Congr. Int. en Ing. Electrónica. Mem. ELECTRO, Vol. 39, pp. 141-146, Oct 2017, Chihuahua, Chih. México
http://electro.itchihuahua.edu.mx/memorias_electro/MemoriaElectro2017.zip
ISSN 1405-2172

USO DE UN VANT COMO UN SISTEMA PARA LA ADQUISICIÓN DE INFORMACIÓN DE ÁREAS CONSTRUIDAS EN TERRENOS DE ZONAS METROPOLITANAS PARA USOS CATASTRALES

J. Olguin-Roque [1], J.A. Rojas-Estrada[1], M.A. Jiménez-Lizárraga[2], M.A. Ochoa-Villegas*[,1]
División de Estudios de Posgrado e Investigación
Posgrado en Ingeniería Mecatrónica
[1]Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Nuevo León, Av. Eloy Cavazos 2001, Guadalupe, N.L. 67170, Tel. 81 8157 0500
[2]Facultad de Ciencias Físico-Matemáticas, UANL, Ave. Universidad s/n, Ciudad Universitaria, San Nicolás de los Garza, N.L. 66450, Tel 8329-4030 Ext. 6136
*Autor de correspondencia: miguel.angel.ochoa@itnl.edu.mx
jairoolguin1@gmail.com

RESUMEN

Los vehículos aéreos no tripulados (VANT's) se presentan como una alternativa de alta tecnología para realizar diferentes actividades que puedan cubrir las necesidades civiles. Actualmente los VANT están empezando a incorporarse en trabajos de topografía y fotogrametría; sin embargo, los VANT's y los softwares que se han desarrollados para esta área son costosos o muy complejos. Es por ello, que se presenta el desarrollo de un sistema de adquisición de información, mediante fotogrametría, donde: se procede a realizar un algoritmo de procesamiento de imágenes con software libre, como OpenCV y Python, para generar información sobre medidas de terrenos y área de construcción. Esto permite manipular los mapas cartográficos de de manera efectiva, ya que se puede calcular la superficie y medidas de interés automáticamente cotejando que tales medidas correspondan con la base de datos municipales declarados por los contribuyentes. Los beneficios principales: reducción de tiempo y bajos costos de operación.

Palabras clave: VANT, GSD, área, visión, OpenCV y Cartografía.

ABSTRACT

Unmanned aerial vehicles (UAVs) have been introduced to us as a high-tech alternative to execute a variety of applications that can fulfill different civil needs. Nowadays, the UAVs have started to increase their popularity in projects of topography and photogrammetry; however, the UAV's and software developed for this area are expensive and complex. Here, it is presented an acquisition system, using photogrammetry, where an image-processing algorithm will be developed with OpenCV and Python software to generate information of measures of land and construction areas. This will allow to effectively manipulate cartographic maps; because calculating areas and critical measures of terrains will be automatic and, with that information, validate that these measures correspond to the ones informed by taxpayers in the municipal database. The main benefits: low time and operation costs.

Keywords: UAV, GSD, Area, view, OpenCV and Cartography.

1. INTRODUCCIÓN

La historia de la fotografía aérea tiene más de 100 años, cuando las primeras imágenes se tomaban desde globos aerostáticos y aviones tripulados. Actualmente sería difícil seguir utilizando tales medios para obtener fotografías donde se requieren cálculos precisos. Dado que el progreso tecnológico avanza rápidamente, hoy en día existen medios más prácticos y con mejores cualidades para la toma de fotografías aéreas; siendo uno de ellos el uso de vehículos aéreos no tripulados (VANT's). Existen muchas aplicaciones para los VANT's que son reportadas en la literatura, ver [1], [2] y [3], mismas que van desde actividades de supervisión de bosques, edificios, actividades militares, arqueología y detección de cambios en playas y costas [4].

