



**Encuentro Internacional de  
Educación en Ingeniería ACOFI**

Innovación en las facultades de ingeniería:  
el cambio para la competitividad y la sostenibilidad

Centro de Convenciones Cartagena de Indias

4 al 7 de octubre de 2016



# **USO DE VEHICULOS AÉREOS NO TRIPULADOS “DRONES”, EN LA ENSEÑANZA ACADÉMICA PROFESIONAL: CASO INGENIERÍA AMBIENTAL Y CIVIL – UFPSO**

**Juan Carlos Hernández Criado, Edwin Espinel Blanco, Luis Augusto Jácome Gómez, Juan David Herrera Galviz**

**Universidad Francisco de Paula Santander  
Ocaña, Colombia**

## **Resumen**

El presente trabajo se enmarca en la aplicación de la Tecnología ofrecida por los Vehículos Aéreos No Tripulados o Drones, en estudios relacionados con la Ingeniería Ambiental y Civil. Para ello, se empleó como caso un trabajo de grado de Ingeniería Ambiental, un trabajo de grado de Ingeniería Civil y un proyecto de aula de la cátedra de restauración ambiental y paisajística adscrita al Plan de Estudios de Ingeniería Ambiental de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña. Los tres proyectos, utilizaron dos equipos Drones DJI Phantom 3 Advanced, con los cuales se capturaron imágenes de las áreas de estudio. Las aerofotografías fueron procesadas de forma diferente. Así, en el proyecto de grado de Ingeniería Ambiental y en el Proyecto de Aula, se procesaron las imágenes en el software PIX 4D, con el fin de georreferenciar y ortocorregir las imágenes, para generar los ortomosaicos. En el caso del proyecto de grado de Ingeniería Ambiental, el ortomosaico fue empleado para generar las coberturas del área de estudio, corroborandolas con un mapa de coberturas previamente desarrollado a partir de una imagen satelital. Mientras que el ortomosaico realizado para el área de trabajo del proyecto de aula de restauración, sirvió como insumo principal en el monitoreo de las áreas revegetalizadas hasta el momento, debido a que dicho proyecto se está ejecutando desde el año 2014. Con respecto al Proyecto de grado de Ingeniería Civil, las imágenes fueron utilizadas en la caracterización de un talud que presenta un movimiento de remoción en masa, lo que permitió a los estudiantes la modelación del mismo en el software Google Sketchup, así como la modelación de las posibles obras de ingeniería que se deberían implementar para estabilizarlo. Al realizar la experiencia el estudiante comprendió la aplicabilidad de la tecnología de los Drones en el levantamiento de información en un área de estudio, lo que posibilita optimizar los tiempos de desarrollo del trabajo, así como obtener información confiable y que facilita la toma de decisiones.

**Palabras clave:** drones; ingeniería ambiental; ingeniería civil; aerofotografías

### ***Abstract***

*This work is part of the implementation of the technology offered by Unmanned Aerial Vehicles or drones, in related studies Civil and Environmental Engineering. For this purpose, it was used as case work degree of Environmental Engineering, a thesis of Civil Engineering and classroom project of the department of environmental and landscape restoration attached to the Plan of Environmental Engineering at the University Francisco de Paula Santander Ocaña. The three projects, used two drones teams DJI Phantom 3 Advanced, with which images of the study areas were captured. Aerial photographs were processed differently. Thus, in the proposed degree of Environmental Engineering and Project Classroom, images on the PIX 4D software were processed, in order to georeference and ortocorregir images, to generate the orthomosaics. In the case of the draft Environmental Engineering degree, the ortomosaico was used to generate the coverage of the study area, corroborandolas with a map of coverage previously developed from a satellite image. While the ortomosaico made for the working area of the classroom project of restoration, served as the main input in monitoring areas revegetalizadas so far, because the project is running since 2014. With regard to the Draft degree of Civil engineering, images were used in the characterization of a slope that presents a movement of mass removal, allowing students modeling the same in Google Sketchup software and modeling of possible engineering that should be implemented to stabilize. When making the experience the student understood the applicability of the technology Drones in gathering information in a study area, which makes it possible to optimize development time work and obtain reliable information that facilitates decision-making.*

**Keywords:** *drones; environmental engineering; civil engineering; aerial photography*

## **1. Introducción**

Los Drones o Vehículos Aéreos No Tripulados (VANT), se constituyen en aparatos motorizados que no llevan a bordo un ser humano para que los opere, puesto que emplea las fuerzas aerodinámicas para volar de forma autónoma o pueden ser tripulados de forma remota (Cuerno-Rejado, 2015).

