



## Vehículos Aéreos no Tripulados (UAVs) en exploración minera - estudio de casos de levantamiento aeromagnético y Lidar

Deny Martín Bayona Pelaez<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Deep Sounding EIRL, Obregon 133, Lima, Perú.

### 1. Introducción

La aplicación de sistemas UAVs o drones define un nuevo desarrollo en estudios geofísicos en zonas de interés mineral con relieve difícil, que no permita la realización de estudios convencionales. Las ventajas de la implementación de los UAVs, incluyen la cobertura de áreas extensa en plazos de tiempo más cortos, imágenes de alta resolución y gran densidad de datos.

Para estos levantamientos, los drones incorporan un magnetómetro que permite medir la anomalía magnética, y un dispositivo Lidar.

Estos datos, se utilizan para la generación de modelos tridimensionales de susceptibilidad magnética que permiten delimitar la extensión de cuerpos mineralizados. Los modelos magnéticos obtenidos son comparados con otros de adquisición terrestre, demostrando que las anomalías magnéticas son mapeadas de forma similar en ambos casos. Para el dispositivo Lidar se muestran los resultados sobre estructuras silicificadas, las cuales permanecen ocultas con fotografía aérea de alta resolución.

### 2. Vehículos no tripulados

#### 2.1. Ventajas

La aplicación de sistemas de aeronaves no tripuladas (UAS) o drones define un nuevo desarrollo en estudios geofísicos aerotransportados.

Estos sistemas se han desarrollados durante la última década y han llegado al punto de aplicación

comercial. Pueden emplearse a baja altitud a pocos metros del nivel del suelo y en un relieve difícil que no permita la realización de estudios tripulados de ala fija o helicóptero. Además, el uso de un UAS es ideal para recopilar datos muy densos sobre mallas de pequeña extensión.

#### 2.2. ¿Por qué usar UAV's?

Estos sistemas son rentables para áreas más pequeñas a las tradicionales voladas con naves tripuladas, posee un despliegue rápido, fácil y mantenimiento de bajo costo. Soporta múltiples cargas útiles y produce imágenes de alta resolución. Los vuelos pueden ser a baja altitud sin distorsión atmosférica y con mayor seguridad frente al método tradicional (*Figura 1*).



*Figura 1.*

### 3. Aplicaciones UAVs en exploración mineral

#### 3.1. Aplicaciones y tecnología

##### 3.1.2. Aplicaciones

UAVs son usados en la actualidad en exploración de materiales metálicos y no metálicos, definición de zonas de alteración (método electromagnético, magnético, etc.), detección de cables, tuberías, mapeo de fallas y lineamientos, detección de límites de agua salada y dulce, identificación de zonas contaminadas, etc.

##### 3.1.2. Tecnología y beneficios potenciales

Medición de área rápida y eficiente usando UAV. Una vez movilizado es 10-20 veces más rápido que el convencional. También se puede utilizar en áreas inaccesibles: pantanos, zonas inundadas, áreas minadas, inestables o colapsadas.

### 4. Aeromagnetometría

El método presenta varias ventajas en comparación con los métodos tradicionales (Tabla 1). El sistema puede volar en altitudes bajas (10–30 m AGL), puede recopilar datos de alta resolución de forma continua a alta velocidad (> 10 m / s). Puede volar con vientos de hasta 6 m / s o más y beneficiarse con sensores de colisión a bordo del sistema. Asimismo, tiene el potencial de reemplazar los levantamientos terrestres, con mayor eficiencia, menor costo, y sin pérdida de calidad de datos.

Se integra un magnetómetro Fluxgate de tres ejes con antena GPS. Consiste en un núcleo pequeño, magnéticamente susceptible, envuelto por dos bobinas de cable. Una corriente eléctrica alterna pasa a través de una bobina, induciendo el núcleo a través de un ciclo alterno (Figura 2). El equipo final montado en un vehículo no tripulado se observa en la Figura 3.



Figura 2.



Figura 3.

#### 4.1. Levantamiento aeromagnético - proyecto El Paraíso

La mineralización en El Paraíso se encuentra en el Volcánico Casma de origen marino del Cretáceo Medio a Superior. Es un depósito con magnetita y hematita diseminada y en estructuras, con valores de oro e impregnaciones de carbonato de cobre en afloramientos. Ensamble de alteración es clorita-epidota. En el Paraíso no hay pirita como depósito de muy baja sulfuración (Tumialán, 2007).

Se realizaron vuelos a 40 m de altura sobre el nivel del terreno usando el sistema magnético aéreo. Esta malla fue replicada sobre el terreno mediante levantamiento terrestre convencional. En la Figura 4 se observan los resultados del levantamiento mostrando fuerte correspondencia entre los datos terrestres con los aéreos, evidenciando en ambos casos la ocurrencia de los mismos cuerpos magnéticos produciendo las anomalías. Estas fuentes magnéticas han sido modeladas en la Figura 5, donde se observa la ocurrencia de bloques magnéticos con extensiones y profundidades similares. La intensidad magnética, en el caso de los datos terrestres, se observa más definida debido a la cercanía natural a la fuente.

