

EXPERIENCIAS EN CUBA EN LEVANTAMIENTOS AEREOS CON AVIONES NO TRIPULADOS

EXPERIENCES IN CUBA USING UNMANNED AERIAL VEHICLES IN AERIAL SURVEYING

Lic. Fernández Sarabia, Alexis. Geocuba Investigación y Consultoría, alexis@uct.geocuba.cu, Cuba.

MSc. Ojeda Martínez, Dayamit. Geocuba Investigación y Consultoría, bdiaz@uct.geocuba.cu, Cuba.

DrC. Diaz Rodriguez, Bernardino. Geocuba Investigación y Consultoría, bdiaz@uct.geocuba.cu, Cuba.

MSc. González García, Sandra. Geocuba Investigación y Consultoría, sandra@uct.geocuba.cu, Cuba.

RESUMEN:

El trabajo presenta las primeras experiencias alcanzadas en Cuba con la utilización de los vehículos aéreos no tripulados, identificados por sus siglas en idioma inglés UAV (Unmanned Aerial Vehicles), para la realización de levantamientos aéreo-fotográficos. La investigación evaluó la posibilidad de utilizar las imágenes obtenidas con sistemas no tripulados en la actualización operativa de mapas, monitoreo del desarrollo de obras ingenieras, así como determinar del desarrollo y el estado fitosanitario de diferentes cultivos como: cítricos, caña, y cultivos varios.

La nueva tecnología adquirida a través de la firma rusa UNIINTEX-GINUS permiten desarrollar nuevas aplicaciones en el levantamiento aerofotográfico y el procesamiento fotogramétrico de las imágenes, cuestiones que hace varios años no se generaban por su alto costo. El sistema cuenta con un vehículo aéreo con componentes tales como un autopiloto programado con sistema inercial, un GPS, un radio modem y una estación de control. Componentes que le permiten volar por coordenadas y con enlaces de radio más robustos (vía satélite o redes), además cuentan con cámaras fotográficas profesionales digitales de alta resolución, programada para la captura automática de tomas fotográficas o generar video a objetos en movimiento. El sistema permite adquirir datos en formato raster con fines cartográficos desde alturas de 50 a 1500 m, lo cual es la base para la creación de fotoesquemas, ortofotoplanos, mapas especiales, así como modelos tridimensionales del terreno y de los

objetos que en él se encuentran.

Palabras Clave: vehículo aéreo no tripulado, fotogrametría, calibración, interpretación de imágenes.

ABSTRACT: The paper reports the first experiences gained in Cuba with the use of unmanned aerial vehicles, identified by its acronym in English UAV (Unmanned Aerial Vehicles), to perform air-photographic surveys. The research evaluated the possibility of using the images obtained with unmanned systems operating in updating maps, monitoring the development of engineering works and to determine the development and phyto-sanitary status of different crops such as citrus, sugar cane, and crops several.

The new technology acquired through the Russian firm UNIINTEX-Ginus possible to develop new applications in lifting aerial photography and photogrammetric processing of the images, issues several years no neraban is generated by its high cost. The system has an air vehicle with components such as an inertial system programmed autopilot, GPS, mo-dem radius and a control station. Components that allow you to fly coordinates and radio links more robust (or satellite networks), also have chambers professional digital high-resolution, scheduled for automatic capture or generate video photo shots moving objects. The system can acquire data in raster format for mapping purposes from heights of 50 to 1500 m, which is the basis for creating fotoesquemas, ortofo-toplanos, special maps and three-dimensional terrain models and objects in it found.

Keywords: Unmanned Aerial Vehicles, photogrammetric, calibration, image interpretation

1. INTRODUCCIÓN

El desarrollo de las plataformas aéreas no tripuladas comenzó después de la primera guerra mundial al crear el ejemplo más antiguo de UAV, empleado durante la segunda guerra mundial para entrenar a los operarios de los cañones antiaéreos; sin embargo no es hasta finales del siglo XX cuando comienzan a emplearse las técnicas de radio control propiciando la autonomía de los vuelos.

Los UAV son vehículos sin tripulación, capaces de mantener un nivel de vuelo controlado y sostenido, propulsado por un motor de explosión o de reacción. Se clasifican en dos tipos, los vehículos aéreos con radiocontrol y los de vuelos autónomos capaces de volar sin necesidad de control humano. (Gallardo Beatriz ,2006)

Pueden ser controlados remotamente o pueden volar de forma autónoma, siguiendo

un plan de vuelo programado, o actualizado dinámicamente de forma remota, o incluso tomando sus propias decisiones (sistemas inteligentes) durante el vuelo.

La principal ventaja de los UAVs es que pueden ser utilizados en aplicaciones de larga duración, ya que a diferencia de un avión tripulado, la duración del vuelo no depende del número de pilotos que vayan a bordo de la aeronave.