Aunque los drones surgieron como herramienta de la Ingeniería Militar, principalmente para su empleo en la guerra, su usabilidad se ha venido direccionando a las aplicaciones civiles y medioambientales, que permiten la realización de estudios en menor brevedad de tiempo y con muy buenos resultados. Así, existen aplicaciones de los drones para la inspección de infraestructuras y obras civiles, la vigilancia de fronteras y el tráfico, el patrullaje marítimo, la filmografía, el reconocimiento y toma de datos de desastres naturales, el levantamiento de mapas, monitoreo de la contaminación atmosférica, análisis y toma de decisiones en agricultura, localización de recursos naturales, búsqueda y rescate, entre otras (Barrientos et al, 2007).

Para la realización de estudios de ordenamiento del territorio, los drones se han convertido en herramientas tecnológicas de última generación, ya que por su estabilidad, permiten la capturan de distintas orto-fotos, las cuales al ser procesadas en el software apropiado, se pueden determinar objetos y sus respectivas características, con resoluciones en la imagen de centímetros por píxel (Anrango-Haro, 2015).

Por lo anterior, es necesario realizar procesos de enseñanza y transferencia del conocimiento en cuanto a nuevos desarrollos tecnológicos concernientes a los drones, con el fin de que estos conocimientos sean implementados en la realización de proyectos geoespaciales que les permiten a entidades académicas y empresas, la obtención de datos de referencia con alto nivel de detalle, en poco tiempo y a bajo costo, con los cuales se puede contar en el momento para la generación de la información y conocimiento que soporte la toma de decisiones (Sánchez-Gómez, Domínguez-Tejeda, Nava-Vélez, & Iturbe-Posadas, 2013).

Este trabajo, tiene por objetivo visualizar el empleo de vehículos aéreos no tripulados, comúnmente llamados drones, en los procesos de enseñanza académica en ingeniería, tomando como casos, 3 proyectos concretos que se han desarrollado en los planes de estudio de Ingeniería Ambiental e Ingeniería Civil de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña.

## 1. Materiales y Métodos

Se emplearon dos (2) vehículos aéreos no tripulados (VANT) o drones, marca DJI Phantom 3 Advanced, pertenecientes a la flota de Drones de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña.

Para el desarrollo de este trabajo, se tomó como muestra dos trabajos de grado y un proyecto de Aula. Los trabajos de grado corresponden a las carreras de Ingeniería Ambiental e Ingeniería Civil, mientras el proyecto de Aula pertenece a la cátedra de Restauración Ambiental y Paisajística del programa académico de Ingeniería Ambiental.

En el primer trabajo de grado, titulado: “*Implementación de Herramientas de Teledetección y SIG para la determinación de zonas de riesgo por incendios forestales en remanentes y relictos de Bosque Seco Tropical del municipio de Ocaña – Norte de Santander*”, se emplearon los equipos como herramientas para la verificación de coberturas, debido a que en parte de la metodología de dicho trabajo se necesita como insumo generar un mapa de coberturas y a la vez verificar las mismas en campo. Las imágenes fueron tomadas a una altura de 300 metros, sobre las áreas que se consideraban que podrían tener modificaciones en cuanto a las coberturas presentes en dichas superficies. Así, se verificó el remanente de Bosque Seco de la UFPSO y un área en cercanías al corregimiento de Aguas Claras. De la misma forma, se operó para capturar las imágenes correspondientes a las áreas revegetalizadas, como resultado del proyecto de Aula de la cátedra de Restauración Ambiental y Paisajística. Este proyecto se viene implementando desde el año 2014 hasta la actualidad, y los estudiantes de Ingeniería Ambiental que han pasado por dicha cátedra, han podido implementar sus propias técnicas de revegetalización con el fin de detener los procesos erosivos en el efecto de borde de las áreas boscosas

