

**ELABORACIÓN DE LA ORTO FOTOGRAFÍA PARA ESCALA 1:500 DEL CAMPUS DE LA
UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA UBICADO EN EL MUNICIPIO DE CAJICÁ.**



FANNOR MAURICIO ERAZO ACOSTA

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de:

ESPECIALISTA EN GEOMÁTICA

Director:

JORGE CONTERAS

UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA ESPECIALIZACIÓN EN GEOMÁTICA
BOGOTÁ, 27 DE DICIEMBRE DE 2018

ELABORACIÓN DE LA ORTO FOTOGRAFÍA PARA ESCALA 1:500 DEL CAMPUS DE LA UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA UBICADO EN EL MUNICIPIO DE CAJICÁ.

Fannor Mauricio Erazo Acosta
Universidad Militar Nueva Granada
Especialización en Geomática
Código: U3101416
Correo: mauricioe7@gmail.com

RESUMEN

En el desarrollo diario del ámbito de la ingeniería, se ven implícitos los trabajos topográficos, estos se pueden realizar mediante el uso de diferentes métodos, equipos y software de acuerdo cada requerimiento. El uso de sensores ópticos, LiDAR o RADAR a bordo drones o aeronaves remotamente tripuladas (RPAS) cada día es más frecuente para las áreas de consultoría, interventoría, construcción, etc., se ha demostrado con estudios, métodos y modelos matemáticos que los resultados obtenidos con este tipo de tecnologías son precisos en comparación con trabajos realizados de manera convencional. La diferencia relevante en comparación con la captura de datos con equipos de la manera convencional y con sensores a bordo de drones es el tiempo de captura de información en campo, el cual es más eficiente si se trabaja con el último. El siguiente documento describe los procedimientos realizados en campo y en oficina para generar un orto mosaico del campus de la Universidad Militar Nueva Granada ubicado en el municipio de Cajicá mediante el uso de un sensor óptico a bordo de una aeronave remotamente tripulada o drone.

Palabras clave: Ortofoto, planimetría, puntos de control en tierra (GCP), drone, RPAS, sensores ópticos

ELABORATION OF THE ORTHO PHOTOGRAPHY FOR SCALE 1: 500 OF THE CAMPUS OF THE MILITARY UNIVERSITY NUEVA GRANADA LOCATED IN THE MUNICIPALITY OF CAJICÁ.

ABSTRACT

In the daily development of the field of engineering, the topographic works are explained; they can be done by using different methods, equipment and software according to each requirement. The use of optical sensors, radio and aeronautical radio or remotely piloted aircraft (RPAS) every day is more frequent in the areas of consulting, auditing, construction, etc. the works carried out in a conventional manner. The relevant difference in the comparison with the data capture with the equipment in the conventional way and with the sensors on board drones is the time of the capture of the information in the field, which is more efficient than working with the last. The following document describes the procedures performed in the field and in the office to generate a mosaic of the campus of the Nueva Granada Military University located in the municipality of Cajicá through the use of an optical sensor on board a remotely piloted aircraft or drone.

Keywords: Orthophoto, planimetry, ground control points (GCP), drone, RPAS, optical sensors.

1. Introducción

Los sistemas de información geográfica, por sus siglas en inglés SIG (Geographic Information System), se usan como herramienta para desarrollar proyectos en diferentes ingenierías tales como, Hidráulica, mecánica, ambiental, topografía, entre otros; estos sistemas son un conjunto integrado de hardware, software y datos espacialmente georreferenciados con el fin de capturar, guardar, manipular, analizar y desplegar en todas sus formas la información geográficamente referenciada con el fin de resolver problemas complejos de planificación y gestión geográfica. (Glosario Servidor Alicante, 2018)

Debido al constante desarrollo de proyectos de investigación que ofrece la universidad Militar Nueva Granada en cada uno de sus programas de pregrado y postgrado, surge la necesidad de crear un sistema de información geográfica, el cual contiene elementos topográficos tales como: ortofoto curvas de nivel y restitución planimétrica, entre otros, que tienen como objetivo principal crear un mapa de la Universidad Militar Campus ubicada en el municipio de Cajicá en el cual se representa mediante la planimetría todos los elementos correspondientes a este.

