

Fotogrametría forense aplicada al levantamiento planimétrico en siniestros de tránsito

Forensic photogrammetry applied to planimetric surveys in traffic accidents

Diego Israel Suárez Mullo¹
David Alexander Abarca Abarca²
Diego René Maldonado Campaña³

*Recibido: 21 de junio 2020
Aceptado: 28 de agosto de 2020
Publicado: 17 de diciembre 2020*

RESUMEN

La siniestralidad vial toma impulso año tras año, con estadísticas crecientes presentadas por organismos dedicados a la gestión de políticas universales de prevención, es en donde el investigador pasa a representar un papel crucial para dilucidar las causas que generaron el siniestro de tránsito, pero su importancia va de la mano con el uso de un equipo que demuestre efectividad, teniendo en consideración la innovación y desarrollo tecnológico actual, por ende, el artículo presenta un estudio comparativo de las técnicas para un adecuado levantamiento planimétrico del lugar de los hechos, a través, de la recolección procesamiento y análisis de la información obtenida en campo, y así definir el método ideal para su aplicación.

Palabra claves: Fotogrametría forense; levantamiento planimétrico; siniestros de tránsito; dron.

ABSTRACTS

The road accident rate increases year after year, with the increase in the statistics presented by the organizations dedicated to the management of universal prevention policies, the researcher comes to play a crucial role in clarifying the causes that generated the traffic accident, However, its importance goes hand in hand with the use of a team that demonstrates effectiveness, taking into account innovation and current technological development, so the article presents a comparative study of the techniques for an adequate planimetric survey of the place where they occurred. the facts, through the collection, processing and analysis of the information obtained in the field, and thus define the ideal method for its application.

Key word: Forensic photogrammetry; planimetric survey; traffic accidents; drone

¹Subteniente de Policía. Tecnólogos en Seguridad Ciudadana y Orden Público. Perito en Investigación de Accidentes de Tránsito. diego_2105@hotmail.es <https://orcid.org/0000-0002-9646-2124>

²Subteniente de Policía. Tecnólogos en Seguridad Ciudadana y Orden Público. Perito en Investigación de Accidentes de Tránsito. davidabarca245@gmail.com <https://orcid.org/0000-0003-0472-9176>

³Subteniente de Policía. Tecnólogos en Seguridad Ciudadana y Orden Público. Perito en Investigación de Accidentes de Tránsito. maldonadocampana@gmail.com <https://orcid.org/0000-0002-9467-8773>

INTRODUCCIÓN

El número de muertes por accidentes de tránsito continúa en aumento a nivel mundial, llegando a 1,35 millones en el 2018, convirtiéndose en la principal causa de defunción en los niños y jóvenes de 5 a 29 años (Organización Mundial de la Salud, 2018). Frente a tan creciente escenario es imprescindible el empleo de métodos y técnicas eficaces para dilucidar las causas reales que coadyuvaron a un siniestro de tránsito y paralelamente contribuir a una cabal administración de la justicia, por medio de la aplicación de la fotogrametría forense en el levantamiento planimétrico del lugar de los hechos.

Según, La Real Academia (2014) “la fotogrametría es el procedimiento para obtener planos de grandes extensiones de terreno por medio de fotografías aéreas”, concepto que no es nuevo dentro de los siniestros de tránsito, ya que mientras corría la década de los ochenta (Hernandez, 1987) indicó, “mediante el método fotogramétrico se ofrece la posibilidad de levantar el estado de como quedaron los elementos involucrados en el accidente ocurrido, en un tiempo más corto y con todos los detalles...” (p.78). Por otra parte, la Sociedad Americana de Fotogrametría y Teledetección ASPRS (2013) presenta una definición más actualizada mencionado a la fotogrametría como “el arte, ciencia y tecnología para la obtención de medidas fiables de objetos físicos y su entorno, a través de grabación, medida e interpretación de imágenes...” (p.), es así que el factor fiabilidad converge en ambos conceptos definiendo así a la fotogrametría.