Existen otras ventajas de utilizar esta tecnología, entre las que destacan el bajo costo económico en comparación con un avión tripulado, ya que al no tener que alojar un piloto en su interior, permite un diseño de menor tamaño; ello evita la formación de pilotos experimentados, reduce el tiempo y complejidad del mantenimiento, pudiendo servir a un mayor número de aplicaciones e investigaciones, sin olvidar el factor más importante: la reducción de pérdida de vidas humanas.

Actualmente, la diversidad de estos equipos oscila desde vehículos extremadamente simples, de bajo costo, pequeño tamaño y corto alcance, utilizados para aplicaciones de corta duración, hasta aviones muy costosos, con inteligencia artificial, capacidad para llegar a cualquier punto, volando durante largas jornadas. Los más simples pueden cargar algún sensor de poco peso, típicamente, sensores térmicos o infrarrojos (IR) y vídeo cámaras. Suelen tener un enlace de comunicaciones con una estación base a corta distancia del lugar de operación. Los más grandes pueden llevar todo tipo de sensores.

La clasificación puede llevarse a cabo por sus prestaciones, las cuales están intrínsecamente relacionadas con su tamaño. Existen varias categorías dependiendo de quien realice esta clasificación: los productores, los usuarios o los investigadores. Una primera clasificación atiende al modo en que se controla el vuelo, de tal forma que existen tres métodos: pre-programado, controlado remotamente y autónomo. (Universidad Politécnica de Madrid, 2010)

Cada uno de los tres métodos presenta ciertas ventajas e inconvenientes que se comentan a continuación. El control de vuelo más básico es el modo pre-programado. Es el método más simple, no presenta muchas dificultades técnicas, ni depende de enlaces de comunicaciones entre la estación base y la aeronave, que pueden estar sujetos a ruido y/o interferencia. Con este método se puede operar a grandes distancias, fuera de la línea de visión directa entre estación base y radar. Sin embargo, el sistema es inflexible, una vez que el equipo comienza su vuelo, siguiendo ciertos puntos de control, no puede modificarse, de tal forma que no es posible realizar segundas pasadas sobre zonas interesantes. Además, si el equipo ne-

cesita volar bajo se debe tener información precisa de la orografía del terreno. (Universidad Politécnica de Madrid, 2010)

El modo basado en control remoto es el más común. Por medio de un enlace de radio, el operador recibe datos de vuelo de la aeronave y envía comandos de vuelta para controlarla. La principal desventaja de este sistema es el enlace de comunicaciones de radio, ya que el alcance en este caso es el factor que limita la distancia de operación. Además, el sistema de comunicaciones es vulnerable, con la agravante de revelar la posición tanto de la estación base como del propio avión.

Los sistemas más avanzados tratan de solventar estos problemas con enlaces de radio más robustos y con enlaces de radio indirectos (vía satélite o redes).

En el ámbito de la observación de la tierra los UAV tienen múltiples aplicaciones y posibilidades en el mercado civil.

- Cartografía: realización de ortofotomapas y de modelos de elevaciones del terreno de alta resolución
- Agricultura: gestión de cultivos
- Servicios forestales: seguimiento de las áreas boscosas, control de incendios
- Geología
- Hidrología
- Medio ambiente: estado de la atmósfera
- Control de obras y evaluación de su impacto
- Seguimiento de la planificación urbanística
- Gestión del patrimonio

Varios países desarrollan y comercializan distintos tipos de plataformas aéreas tele-dirigidas que pueden moverse por un itinerario previamente planificado, utilizando para ello los sistemas de posicionamiento global (GPS).

En Cuba, se desarrollan iniciativas para incorporar la tecnología UAV se ha utilizado el Pixy para tareas propias de descifrado.

2. DESARROLLO

2.1.Generalidades

La realización de levantamientos aerofotográficos empleando aviones no tripulados y cámaras digitales de pequeño formato permiten obtener imágenes actualizadas para realizar trabajos de descifrado, inspección, monitoreo y actualización de la cartografía empleando técnicas fotogramétricas y procesamiento digital de imágenes, permite desarrollar trabajos de teledetección a baja altura.

Los vuelos realizados tuvieron diferentes objetivos:

- Vuelos para monitorear el desarrollo de las instalaciones y otras obras ingenieras.
 - Instalaciones portuarias.
 - Desarrollo de industrias de diferentes tipos.
 - Desarrollo de obras lineales (carreteras, ferrocarriles, líneas eléctricas, oleoductos, gasoductos)
- Vuelos con el objetivo de realizar mediciones con una exactitud determinada.
- Vuelos en perspectiva para observar la dinámica de las construcciones y otros objetos
- Vuelos para la actualización operativa de mapas.