Tabla 1

Mag Terrestre	UAV-MAG	Aeromagnetica
5-8 horas	Vuelos día / noche	Vuelos día
3-15 km	100+ km de línea por día	1000 km por vuelo
bajo MOB	bajo MOB	Alta MOB
Bajos costos de espera	Bajo modo de espera	Alto modo de espera
Altas tolerancias climáticas	Tolerancia Media	Tolerancias climáticas bajas
\$\$\$\$ / Línea km	\$ - \$\$ / Línea km	\$ / Línea km
Km 0-200 línea	Hasta 1000 hasta 2000 km de línea	1000+ Line km

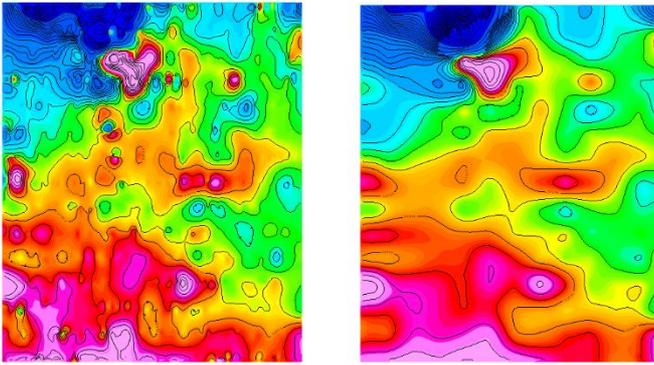


Figura 4.

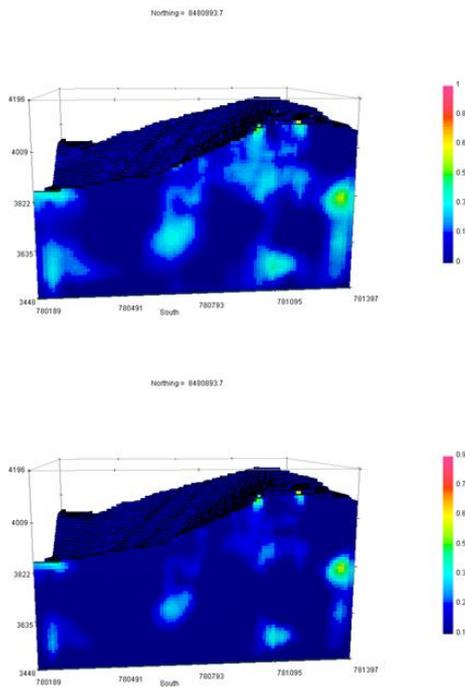


Figura 5.

## 5. Lidar

Este levantamiento fue efectuado en el depósito Fénix en las inmediaciones del poblado de Huarmey. El tipo de depósito es de estructuras mineralizadas con valores de cobre y oro y con aporte de sílica, como principal mineral de relleno. En las zonas altas se evidencia la ocurrencia de secuencias calcáreas con potencial por depósitos de remplazamiento. El equipo usado es un Lidar Velodyne diseñado exclusivamente para sistemas UAV, con emisiones láser de 300,000 emisiones por segundo. Patrones de afloramientos superficiales sugestivos de mineralización económica han podido ser identificados en los datos (Figura 6).

La aplicación exitosa del Lidar se basa en la alta calidad de datos recopilados bajo estrictos estándares de calidad útiles para delinear

características como fallas o litologías resistentes como la silicificación.

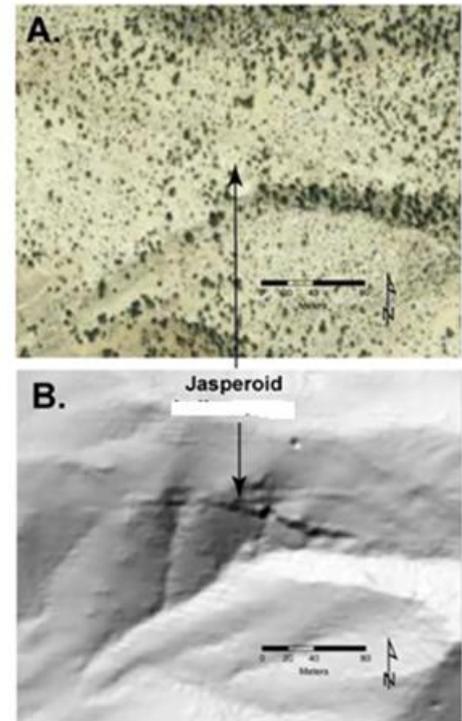


Figura 6.

## 6. Conclusiones

La aplicación de sistemas de Vehículos Aéreos no Tripulados (UAVs) o drones define un nuevo desarrollo en estudios geofísicos, pudiendo emplearse para la prospección mineral geofísica.

El método empleado de magnetometría aérea ha probado eficiencia en la definición de anomalías de interés exploratorio, las cuales correlacionan con anomalías y modelos de levantamientos terrestres.

Las ventajas de la implementación de los UAVs sobre los métodos convencionales de prospección, incluyen la cobertura de áreas extensa en plazos de tiempo más cortos, imágenes de alta resolución y alta densidad de datos, con un consecuente ahorro en costos.

El dispositivo Lidar ha sido eficaz en mapear estructuras silicificadas, las cuales permanecen ocultas con fotografías aéreas de alta resolución, también efectuadas por drones y aviones convencionales.

## Agradecimientos

A la compañía Deep Sounding por financiar este estudio.

A la empresa Minera Mapsa por ceder estos datos de campo.

A los organizadores de este evento por la oportunidad de exponer este tema ante la comunidad minera.

## **Referencias**

Tumialán, P.H. 2007. Informe interno de estudio de campo Proyecto El Paraíso. Minera Mapsa.

