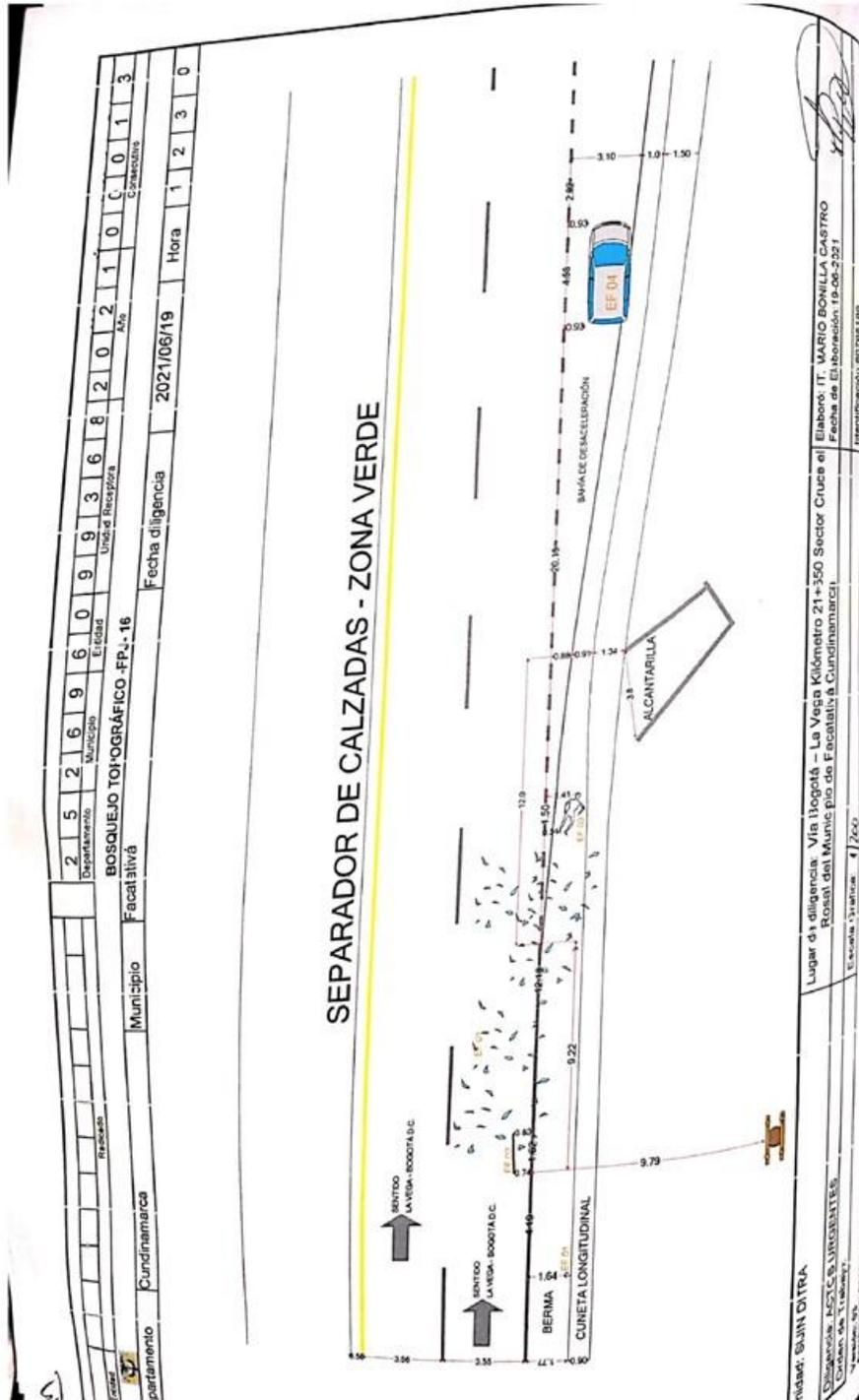


Imagen No.5: En esta imagen se muestra la página No.3 del informe policial de accidente de tránsito IPAT.

2.2 LA VÍA:

Las condiciones y características de la vía donde se produce el accidente de tránsito se aprecian en las fotografías No1. y 5 así como en la tabla No.1.



Fotografía No.1 Panorámica: En esta fotografía tomada por el equipo de IRS Vial en sentido La Vega – Bogotá a la altura del km 21 + 800 m, se aprecian las características generales de la vía, en la cual se encuentra demarcación horizontal de línea separadora de carril blanca segmentada, líneas de borde amarilla – blanca; en este sentido se desplazaba el vehículo No.1 Campero.



Fotografía No.2 Panorámica: En esta fotografía tomada por el equipo de IRS Vial en sentido La Vega – Bogotá a la altura del km 21 + 700 m, se aprecian las características generales de la vía, en la cual se encuentra demarcación horizontal de línea separadora de carril blanca segmentada, líneas de borde amarilla – blanca; nótese el punto de referencia (P.R) correspondiente a un poste utilizado por la autoridad de tránsito para la elaboración del croquis.; en este sentido se desplazaba el vehículo No.1 Campero.



Fotografía No.3 Panorámica: En esta fotografía tomada por el equipo de IRS Vial en sentido la Vega – Bogotá a la altura del km 21 + 650 m, se aprecian las características generales del tramo de vía donde ocurrió el accidente de tránsito, en la cual se encuentra demarcación horizontal de línea separadora de carril blanca segmentada, líneas de borde amarilla – blanca y flechas indicadoras sentido vial; en este sentido se desplazaba el vehículo No.1 Campero.



Fotografía No.4 Panorámica: En esta fotografía tomada por el equipo de IRS Vial en sentido Bogotá - La Vega a la altura del km 21 + 650 m, se aprecian las características generales del tramo de vía donde ocurrió el accidente de tránsito, en la cual se encuentra demarcación horizontal de línea separadora de carril blanca segmentada, líneas de borde amarilla – blanca y flechas indicadoras sentido vial.

NOTA 1: La inspección a la vía por parte del equipo de IRS Vial se realizó el 05 de diciembre de 2021. no se identifican cambios en la morfología de la vía.



Fotografía No.5 Panorámica: En estas fotografías de vista aérea se aprecian las características generales de la vía donde ocurrió el accidente, “nótese un puente peatonal a una distancia de 170 m del lugar de los hechos”.

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

Tramo de vía Bogotá - La Vega km 21 + 650 m Sector cruce el Rosal municipio de Facatativá (Cundinamarca).	
CARACTERÍSTICAS	
ÁREA, SECTOR	<i>Tramo de vía Rural Nacional.</i>
GEOMETRICAS	<i>Recta – pendiente (-5%, -2,9°)</i>
UTILIZACIÓN	<i>Único sentido por calzada</i>
CALZADAS	<i>Dos</i>
CARRILES	<i>Dos por calzada</i>
MATERIAL	<i>Asfalto</i>
ESTADO	<i>Bueno</i>
CONDICIONES Y TIEMPO	<i>Normal - seco</i>
ILUMINACIÓN	<i>Artificial - buena</i>
CONTROLES Y SEÑALES	<i>Demarcación horizontal, línea separadora de carril blanca segmentada, líneas de borde amarilla – blanca;</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: CAMPERO, TOYOTA FORTUNER, modelo 2011, color blanco, placa RKX 153.



