


LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS MEDIANTE EL USO DE DRONES

TOPOGRAPHIC UPRISING THROUGH THE USE OF DRONES

 Cortés Ospina, Erika Johanna

Fecha de recepción: 21/06/2021

Fecha de aprobación: 22/09/2021

Resumen

El propósito de este artículo es dar a conocer la importancia de los Drones para llevar a cabo o gestionar los procesos constructivos de la actualidad cómo los levantamientos topográficos. La utilización de esta nueva herramienta se está haciendo muy popular debido a que agiliza el tiempo del trabajo en el campo, puede desplazarse por zonas de alto riesgo y difícil acceso y reduce los costos de operación. Con base en una investigación del estado del arte de este instrumento aéreo no tripulado, se presenta un amplio campo de aplicación en la Ingeniería, haciendo énfasis en la agrimensura de donde resulta que efectivamente este vehículo aéreo no tripulado facilita el trabajo en los levantamientos.

Palabras Claves: aplicaciones / dron / fotogrametría / ingeniería / topografía

Abstract

The purpose of this article is to publicize the importance of Drones to carry out a project or manage the construction processes of current topographic surveys. The use of this new tool is becoming very popular because it speeds up work time in the field, can move through high-risk and difficult-to-access areas and reduce operating costs. Based on an investigation of the state of the art of this unmanned aerial instrument, a wide field of application in Engineering is presented, with an emphasis on surveying where it turns out that this unmanned aerial vehicle effectively facilitates the work in the uprising

Key words: applications / drone / photogrammetry / engineering / surveying

1. Introducción

El propósito de esta investigación consiste en recopilar información acerca de la implementación de drones en los levantamientos topográficos teniendo en cuenta que este trabajo de campo en muchas ocasiones puede ser riesgoso al intervenir terrenos desnivelados o en condiciones no estables. Hay que dejar claro que la topografía se divide básicamente en planimetría y altimetría, en primer lugar, la planimetría se define como la topografía dedicada al estudio de los procedimientos y los métodos que se ponen en marcha para lograr representar a escala los detalles de un terreno sobre la superficie plana. Con respecto a la altimetría, se define como la topografía especializada en la medición de la altura que abarca diferentes procesos, metodologías y técnicas para la representación de la altura de un punto teniendo en cuenta un cierto plano de referencia. En cuanto a los levantamientos topográficos, estos proporcionan información esencial para tomar decisiones al momento de planificar una obra civil desde su diseño hasta el mantenimiento de infraestructuras, es por ello que la presente investigación tiene como propósito conocer la importancia de la topografía haciendo énfasis en el levantamiento y análisis de información de diferentes áreas empleando como medio los drones en vista de que es una herramienta integrada en los equipos de topografía que contribuye en la obtención de imágenes geo-referenciadas que permiten hacer mediciones del entorno.

CORTES, E. Levantamientos topográficos mediante el uso de drones. *Rev. INGENIERÍA: Ciencia, Tecnología e Innovación. Agosto-Diciembre 2021. Vol. 8/No. 2. pp. 111-124. ISSN: 2313-1926, versión electrónica.*

A través de la topografía arquitectos e ingenieros describen y delinear detalladamente la superficie de un terreno. Es la técnica empleada por dichos profesionales para realizar un estudio del suelo donde se va a construir el nuevo edificio o infraestructura, encajando el proyecto correctamente con las alineaciones existentes y evitando así problemas en la fase de construcción. Lo mismo ocurre con los proyectos de obra civil, como lo es la construcción de carreteras, caminos, conducciones, canalizaciones, entre otros.

El objetivo principal de la topografía es conocer la forma y dimensiones de un terreno, estudiando el relieve que lo conforma. En tal sentido en la determinación de estos modelos de terreno, toman relevancia la metodología y los instrumentos utilizados. Si se utilizan equipos confiables de última tecnología, debidamente calibrados, suponemos que las diferencias se encuentran en la metodología. Estas diferencias redundarán al final en los resultados de los movimientos de tierra que allí se realicen (Fernández, 2008, pág. 6)

Así mismo, es necesario resaltar que la topografía fundamental en la ingeniería Civil debido a que es necesaria para cualquier proyecto que se desee ejecutar. Los drones son una tendencia consolidada, esto se dice porque se considera que la topografía con drones permite generar diferentes tipos de datos.