destinadas al proyecto Jardín Botánico de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña. Las imágenes fueron capturadas a finales de 2015, con el fin de realizar un monitoreo a las zonas recuperadas con el trabajo realizado por los estudiantes, principalmente de I y II Semestre de 2014 y I Semestre de 2015 de la cátedra mencionada anteriormente. Es importante resaltar, que a diferencia del trabajo de grado de Ingeniería Ambiental, para este proyecto de Aula, las imágenes fueron tomadas a alturas inferiores a los 300 m, con el fin de obtener una mejor resolución por píxel en dichas imágenes y con ello, ser más precisos en el proceso de monitoreo de las áreas revegetalizadas.

Tanto las imágenes capturadas para el trabajo de grado, como las obtenidas para el monitoreo del proyecto de Aula de la cátedra de Restauración de Ingeniería Ambiental, fueron procesadas en el software PIX 4D, con el fin de poder georreferenciarlas a partir de la información que poseía cada una, generando a su vez los ortomosaicos, los cuales fueron convertidos a formato Geotiff, para facilitar su lectura como formato raster en un Software SIG (Sistema de Información Geográfica) como ARCGIS, QGIS, entre otros.

Con respecto al trabajo de grado del programa académico de Ingeniería Civil, titulado: “*Análisis de estabilidad de un talud ubicado en el Barrio Olaya Herrera del municipio de Ocaña, Norte de Santander*”, el proceso de empleo de los drones, fue un poco distinto, ya que, a diferencia de los dos trabajos anteriores, en este caso, las aerofotografías fueron capturadas sobre un talud en el cual se ha presentado un movimiento de remoción en masa, y que ha afectado algunas viviendas aledañas. Las tomas no solo se realizaron con la cámara completamente direccionada hacia el suelo, sino también con la cámara del dron en posición normal, para poder capturar de perfil dicho talud. Estas tomas permitieron esbozar los elementos que configuran el talud, así como otros elementos asociados al mismo. Se resalta, que las imágenes capturadas de perfil del talud, sirvieron como insumo para poder realizar la recreación de este, en el software Google Sketchup, lo que permitió a las estudiantes autoras del proyecto, diseñar en este mismo software, las obras civiles necesarias para estabilizar el talud y detener los movimientos de remoción en masa que puedan presentarse.

## 2. Resultados

Con el primer trabajo de grado, titulado “*Implementación de Herramientas de Teledetección y SIG para la determinación de zonas de riesgo por incendios forestales en remanentes y relictos de Bosque Seco Tropical del municipio de Ocaña – Norte de Santander*”, se realizaron las respectivas salidas de campo para la captura de las



imágenes utilizando los equipos phantom 3 advanced, tanto en los predios de la UFPSO como en el corregimiento de Aguas Claras, como se muestra en la siguiente figura.

Figura 1. Pilotaje de dron. Fuente: Elaboración propia

Las imágenes obtenidas, se sometieron a procesamiento automático en el software Pix4D, obteniendo los ortomosaicos georreferenciados en formato geotiff, como se puede visualizar en las siguientes figuras.



Figura 2. Mosaico obtenido de una zona en el sector de Aguas Claras. Fuente: Elaboración propia