Imagen No.6: En esta imagen se observa un vehículo de similares características al involucrado en el siniestro motivo de investigación.

CONDUCTOR	MANUEL HUMBERTO ESPINOSA
IDENTIFICACIÓN	C.C. 3.195.357.
EDAD	57 años.
LICENCIA	C2/ B2/ sin restricciones y sanciones.

TABLA No. 2

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

CARACTERISTICAS	VEHÍCULO No. 1
SERVICIO	PARTICULAR
OCUPANTES	04
DIMENSIONES	Largo 4,705 mm Ancho 1,840 mm Alto 1,795 mm Distancia Ejes 2.750 mm https://www.placervial.com/2/toyota/737-toyota-fortuner-urbana-facelift-ficha-tecnica-y-prueba-en-placervialcom
PESO TOTAL	2200 – 2250 kg

TABLA No. 3

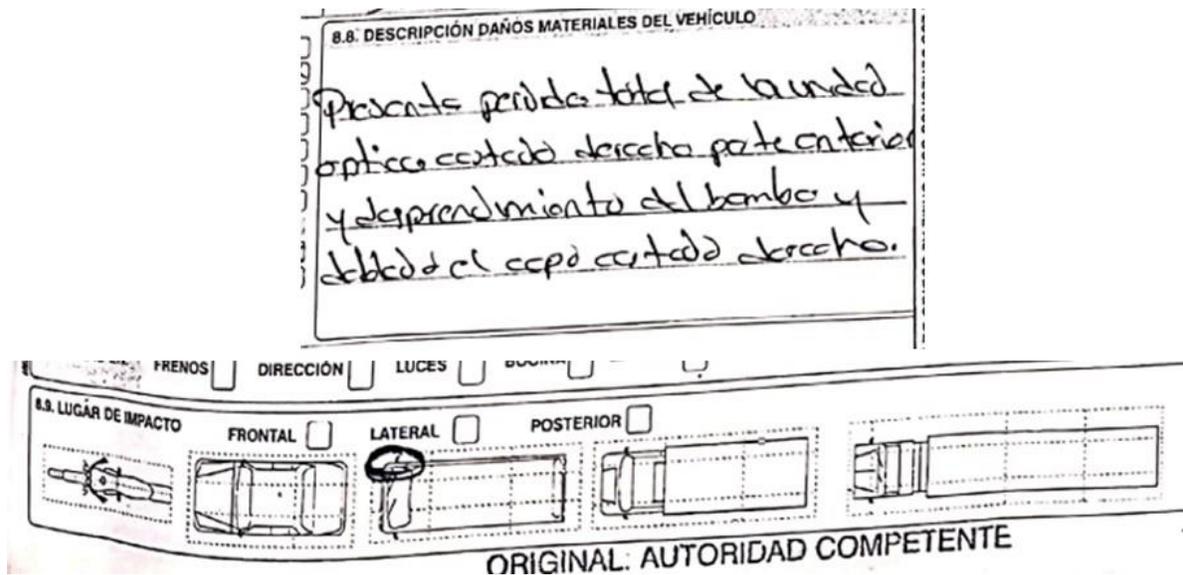


Imagen No.7: En esta imagen se observa el diagrama del informe de la autoridad, donde hacen referencia a la zona de daños y descripción de los mismos, *“Presenta perdida total de la unidad óptica costado derecho parte anterior y desprendimiento del bómper y doblado del capó costado derecho”*



Imagen No.8: En esta imagen basada en los reportes se resalta la zona de daños y evidencias en el rodante.



Fotografía No.6: En esta fotografía compuesta por fotografías del día de los hechos se observa los daños presentes en el vértice anterior y costado derecho del Campero, afectando piezas como; guardabarro anterior derecho, persiana, bómper anterior, capot y la unidad de luz.

2.4 MARCAS Y EVIDENCIAS SOBRE EL TERRENO:

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

- Morfología general de la vía, demarcación y ancho.
- Punto de referencia, auxiliar y de fijación
- Vehículo No.1 en posición final.
- Occiso en posición final.
- Evidencia física (EF-01) sin identificar que significa.
- Evidencia física (EF-02) una línea de una longitud de 1,62 sin identificar que significa.
- Sentido vial y de circulación.
- Medidas (cotas).

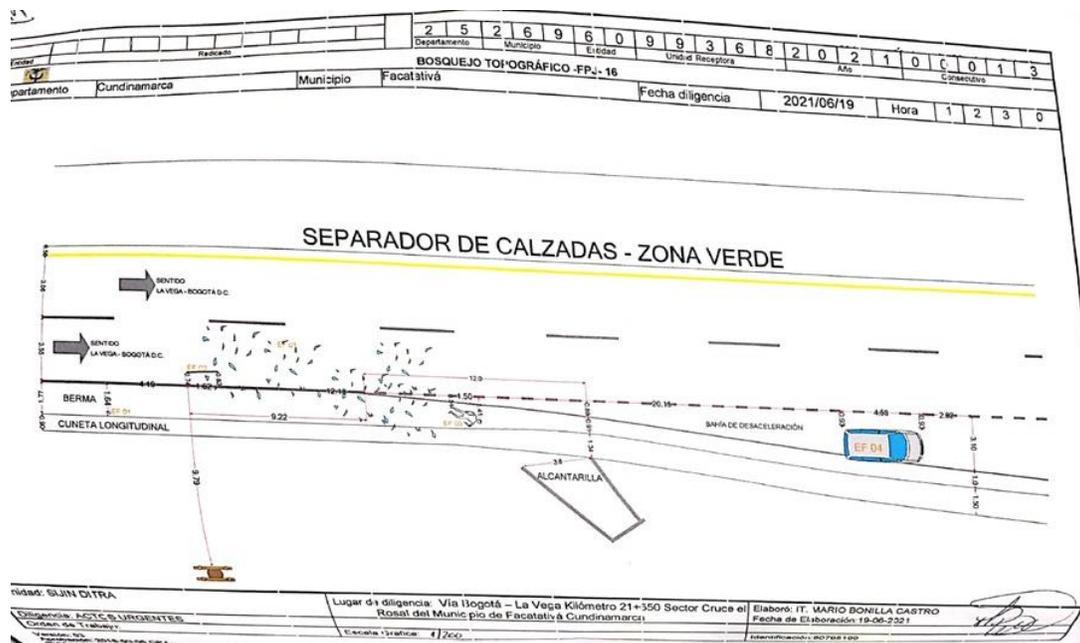


Imagen No.9: En esta imagen se muestra el bosquejo del accidente realizado por la autoridad de tránsito, “nótese evidencias (EF 01 - EF 02) y vestigios sobre la calzada sin identificar que significan”.