Uno de los objetivos principales de este trabajo es facilitar la consulta, tomar decisiones, y resolución de problemas en el desarrollo de proyectos de cada uno de los estudiantes, lo anterior utilizando los recursos de una manera apropiada y con la colaboración de las diferentes disciplinas de la Universidad

El presente documento muestra la metodología desarrollada en campo y en oficina para realizar una ortofoto de la Universidad Militar Nueva Granada – Campus Cajicá ubicado en el Km 2, Vía Cajicá – Zipaquirá en el departamento de Cundinamarca.

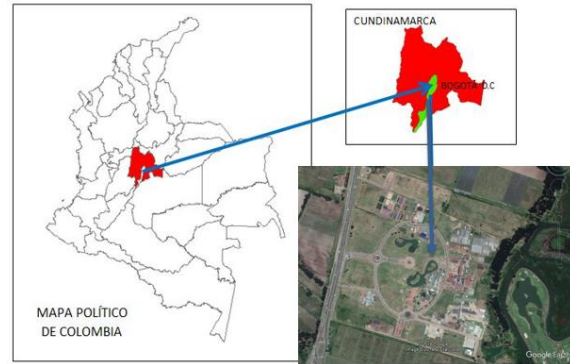


Imagen 1 ubicación del Universidad Militar Nueva Granada – Campus Cajicá, fuente (Google Maps, 2018), esquema elaboración propia

Los datos tomados en campo y procesados en oficina tienen las siguientes características:

Las fotografías aéreas fueron obtenidas con un drone – UAS marca Sensefly, referencia Ebee RTK.

Inicialmente se materializó, georreferenció y se iluminó una red geodésica de tercer orden, la cual serviría de apoyo geodésico mediante el uso de puntos de control en tierra con el fin de georeferenciar con exactitud la ortofoto realizada a partir de las fotografías tomadas en campo.

Las fotos obtenidas en campo se procesaron en oficina mediante el uso del software Pix4D, obteniendo como resultado final una ortofoto georreferenciada con precisión.

A partir de la ortofoto generada, y con el uso del software AutoCAD, se hizo una muestra de la forma de digitalizar elementos existentes en campo mediante el uso de esta técnica fotogramétrica

2. Marco teórico

Para la elaboración de este documento y para el desarrollo de las actividades en campo se tuvo en cuenta los siguientes conceptos, los cuales fueron consultados y se definen a continuación;

2.1 MAGNA-SIRGAS

(Marco Geocéntrico Nacional de Referencia, densificación del Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas)

El Instituto Geográfico Agustín Codazzi -IGAC-, entidad gubernamental encargada de los sistemas geodésicos nacionales de referencia, desea que sus usuarios sean partícipes del proceso de apropiación, modernización y aprovechamiento de los avances científicos y técnicos relacionados con la generación de datos espaciales de alta calidad. En consecuencia, el IGAC promueve la adopción de MAGNA-SIRGAS como sistema de referencia oficial del país, en reemplazo del Datum BOGOTÁ, definido en 1941. MAGNA-SIRGAS garantiza la compatibilidad de las coordenadas colombianas con las técnicas espaciales de posicionamiento, por ejemplo, los sistemas GNSS (Global Navigation Satellite Systems), y con conjuntos internacionales de datos georreferenciados.