En la actualidad, el espíritu empresarial junto con la robótica, visión artificial y las tecnologías de la geomática han establecido un nuevo paradigma de la teledetección aérea y cartografía que, desde hace algunos años, ha estado sirviendo a las necesidades de formación de imágenes a baja altura y de gran escala. Además, fomenta la creación y desarrollo de nuevas industrias como: geoespaciales de información [5]. En este trabajo se presenta un sistema de costo accesible como una alternativa al proceso de adquisición de información para catastro municipal. El objetivo del sistema es presentar datos más precisos, con menor tiempo y costo de operación, que la opción actual utilizada por el gobierno. Con ello también se logra tener la información digitalizada y ya procesada para ser utilizada en otras aplicaciones de interés.

2. PLATAFORMA EXPERIMENTAL

2.1. VANT

La plataforma experimental que ha sido usada en este trabajo se visualiza en la Figura 1. Dicha plataforma consiste de un cuadri-rotor con cuatro motores brushless. Como controlador de vuelo se utiliza un Naza 1 de la compañía DJI. Este tipo de

controlador es de código cerrado pero este vehículo ha sido diseñado para fines didácticos, concediendo así un control total sobre su plataforma de vuelo con la característica integrada de Control de API (*Application Programming Interface*) dándonos la libertad de manipular sus trayectorias [6].

El objetivo en este trabajo es: manipular el VANT e implementar un plan de vuelo para la obtención de imágenes aéreas, así como desarrollar un algoritmo de visión computacional para realizar un procesamiento de imágenes con determinados tipos de operaciones morfológicas que permitirá calcular la cantidad de superficie en un área en construcción o en campos definidos.

Fig.1. Plataforma experimental Matrice 100 Cuadri-rotor

$$GSD = \frac{Tamaño\ del\ Pixel\ *\ Altura\ de\ Vuelo}{Distancia\ Focal}$$

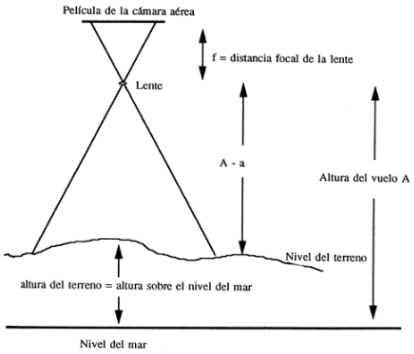

Fig. 2. Elementos del GSD

El GSD (Ground Sampling Distance) es la Planta de muestreo de distancia entre los centros de dos pixeles consecutivos medidos en el suelo. Cuanto mayor es el valor de la fotografía en GSD menor será la resolución espacial de la fotografía y los detalles menos visibles [7]. El GSD está relacionada con la altura de vuelo: cuanto mayor sea la altitud de vuelo, es más grande el valor del GSD como se muestra en la Figura 2. En el presente trabajo, se utilizó una altura de 50m para realizar las diferentes pruebas.

2.2. Plan de vuelo

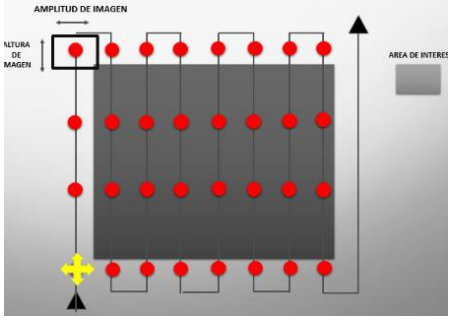

Fig. 3. Programación para el plan de vuelo

Para la obtención de las fotografías aéreas fue necesario realizar un plan de adquisición, el área de interés para el mapa se divide por dentro en puntos clave marcados por un punto rojo como se muestra en la Figura 3 (del inglés *waypoints*) para desarrollar el plan de vuelo. En el proceso de la captura de fotografías, las imágenes se toman con este patrón de cuadrícula regular, el cual se establece de acuerdo al tamaño de la captura correspondiente a la amplitud de imagen. La altura de vuelo en combinación con la resolución de imagen de pixeles y la distancia focal, determinarán la calidad de la fotografía.