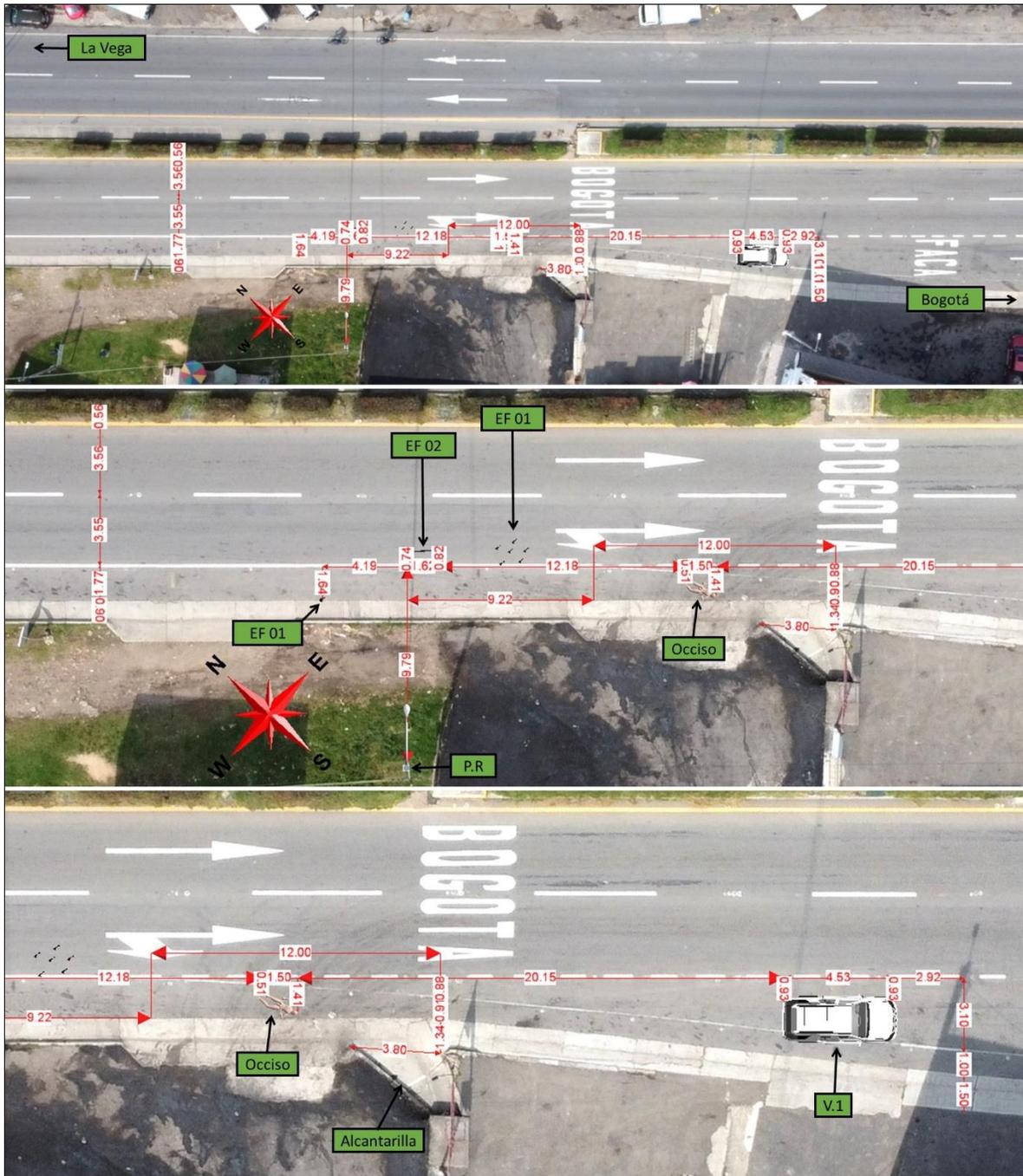


Imagen No.10: En estas imágenes vistas en planta se observan las evidencias diagramadas en el croquis del IPAT; nótese la posición final del vehículo No.1 y del occiso, las evidencias en la vía y las medidas (cotas) tomadas por la autoridad.

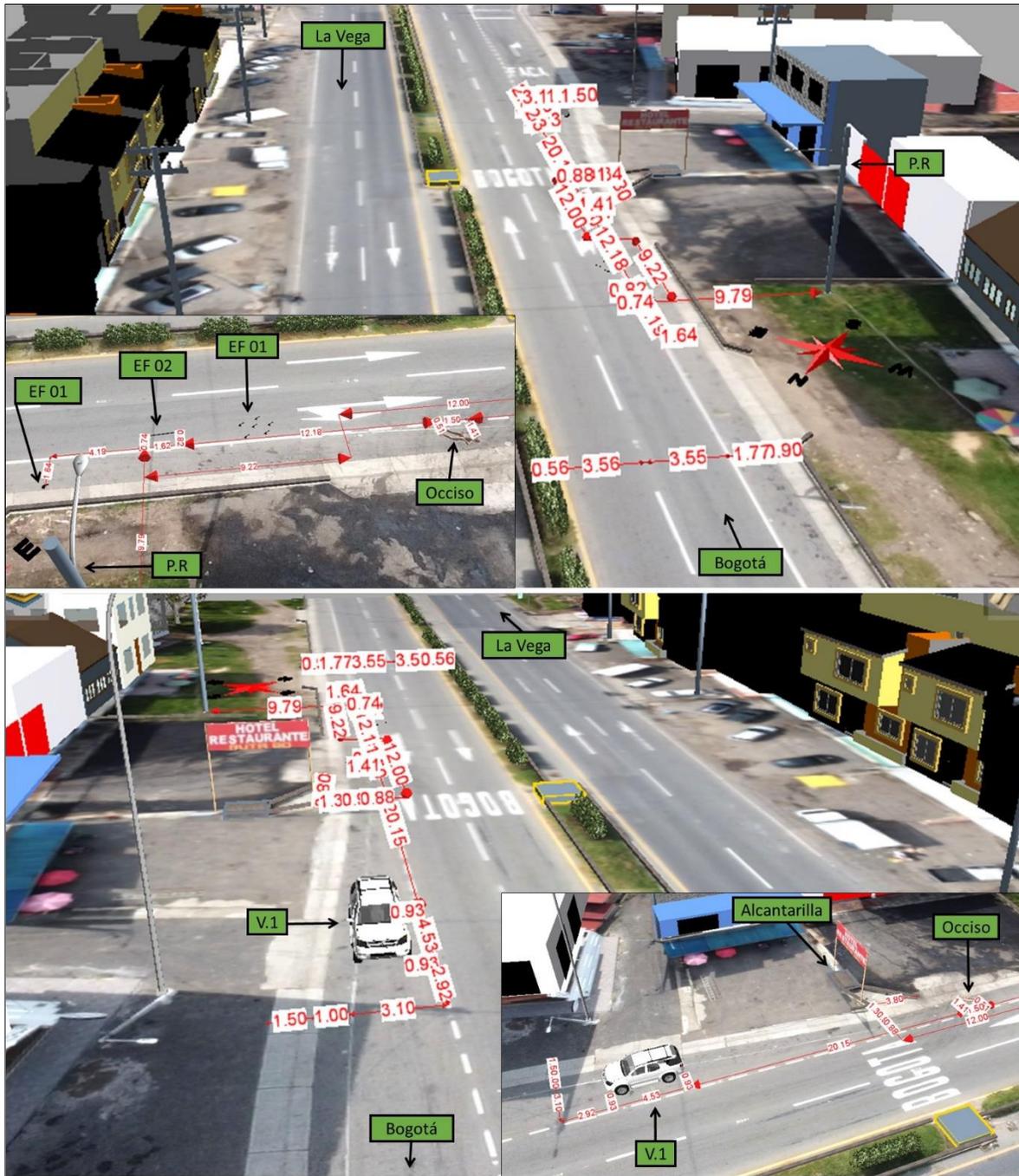


Imagen No.11: En estas imágenes vistas en 3D se observan las evidencias diagramadas en el croquis del informe de la autoridad.