En este último caso se establecieron algunos parámetros básicos a considerar en el vuelo, como se señala a continuación:

- Altura de vuelo
- Tamaño del pixel en el terreno (GDS)
- Tiempo entre exposiciones
- Solapes
- Cubrimiento del terreno
- Distancia entre líneas
- Cantidad de líneas de vuelo y de fotografías

Para la obtención de las imágenes a color se empleó una cámara Nikon D300 ajustada, con los parámetros siguientes:

- Tamaño del pixel 5.5 micras
- CCD 23.6 x 15.8 mm
- Modo de enfoque: Manual o automático
- Modo de exposición: Automático Programado
- Sensibilidad: Blanco Automática

- Modo de Medición para la exposición: Matricial en color 3D
- Reducción de vibraciones: ON
- Flash: Desactivado
- Modo de disparo: Foto a foto
- Sensibilidad ISO: AUTO
- Tamaño de la imagen: Grande 4288 x 2848
- Formato de la imagen: JPG
- Disparos a intervalos: Cada 3 seg
- Cantidad de imágenes: En función de los parámetros y exigencias de la tarea técnica

2.2 Descripción del equipamiento

El Pixy es una plataforma ultraligera para la teledetección a baja altitud, que permite la toma de fotografías aéreas convencionales o digitales, así como de grabaciones de vídeo con un diseño que apunta a la simplicidad de pilotar, manejar, transportar la plataforma y la seguridad de los equipos a bordo, permite ser usado por un público de poca experiencia. Además, el diseño ofrece una excelente estabilidad de la plataforma y una alta calidad de las imágenes. (Vision du Ciel, 2008)

El objetivo de este trabajo es mostrar algunas de las experiencias utilizando la plataforma ultraligera de fabricación francesa Pixy en el monitoreo de grandes obras ingenieras en la zona del puerto Mariel y la actualización de mapas topográficos.

Características generales del Pixy:

- Sistema Pixy: Autopropulsado de motor con sistema de sustentación
- Drone PIXY
- Radio FF 7 y cargador
- Sistema de video completo
- Vela
- Cámara Nikon D300 con objetivos: RGB + IR; 10 Mpixel con capacidad de almacenamiento de 16 GB
- Soporte Nikon D300 con bolsa, baterías y tarjeta de memoria de 4GB
- Mini cámara de video: Destinada para controlar el área de observación independiente de los otros sensores
- Sistema de posicionamiento GARMIN conexión NMEA0183, baterías y cable de conexión con Nikon D300

2.3. Aplicaciones

La zona de desarrollo del Puerto del Mariel fue uno de los escenarios tomados para la realización de los vuelos planificados y la obtención de las imágenes enfocadas al estudio de obras ingenieras permitiendo evaluar el avance, la correspondencia con el diseño proyectado y la realización de mediciones en función de la exactitud capaz de aportar este tipo de levantamiento.

Visualizar el desarrollo de las instalaciones y obras ingenieras

En este vuelo no era necesario mantener un gran solape entre las imágenes y las líneas de vuelo; respetando el interés del cliente; la figura 1 muestra el avance constructivo de la terminal de contenedores en la Zona de desarrollo Puerto Mariel, donde se empleó una combinación de alturas de vuelos y distancias focales que permitieran un cubrimiento del terreno (objeto), con la menor cantidad de imágenes, teniendo presente las características propias de los elementos a identificar en cuanto a sus dimensiones y geometría, cuidando las capacidades interpretativas de las imágenes.

Como resultado fueron se obtuvieron imágenes digitales actualizadas (verticales y en perspectiva) del estado, desarrollo de las obras constructivas y cambios del terreno, el foto esquema formado con el montaje de las imágenes que cubren el objeto y un fotomontaje georreferenciado obtenido a partir de imágenes rectificadas.

Actualización operativa

El vuelo para la actualización operativa se realizó considerando las exigencias del cliente en cuanto a los elementos que se deben actualizar y la exactitud normada, las figura 2 muestra un fotomontaje para la actualización operativa. En este caso hay que trabajar con cámaras calibradas que permitan determinar magnitudes de los elementos del terreno midiendo sobre ellos.

Se obtuvieron imágenes rectificadas y georeferenciadas sobre las cuales se vectorizaron e interpretaron los nuevos elementos existentes en el terreno y que no aparecen en el mapa original.

2.3.1 Evaluación métrica con una exactitud determinada

En este caso es requisito conocer los parámetros métricos de la cámara a emplear, por lo que es imprescindible realizar su calibración. Previo al vuelo hay que evaluar la existencia de elementos a identificar como puntos de control y apoyo para el desarrollo de los trabajos fotogramétricos, de no existir, o tener dudas sobre la exis-

tencia de los mismos, pueden emplearse señalizaciones en el terreno que cuenten con coordenadas determinadas con la exactitud requerida en función con las exigencias de exactitud referidas por el cliente.