2.3. Cámara y Estabilizador

La utilización del sensor de la cámara del VANT permite la captura de la fotografía aérea, desde la altura programada como se establece en la trayectoria dirigida. El tipo de sensor puede cambiar y depende de variables como: tamaño, peso y la carga que puede soportar el VANT. Particularmente, en este VANT, fue montado un sensor de cámara modelo ZENMUSE X3 (Figura 4), este tipo de sensor tiene las dimensiones de 107.3 x 75.5 x 94.88mm y un peso, junto con el dispositivo estabilizador, de 221g.

Fig. 4. Sensor de visión Zenmuse X3

El VANT puede soportar este peso ya que posee una capacidad de carga máxima de 3400g, La distancia focal del modelo mencionado es de 20mm, con resolución de 4000 x 3000 pixeles y una anchura del sensor de 3.6mm.
El estabilizador se basa en dos ejes constantemente alimentados por el controlador de vuelo, por lo que se pueden conocer los parámetros de vuelo del avión y se calcula cada milisegundo la corrección de movimiento propio, velocidad angular e impulso.

2.4. Comunicación del VANT – Piloto

Es vital para el piloto manipular el VANT; la comunicación que existe entre el control y el vehículo se utiliza para realizar la orientación y la trayectoria. Es altamente recomendable saber cuál es el procedimiento y poder orientar al VANT de forma manual o autónoma para evitar accidentes dentro del experimento. Cualquier detalle mal realizado en el procedimiento puede desembocar en un accidente teniendo como consecuencias el daño al dispositivo.
Entre las variables que se requiere monitorear están: su posición, estado de batería, temperatura y modo de vuelo. Esta es la información que proporciona la comunicación que existe entre el VANT, el control y el anexo del dispositivo electrónico. La Figura 5 muestra una imagen.

Fig. 5. Dispositivos de Comunicación del VANT, Control y Dispositivo electrónico.

3. METODOLOGÍA Y MATERIALES

3.1. Área de Estudio

El área o superficie en la que se realiza este trabajo de investigación, corresponde al campus del Instituto Tecnológico de Nuevo León, principalmente un edificio dentro del mismo, presentado como referencias de coordenadas en puntos GPS de 25° 39′ 59.04″ N, 100° 14′ 42″ W.

3.2 Sistema de adquisición

La obtención de fotografías aéreas se realizó por medio del sistema de adquisición, programando 2 vuelos de forma autónoma. En la Figura 6 se presenta el plan de vuelo con el software de Pix4d Capture [8].
El plan de vuelo se creó de vuelos uniformes con alturas de 50m respecto al despegue, lo que permitió realizar una mejor calidad de resolución espacial y elementos principales para cartografía. Al terminar la trayectoria del plan de vuelo se lograron como resultado 20 fotografías aéreas con el sistema de adquisición. Más adelante se explicará cual es el procedimiento para el uso de esta información para la obtención de datos de interés.

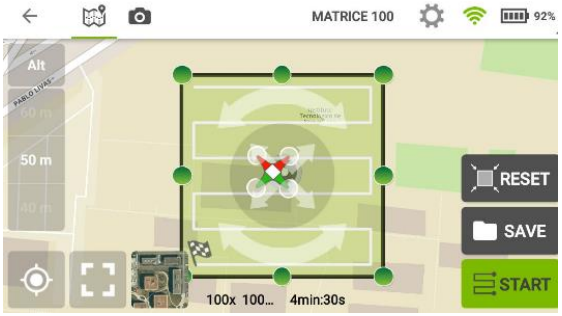

Fig. 6. Interfaz aplicación Pix4d Capture

A partir de la obtención de las fotografías se realizó la metodología para el tratamiento de las imágenes, la cual se ha implementado en un algoritmo.
Se seleccionó la fotografía aérea de la Figura 7 como la muestra para desarrollar el algoritmo y obtener la información necesaria para calcular el área de este edificio.