En la práctica, la consecuencia más relevante de la introducción de MAGNA-SIRGAS consiste en el cambio de las coordenadas geográficas de un mismo punto en aproximadamente 500 m en dirección suroeste, lo cual concierne a todos los productores y usuarios de la información geográfica en el país. Así, teniendo presente la extensa gama de individuos y organizaciones que están relacionados con la adopción del nuevo sistema de referencia, el IGAC, a través de este portal, describe los aspectos técnicos necesarios para la utilización práctica de MAGNA-SIRGAS y proporciona las herramientas básicas para que la información que aún se encuentra definida sobre el Datum BOGOTÁ se actualice mediante su vinculación al nuevo sistema. (IGAC, 2018)

2.2 ORTOFOTO

Fotografía aérea modificada geoméricamente para ajustarla a un sistema de proyección geográfica. En una orto fotografía se han eliminado las distorsiones debidas a la perspectiva, al movimiento de la cámara y al relieve de forma que posee las mismas propiedades métricas que un mapa. (Glosario Servidor Alicante, 2018)

2.3 Modelo Digital de Terreno (DTM)

Estructura numérica de datos que representa la distribución espacial de una variable cuantitativa continúa. Este tipo de modelos sirven para representar fenómenos, cuya variación espacial

se manifiesta de manera continua, como la variación altitudinal del relieve o la distribución de temperaturas o precipitaciones sobre la superficie terrestre, donde la continuidad espacial se produce sin saltos bruscos, de manera continua. Estructura numérica de datos que representa la distribución espacial de una variable cuantitativa. Se trata, por tanto, de un modelo digital que representa una propiedad cuantitativa topográfica (por ejemplo, elevación, pendiente) o no (temperatura de la superficie del terreno, reluctancia...). (Glosario Servidor Alicante, 2018)

2.4 DSM

Por sus siglas en inglés Digital Surface Model, es una representación matemática de cada uno de los elementos capturados en campo, incluyen árboles, torres, líneas de transmisión, bosques, entre otros, regularmente se hace una clasificación automática de los modelos digitales de superficie de acuerdo a la altura de cada uno de los elementos

2.5 RESTITUCION PLANIMETRICA

Procedimiento el cual consiste en representar gráficamente y con coordenadas y elevaciones precisas todos los elementos capturados en campo con un sensor óptico; este procedimiento se realiza mediante el uso de diferentes software como ERDAS, Global Mapper, AutoCAD, entre otros.

Para realizar una restitución planimétrica en 3 dimensiones, no es suficiente con tener únicamente la información capturada y procesada con un sensor óptico, es necesario tener un modelo digital de terreno (DTM) para calcular las alturas de cada uno de los elementos representados gráficamente.

2.6 Vehículo aéreo no tripulado

Para el desarrollo del proyecto, y para obtener los insumos para generar cada uno de los entregables, se utilizó un drone; el término drone es el más conocido y general para este tipo de

equipos, sin embargo, existen otros términos como, por ejemplo:

- Unmanned Aircraft System (UAS)
- Remotely Piloted Aircraft (RPA)
- Remotely Piloted Aerial Systems (RPAS), también ha sido utilizado en la comunidad geomática (Franco Nex, Fabio Remondino, 2013)

La diferencia relevante entre UAV y UAS, hace referencia a que UAV es una aeronave que se opera sin un piloto a bordo, o manejada a distancia mediante un control remoto, mientras que la palabra UAS, hace referencia a la aeronave y otros componentes que, usados para el correcto funcionamiento del equipo, tales como software de navegación, software de planeación del vuelo, equipos de comunicación, entre otros. (M. Koeva, M. Muneza, C. Gevaert, M. Gerke & F. Nex, 2016)

Actualmente los sistemas aéreos no tripulados son empleados en varias aplicaciones civiles, tales como monitoreo de obras, sensores remotos, agricultura, seguridad pública, entre otros.