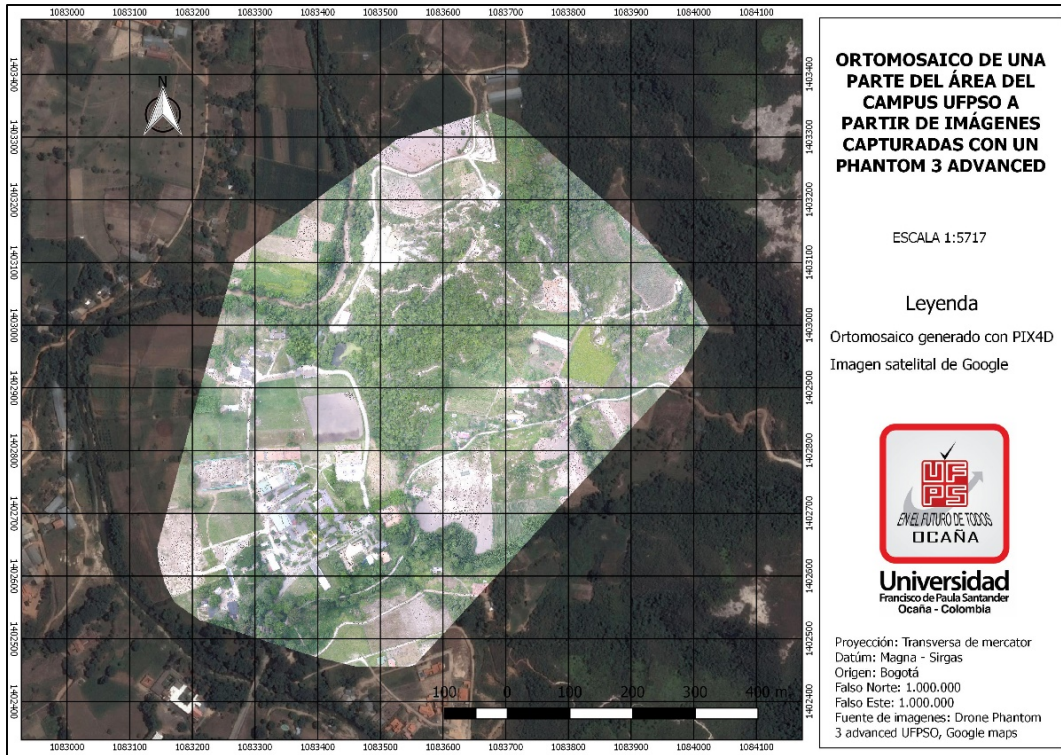


Figura 3. Mosaico obtenido en parte del Campus de la UFPSO. Fuente: Elaboración propia

A partir de la experiencia anterior, el estudiante aprendió a pilotear un equipo phantom 3 advanced, así como capturar las imágenes de acuerdo al área de estudio que desea cubrir. Además, comprendió como realizar los ortomosaicos respectivos, empleando el software Pix4D, lo que le permite poder emplear visualizar dichos ortomosaicos en cualquiera de los softwares de Sistemas de Información Geográfica que el estudiante de ingeniería ambiental, a partir del séptimo semestre ya maneja, y con los cuales desarrolla salidas gráficas para apoyar sus diferentes trabajos académicos.

El proceso para la captura de imágenes, se realiza de la misma forma, para el proyecto de aula de la cátedra de restauración ambiental y paisajística adscrita al noveno semestre de Ingeniería Ambiental, como se puede visualizar en la siguiente figura.



Figura 4. Imagen de estudiantes de Restauración Ambiental y Paisajística en su proyecto de aula. Fuente: Elaboración propia

Las imágenes capturadas, de igual forma se procesaron en el software Pix4D, para generar el ortomosaico del área de estudio, donde se visualizan todas las parcelas establecidas desde el año 2014, como se puede visualizar en la siguiente figura.