Fig. 7. Fotografía de muestra para el procesamiento de imágen

3.3 Procesamiento de imágenes

Se utiliza un diagrama de flujo, Figura 8, para proporcionar información a detalle de los pasos realizados por el algoritmo de procesamiento de imagen, el cual se desarrolla por medio del Software OpenCV (Open Source Computer Vision Library) y un lenguaje de programación de alto nivel Python.
Se realizan pruebas usando umbralización a partir de un nivel en la escala de grises; sin embargo, se observa que en estas fotografías la variación de la luz del fondo se relaciona con la luminosidad de los objetos por lo que genera pérdidas de los

objetos principales del fondo. En los siguientes apartados se da una explicación de cada proceso.

Fig. 8. Diagrama de Flujo para el desarrollo del algoritmo de Visión.

3.4 Adquisición

Este paso consiste solamente en cargar la imagen con el nombre de la variable "imagen", aplicando un ajuste de tamaño de imagen para lograr mayor visualización como se muestra en la Figura 9.

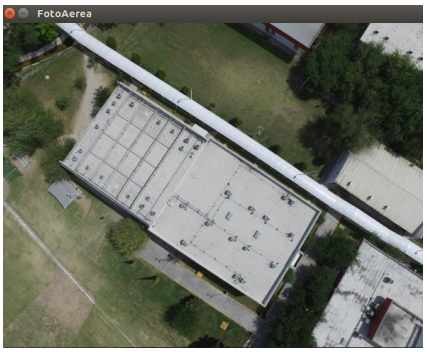

Fig. 9. Cargando imágen del área de construcción

3.5 Conversión de RGB A LAB

Se realiza una conversión de RGB a LAB (Donde L es la luminosidad de negro a blanco, A es el espacio de color que involucra tonalidades de verde a rojo y B de azul hasta amarillo) para lograr dividir los canales se ejecutó el comando cv2.cvtColor(imagen,cv2.COLOR_BGR2LAB) posteriormente se seleccionó que canal es el más apto para la conversión de Griseado.

Fig. 10. Conversión de imágen de RGB a LAB

El resultado se muestra en la Figura 10 donde se muestra la selección de un canal de los 3 que existen. El canal A es seleccionado para el procesamiento, esto se logró ejecutando los 3 canales de LAB con el comando l_canal,a_canal,b_canal = cv2.split(lab).

3.6 Normalización

Al seleccionar el canal A como imagen de procesamiento se trata la misma con una normalización utilizando el comando cv2.normalize(a_canal, a_canal, alpha=0, beta=250, norm_type=cv2.NORM_MINMAX). Ésto para aumentar el contraste y mejorar la calidad, como se muestra en la Figura 11.

Fig. 11. Aplicación de Normalización

3.7 Maximización de Contraste

En esta etapa, se aplica un proceso de mejoramiento de calidad de imagen para optimizar la fotografía de manera que se visualice mayormente el contraste de la imagen. El resultado se obtiene aplicando el comando cv2.equalizeHist(a_canal) como se muestra en la Figura 12.

Fig. 12. Aumento de contraste en la imágen

3.8 Umbralización

A continuación, se realiza la conversión de escala de grises con solo dos niveles. Esto separa los objetos del suelo y la construcción; habilitando la manipulación de manera óptima con cv2.threshold(equ,127,255,cv2.THRESH_BINARY_INV+cv2.THRESH_OTSU) como se puede apreciar en la Figura 13.