En el campo de la fotogrametría, existen muchos desarrollos para este tipo de tecnología, el objetivo principal de estas investigaciones es desarrollar plataformas de bajo costo, equipadas con sensores ópticos o sensores infrarrojos, que permitan levantamientos fotogramétricos de una forma autónoma, además de esto, el principal propósito de las investigaciones es obtener procesos fotogramétricos automáticos con el fin de generar imágenes orto rectificadas u orto mosaico. (Marenchino, 2018)

Clasificación de los vehículos aéreos no tripulados

Actualmente en el mercado de las aeronaves remotamente tripuladas existe una gran variedad de equipos en cuanto componentes, tamaño, peso, usos; por lo anterior se creó la necesidad de elaborar una clasificación que recoja a todos y agrupo entre ellos funciones y particularidades más comunes, de esta forma es posible referirse a un grupo o a otro en concreto y delimitar los requisitos y limitaciones que se deben cumplir para cada caso, por lo anterior se han establecido

en dos clasificaciones independientes; (Vergara, y otros, 2016)

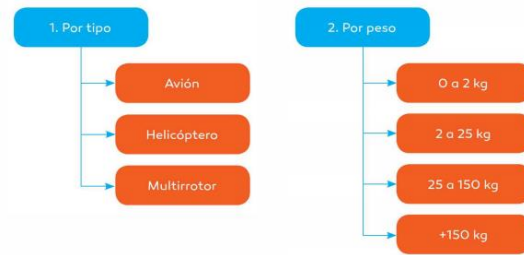


Ilustración 1 Clasificación de los UAV por tipo y peso (Vergara, y otros, 2016)

Clasificación por tipo

2.6.1 Ala fija

Este tipo de UAV, basa su sustentación en el principio aerodinámico de ala fija. Posee, sistema de propulsión eléctrica tales como turbinas o motores.

La principal ventaja de estos equipos es que cuentan con una mayor autonomía de vuelo y la posibilidad de volar a mayor velocidad de desplazamiento comparada con otro tipo de UAV, de acuerdo a las necesidades de cada usuario, existen UAV diseñados y construidos para sustentarse en el aire a bajas velocidades y revoluciones mínimas del motor y otros que buscan ser más eficaces y volar más rápido, lo anterior de acuerdo a la tarea que vayan a desarrollar. (Vergara, y otros, 2016)



Imagen 2 UAV ala fija (Sensefly, 2018)

2.6.2 Tipo Multirrotor

Este tipo de UAV, al igual que el tipo helicóptero, basa su sustentación en el principio de alas rotatorias. La diferencia viene dada en que este tipo de UAV emplea más de dos rotores para generar la sustentación necesaria para volar y sus hélices no son de paso variable, es decir son de paso fijo. Para realizar las maniobras de desplazamiento, estos equipos varían la velocidad de cada uno de sus rotores, por lo que es capaz de desplazarse en todos los sentidos sin ninguna restricción (Vergara, y otros, 2016)

Como desventaja principal sobre el otro tipo de configuraciones, se tiene que el tiempo de duración de las baterías es mucho menor. (Vergara, y otros, 2016)



Imagen 3 UAV Phantom 4 (DJI, 2018)

El UAV usado es un equipo marca Sensefly, referencia Ebee PPK, este equipo permite capturar imágenes aéreas mediante la visualización de su cámara usando un dispositivo con sistema operativo Windows; posee una batería de larga duración la cual permite obtener fotografías por más tiempo mientras el equipo está en vuelo.



Imagen 4 UAV (Sensefly, 2018)

2.7 Metodología

A continuación, se hace una descripción de los entregables para este proyecto, los equipos utilizados, software y del flujo de trabajo realizado en campo y en oficina para obtener cada uno de los siguientes entregables correspondiente al proyecto:

- Ortomosaico
- Cartografía
- Salida gráfica

La metodología se divide en las siguientes actividades:

- Alistamiento
- Toma de información en campo (Sistema fotogramétrico).
- Red geodésica (Marco de Referencia).
- Post-Proceso de datos fotogramétrico.

A continuación, se describe cada una de las actividades nombradas anteriormente:

2.7.1 Alistamiento.

Previo a realizar actividades de levantamiento en campo, se realizó una visita previa al campus de la universidad en Cajicá con el fin de identificar la zona de estudio y el área objeto de levantamiento, como resultado de esta visita se definió el límite de la zona para realizar los vuelos y la distribución de los puntos de control.