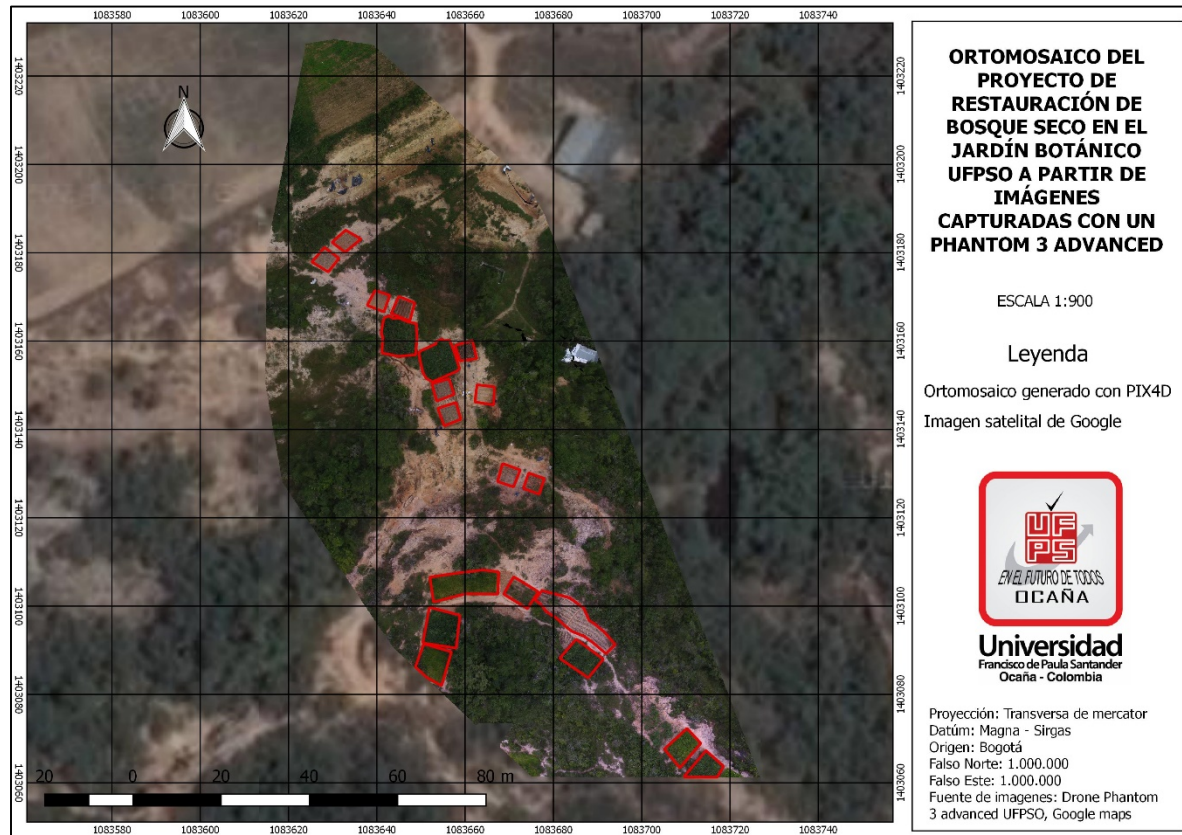


Figura 4. Parcelas del proyecto de aula de la cátedra de restauración ambiental. Fuente: Elaboración propia

Con el desarrollo del anterior ortomosaico, los estudiantes pudieron comprender la importancia del uso de imágenes aéreas capturadas con drones, para el monitoreo de los procesos de restauración en el tiempo, insumo que les permite obtener el dato de área restaurada, así como el estado fitosanitario de las especies establecidas en cada parcela a partir de la coloración reflejada por las mismas en cada imagen.

Con respecto al trabajo de grado de Ingeniería Civil, titulado "Análisis de estabilidad de un talud ubicado en el Barrio Olaya Herrera del municipio de Ocaña, Norte de Santander", se realizaron tomas en el talud de estudio, ubicado en el barrio Olaya Herrera, como las que se encuentran en la figura.



Figura 6. Imágenes aéreas del talud de estudio en el Barrio Olaya Herrera, Ocaña Norte de Santander. Fuente: Vergel & Trillos, 2016.

Las imágenes capturadas con los equipos phantom, sirvieron como insumo, para la realización de la respectiva modelación del talud, en el software Google Sketchup, planteándose a la vez las obras de estabilización del mismo, como se muestra en la siguiente figura.



Figura 7. Modelación en Google Sketchup del talud de estudio en el Barrio Olaya Herrera, Ocaña Norte de Santander. Fuente: Vergel & Trillos, 2016.



Con el desarrollo del trabajo de grado anteriormente mencionado, las estudiantes de Ingeniería Civil, entendieron la aplicabilidad de las imágenes obtenidas empleando un drone, para realizar estudios relacionados con obras civiles y que tienden a la mejora de la calidad de vida de las personas.