Tabla 1

Normativa internacional de vuelo dron

PARAMETRO	RESTRICCIONES
Restricciones de vuelo	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ninguna aeronave volará sobre un territorio sin contar con una autorización especial ▪ En todo momento se debe garantizar la seguridad de la operación ▪ El piloto al mando se responsabiliza de que el vuelo se realice según la norma ▪ Los pilotos tienen que estar en el mismo lugar donde se efectúa el vuelo
Documentos exigidos para las aeronaves	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Toda aeronave debe contar con un certificado de aerovegabilidad y válido por el país ▪ Certificado de matrícula
Licencia para el personal	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Los pilotos remotos deben estar capacitados, además deben poseer la licencia apropiada y operacional del sistema del sistema de aviación civil ▪ El piloto remoto es responsable de detectar y evitar colisiones y/o peligros
Tránsito aéreo	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Se debe realizar solicitud previa al vuelo ▪ Se debe promover el flujo de tránsito aéreo seguro y ordenado

Nota: Tomado de Aérea Drone Colombia. (2019).

COSTO BENEFICIO DEL USO DE DRONES EN TOPOGRAFIA

En cuanto a costo beneficio se dice que cada vez los avances en la ingeniería hacen de estos dispositivos, con su diminutivo tamaño, su alta disponibilidad y sin riesgo para las personas, una herramienta y alternativa para acceder a lugares difíciles, tener un rápido despliegue, un bajo consumo de combustible, y numerosas ventajas más, lo cual permite que las industrias, empresas e instituciones generen mayor competitividad, eficacia y

CORTES, E. Levantamientos topográficos mediante el uso de drones. Rev. INGENIERÍA: Ciencia, Tecnología e Innovación. Agosto-Diciembre 2021. Vol. 8/No. 2. pp. 111-124. ISSN: 2313-1926, versión electrónica.

calidad de la información suministrada desde el aire a un costo coherente y racional (Rivera, 2017, pág. 1)

A su vez, se dice que los vehículos aéreos no tripulados, son una clara apuesta por el medio ambiente, pues no emite CO₂ a la atmosfera. Además, mejora significativamente la seguridad de los trabajadores en campo, al evitar el ingreso a zonas de riesgo (Del Río, Espinoza, Sáenz, Cortés, 2019, pág. 15) Igualmente, es importante resaltar que en la actualidad los drones son usados en diversas áreas de la ingeniería debido a su accesibilidad a lugares difíciles o de condiciones extremas que dificultan y en muchos casos imposibilitan el uso de recurso humano o de otro tipo de tecnologías. Además, reducen costos de operación y riesgos de trabajo en la elaboración de grandes proyectos (Villarreal, 2015)

Así mismo, Fernández y Gutiérrez afirman que, los drones permiten obtener ortofotografías y modelos digitales de la topografía con una alta resolución especialmente útiles para el conocimiento de los procesos geológicos y el desarrollo de trabajos científicos. Son numerosas las posibilidades que ofrecen en campos tan dispares como la paleontología, la geomorfología, la conservación del patrimonio o las ciencias del mar. La capacidad para intercambiar diferentes sensores de forma rápida permite obtener multitud de datos en un único vuelo, reduciendo recursos económicos y mano de obra (Fernández, Gutiérrez, 2016, pág. 89)

Lo dicho hasta aquí supone que, con un dron es posible llevar a cabo levantamientos topográficos de la misma calidad que aquellos realizados recopilando medidas de alta precisión a través de levantamientos topográficos tradicionales, aunque en una fracción del tiempo. Esto reduce considerablemente el costo de la topografía y del volumen de trabajo sobre el terreno.

VENTAJAS DEL USO DE DRONES

Otro punto, son las ventajas de los vehículos aéreos no tripulados, dentro de las cuales se tienen las siguientes.

El principal factor es la seguridad, el topógrafo no necesita transportar la estación a lugares potencialmente peligrosos, con lo que los riesgos que existente en esta profesión se minimizan. Permite obtener una mayor base de conocimiento del lugar y sus alrededores, ya que se llega a espacios inaccesibles para una persona como acantilados, claros rodeados de árboles, entre otras. Captura un mayor número de puntos para crear las planimetrías. El levantamiento topográfico de un Drone, debido a sus cámaras de última generación aporta mucha más información gráfica que un levantamiento tradicional. Por otra parte, la información es mucho más completa en cuanto a color de las fotografías, mayor resolución y realismo del terreno. Reducción de costos, un estudio topográfico que hace años podía suponer importantes costos a una empresa, gracias a esta tecnología se han reducido hasta en un 70% (del Rio Santana, Gómez, López, Sáenz, Espinoza, 2020, pág. 3)

LIMITACIONES

A pesar de las enumeradas ventajas de la implementación del equipo, esta presenta algunas limitaciones actualmente cómo la dependencia de una estación de control en tierra (según su grado de autonomía), vulnerabilidad y limitada capacidad de defensa, limitaciones de peso y volumen de equipos a bordo, dificultades de integración en el espacio aéreo, dificultad en las capturas de fotografías a los puntos de coordenadas en áreas de alta vegetación, limitante por el estado climático Aplicación de fotogrametría aérea en Levantamientos topográficos mediante el uso de Vehículos aéreos no tripulados, (Jiménez, Magaña, Soriano, pág. 53)

APLICACIONES DE LOS DRONES

CORTES, E. Levantamientos topográficos mediante el uso de drones. *Rev. INGENIERÍA: Ciencia, Tecnología e Innovación*. Agosto-Diciembre 2021. Vol. 8/No. 2. pp. 111-124. ISSN: 2313-1926, versión electrónica.