Al referirse que el producto de la aplicación del método fotogramétrico interesa como una herramienta para la administración de la justicia, se avanza dentro del campo forense, ya que el término por sí mismo se relaciona con los órganos de justicia, toda vez que la palabra forense proviene del latín *forensis*, “perteneciente o relativo al foro”, esto sitúa a la Antigua Roma, donde la acusación, argumentación y pruebas de un crimen requerían ser presentadas en un foro de

personas consideradas notables, para que estas últimas determinarán el veredicto (Universidad Nacional Autónoma de México, 2013). De esta forma podemos identificar el contexto forense dentro de la fotogrametría y así su dirección y alcance.

El levantamiento planimétrico es la actuación técnica que consiste en la explotación de campo, es decir, la acción de fijar y medir los indicios o vestigios físicos, los elementos estructurales y todos los objetos relacionados a la comisión de un hecho (Ministerio Público de Venezuela, 2017), sin embargo, el levantamiento planimétrico como tal deriva de la topografía, ya que los orígenes de estas prácticas se remontan a Egipto, pues la evidencia revela que los arquitectos de las grandes pirámides ya realizaban análisis de este tipo, de hecho, es muy probable que existan técnicas anteriores relacionadas con el empleo de cuerdas como unidades de longitud, algo muy poco preciso y bastante complejo que se perfeccionó durante la Grecia Clásica (Villareal del Águila, 2016).

En ese sentido, el presente artículo se enfoca en demostrar la eficacia y eficiencia de ambos procedimientos sometidos a similares condiciones, aplicando el protocolo que dicta cada técnica y las herramientas inherentes para su ejecución, teniendo en consideración un legado histórico de la técnica tradicional frente a tecnologías innovadoras a la hora de realizar levantamientos planimétricos, lo que genera la siguiente interrogante: ¿realmente posee mayor efectividad el uno del otro?

METODOLOGÍA Y MATERIALES

De acuerdo con la interrogante planteada el estudio de este trabajo utiliza el método cuantitativo-comparativo, según el nivel de medición, análisis de la información y datos que serán recolectados de la explotación de campo, cuya única variante es el método aplicado al levantamiento planimétrico; una vez obtenidos los factores intervinientes mediante técnicas matemático-estadísticas se medirá el rango de respuesta de cada método, cuyos resultados proyecten conclusiones específicas de su empleo.

Para el efecto se hace uso de los siguientes materiales:

- Vehículo aéreo no tripulado (dron).
- Computadora con softwares (AutoCAD, Pix4D) instalados de acuerdo con el método.
- Cinta métrica (odómetro).
- Hoja de terreno.
- Insumos de oficina.

La tradición frente a la innovación

El vertiginoso desarrollo referente a tecnologías de vuelo no tripulado que se ha dado en la última década, combinado con el equipamiento de cámaras digitales de alta resolución ha permitido que se amplíe la variedad de usos a los que se puede acceder por su utilidad. A lo largo de la historia, desde el desarrollo de los primeros aviones de radio control, pasando por los primeros intentos de vigilancia aérea, a través de fotografías capturadas por medio de una cometa equipada con una cámara, hasta llegar a la época actual, donde el desarrollo en computación y sistemas electrónicos permiten el acceso a drones automatizados y con funciones que facilitan completamente su uso; mientras la fotogrametría se consolidaba como tal, la aplicación de métodos tradicionales para levantamientos planimétricos ocupaba un lugar preponderante para múltiples ramas de la ciencia, principalmente en los inicios de la construcción e identificación de puntos geográficos.

Ambos procedimientos representan un grado de exactitud, destreza, dilación, pero teniendo en consideración que hoy en día aún se observa el empleo del método tradicional (uso de odómetro de rueda) a la hora de realizar levantamientos planimétricos del lugar de los hechos como técnica principal, mencionadas técnicas serán sometidas a circunstancias similares bajo condiciones

de ubicación, recursos humanos, logísticos y tiempo empelado.