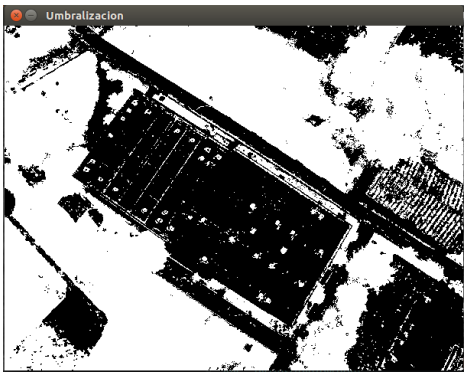

Fig. 13. Resultado de la binarización

3.9 Apertura

El siguiente paso consiste en aplicar funciones morfológicas para atenuar los detalles, en este caso una operación de cierre como se muestra en la Figura 14; ejecutando el código morphologyEx(dilatacion,cv2.MORPH_OPEN,kernel3,iterations = 5)

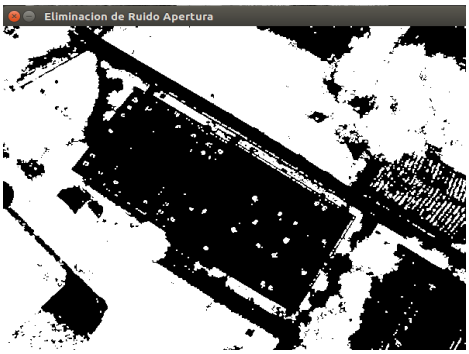

Fig. 14. Cierre de pequeñas aperturas en el área de la construcción

3.10 Erosión

Para terminar el tratamiento se aíslan los elementos individuales y la unión de elementos dispares, hallando los protuberancias o agujeros de intensidad eliminando así el ruido de partes diminutas a través de aplicar el comando siguiente cv2.erode(aper1,kernel6,iterations = 1), el resultado se ve en la Figura 15.

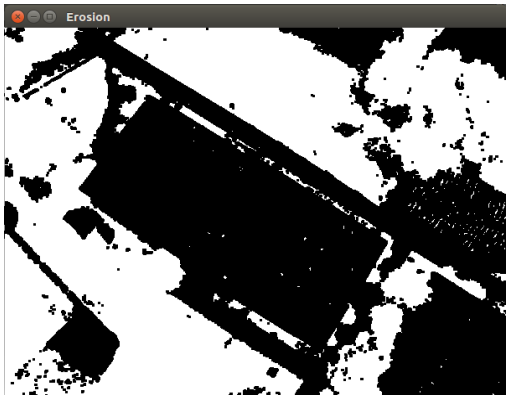

Fig. 15. Aplicación de Erosión, eliminando agujeros y ruidos

Después del último procesamiento, ahora sí se calcula el área de la región con mayor área y similitud a lo que se quiere medir. Posteriormente, el algoritmo encontrará el contorno del área deseada ejecutando el comandocv2.findContours(bina.copy(),cv2.RETR_EXTERNAL, cv2.CHAIN_APPROX_SIMPLE). También se etiqueta la zona dibujando un contorno de color aproximado a dicha región (Figura 16).

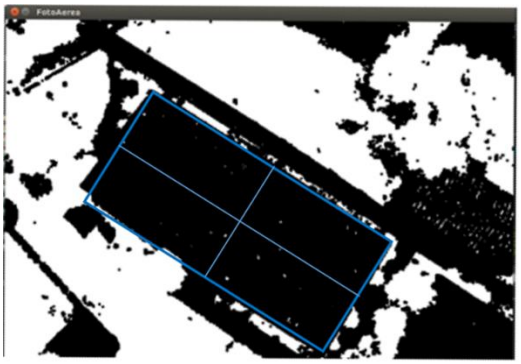

Fig. 16. Contorno marcado para señalar área de construcción y su posterior cálculo de área

3.11 Resultado de la medición

Al término del algoritmo, la consola de Python mostrará el resultado en una consola (Figura 17), donde se identifica el cálculo del área de la construccion de acuerdo al tamaño e interpretación del contorno marcado en el paso anterior.