A continuación, se mencionan algunas de las aplicaciones más relevantes utilizadas en el sector de la construcción:

- 1) Gestión y ejecución de trabajos de riesgo: la gestión del riesgo está basada en identificar y analizar factores de riesgo a lo largo de la vida de un proyecto, implicando el control de posibles eventos catastróficos, de tal manera que se pueda cuantificar y predecir su impacto de manera anticipada, por ejemplo, el uso de los drones en zonas con alto impacto de deslizamientos, inundaciones, terremotos, incendios o zonas con radioactividad, permitirán gestionar soluciones o posibles eventos ante un proyecto futuro por desarrollar (Solórzano, Porras, Jiménez, Méndez, 2020, pág. 6)
- 2) Levantamiento del terreno: los levantamientos topográficos se utilizan para identificar los límites y características de una propiedad, este incluye mediciones horizontales y de elevación vertical del área que se examina, así como la ubicación de estructuras existentes. En el desarrollo de obras de construcción, estos estudios son indispensables, ya que proporcionan información básica para determinar si un proyecto es viable o no. (Solórzano, Porras, Jiménez, Méndez, 2020, pág. 7)
- 3) Proyección de renders o modelado 3D: en la fase de proyecto de una edificación y mediante el uso de software de modelado tridimensional, con la ayuda de drones y cámaras de 360°, se pueden capturar imágenes y videos de alta calidad que se pueden fusionar para diseñar elaborados modelos de edificios con gran nivel de detalle utilizando programas de renderizado de última tecnología, de los cuales se obtienen imágenes del proyecto difíciles de distinguir de la realidad (Solórzano, Porras, Jiménez, Méndez, 2020, pág. 7-8)
- 4) Seguimiento, control e inspección de infraestructura: hoy en día las inspecciones son indispensables tanto en edificaciones en proceso de construcción como en cualquier otro edificio para así prolongar su vida útil. Según el tipo de proyecto o las características geométricas que presente, puede resultar muy difícil acceder a algunas zonas para inspeccionarlas, siendo esta una de las principales ventajas del uso de las aeronaves no tripuladas, ya que es posible inspeccionar cualquier sitio de forma rápida, segura y económica. (Solórzano, Porras, Jiménez, Méndez, 2020, pág. 8)

Cómo se afirmó arriba, uno de los campos de mayor impacto es en el de la topografía, donde gracias a ellos es posible realizar levantamientos topográficos de gran precisión en poco tiempo, suministrando a los procesos de Ingeniería información completa y confiable (Grijalba, pág. 1)

En cuanto a, Obra civil se dice que partir de los RPAS, podemos obtener mediciones parciales en una obra de una manera precisa y rápida y, a partir de ellas, podremos calcular certificaciones de obra, movimientos de tierras, volumetrías de vertederos y hasta obtener el cierre de obra. De esta manera, se puede llevar un control más exhaustivo del avance de la obra, las desviaciones que presenta con respecto al proyecto inicial y el registro temporal de actuaciones realizadas (Ávila, 2017, pág. 91)

Al igual que se puede realizar seguimiento de obras a nivel métrico, también es de gran interés la posibilidad de hacer seguimientos visuales realizando vuelos regulares de la obra en estudio. Este tipo de trabajo permite tener una visión global de la obra para poder llevar un control más exhaustivo del avance de estas, desviaciones, documentación de modificaciones y registro temporal de actuaciones realizadas durante la obra (2015, pág. 157)

De igual modo, existen infinidad de usos y verticales que disfrutan de los beneficios de estas herramientas. Entre ellos: Levantamientos topográficos y modelos digitales de terreno precisos, cálculo de volúmenes y movimientos de tierras, gestión y

CORTES, E. Levantamientos topográficos mediante el uso de drones. Rev. INGENIERÍA: Ciencia, Tecnología e Innovación. Agosto-Diciembre 2021. Vol. 8/No. 2. pp. 111-124. ISSN: 2313-1926, versión electrónica.

actualizaciones catastrales, cartografía digital, seguimiento y monitorización de obras, inventarios, trabajos de subcontratos, estimación y presupuestado de trabajos de mantenimiento en carreteras, seguimiento y mantenimiento de infraestructuras ferroviarias, generación de mapas de alta resolución de líneas eléctricas. Como vemos las posibilidades que nos ofrece la tecnología drones en el campo de la topografía son muchas, pero principalmente destacan la inmediatez en la adquisición de datos y la disminución significativa de costes. (Aérea Drone Colombia, 2019)