Imagen No.12: En estas imágenes vistas en 3D se observan las evidencias diagramadas en el croquis del informe de la autoridad.



Fotografías No.7: Compuestas por registros fotográficos del día de los hechos se aprecia la posición final del vehículo No.1 y el occiso involucrados en el accidente, así como también el estado de la calzada y la iluminación de la vía.



Fotografía No.8: En estas fotografías como complemento de la anterior se aprecia la posición final del vehículo No.1.

2.5 VICTIMAS:

Producto del accidente se reporta una (01) persona fallecida en vía publica:

No.	NOMBRES	DATOS
1	IVAN NORBERTO LÓPEZ CASTRO	C.C. 79.660.392 47 años edad, Presentó abrasiones en las manos y lesiones en la cabeza. Peatón (Fallecido).

TABLA No. 5

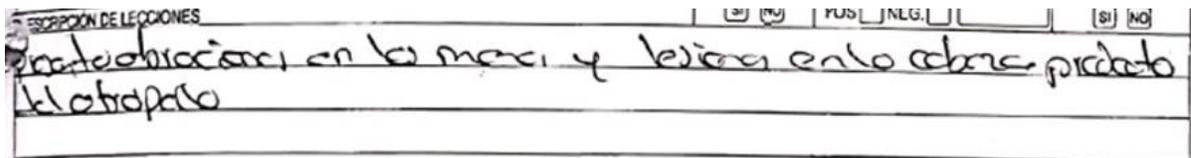


Imagen No. 13: En esta imagen se aprecia la descripción de lesiones presentadas por el peatón, registradas en el IPAT.

➤ **DILIGENCIAS ADELANTADAS**

- Inspección al lugar de los hechos para elaboración de registro fotográfico y topográfico.
- Entrevista conductor del vehículo placa RKX 153

2.6 VERSIONES:

Se cuenta con la versión de los hechos suministrada por el conductor del vehículo No. 1 Campero señor Manuel Humberto Espinosa identificado con C.C. 3.195.357 al investigador de IRS VIAL, quien de forma voluntaria expresó lo siguiente:

“Yo venía bajando de, ese es Alto Vino (?), no me acuerdo, el accidente fue ahí en la salida del Rosal, unos metros arriba; y ya venía a hacer la oreja en el puente para regresarme e ir hacia el Rosal; entonces yo ya venía a baja velocidad, venía por el carril derecho, cuándo de un momento a otro apareció el señor ahí y no alcancé a esquivarlo, pues frené y maniobré la camioneta a la izquierda, pero no, no alcancé a esquivarlo”. **PREGUNTA:** ¿Me brinda su nombre completo y número de cédula? **RESPUESTA:** Manuel Humberto Espinosa identificado con C.C. 3195357. **PREGUNTA:** ¿Me puede indicar la placa del vehículo que conducía? **RESPUESTA:** RKX-153. **PREGUNTA:** En el momento del accidente, ¿usted se encontraba acompañado? **RESPUESTA:** Con mi esposa y mis hijos. **PREGUNTA:** ¿Me puede confirmar cuántas personas iban en el vehículo? **RESPUESTA:** En total conmigo, 5. **PREGUNTA:** ¿Me puede indicar las características del vehículo? **RESPUESTA:** Toyota Fortuner. **PREGUNTA:** ¿Usted llevaba algún tipo de carga? **RESPUESTA:** Llevaba atrás las bicicletas. **PREGUNTA:** ¿Cuántas bicicletas? **RESPUESTA:** 3 grandes y 2 pequeñas. **PREGUNTA:** ¿Llevaban algún otro elemento? **RESPUESTA:** Algunas maletas. **PREGUNTA:** ¿Me puede confirmar la hora de los hechos? **RESPUESTA:** 19:00. **PREGUNTA:** ¿De dónde venía y hacia dónde se dirigía? **RESPUESTA:** Yo venía de la Dorada y me dirigía hacia Tabio. **PREGUNTA:** ¿El vehículo cuenta con polarizado? **RESPUESTA:** No, tiene como unas cintas, pero en la parte de arriba, solo eso. **PREGUNTA:** ¿Tiene presente de qué dirección salió el señor? **RESPUESTA:** No, cuando yo lo vi ya estaba en la vía; de pronto por lo que me dijo un señor con el que estaba tomando, porque el señor estaba tomando, de pronto iba de derecha a izquierda. **PREGUNTA:** ¿Alcanzó a realizar alguna otra maniobra? **RESPUESTA:** Yo alcancé a mandarle el cabrillazo a la izquierda y a frenar, pero obviamente lo alcancé a golpear, entonces ya, lo que hice fue frenar y ya. **PREGUNTA:** ¿Usted llevaba luces altas o bajas? Y ¿luces exploradoras? **RESPUESTA:** Llevaba las exploradoras también. **PREGUNTA:** ¿Qué daños sufrió el vehículo? **RESPUESTA:** Se alcanzó a dañar la persiana, la lámpara derecha, el guardabarros derecho y el capo. **PREGUNTA:** ¿Alguien más resulto lesionado? **RESPUESTA:** No. **PREGUNTA:** ¿Tiene algo más que agregar a la entrevista? **RESPUESTA:** Que no entiendo por qué ese señor se pasó por ahí, si adelante estaba el peatonal y lo otro que el señor estaba tomando. **PREGUNTA:** Muchas gracias.

3. POSICIÓN RELATIVA DEL VEHÍCULO Y EL PEATÓN AL MOMENTO DEL IMPACTO.

Teniendo en cuenta los daños de los vehículos, lesiones y evidencias registradas, la posición relativa de los involucrados al momento del impacto se muestra en la imagen No.14, para el vehículo en su vértice anterior derecho y para el peatón en su zona lateral izquierda.