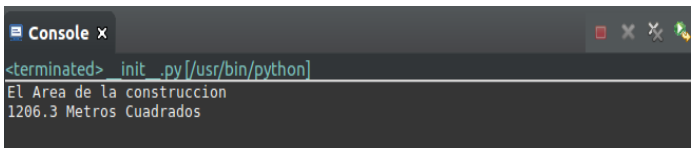

Fig. 17. Obtención del área de la construcción

4 RESULTADOS

Con respecto al desarrollo del algoritmo que se utilizó como herramienta principal; el software de OpenCV y un lenguaje de alto nivel Python permitieron tener mayor manipulación para el procesamiento de imágenes de la construcción, mientras que las librerías que se importaron en este algoritmo fueron OpenCV, Numpy, Scipy, Imutils y Matplotlib.

Los resultados obtenidos han sido positivos en el caso del sistema de adquisición de fotografías aéreas; sin embargo, los resultados realizados por el procesamiento de imágenes no son del todo exactos ya que existe un pequeño margen de error en centímetros. Esto también dependerá mucho del área y la escena de la toma de fotografías.

Para la verificación de los resultados se realizó una comparación de áreas de los cuales se presentó un valor calculado, usando el procesamiento de imágenes, de 1206.3m^2 del edificio en cuestión, contra el valor superficial catastral del mismo que es de 1200 m^2. Logrando así una variabilidad de 6.3 m^2 que representa un 0.5% de error con respecto al valor real.

5 CONCLUSIÓN

En conclusión, con la ayuda de este método de adquisición se obtuvieron fotografías aéreas de un terreno en el que se selecciona un área deseada y se realiza el cálculo de su superficie con un márgen de error mínimo de 0.5% en promedio, comparado con su valor real catastral.

La aplicación de esta técnica resulta más económica en tiempo y costo que contratar equipos de topografía o rentar aviones o helicópteros para tomas aéreas. La renta de tan solo un VANT está alrededor de 9 mil pesos mientras que la renta de helicópteros y o de personal de apoyo ronda los miles hasta millones de pesos. En tiempo pilotear una zona se logra en un par de horas, utilizar personas asignadas a la misma tarea podría tomar hasta días. En trabajo futuro, se busca que se logre utilizar este algoritmo en cualquier tipo de fotografías aéreas independientemente si se capturan fotografías en diferentes tipos de VANT´s como la plataforma de Multirotores y de Ala fija pero siempre realizando como prioridad el plan de vuelo de forma de serpentina.

6 BIBLIOGRAFÍA

[1] Otero, I; Ezquerra, A; Rodríguez-Solano, R; Martín, L; Bachiller, I. Ingeniería Cartográfica, Geodésica y Fotogrametría, Capítulo de libro, OpenCourseWare.

[2] Sandoval, Victor. “Cartografía elaborada con un método fotogramétrico simple versus un método digital (Softcopy-Fotogrametría)”, Bosque, vol. 25, núm. 1, pp. 87-94, 2004.

[3] Chiabrando, F; Nexb, F; Piatti, D; Rinaudo, F. “UAV and RPV systems for photogrammetric surveys in archaelogical areas: two tests in the Piedmont region (Italy)”, Journal of Archaeological Science, 38, pp. 697-710, 2011.

[4] Gonçalves, J.A; Henriques, R. “UAV photogrammetry for topographic monitoring of coastal areas”, ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 104, pp. 101-111, 2015.

[5] Gabrlik, Petr. “Precise Multi-Sensor Georeferencing System for Micro-UAV’s”, ScienceDirect., vol 134, pp 170-175, 2016

[6] DJI The future of possible (2017, April) Sipport Center DJI [Online]. Available: http://wiki.dji.com/en/index.php/Matrice_100, Consultado 15/04/2017

[7] Pix4d.(2017 April). Tools- GSD Calculator [Online] https://support.pix4d.com/hc/en-us/articles/202560249#gsc.tab=0/ , Consultado 17/04/2017

[8] Pix4d (2017 April) App Pix4d Capture [Online] https://pix4d.com/ product/pix4dcapture/ Consultado 17/04/2017