A su vez, De la Cruz menciona que, a futuro, las posibilidades de los drones en el ámbito de la construcción son insospechadas y rebasan con creces las aplicaciones que ahora tienen. Permitirán, por ejemplo, un seguimiento óptimo de los trabajos en las obras, en la logística necesaria para su avance o proporcionarán información esencial sobre las necesidades en materia de seguridad e higiene. La rehabilitación de edificios de patrimonio histórico, muy deteriorados o de difícil acceso, es otro campo propicio al uso de drones. En nuevos proyectos edificatorios, las imágenes captadas por estos aparatos, además, facilitarán la integración de un proyecto en el entorno construido mediante técnicas de realidad virtual y modelos digitales 3D. (De la Cruz, pág. 55-56)

También es importante resaltar que la utilización de drones presenta numerosas ventajas desde el punto de vista geológico para la obtención de información de los afloramientos, el cálculo y análisis de diferentes parámetros sobre la superficie terrestre o el estudio de las formas del terreno, entre otros. La diversidad de posibilidades que ofrece hace extensivo su uso en las diferentes ramas de las Ciencias de la Tierra, gracias a las diferentes tecnologías que pueden incorporar —sensores láser, radar, sónar, sondas atómicas, cámaras, etc.—. Además de poder ofrecer información para uso científico, los drones ofrecen posibilidades emergentes en el sector educativo y de la divulgación científica, a través de la elaboración de vídeos, modelos 3D y fotografías con puntos de vista y perspectivas diferentes que pueden ayudar a la visualización de estructuras complejas, permitiendo la interacción con el público (Fernández, Gutiérrez, 2016, pág. 97)

Como se ha mencionado, los drones se usan para el control de obra, control de acopio y para visionado de imagen aérea de 360°; principalmente para obtener topografía aérea mediante técnicas de fotogrametría. De esta manera se pueden estudiar obras en su fase de licitación, realizar cálculos de volúmenes y superficies en acopios, control de certificaciones, estudio de patologías como deslizamiento de taludes y realizar seguimientos. El sector de la construcción siempre ha estado en la búsqueda de reducir sus costos para poder ganar licitaciones de obras; esto ha dado pauta a la inclusión de nuevas tecnologías como los drones; se ha investigado como combinar su uso aplicado a la captura de información periódica para el control y seguimiento de las obras civiles como carreteras y vías férreas (González, Ucán, Sánchez, Medina, Árcega, Zetina, Casares, 2019, pág. 327)

VUELO FOTOGRAMÉTRICO

Con respecto a el término adecuado para nombrar la ciencia que permite medir la superficie a través de fotografías (en este caso aéreas) es FOTOGRAMETRÍA. Es decir, con los drones no podemos hacer directamente topografía, sino que más bien tomamos fotografías sobrepuestas tanto transversal como longitudinalmente y utilizando el principio de estereoscopia podemos medir distancias y elevaciones, dado que tenemos dos o más fotografías del mismo punto, pero con diferente ángulo (Aplicación de fotogrametría aérea en Levantamientos topográficos mediante el uso de Vehículos aéreos no tripulados, pág. 56)

Dicho de otra manera, la fotogrametría es definida habitualmente, como la ciencia aplicada que nos permite obtener medidas fidedignas, a partir de fotografías aéreas que

CORTES, E. Levantamientos topográficos mediante el uso de drones. Rev. INGENIERÍA: Ciencia, Tecnología e Innovación. Agosto-Diciembre 2021. Vol. 8/No. 2. pp. 111-124. ISSN: 2313-1926, versión electrónica.

reúnen requisitos prefijados, con el objeto de determinar características métricas tales como tamaño, forma y posición, como así también producir una representación precisa del objeto fotografiado (Fernández, 2020, pág. 5)

Del mismo modo los siguientes autores afirman que, la fotogrametría es la técnica cuyo objetivo es el determinar las dimensiones y posición de objetos en el espacio a partir de imágenes fotográficas, esto se consigue a través de la medida o medidas realizadas a partir de la intersección de dos o más fotografías, por medio de la fotogrametría podemos obtener modelos digitales de terreno que pueden ser utilizados para el diseño de vías (del Rio Santana, Gómez, López, Sáenz, Espinoza, 2020, pág. 3)

Por otra parte, un relevamiento fotogramétrico-cartográfico con drones permite obtener ortofotografías (producto cartográfico georreferenciado y corregido de deformaciones, generado a partir de fotografías aéreas, que permite efectuar mediciones a escala, tanto de distancias como de superficies) y modelos digitales de la topografía, de alta resolución espacial, que permiten la ejecución de estudios cuali y cuantitativos de la información georreferenciada. Esta herramienta digital es profundamente útil para el análisis e interpretación de la información y los parámetros implícitos tanto en depósitos de roca en superficie como en las formas del terreno (relieve). (Aramayo, 2018, pág. 1)