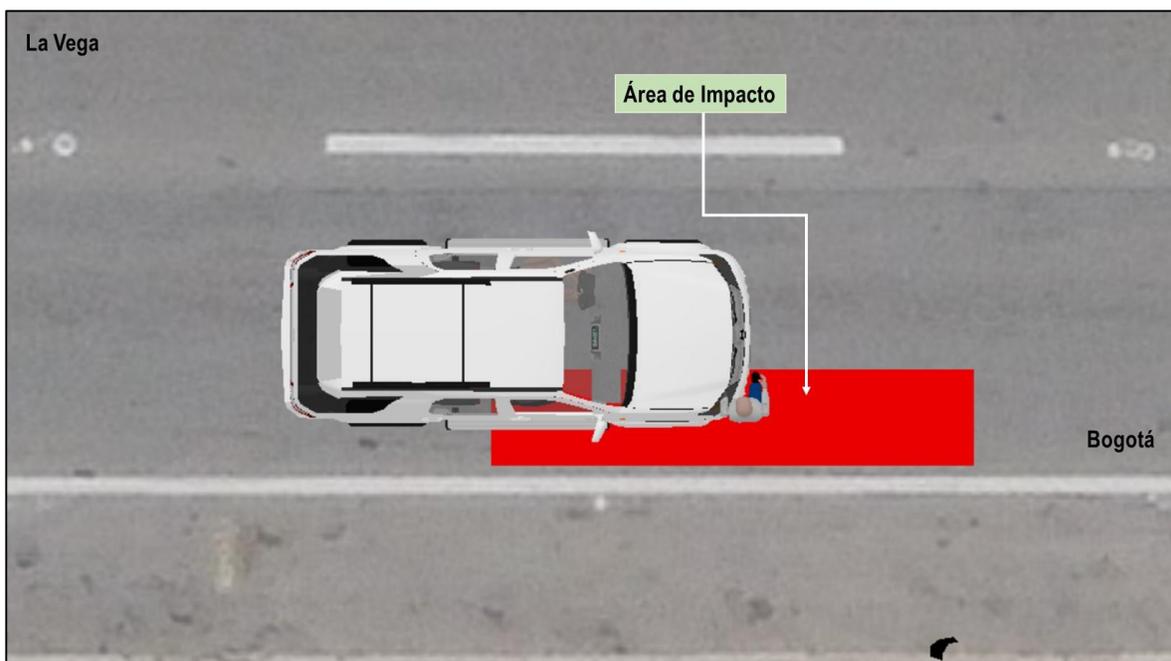


Imagen No.14: En esta imagen en planta 3D se muestra la posición relativa de los involucrados al momento del impacto, y el área roja donde se presentó el atropello.

El área color de rojo 1,0 x 5,0 m, indica que el impacto se presenta en cualquier punto de esta área, la cual se encuentra ubicada sobre el carril derecho en sentido La Vega – Bogotá, es decir en el carril de desplazamiento del campero.

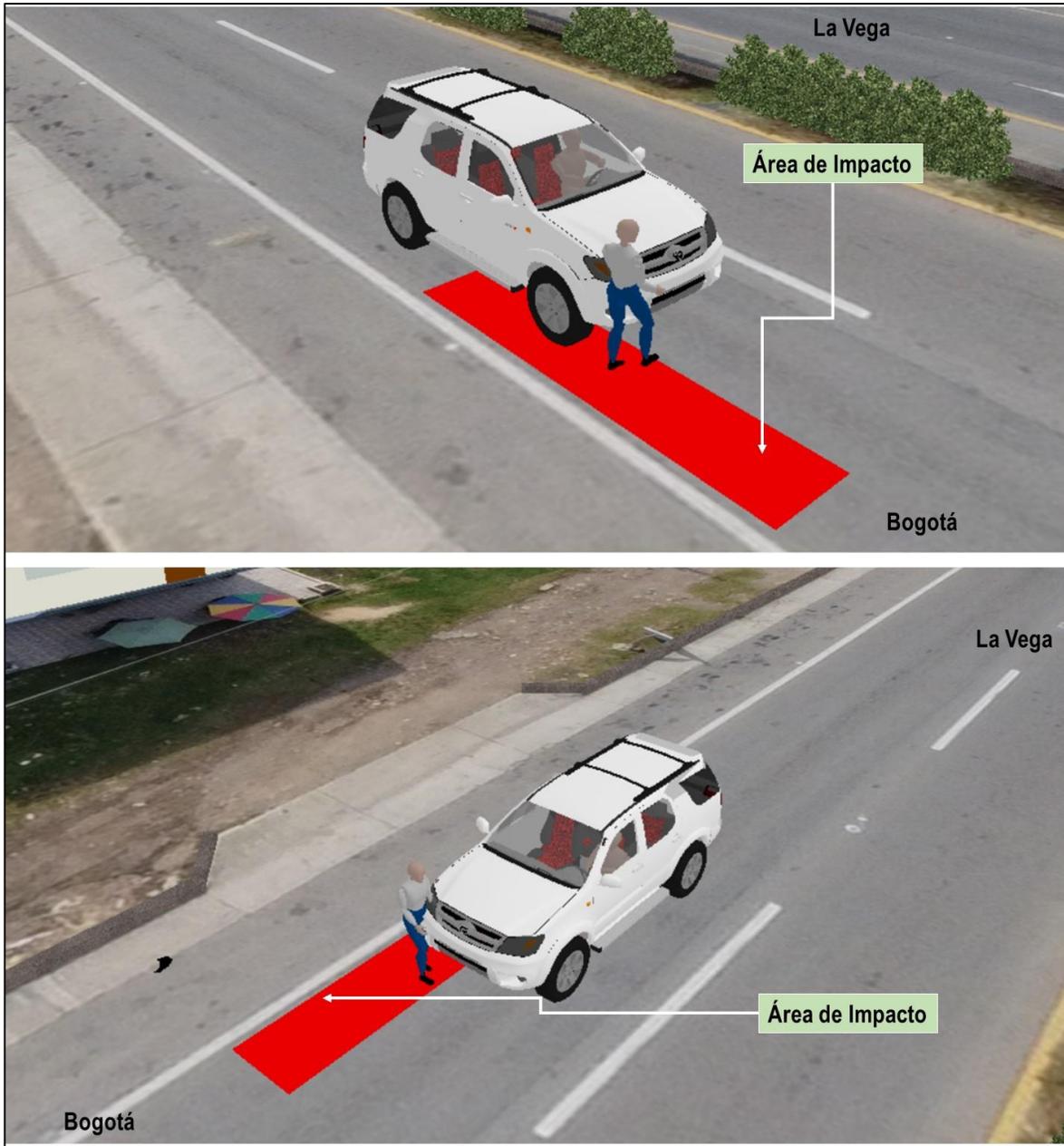


Imagen No.15: En esta imagen en perspectiva 3D se muestra la posición relativa de los involucrados al momento del impacto, y el área roja donde se presentó el atropello.

4. DESARROLLO ANALÍTICO DE LA DINÁMICA DE MOVIMIENTO DEL VEHÍCULO.

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 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 del mismo, 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 el vehículo y el peatón 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.
- El campero después del impacto se detiene por el rozamiento de las llantas con el asfalto seco 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 descrito anteriormente, entre $\mu=0,7$ y $\mu=0,9$ para la víctima, y un factor de desaceleración entre $3,9$ y $4,9$ m/s², que corresponde a un rozamiento efectivo entre $0,4$ y $0,5$ para el campero.

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 es pendiente 2,9° (negativo) y hasta donde se detuvieron es plano, recta, se encontraba seca, con iluminación artificial buena.
- 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 coma cero (2,0 s) segundos, si 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 el campero.
- 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 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.