Trabajo de campo

En el proceso de control de demarcaciones sobre el pavimento y determinación de la longitud de una vía construida, es común el uso del odómetro (Casanova, 2004, pp. 3-1); por ello en el método tradicional influye la destreza, percepción y herramientas que el usuario va a emplear; sin embargo, está propenso al cometimiento de errores no tolerables, como el error de lectura, anotación, identificación o aritméticos.

Por otro lado, el Dron en el procedimiento fotogramétrico pasa a representar un papel sustancial en esta técnica debido a que será la herramienta ideal para obtener gran parte de datos en un siniestro de tránsito o diligencias periciales dispuestas por la autoridad competente (Sánchez, 2006) y la aplicación de mosaicos aéreos se aplica: “cuando el terreno no tiene demasiado relieve y aprovechando únicamente las zonas centrales de una fotografía, los errores resultantes en planimetría no llegan a ser significativos...” (p.39).

Fotografía 1. Método Tradicional (medición con cinta métrica).



Elaboración: por el autor.

Tabla 1. Datos obtenidos del trabajo de campo

Método	Latitud; Longitud	Recursos Humanos	Recursos Logísticos	Tiempo empujado (min.)
Tradicional	-0.299708; -78.459243	-Dos personas.	-Cinta u odómetro.	40
	-0.294613; -78.451429		-Boligrafo y/o lápiz.	28
	-0.294667; -78.455337		-Hoja de terreno. -Clinómetro. -Brújula.	35
Fotogramétrico	-0.299708; -78.459243	-Una persona.	-Cinta u odómetro.	5
	-0.294613; -78.451429		-Boligrafo y/o lápiz.	5
	-0.294667; -78.455337		-Hoja de terreno. -Dron Mavic Pro u homólogos. -Clinómetro. -Brújula.	5

Elaboración: por el autor.

Trabajo de laboratorio

En el método tradicional una vez recolectados los datos en el trabajo de campo, estos son procesados en el software AutoCAD o softwares homólogos, el mismo que permite, diseñar, visualizar y producir dibujos y planos a escala, por otro lado, para constituir el producto final del método fotogramétrico se procesan los datos en el software Pix4Dmapper o similares (DronDeploy, DJI Terra, entre otros), mediante el cual permite generar mapas y modelos escalados en tercera dimensión permitiendo un control total de proyecto.

Es preciso tener en consideración una referencia adecuada de la zona de trabajo para exportar un ortomosaico contrastado, ya que según Sánchez (2006):

La unión de fotogramas suele realizarse, una vez delimitada la zona central, por elementos planimétricos lineales como carreteras, caminos, ríos, etc., para que la zona de unión destaque, al mismo tiempo que se iguale tono y contraste en todos los fotogramas...se han de corregir con software de tratamiento de imágenes en los mosaicos una serie de discontinuidades como: diferencias en las orientaciones de las sombras, discontinuidades en los elementos volumétricos y diferencias de reflectancia y luminosidad en determinadas zonas, a este tipo de correcciones se le denominan correcciones radiométricas y han de hacerse también en la elaboración de ortofotos. (p.39).

Fotografía 2. Método Fotogramétrico (uso del dron).



Elaboración: por el autor.

Tabla 2: Datos obtenidos del trabajo de gabinete o laboratorio.

Método	Latitud; Longitud	Recursos Humanos	Recursos Logísticos	Tiempo empujado (min.)
Tradicional	-0.299708; -78.459243	-Una persona.	-Computadora (Core i5 o superior).	100
	-0.294613; -78.451429		-Software tipo CAD.	45
	-0.294667; -78.455337			90
Fotogramétrico	-0.299708; -78.459243	-Una persona.	-Computadora (Core i5 o superior).	103
	-0.294613; -78.451429		-Software Pix4D u homólogos.	77
	-0.294667; -78.455337			91

Elaboración: por el autor.