Así que, al realizar la planificación, es necesario recordar todos los factores tanto de trabajo como de vuelo sin olvidar las condiciones de clima. Las fases de un trabajo fotogramétrico son: La planificación del vuelo, El apoyo Topográfico, La ejecución del vuelo (Sedano, Pari, 2018, pág. 18)

MÉTODO GENERAL DE LA FOTOGRAMETRÍA

Toma de la fotografía: El haz perspectivo queda registrado en la imagen fotográfica, en este proceso, los rayos de luz procedentes del objeto (A) atraviesan la lente de la cámara (punto de vista, S) y forma una imagen sobre la película en el plano focal (a). conocida la posición de A, conocida la posición de S y conocida la geometría y orientación de la cámara se puede calcular la posición del punto imagen (a) sobre la misma. (2019, pág. 16)

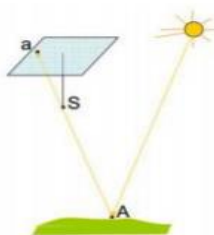


Figura 1. Toma de la fotografía

Fuente: cartografía.cl

2. Material y métodos

Esta interesante investigación se realizó mediante la búsqueda de información a través de artículos obtenidos desde Google Académico acerca del tema relacionado con los vehículos aéreos no tripulados, la topografía y la combinación de estas dos. Dando como resultado un amplio estado del arte, donde diferentes autores hacen su aporte dando conceptos e igualmente su punto de vista acerca de la implementación de esta herramienta en levantamientos topográficos.

3. Resultados

Técnico Profesional En Construcción De Edificaciones, Instituto Tolimense De Formación Técnica Profesional, Facultad De Ingeniería y Ciencias Agroindustriales, Purificación-Tolima, Colombia, erika.coos@hotmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-5214-8187>.

CORTES, E. Levantamientos topográficos mediante el uso de drones. Rev. INGENIERÍA: Ciencia, Tecnología e Innovación. Agosto-Diciembre 2021. Vol. 8/No. 2. pp. 111-124. ISSN: 2313-1926, versión electrónica.

Aquí se toma como referencia un ejemplo de campo en el que se implementó un vehículo aéreo no tripulado.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Para este trabajo se utilizó un Multicóptero de 6 hélices, el cual hemos dimensionado, construido y programado para esta tarea específica. El mismo es el resultado de la experiencia que hemos desarrollado en esta área específica y en la búsqueda del tipo de vehículo que mejor se adapte a este tipo de tareas en zonas urbanas y suburbanas. Este es el último desarrollo que hemos realizado en este tipo de vehículos. Para su construcción se utilizó una estructura de aluminio que se compone de un cuerpo central al que van sujetos los brazos de aluminio, en cuyos extremos se colocan los motores. En el cuerpo central se aloja la electrónica de control, compuesta de un piloto automático (PA) que tiene asociados un GPS de código y un magnetómetro. Internamente el piloto tiene un segundo magnetómetro, un barómetro y el sistema inercial compuesto de tres acelerómetros para la giroestabilización del dispositivo (figura 2).



Figura 2: Multicóptero: componentes

Desde las salidas del PA se controlan los motores para lograr la actitud deseada y poder navegar la ruta programada y se operan los sensores de registro. En este caso el sensor es una cámara digital (figura 3) que está montada debajo del cuerpo central y orientada directamente hacia la superficie a fotografiar. Posee dos sensores adicionales, uno para filmar (cámara tipo Go Pro – figura 2) y otro para transmitir video en tiempo real.

El piloto registra las lecturas del GPS en el momento de accionar el disparo de la cámara asignada para el trabajo fotogramétrico y las mismas se pueden asociar a la imagen correspondiente para su posterior procesamiento.



CORTES, E. Levantamientos topográficos mediante el uso de drones. Rev. INGENIERÍA: Ciencia, Tecnología e Innovación. Agosto-Diciembre 2021. Vol. 8/No. 2. pp. 111-124. ISSN: 2313-1926, versión electrónica.

Figura 3: Cámara Canon EOS M con objetivo de 22 mm y 18 Mp; radiocontrol

El PA tiene asociada un software de código abierto que permite programar y ajustar los valores internos para que pueda desempeñarse adecuadamente, programar las misiones, monitorearlas en tiempo real mediante un enlace de telemetría y posteriormente descargar y procesar información asociada a la misión (Figura 4).