### 3. Conclusiones

El empleo de vehículos aéreos no tripulados (drones), en la enseñanza académica profesional de ingenieros ambientales y civiles en formación, permite a los estudiantes, asimilar que dichos equipos tecnológicos son herramientas para el levantamiento de información que sirve como base para el desarrollo de diferentes trabajos, y que les permite optimizar tiempo en la captura de datos y obtener insumos con una buena calidad, a partir de los cuales se pueden realizar diferentes procesos de interpretación y análisis, para la toma de decisiones.

### Referencias

- Anrango-Haro, R. C. (2015). *Levantamiento topográfico del embalse de Pitura para el proyecto multipropósito Piñan – Tumbabiro*. Obtenido de dspace Universidad Central del Ecuador: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/5872/1/T-UCE-0011-27.pdf>
- Barrientos, A., del Cerro, J., Gutiérrez, P., San Martín, R., Martínez, A., & Rossi, C. (2007). *Vehículos Aéreos No Tripulados para uso civil. Tecnología y aplicaciones*. (Grupo de Robótica y Cibernética, Ed.) Obtenido de Kimerius.com: <http://kimerius.com/app/download/5783722030/Veh%C3%ADculos+a%C3%A9reos+no+tripulados+par+a+uso+civil.+Tecnolog%C3%ADa+y+aplicaciones.pdf>
- Cuerno-Rejado, C. (2015). Origen y desarrollo de los sistemas de aeronaves pilotadas por control remoto. En Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid, *Los Drones y sus Aplicaciones a la Ingeniería Civil* (págs. 15-32). Madrid: Comunidad de Madrid. Obtenido de <http://www.fenercom.com/pdf/publicaciones/Los-Drones-y-sus-aplicaciones-a-la-ingenieria-civil-fenercom-2015.pdf>
- Sánchez-Gómez, M. d., Domínguez-Tejeda, E. M., Nava-Vélez, J. A., & Iturbe-Posadas, A. (2013). *Experiencias, programas de capacitación y transferencia de tecnología para la obtención de fotografías y videos a partir de VANT*. Obtenido de Laboratorio Nacional de Geoprocesamiento de Información Fitosanitaria UASLP: [http://langif.uaslp.mx/selper/documentos/CD\\_SELPER\\_2013/MEMORIAS\\_SELPER\\_PDF/Sensores\\_Aplicaciones/ID\\_016.pdf](http://langif.uaslp.mx/selper/documentos/CD_SELPER_2013/MEMORIAS_SELPER_PDF/Sensores_Aplicaciones/ID_016.pdf)
- Vergel-Moncada, M. A., & Trillos-Quintero, V. M. (2016). *Análisis de estabilidad de un talud ubicado en el Barrio Olaya Herrera del municipio de Ocaña, Norte de Santander*. Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, Programa de Ingeniería Civil. Ocaña, Colombia: UFPSO.

## Sobre los autores

- **Juan Carlos Hernández Criado:** Ingeniero Ambiental y Magíster en Desarrollo Sustentable y Gestión Ambiental. Docente de Planta de Ingeniería Ambiental, Jefe del Departamento Agrícola y Ambiental y Director del Grupo de Investigación GI@DS de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña. [jchernandezc@ufpso.edu.co](mailto:jchernandezc@ufpso.edu.co)
- **Edwin Edgardo Espinel Blanco:** Ingeniero Mecánico y Magíster en Ingeniería. Docente de Planta de Ingeniería Mecánica, investigador del Grupo de Investigación INGAP y secretario general de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña. [eeespinelb@ufpso.edu.co](mailto:eeespinelb@ufpso.edu.co)
- **Luis Augusto Jácome Gómez:** Ingeniero Agrónomo y Especialista en Microbiología Ambiental. Docente de Planta de Ingeniería Ambiental, investigador del Grupo de Investigación GI@DS y Jefe de la Oficina de Planeación de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña. [lajacomeg@ufpso.edu.co](mailto:lajacomeg@ufpso.edu.co)
- **Juan David Herrera Galviz:** Estudiante último semestre de Ingeniería Ambiental, investigador del Semillero de Investigación CIEBB adscrito al Grupo de Investigación GI@DS. [jdherrera@ufpso.edu.co](mailto:jdherrera@ufpso.edu.co)

---

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.

Copyright © 2016 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)