Como resultados se obtuvieron pares estereoscópico sobre los cuales se vectorizaron los elementos del terreno (presas, canteras, canales, instalaciones, etc), a los que se desean obtener sus dimensiones, áreas o volúmenes, incluye además la modelación 3D del terreno y de los objetos de obra, entregando un modelo digital del terreno y de superficie de la zona de trabajo, que permitirá investigar y determinar la ocurrencia de desplazamientos, asentamientos y deformaciones en la zona de avance de la obra.

2.3.2 Vuelos en perspectiva con fines diversos

Los vuelos en perspectiva permitieron tener una visión general del desarrollo constructivo de las obras, favoreciendo el descifrado para el análisis de objetos y la actualización operativa de instalaciones o zonas de desarrollo industrial. Las figuras 3, 4, 5 y 6 muestran los avances en el desarrollo de la obra en este caso la construcción de un puente y la rotonda en una de las vías de acceso a la zona de desarrollo del Puerto Mariel.

CONCLUSIONES

El uso de los UAV en trabajos de levantamiento aéreos con diferentes fines se presenta con mucha fuerza dado lo económico que resulta su uso en estas labores por la estabilidad y calidad de los vuelos.

En estos momentos son muchos los países que hacen sus investigaciones en este campo y en un futuro muy cercano con el perfeccionamiento de los UAV y el uso de diferentes sensores se debe imponer como la tecnología más adecuada para realizar trabajos de levantamiento aéreos con diferentes fines.

Los resultados obtenidos demostraron que la tecnología propuesta representa una herramienta útil para el desarrollo de la actualización operativa, el monitoreo de grandes obras ingenieras interpretando imágenes actualizadas de las zonas de trabajo.

3. BIBLIOGRÁFICAS

1. Gallardo, Beatriz.: Estudio de viabilidad de aplicaciones de observación aérea con UAVs y elaboración de un plan de empresa, Tesis doctorado, Universidad Politécnica de Cataluña, España, 2006.
2. Universidad Politécnica de Madrid: .La frontera de la tecnología aeroespacial. XIV Jornadas UPM-FAS. Noviembre 2010.
3. Vision du Ciel: Pixy UAV-RC Platform 2008, Retrieved 13 de marzo, 2013 <http://www.uav-aerial-photography.com/>
4. Parada, Eduardo: Universidad Carlos III de Madrid departamento de ingeniería de sistemas y automática, Tesis de Master Quadcopter: construcción, control de vuelo y navegación GPS, Leganés, Madrid, Octubre, 2012.
5. Trubnikov G.V :Empleo de las Naves Aéreas sin Piloto para fines civiles, ZAO (Sociedad de Acciones Cerradas) «Tranzas» Constructor principal de la NASP, Rusia, Mayo 2013
6. Sinchenko O.N.: Naves aéreas sin piloto: empleo con fines del levantamiento fotográfico aéreo para la cartografía, Rakurs», Moscú, Rusia, 2011.
7. Bermejo Carmen Usos Agrarios de Vehículos no tripulados: Recursos Técnicas Madrid, S. L, España, 2012
8. <http://mundogeo.com/blog/2013/07/03/drones-foram-destaque-em-conferencia-e-feira-de-geotecnologias/>
9. <http://mundogeo.com/blog/2013/07/05/albatroz-aerodesign-lanca-vant-gaivotaono-mundogeoconnect-2013/>
10. http://www.giminternational.com/news/mapping/uas/id7420uas_captures_aerialimages_of_easter_island_volcano.html[03/07/2013 14:56:20]
11. <http://uas.trimble.com/image-processing>[26/06/2013 9:58:58]
12. http://www.giminternational.com/news/mapping/uas/id7302orbit_geospatial_holds_mapping_seminar_at_uas_event.html[04/07/2013 9:25:46]

4. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS

1. Gallardo, Beatriz.: Estudio de viabilidad de aplicaciones de observación aérea con UAVs y elaboración de un plan de empresa, Tesis doctorado, Universidad Politécnica de Cataluña, España, 2006.
2. Universidad Politécnica de Madrid: .La frontera de la tecnología aeroespacial. XIV Jornadas UPM-FAS. Noviembre 2010.
3. Vision du Ciel. Pixy UAV-RC Platform 2008, Retrieved 13 de marzo, 2013 <http://www.uav-aerial-photography.com/>



Figura 1: Terminal de contenedores



Figura 2: Fotomontaje para la actualización operativa



Figura 3: Construcción de puente sobre un arroyo.



Figura 4: Avances de la construcción del puente



Figura 5: Avances de la construcción de la rotonda



Figura 6: Avances de la construcción de la rotonda