Figura 4: Estación terrena de seguimiento en tiempo real

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

- Velocidad máxima: 15 m/s
- Velocidad de crucero: 6m/s
- Peso del vehículo: 4 kg
- Peso de carga máxima: 6kg
- Dimensiones: 78,5cm entre ejes de motores
- Tiempo de vuelo (según carga) Hasta 20 min
- Baterías: de 22.2 V, LiPo: 20 Ah (Polímero de litio)

CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO

- Temperatura 0 – 40 °C
- Humedad máx. 80 %
- Viento (toma de imágenes) 6 m/s
- Radio de vuelo (en vuelo por radio control): 1km
- Radio de vuelo (por vuelo programado): 5 km
- Altitud máxima: 500 metros

La cámara que se utilizó es una Canon EOS M con un objetivo 22 mm programada para disparar en modo de velocidad de obturación fija de 1/200 s con una apertura relativa de f/8 e ISO automático. Las imágenes se registraron en RAW y JPG, en la máxima definición soportada por el equipo 18 Mp.

METODOLOGIA

CORTES, E. Levantamientos topográficos mediante el uso de drones. Rev. INGENIERÍA: Ciencia, Tecnología e Innovación. Agosto-Diciembre 2021. Vol. 8/No. 2. pp. 111-124. ISSN: 2313-1926, versión electrónica.

Las etapas para la obtención de un producto cartográfico comprenden cuatro fases, para la obtención de los datos y para el procesado de estos: planificación de vuelo, apoyo terrestre, registro fotográfico, procesado de las imágenes y cálculos.

PLAN DE VUELO

El diseño del vuelo se hace en función de la resolución o de la escala que se pretenda obtener, del tipo de terreno, su ubicación, sus detalles, la extensión a relevar y condiciones meteorológicas imperantes, fundamentalmente la velocidad del viento.

Para este trabajo se voló sobre un sector del Parque Roca (Figura 5) en Villa Soldati, Ciudad de Buenos Aires y se programaron varias misiones variando los parámetros arriba mencionados en función de la mejor cobertura que se pudiera obtener y finalmente se utilizó la misión N° 3 compuesta por 60 imágenes tomadas a una altura de 70 metros con un 60% de superposición, con un tiempo de obturación de 1/200 s a una velocidad de 6 m/s.



Figura 5: Parque Roca.

APOYO TOPOGRÁFICO

Para el apoyo topográfico se colocan referencias o señales en toda la superficie a fotografiar para la obtención de los puntos de apoyo con coordenadas G.P.S. Estos puntos servirán para transformar el modelo fotogramétrico en modelo del terreno.

Las precisiones de los puntos de apoyo están acordes con la escala del producto. Además de obtener la posición de los puntos sobre el terreno, estos también deben identificarse claramente en las fotografías, para poder establecer una correcta correlación.

Para este trabajo se midieron 15 puntos con coordenadas GPS (figura 6)



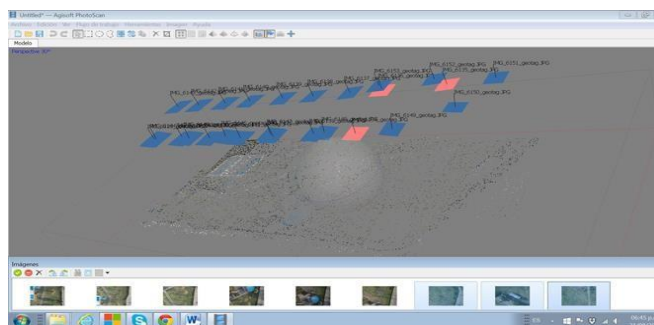


Figura 8: reconstrucción de la posición de las cámaras y malla del objeto fotografiado

PRODUCTOS FOTOGRAMÉTRICOS

A partir de este procesamiento se obtuvieron los siguientes productos fotogramétricos: Modelos digitales de superficie (MDS): El primer producto que se obtiene es un Modelo Digital de Superficie que contiene toda la información geométrica de la zona de estudio, así como de sus texturas y acabados. Sirve como base para muchos análisis geográficos entre ellos la generación de curvas de nivel o bien a partir de los puntos georreferenciados insertados en el terreno y con el modelo escalado es posible extraer mediciones con una precisión de hasta 2 cm (figura 9).

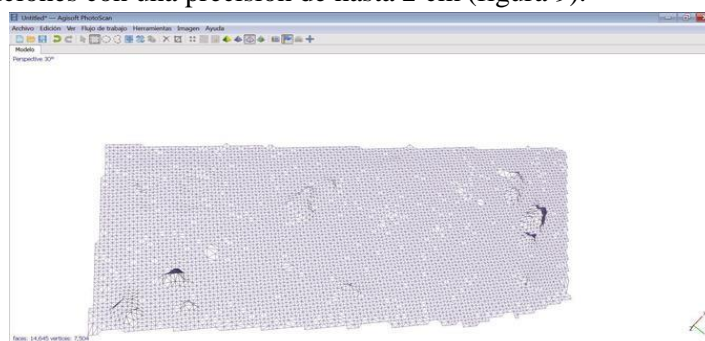


Figura 9: Malla de triángulos irregulares (TIN) para generar el MDS

- **Ortomosaico:** se realiza una composición de imágenes a la que se le han corregido los errores geométricos para que cada punto en el terreno sea observado desde una perspectiva perpendicular. La imagen resultante tiene una resolución que varía entre los 1 a 20 cm/píxel dependiendo de la altura de vuelo y la escala (figura 10).