4.1 VELOCIDAD DEL CAMPERO AL MOMENTO DEL ATROPELLO CÁLCULADA A PARTIR DE LA DISTANCIA RECORRIDA POR ESTE HASTA DETENERSE COMPLETAMENTE.

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

μ : Coeficiente de rozamiento efectivo: entre $\mu=0,4$ y $\mu=0,5$.

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

d_A : Distancia total recorrida por el campero: entre 43,9 y 48,9 m.

t : Tiempo de respuesta del conductor del campero: se estimó entre 0 y 0,5 s, compatible con la secuencia del siniestro.

θ : Pendiente de la vía 2,9° (negativa).

V_v : Velocidad del campero al momento del atropello: entre 57 y 75 km/h.

IRS® Calculator			
VELOCIDAD DE UN VEHÍCULO DE ACUERDO A LA DISTANCIA RECORRIDA, FACTOR DESACELERACION Y TIEMPO DE RESPUESTA HASTA LA DETENCIÓN			
DISTANCIA MINIMA	d min (m)	43,90	
DISTANCIA MAXIMA	d max (m)	48,90	
COEFICIENTE DE FRICCION MINIMO	μ min	0,4	
COEFICIENTE DE FRICCION MAXIMO	μ max	0,5	
TIEMPO DE RESPUESTA MINIMO	tr min (seg)	0	
TIEMPO DE RESPUESTA MAXIMO	tr max (seg)	0,5	
PENDIENTE DE LA VIA	%	5	Grados
			0,05 2,86
RESULTADOS			
BAJANDO			
VELOCIDAD MINIMA	15,70	56,5	km/h
VELOCIDAD MAXIMA	20,75	74,7	km/h

Imagen No. 16: En esta imagen se observa el desarrollo de los cálculos realizados con la herramienta IRS® Calculator.

4.2 VELOCIDAD FINAL DEL PEATÓN CÁLCULADA A PARTIR DE LA DISTANCIA RECORRIDA POR ESTE HASTA DETENERSE COMPLETAMENTE.

$$V_p = \left[-(2h/g)^{1/2} + (2h/g + 2d/\mu g)^{1/2} \right] \mu g \quad (2)$$

μ = Coeficiente de fricción entre el piso y el peatón.

g = Valor de la aceleración gravitacional terrestre 9,8 m/s².

h = Altura del centro de masa del peatón

d = Distancia entre el punto de colisión y la posición final del peatón: entre 18,3 y 23,3 m.

V_p = Velocidad con la cual es lanzado el peatón.

VELOCIDAD PEATÓN			
IRS® Calculator			
Coeficiente OBJETO-piso	0,70		0,9
Altura del C.M.			0,9
Razón Velocidad.	Vm/Vv		1,00
Distancia (m)		Veloc. Km/h	
18,3	47,4	52,5	47,4
23,3	54,6	60,6	60,6

Imagen No. 17: En esta imagen se observa el desarrollo de los cálculos realizados con la herramienta IRS® Calculator.

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

$$D_T = \frac{(V_v \mp gt_r \sin \theta)^2}{2(\mu \cos \theta \pm \sin \theta)g} + t_r V_v \mp \frac{t_r^2 g \sin \theta}{2} \quad (3)$$

D_T : Distancia total recorrida.

V_v : Velocidad del vehículo.

t_r : Tiempo de reacción.

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.

IRS® Calculator		IRS® Calculator	
DISTANCIA TOTAL DE PARADA CAMPERO			
VELOCIDAD MINIMA INICIAL	Vo min (km/h)	57	15,8
VELOCIDAD MAXIMA INICIAL	Vo max (km/h)	75	20,8
COEFICIENTE DE FRICCION MINIMO	μ min	0,7	
COEFICIENTE DE FRICCION MAXIMO	μ max	0,8	
TIEMPO DE REACCION MINIMO	tr min (seg)	1,5	
TIEMPO DE REACCION MAXIMO	tr max (seg)	1,5	Radianes
PENDIENTE DE LA VIA	%	5	0,05
			Grados
			2,86
RESULTADOS			
	distancia de reaccion	distancia de frenado	Distancia total
BLANCO			
BAJANDO			
DISTANCIA MINIMA	24,3 m	18,7 m	43,0 m
DISTANCIA MAXIMA	31,8 m	36,6 m	68,4 m

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

5. SECUENCIA DEL ACCIDENTE DE TRÁNSITO

Basados en el registro de evidencias y el análisis FORENSE realizado para el evento se plantea la secuencia probable: Antes del accidente, el vehículo No.1 **CAMPERO** se desplazaba sobre el carril derecho de la vía que conduce de La Vega a Bogotá a la altura del km 21 + 650 m a una velocidad al momento del impacto con el peatón comprendida entre cincuenta y siete (**57 km/h**) y setenta y cinco (**75 km/h**) kilómetros por hora, y el **PEATÓN** cruzaba la vía al parecer de derecha a izquierda respecto al vehículo.

El peatón inicia el cruce de la calzada, el campero con su zona frontal vértice derecho impacta con el peatón, este último sube e impacta sobre el capó del Campero, y luego cae al suelo para quedar en posición final, entre 18,3 y 23,3 m del lugar del atropello; después del impacto el vehículo sigue hacia adelante realizando una maniobra de frenado sin bloqueo de ruedas, para detenerse y alcanzar su posición final, entre 43,9 y 48,9 m del lugar del impacto.