Como resultado de la visita en campo, se obtiene una zona de 75 Ha, con base a esta zona se identificaron los puntos de control IGAC, Servicio Geológico Colombiano y Empresa de Acueducto de Bogotá, aplicables para el proyecto se realizó en oficina el diseño de la red geodésica o marco de referencia propio para este levantamiento.

Se identificaron y utilizaron los puntos más cercanos al proyecto certificados NP's los datos de las estaciones bases BOGA por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), base VZPQ ubicada en el municipio de Zipaquirá y perteneciente al Servicio Geológico Colombiano y la base ABCC perteneciente a la Empresa de Acueducto de Bogotá, las cuales se usaron como base para amarrar y/o ligar el proyecto en coordenadas (X, Y) y cota ortométrica (Z).

Se materializaron 9 puntos de control a lo largo de toda la zona del Campus Cajicá; los cuales sirvieron como puntos de control, red de apoyo y ajuste durante las actividades de sobrevuelo.

2.7.2 Planeación del vuelo y captura de imágenes

Esta etapa consiste en definir la región de interés y los parámetros de vuelo para la adquisición de las imágenes. Las plataformas UAV con un sistema de navegación cuentan, en su estación de control en tierra, con un software específico para realizar esta etapa. Independientemente del software y del tipo de plataforma UAV (tipo avión o tipo helicóptero) los pasos que se siguen para la planeación son básicamente los mismos. (Escalante, Cáceres, & Porras, 2016)

Teniendo definida la zona del proyecto, la distribución de los puntos de control en tierra, se procedió a realizar el plan de vuelo en el software de campo teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

- Tamaño del pixel
- Altura de vuelo
- Porcentaje de traslapo
- Zona de cobertura para el vuelo
- Dirección de vuelo del dron (de acuerdo a la dirección del viento)
- Zona de despegue del UAV
- Zona de aterrizaje del UAV

Para esta planeación se contó con la herramienta Google Earth para subir un mapa base al software emotion y tener una referencia clara de la zona a volar.



Imagen 5 Captura de imágenes Fuente: elaboración propia

El siguiente paso es ejecutar el vuelo de acuerdo a la planeación previamente realizada, luego que el equipo haya despegado, volará una altura previamente configurada e iniciará la misión de vuelo, es importante que en esta fase del vuelo se deben tener en cuenta varios parámetros del equipo tales como:

- Altura de vuelo
- Porcentaje de batería
- Distancia desde el punto de partida
- Estado de la cámara
- Calidad de radio
- Temperatura, entre otras

Otra de las características que se presenta en la adquisición de imágenes con sistemas UAV es la vinculación de cada foto con los valores de posición y orientación, registrados con los sistemas GPS e inercial en el momento de la captura. Esta es información que puede ser utilizada en las etapas posteriores de procesamiento. (Escalante, Cáceres, & Porras, 2016)

2.8 Red Geodésica - Marco De Referencia

La red geodésica o marco de referencia, son elementos físicos materializados, y posicionados en campo, conformados por una red regular de puntos intervisibles y distribuidos a lo largo de todo el campus Cajicá, utilizados como elementos de foto-control y ajuste durante las actividades de post-proceso.

Para este trabajo materializaron vértices (GPS) con mojón en concreto en zonas blandas a lo largo de toda la zona de estudio.

Estos puntos fueron georreferenciados con receptores GNSS mediante la técnica de posicionamiento en modo estático diferencial

Los anteriores puntos denominados GCP, conforman el marco de referencia del proyecto.