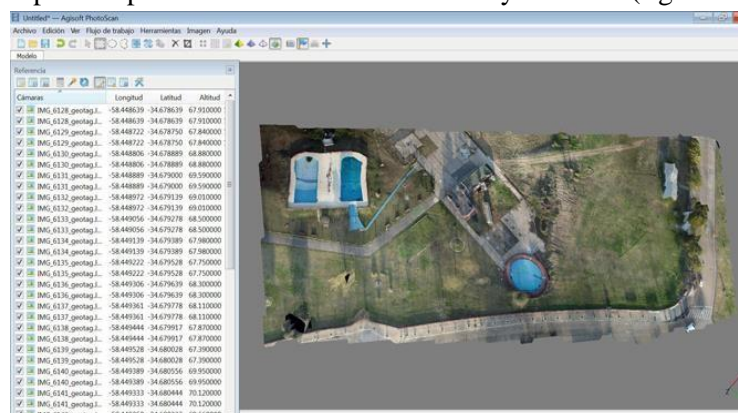


Figura 10: Ortomosaico compuesto por las 34 imágenes registradas

4. Discusión

Técnico Profesional En Construcción De Edificaciones, Instituto Tolimense De Formación Técnica Profesional, Facultad De Ingeniería y Ciencias Agroindustriales, Purificación-Tolima, Colombia, erika.coos@hotmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-5214-8187>.

CORTES, E. Levantamientos topográficos mediante el uso de drones. Rev. INGENIERÍA: Ciencia, Tecnología e Innovación. Agosto-Diciembre 2021. Vol. 8/No. 2. pp. 111-124. ISSN: 2313-1926, versión electrónica.

Se plantea una comparación acerca de métodos convencionales y método con dron en levantamientos topográficos.

Otro punto es, la obtención de los datos de campo por métodos convencionales representa, en ocasiones, un reto y la exposición a situaciones de riesgos. Topografía accidentada, acceso, tránsito vehicular, personal especializado y el tiempo requerido para completar las tareas, son algunas de las constantes a considerar en obras de ingeniería civil. El empleo de la tecnología UAVs representa una alternativa viable que reduce los costos, redundando en beneficio y minimiza la exposición a accidentes (Romero, pág. 4)

Tabla 2

Comparativo entre los métodos convencionales y el método con Dron

LEVANTAMIENTO	CARACTERISTICAS
Con cinta métrica	Se lleva mucho tiempo y además es necesario la ayuda de al menos 2 personas para realizar el levantamiento por cinta
Con estación total	Es necesario contar con dicha tecnología la cual debe ser calibrada cada cierto tiempo y para llevar a cabo este tipo de levantamiento es necesario al menos 2 personas
Con nivel	Similar a la estación total debe calibrarse por lo menos cada año, es demorado en el sentido de que se debe instalar y nivelar en el terreno a trabajar e igualmente se necesitan al menos 2 personas para la realización de este
Con Dron	Presenta muchas ventajas con respecto al tiempo en que se lleva a cabo el levantamiento, se necesita solo 1 persona para realizar el mismo, disminuye el riesgo para el ser humano

Fuente: Elaboración propia

De esta manera, los drones simplifican estos inconvenientes presentes en obras de gran magnitud, haciendo fácil y económica una tarea que, de otra forma, podría resultar con costos significativos y, a la vez, comprometiendo la seguridad de las personas. Ya no es necesario montar andamios o alquilar grúas, un vuelo de dron puede proporcionar rápidamente el punto de vista necesario a pocos centímetros aportando la calidad necesaria para la toma de decisiones (Solórzano, Porrás, Jiménez, Méndez, 2020, pág. 8)

En definitiva, se puede decir que las nuevas tecnologías en topografía resultan siendo muy útiles en vista de que conllevan a un gran campo de aplicación y beneficios como los mencionados anteriormente, que permiten que los procesos constructivos se desarrollen de la mejor manera.

5. Conclusiones

- Los Drones son una herramienta clave para realizar levantamientos topográficos y hacer modelos digitales de terrenos precisos.

Técnico Profesional En Construcción De Edificaciones, Instituto Tolimense De Formación Técnica Profesional, Facultad De Ingeniería y Ciencias Agroindustriales, Purificación-Tolima, Colombia, erika.coos@hotmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-5214-8187>.