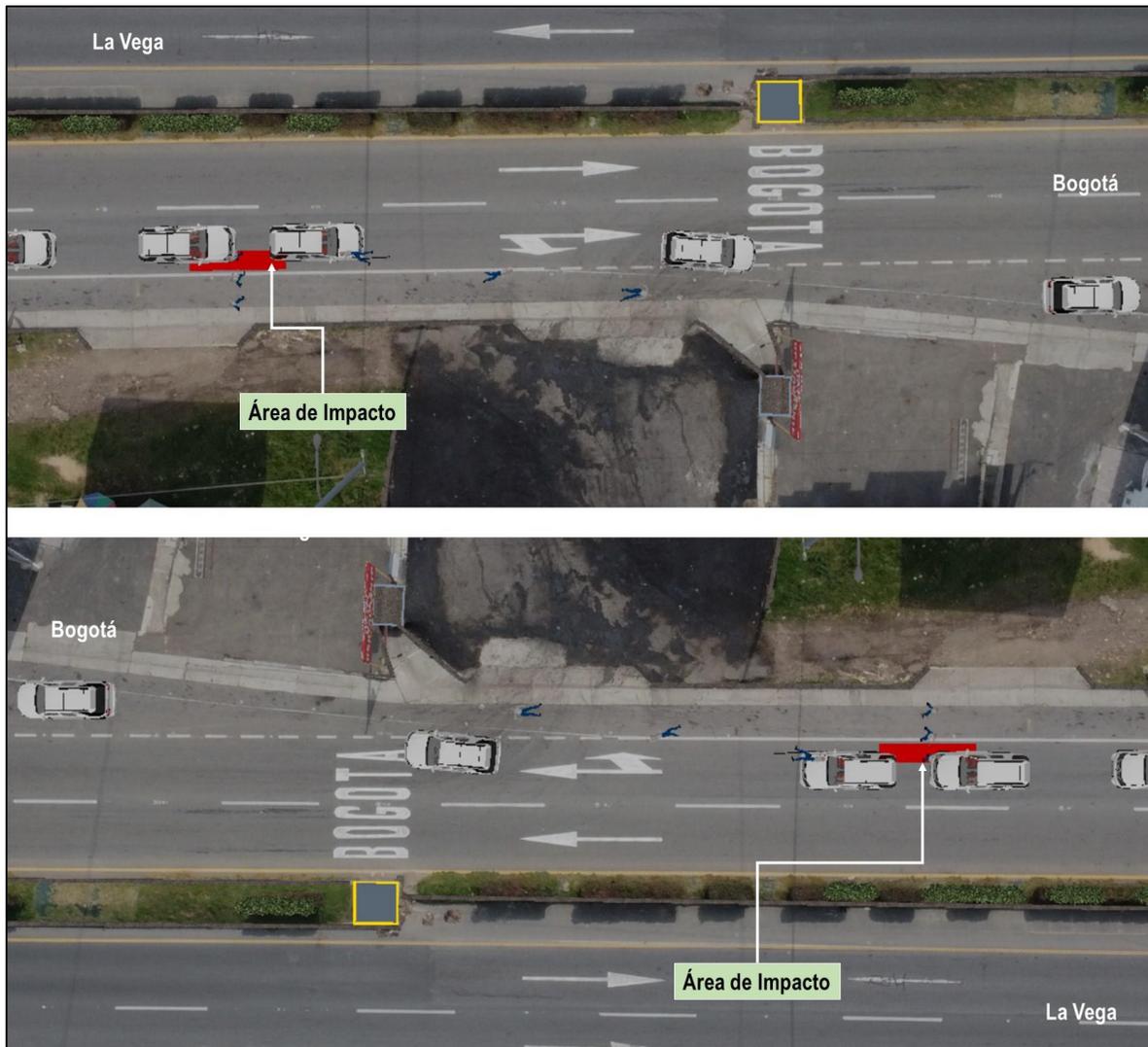


Imagen No. 19: En estas imágenes, vista en planta y 3D se aprecia la secuencia del siniestro antes y al momento del impacto, nótese el sentido de desplazamiento del vehículo y la posición relativa sobre la calzada.

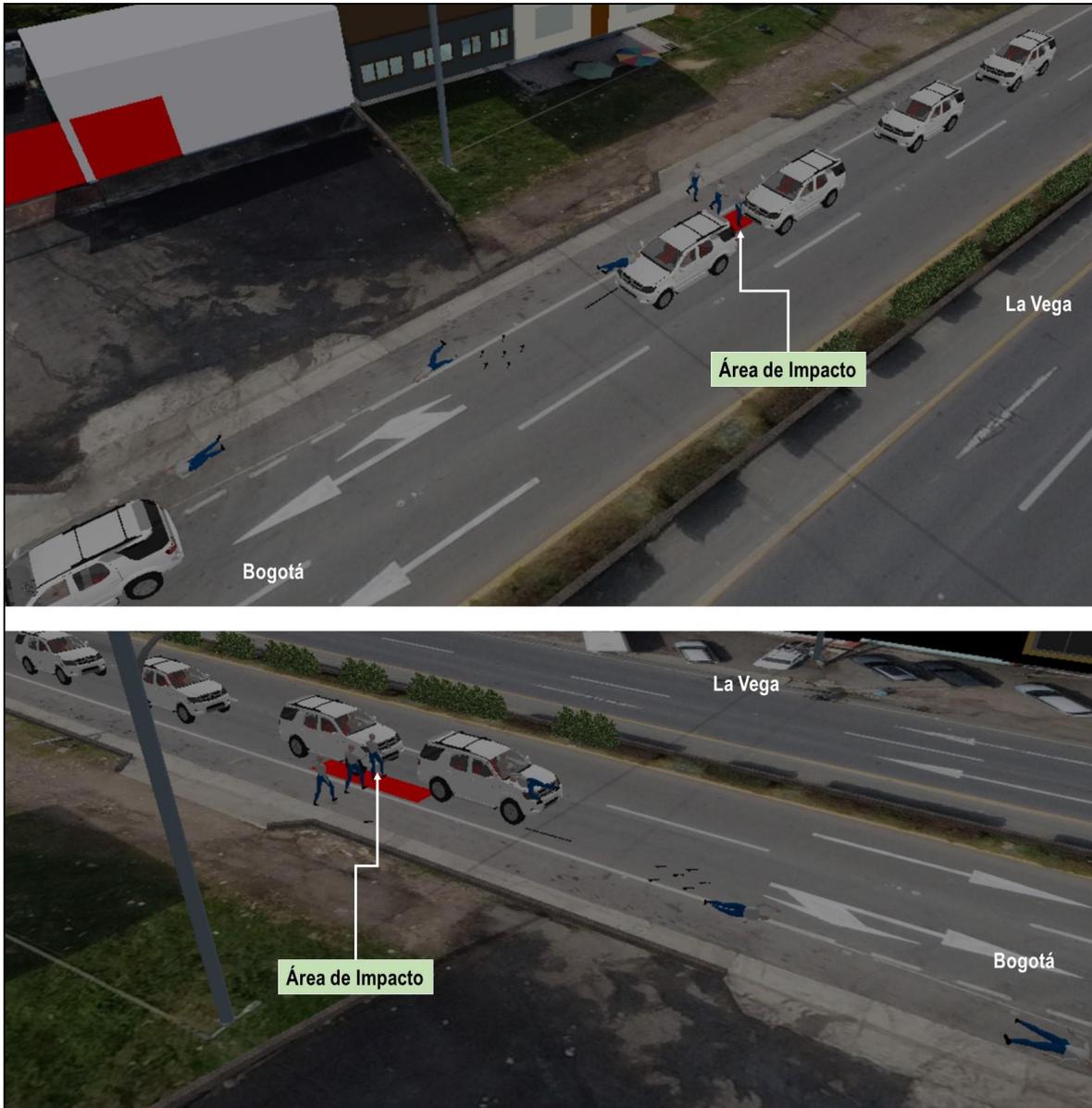


Imagen No. 20: En estas imágenes, vista en planta y 3D se aprecia la secuencia del siniestro al momento del impacto, nótese la ubicación del área de color roja sobre la calzada y el desplazamiento del campero hasta su posición final.

6. ANÁLISIS DE EVITABILIDAD DEL ATROPELLO.

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 (1,2 s) y dos coma cero (2,0 s) segundos², 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.

² 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
CAMPERO Entre 57 y 75 km/h	Entre 24,3 y 31,8 m	Entre 18,7 y 36,6 m	Entre 43,0 y 68,4 m

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.

Es importante anotar que, si el peatón inicia el movimiento de derecha a izquierda respecto al vehículo, recorre desde el borde derecho hasta el impacto entre 0,2 y 1,2 m aproximadamente, si realiza este movimiento entre caminando rápido y corriendo normal, demora entre 0,1 y 0,8 s, tiempo en el cual el conductor debe iniciar la reacción y la posterior frenada, aquí se utiliza una velocidad del peatón entre 1,5 y 1,7 m/s.