Esta red garantiza la calidad en los datos del levantamiento topográfico con dron

2.9 Red Planimétrica de Control Horizontal

Se materializó una red de puntos de amarre con coordenadas referidas al Sistema de referencia MAGNA SIRGAS y se posicionaron con el uso de

receptores GNSS doble frecuencia mediante doble determinación, utilizando como bases fijas para su georreferenciación vértices o placas certificadas por el IGAC y/o la base de rastreo permanente BOGA, VZPQ Y ABCC

Una vez ubicados en campo los sitios adecuados para la ubicación de los puntos de la red geodésica, se continuó con la materialización de los mismos.

2.10 Materialización e iluminación de puntos

Para esto se tuvo en cuenta que quedaran ubicados a nivel del terreno y en lugares visibles desde el aire...

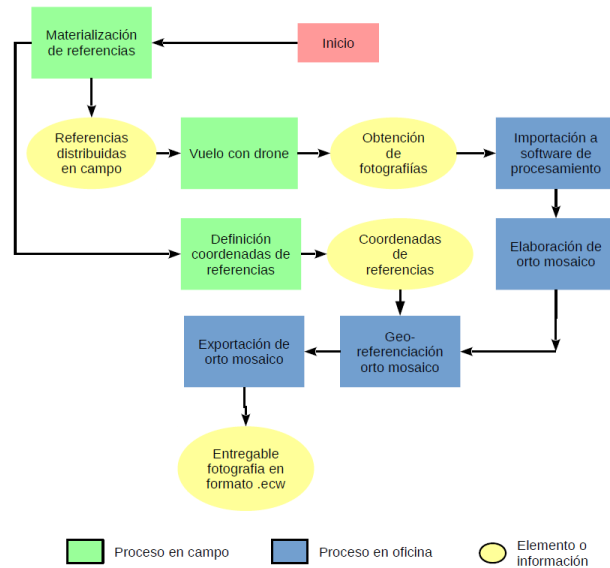


Ilustración 2 Flujo de trabajo - captura de imágenes con UAV, fuente: elaboración propia

Después de haber materializado y georreferenciado los puntos de control en campo, previo al vuelo se realizó la tarea de iluminación de cada uno de los vértices de la red geodésica, cada punto se nombró con un número y fueron señalizados o iluminados un tapete de plástico, con el fin identificarlos fácilmente en los fotogramas durante las actividades de foto-control



Fotografía 1 Iluminación Puntos de control

Procesamiento de las imágenes obtenidas con el dron en campo

2.11 Ortofoto

Para la zona de interés del estudio, campus Cajicá, se generó una imagen en formato *.TIFF y comprimida en formato *.ECW con la ortofoto general del campus. La resolución espacial de esta ortofoto es de aproximadamente 5 cm/pixel o superior y se georreferenció en coordenadas MAGNA SIRGAS.

El Ortofoto Mosaico tiene las características de una true-orto, debido a que se generó utilizando el modelo digital de superficie, de tal manera que los elementos elevados fueron de igual forma ortos corregidos, de esta manera se obtuvo una mejor apreciación de los elementos presentes en el área de estudio tales como edificaciones.

Esta ortofoto es la base para la elaboración de la planimetría de este estudio a partir de la vectorización de todos los elementos foto-interpretarables en dichas imágenes.

La Ortofoto representará el estado real y a escala precisa del área levantada a la fecha del levantamiento.



Imagen 6 Ejemplo nivel de detalle en Ortofoto – Elaboración propia

Modelo Digital de Superficie (MDS)

Para la zona de estudio se generó un modelo digital de superficie (MDS) en formato *.LAS, este modelo corresponde a nube de puntos completa, producto del levantamiento y procesamiento de las imágenes tomadas con

el dron, esta nube de puntos incluye todos los elementos existentes en el campus Cajicá, tales como construcciones, arboles, vías, construcciones, etc., y esta georreferenciada en coordenadas MAGNA SIRGAS



Imagen 7 Modelo Digital de Superficie – elaboración propia

2.12 Planimetría

Para la zona de estudio, se dibujó sobre la ortofoto en un archivo DWG la planimetría resultante.