RESULTADOS

- La toma de datos se recolectó de tres posiciones geográficas distintas (latitud-longitud) siendo los puntos de origen comparativo para el análisis y discusión de sus variables complementarias.
- Los recursos humanos oscilan de una a dos personas de acuerdo con el procedimiento a emplearse (ver Tabla 1); sin duda al otorgar mayores funciones a las nuevas tecnologías se optimizan usuarios intervinientes.
- El Dron o vehículo aéreo no tripulado se convierte en una herramienta singular dentro del método fotogramétrico con características suficientes para sumarse a la logística necesaria en la ejecución del levantamiento planimétrico, sin dejar de lado instrumentos básicos y constantes

(ver Tabla 1), independientemente del procedimiento a adoptar.

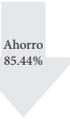
- El tiempo empleado durante el levantamiento planimétrico con la sola variación del método (ver Tabla 1 y 2), cuyos valores al ser sometidos a la fórmula promedio arrojan los siguientes resultados:

$$\bar{x} = \frac{t_1 + t_2 + t_3 + \dots + t_n}{n}$$

En Campo

$$- t_{tradicional} = \frac{40+28+35}{3} = \frac{34.33}{3} = 34.33 \text{ min.}$$

$$- t_{fotogramétrico} = \frac{5+5+5}{3} = \frac{15}{3} = 5 \text{ min.}$$



En Laboratorio

$$- t_{tradicional} = \frac{100+45+90}{3} = \frac{235}{3} = 78.33 \text{ min.}$$

$$- t_{fotogramétrico} = \frac{103+77+91}{3} = \frac{271}{3} = 90.33 \text{ min.}$$



Optimización General

$$- t_{tradicional} = \frac{40+28+35+100+45+90}{6} = 56.33 \text{ min.}$$

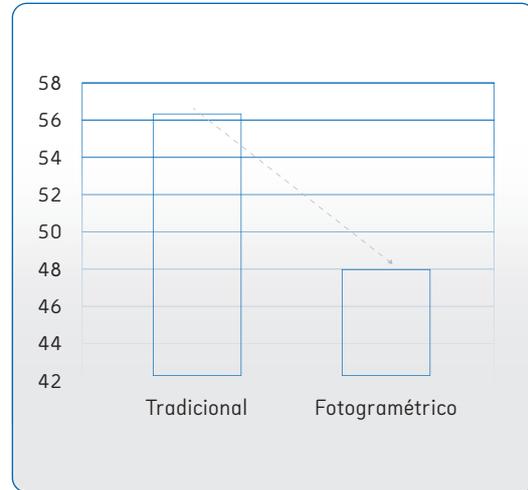
$$- t_{fotogramétrico} = \frac{5+5+5+103+77+91}{6} = 47.66 \text{ min.}$$



DISCUSIÓN

En el estudio se pudo encontrar una diferencia significativa en el factor tiempo durante la ejecución de los procedimientos sincronizados sometidos a las mismas características de localización geográfica, evidenciando mayor eficiencia del método fotogramétrico con un 15.45% de ahorro, derivada del procesamiento de datos recolectados en campo. Por otra parte, el recurso humano necesario en cada intervención es un referente mínimo para la ejecución de cada método; sin embargo, es recomendable la asistencia de un auxiliar de campo adicional para solventar factores de seguridad vial, corroborando la confianza depositada en la metodología fotogramétrica por varios autores ubicándola como una técnica ideal para realizar levantamientos planimétricos en siniestros de tránsito.

Tabla 3. Tiempo empleado.



Elaboración: por el autor.