En este caso, el tiempo (0,1 y 0,8 s) que le toma al peatón es menor que el tiempo de reacción del conductor (entre 1,2 y 1,5 s), es decir, el conductor no tiene tiempo para reaccionar e iniciar una maniobra para evitar el accidente, aun desplazándose a más baja velocidad.



Imagen No. 21: En esta imagen se observa la visibilidad que tenían el conductor del vehículo y el peatón al momento de iniciar el cruce de la calzada.

7. HALLAZGOS

- a) Los resultados del análisis hecho son compatibles con el modelo físico utilizado, en particular con la dinámica del accidente, la posición final de los involucrados, el estado final (daños) del vehículo, y las lesiones fatales del peatón.
- b) La construcción del bosquejo en 3D se basa en el reporte de la autoridad de tránsito y en el registro de rastros y evidencias diagramado y referenciado en el bosquejo del IPAT, complementado con la inspección al lugar de los hechos.
- c) En el croquis del IPAT fueron diagramadas y acotadas huellas y vestigios sin identificar y sin identificar que significan, y en las fotografías aportadas del día de los hechos no se identifican las evidencias.
- d) Se establece que en el tramo de vía donde se presentó el accidente no existe demarcación de paso peatonal (cebra).
- e) Se identifica en el tramo de vía donde ocurrió el accidente un puente peatonal a una distancia aproximada de 170 m del lugar de los hechos.
- f) De acuerdo al tramo de vía donde se presentó el accidente es área rural nacional, donde la velocidad máxima permitida es de 80 km/h.
- g) Al momento de la ocurrencia del accidente la vía se encontraba en buen estado, seca, y con iluminación artificial buena.
- h) Según el IPAT, el examen de embriaguez realizado al conductor del vehículo No. 1 Campero, arrojó resultado negativo.
- i) No se cuenta con información que permita identificar el estado anímico, fisiológico y de embriaguez en el que se encontraba el peatón al momento de la ocurrencia del accidente.
- j) En el IPAT se plantea como hipótesis de ocurrencia de los hechos la 157 para el conductor del vehículo No.1 (Otra) sin especificar que significa.
- k) En el IPAT se plantea como hipótesis de ocurrencia de los hechos la **409** para el PEATÓN, “CRUZAR SIN OBSERVAR: No mirar a lado y lado de la vía para atravesarla”.

-
- l) No se cuenta con reporte de evidencias técnicas que permitan establecer objetivamente la presencia de un tercer vehículo sobre la calzada.
 - m) Las versiones sobre el evento que fueron plasmadas en el presente informe, hacen parte del proceso investigativo y de contextualización del mismo, pero no se constituyen como elementos objetivos de juicio, ni herramientas para la realización de cálculos numéricos o planteamiento de la dinámica del accidente
 - n) Es relevante mencionar que en la medida que sea suministrada para análisis información técnica y objetiva sobre el evento tal como necropsia, álbum fotográfico a color, experticia del vehículo es posible ratificar, ampliar los resultados del presente informe y reducir los rangos de variables utilizadas.

8. CONCLUSIONES:

8.1 Secuencia:

1. Basados en el registro de evidencias y el análisis FORENSE realizado para el evento se plantea la secuencia PROBABLE³: Antes del accidente, el vehículo No.1 CAMPERO se desplazaba sobre el carril derecho de la vía que conduce de La Vega a Bogotá a la altura del km 21 + 650 m a una velocidad al momento del impacto con el peatón comprendida entre cincuenta y siete (57 km/h) y setenta y cinco (75 km/h) kilómetros por hora, y el PEATÓN cruzaba la vía al parecer de derecha a izquierda respecto al vehículo.

2. El peatón inicia el cruce de la calzada, el campero con su zona frontal vértice derecho impacta con el peatón, este último sube e impacta sobre el capó del Campero, y luego cae al suelo para quedar en posición final, entre 18,3 y 23,3 m del lugar del atropello; después del impacto el vehículo sigue hacia adelante realizando una maniobra de frenado sin bloqueo de ruedas, para detenerse y alcanzar su posición final, entre 43,9 y 48,9 m del lugar del impacto.

8.2 Factor vehículo:

No se encuentra evidencia que indique fallas mecánicas en el vehículo involucrado.

8.3 Factor vía:

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

³ 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.

8.4 Factor humano:

- 1. La velocidad del vehículo No. 1 CAMPERO (57 – 75 km/h) es menor a 80 km/h, límite de velocidad en el lugar de los hechos.**
- 2. El análisis FORENSE de la evidencia indica que la causa⁴ DETERMINANTE del accidente obedece al PEATÓN, al realizar el cruce de la calzada 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, queda prohibida su reproducción en físico o por medio electrónico sin autorización, este documento está en cadena de custodia.*

9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

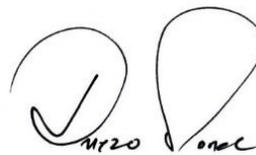
1. Investigation Traffic Accident Manual. University Northwestern Institute Traffic. Stannard Baker & Lynn Fike.
2. Eubanks Jerry J., Haight W.R. "Pedestrian Involved Traffic Collision Reconstruction Methodology" SAE 921591. (2001).
3. Motor Vehicle Accident Reconstruction and Cause Analysis, Rudolf Limpert, Fifth Edition, 1999, Lexis Publishing.
4. S.J. Ashton. Pedestrian Accident Investigation and Reconstruction. Institute of Technology and Management. University of North Florida. (1989).

⁴ 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.

5. "Friction Applications in Accident Reconstruction" by Warner et al. (Society of Automotive Engineers document number: SAE 830612).
6. "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).
7. Han I., Branch R.M., "Throw model for Frontal Pedestrian Collision". SAE 2001-01-0898. (2001).
8. Kühnel A. Der Fahrzeug-Fussgänger-unfall und seine Rekonstruktion. Tesis para optar el titulo de Doktor-Ingenier. Techischen Universität Berlin. (1980).
9. Unfall-und Sicherheitsforschung Strabenverkehr (1982)-Hel34. Join Biomechanical Research Project KOB. Bundesanstalt fur Strabenwesen. Bereich Unfallforschung Bruher Strabe 1, 500 Köln 51. ISSN 0341-5732.
10. Diego M López, Técnica de distancia de lanzamiento empleada en la reconstrucción de colisiones vehículo – Peatón, Revista INML y CF, Vol. 18 No. 1, 2004, 21 – 27.
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.
12. Manual de Reconstrucción de accidentes de Tráfico, CEVIMAP, 2013, P: 259, (*velocidad de avance del peatón*).



Alejandro Umaña Garibello
Ingeniero Forense



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 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).

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 Centro de experimentación de seguridad vial CESVI COLOMBIA S.A. 2009
- Investigador de más de 1500 accidentes de tránsito.
- Primer seminario internacional de accidentología 2011.
- Curso de entrenamiento paquete Edge FX.
- Miembro **NAPARS** (National Association of Professional Accident Reconstruction Specialists).