Este entregable corresponde a la restitución cartográfica para escala 1:500, realizada sobre el orto-foto-mosaico generado, Contiene elementos vectoriales que representan la infraestructura existente en la zona del campus Cajicá.

Todas las capas restituidas sobre la ortofoto fueron estructuradas mediante un catálogo de objetos previamente establecido

3. Análisis de resultados

Se generó una ortofoto con una resolución de aproximadamente 5 cm por pixel y con una precisión relativa de 5 centímetros.

Inicialmente se planteó realizar la ortofoto descrita en este proyecto usando la técnica tradicional usando puntos de control en tierra (GCP) y utilizando un equipo Multirotor para la obtención de imágenes aéreas; pero por fallas técnicas en el equipo a usar no fue posible realizar el trabajo con esta metodología.

Para generar el mosaico de este proyecto se utilizaron las fotos tomadas en el año 2017

usando un drone marca Sensefly, referencia Ebee PPK, PPK (Kinematic postprocesado), es un método desarrollado recientemente, el cual consiste en corregir la trayectoria del drone mediante el uso de una base en tierra con coordenadas conocidas X, Y y Z, de este modo obteniendo una precisión absoluta de aproximadamente 5 centímetros.

Si se realizan trabajos de fotogrametría sin el uso de alguna corrección en tierra, en tiempo real o pos procesando la trayectoria del equipo, se obtendrán resultados los cuales tendrán una muy buena precisión relativa, es decir si se realizan medidas sobre la ortofoto, esta precisión será de aproximadamente 2 centímetros, pero si esta ortofoto se compara con un sistema de coordenadas precisos, tendrá un desplazamiento de 4 a metros; en cambio sí realiza el trabajo usando correcciones en tiempo real, usando puntos de control en tierra (GCP) o pos procesando la trayectoria del equipo, se obtendrán resultados con una precisión relativa y absoluta de aproximadamente 5 cm.

Usando técnicas de fotogrametría y con la ayuda de los diferentes software, es posible realizar una restitución planimétrica de todos los detalles capturados en las imágenes, la precisión de este tipo de trabajo depende de la precisión de los puntos de control que se toman en tierra, por lo tanto, es recomendable usar receptores GNSS doble frecuencia para la georreferenciación de los vértices de una red geodésica.



Fotografía 2 Digitalización a partir de la foto generada

A partir de información obtenida con sensores ópticos, únicamente se pueden generar Modelos digitales de superficie (DSM), lo anterior debido a que con este tipo de sensores únicamente se obtiene la representación gráfica de la parte más alta de cada uno de los elementos cuando se trabaja en zonas de alta vegetación.

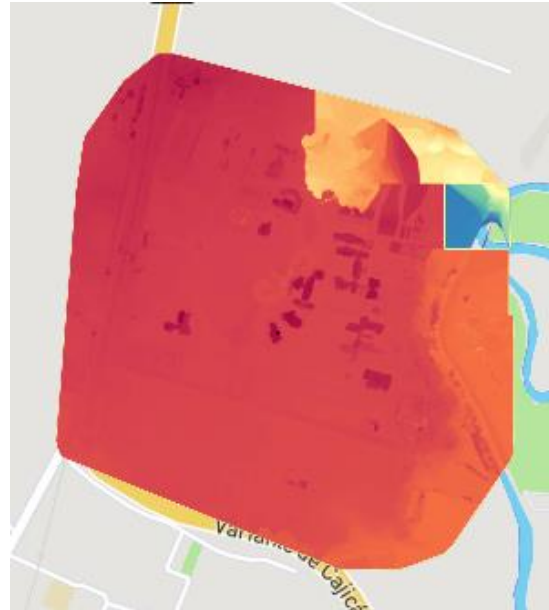


Imagen 8 DSM Universidad Militar Nueva Granada – Campus Cajicá elaboración propia

Si se requiere un Modelo Digital de Terreno (DTM), es necesario capturar información con un sensor LiDAR, el cual de acuerdo a la configuración y uso es capaz de capturar la información de terreno incluido en zonas con vegetación densa.