CORTES, E. *Levantamientos topográficos mediante el uso de drones. Rev. INGENIERÍA: Ciencia, Tecnología e Innovación. Agosto-Diciembre 2021. Vol. 8/No. 2. pp. 111-124. ISSN: 2313-1926, versión electrónica.*

- La topografía mediante Drone ayuda a realizar seguimiento y monitoreo de las obras y otros tipos de trabajo.
- Mediante el Drone ya no se está limitado a acceder a zonas o terrenos no aptos, a diferencia del método convencional que conlleva a encontrarse con terrenos inaccesibles.

6. Referencias

Aérea Drone Colombia. (2019). *Topografía con Drone de última generación*. Obtenido de http://aereadrone.com/?gclid=CjwKCAjw6qqDBhB-EiwACBs6x9g4TK_Cc3mS19NeyAFAES3oKZ4gZo_A906qkHS1f5UEfrRJdX3KTRoCUbcQAvD_BwE

(2020). *Aplicación de la técnica fotogramétrica en un levantamiento topográfico mediante el uso de aeronave pilotada a distancia*. Obtenido de https://repositorio.upeu.edu.pe/bitstream/handle/UPEU/3116/Angel_Trabajo_Bachillerato_2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Aramayo, A. (2018). Drones: Aplicaciones Geomáticas en Geología. 1-3.

Ávila, A. (Agosto de 2017). *Aplicaciones más relevantes de los Drones o RPAS en el ámbito de la ingeniería*. Obtenido de <https://www.tecnicaindustrial.es/wp-content/uploads/Numeros/107/5729/a5729.pdf>

Cruz, J. d. (s.f.). LOS DRONES Y LA CONSTRUCCIÓN EN EL SIGLO XXI LA REVOLUCIÓN QUE LLEGARÁ DEL CIELO. *bia*.

del Rio Santana; Gómez; López; Sáenz; Espinoza. (2020). Analisis comparativo de levantamiento topográfico tradicional y tecnología de Drones. *Revista de Arquitectura e Ingeniería*, 14.

Del Rio, Espinoza, Sáenz, Cortés. (2019). Levantamientos topográficos con drones. *Revista Ciencia, Ingeniería y Desarrollo Tec Lerdo*, 15.

Fernández, W. D. (2008). *Calidad de datos en levantamientos topográficos*. Obtenido de <https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/azimut/article/view/4044/5709>

Ferreira; Aira. (s.f.). Obtenido de <http://www.bibliotecacpa.org.ar/greenstone/collect/otragr/index/assoc/HASHac69.dir/doc.pdf>

Fotogrametría aérea para topografía en terreno irregular. (2019). Obtenido de <https://repositorio.usm.cl/bitstream/handle/11673/48048/3560901064648UTFSM.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Fredy Diogenes Sedano Mateo, Rufo Wiston Pari Rendon . (2018). *VENTAJAS EN LOS LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS CON EL USO DE VEHÍCULOS AÉREOS NO TRIPULADOS*. Lima.

González, Ucán, Sánchez, Medina, Árcega, Zetina, Casares. (2019). Drones. Aplicaciones en Ingeniería Civil y Geociencias. *Interciencia*, 331.

González, V. R. (s.f.). *Aplicación de los vehículos aéreos no tripulados en la Ingeniería Civil*. Obtenido de http://prerepository.org/xmlui/bitstream/handle/20.500.12475/1027/Articulo%20Final_%20V%20c3%adctor%20Romero.pdf?sequence=1&isAllowed=y

CORTES, E. *Levantamientos topográficos mediante el uso de drones. Rev. INGENIERÍA: Ciencia, Tecnología e Innovación. Agosto-Diciembre 2021. Vol. 8/No. 2. pp. 111-124. ISSN: 2313-1926, versión electrónica.*

Javier Fernández Lozano, Gabriel Gutierrez Alonso. (2016). Aplicaciones geológicas de los Drones. *Revista de la Sociedad Geológica de España* 29 (1), 89.

Jiménez, Magaña, Soriano. (2019). *Análisis comparativo entre levantamientos topográficos con estación total como método directo y el uso de drones y GPS como métodos indirectos.* Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/286032232.pdf>

Los Drones y sus aplicaciones a la Ingeniería Civil. (2015). Obtenido de <http://www.icoitma.com/imagenes/imagenes-noticias/id934A.pdf>

Luna, P. G. (s.f.). *Fotogrametría aérea con Drones.*

Rodríguez, Julio César Rivera. (2017). LOS DRONES: UNA ALTERNATIVA PARA EL DESARROLLO DE LA INGENIERÍA EN COLOMBIA. *Revista Inventum.*

Solórzano, Porras, Jiménez, Méndez. (2020). Drones y tecnología como elementos claves en la gestión de procesos constructivos. *Revista Techonology Inside.*

Villarreal, J. (2015). *Análisis de la precisión de levantamientos topográficos mediante el empleo de vehículos no tripulados (UAV) respecto a la densidad de puntos de control.* Obtenido de <http://dspace.utpl.edu.ec/handle/123456789/13079>