CONCLUSIONES

Luego de estudiar los diferentes procedimientos tendientes al levantamiento planimétrico en siniestros de tránsito, se pudo evidenciar la preponderancia del método fotogramétrico frente al tradicional de acuerdo con lo siguiente:

- » En el protocolo de levantamiento planimétrico consta la fijación de todo elemento íntimamente relacionado con el siniestro de tránsito y su configuración vial de allí la importancia del factor tiempo, en razón que toda modificación del lugar de los hechos puede constituir complicaciones legales, es así, que aplicando la fotogrametría se reduce un 85.44 % de tiempo en el trabajo de campo, garantizando una eficiencia pre procesal y seguridad legal para el perito en Accidentología vial.
- » La exposición del investigador durante extensos períodos sobre la vía de circulación vehicular en aras de obtener la mayor cantidad de datos en el lugar de los hechos representa un riesgo considerable a la integridad física del mismo; sin embargo, con una economización de recursos humanos al ser solamente un usuario, quien desde una zona segura planifica modos de vuelo de un vehículo no tripulado para extraer ortomosaicos

fotográficos, garantiza una investigación holística.

- » Los levantamientos planimétricos no solamente se atribuyen a siniestros de tránsito In situ, sino también a reconocimientos y reconstrucciones del lugar de los hechos, dispuesto por la autoridad competente, por tanto, para mencionadas diligencias basta con acceder al ortomosaico fotográfico del día del suceso para dilucidar el escenario y los elementos fácticos relacionados al siniestro vial.

BIBLIOGRAFÍA

- Casanova, L. (2002). *Topografía Plana*. (D. d. Facultad de Ingeniería, Ed.) Mérida, Venezuela: Universidad de los Andes.
- Hernández, Á. (1987). *Aplicación de la fotogrametría terrestre en los levantamientos de accidentes de tránsito*. (F. d. Ingeniería, Ed.) Mérida, Venezuela: Universidad de los Andes,.
- Hernández, E. (1987). *Aplicación de la fotogrametría terrestre en los levantamientos de accidentes de tránsito*. Mérida.
- Kutz, M. (2013). *Handbook of Measurement in Science and Engineering* (Vol. III). New Jersey: American Society for Photogrammetry and Remote Sensing.
- Ministerio Público de Venezuela. (2019). *Criminalística. Levantamiento Planimétrico*. Recuperado el 25 de Septiembre de 2020, de <http://criminalistica.mp.gob.ve/levantamiento-planimetrico/>
- Organización Mundial de la Salud. (07 de 12 de 2018). Recuperado el 15 de 09 de 2020, de <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/road-traffic-injuries>
- Organización Mundial de la Salud. (2018). *Accidentes de Tránsito*. Recuperado el 12 de Agosto de 2020, de <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/road-traffic-injuries>
- Real Academia Española. (10 de 2014). *Diccionario de la lengua española*. Recuperado el 15 de 09 de 2020, de <https://dle.rae.es/fotogrametr%C3%ADa>
- Real Academia Española. (2014). *Diccionario de la Lengua Española*. (23). Recuperado el 22 de Septiembre de 2020, de <https://dle.rae.es/fotogrametr%C3%ADa>
- Real Academia Española*. (2019). Recuperado el 25 de 05 de 2020, de www.rae.com
- Sánchez José, A. (2006). *Introducción a la Fotogrametría*. (C. d. Topografía, Ed.) Argentina: Universidad Nacional De San Juan.
- Universidad Nacional de México. (2013). *Plan de estudios de la Licenciatura en Ciencias Forenses*. Ciudad de México: Facultad de Medicina. Recuperado el 22 de Septiembre de 2020, de <http://oferta.unam.mx/planestudios/ciencia-forense-fmedicina-plandeestudios13.pdf>
- Villareal del Aguila, C. (2020). *Blog Scribd. Antecedentes Históricos. Levantamiento Topográfico*. Recuperado el 15 de Mayo de 2020, de <https://es.scribd.com/document/328188701/Antecedentes-Historicos-Levantamiento-Topografico>