4. Conclusiones y recomendaciones

- Para obtener un buen resultado final, es importante realizar una buena planeación del vuelo a ejecutar en campo, teniendo en cuenta los porcentajes de traslape, valor del GSD, altura de vuelo, configuración y parámetros de la cámara.
- La distribución y la precisión de los puntos de control usados en campo para un trabajo de fotogrametría con drones es de gran importancia ya que de estos depende la precisión y exactitud del resultado final.

- Es claro que con este tipo de tecnologías se realizan trabajos de forma más eficientes, sin embargo, el uso de topografía convencional siempre estará implícito en los trabajos que se realicen en campo, por lo tanto, la topografía convencional no podrá ser reemplazada fácilmente por este tipo de tecnologías para realizar trabajos de topografía.
- Se debe tener en cuenta que estos equipos tienen un sensor RGB, el cual, de acuerdo a las condiciones del terreno, permite realizar como producto final un modelo digital de superficie (DSM), mas no un modelo digital de terreno (DTM), si se quisiera realizar este último se necesitaría de otro tipo de sensor, como por ejemplo el LiDAR
- El correcto uso de esta herramienta junto a la apropiada manipulación, interpretación, y análisis de los datos, arrojan como resultado valores numéricos, los cuales sirven como elementos base para tomar decisiones en los proyectos que a diario se desarrollan en cada una de las áreas de la ingeniería.
- Es importante tener claro la escala requerida para los trabajos realizados a partir de la ortofoto realizada en este proyecto, lo anterior con el fin de parametrizar el nivel de detalle al cual se digitalizan los elementos capturados en las fotografías.

5. Referencias

- DJI. (25 de 11 de 2018). *SZ DJI Technology Co., Ltd CN*. Obtenido de https://store.dji.com/shop/phantom-series?from=menu_products
- Escalante, J. O., Cáceres, J. J., & Porras, H. (2016). Ortomosaicos y modelos digitales de elevación. *Tecnura*.
- Franco Nex, Fabio Remondino. (11 de 2013). *UAV for 3D mapping applications: a review*. Obtenido de [https://link-springer-com.ezproxy.javeriana.edu.co/article/10.1007/s12518-013-0120-x](https://link.springer.com.ezproxy.javeriana.edu.co/article/10.1007/s12518-013-0120-x)
- Glosario Servidor Alicante. (11 de 29 de 2018). Obtenido de <https://glosarios.servidor-alicante.com/sistemas-informacion-geografica>
- Google Maps. (25 de 11 de 2018). *Google Maps*.
- IGAC. (29 de 11 de 2018). *IGAC*. Obtenido de <https://www.igac.gov.co/es/contenido/areas-estrategicas/magna-sirgas>
- M. Koeva, M. Muneza, C. Gevaert, M. Gerke & F. Nex. (2016). Using UAVs for map creation and updating. A case. *Survey Review*, 3.
- Marenchino, D. (28 de 11 de 2018). *LOW-COST UAV FOR THE ENVIRONMENTAL EMERGENCY MANAGEMENT*. Obtenido de <http://citeseerx.ist.psu.edu: http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.329.9625&rep=rep1&type=pdf>
- Pulse Aerospace. (30 de 11 de 2018). *Pulse Aereo*. Obtenido de <http://www.pulseaero.com/uas-products/vapor-55>
- Sensefly. (2018). *SenseFly Parrot Group*. Obtenido de <https://www.sensefly.com/drone/ebee-x/>
- Vergara, R., Hernandez, A., Virués, D., Bernando, S., Ramos, D., & García, J. A. (2016). *Piloto de dron (RPAS)*. En R. Vergara, A. Hernandez, D. Virués, S. Bernando, D. Ramos, & J. A. García, *Piloto de dron (RPAS)*. España: Paraninfo.