

Geotecnología, geolocalización, GIS, sensores remotos, drones, observación de la Tierra, imágenes satelitales, análisis espacial.



Utilización de drones en la creación de modelos 3D aplicados a la geología de yacimientos

Por **Alejandro Bascur, Marcelo López y Sergio Robledo** (Pampa Energía)

Actualmente, la necesidad de tener información cartográfica correctamente actualizada y la obligación de contar con información topográfica del terreno en el menor tiempo posible son aspectos que hacen que los drones ganen especial importancia.

Los métodos tradicionales, como la fotogrametría aérea, son sistemas muy precisos. Sin embargo, pueden resultar caros, porque requieren del empleo de demasiados recursos y sus resultados no se obtiene de forma inmediata.

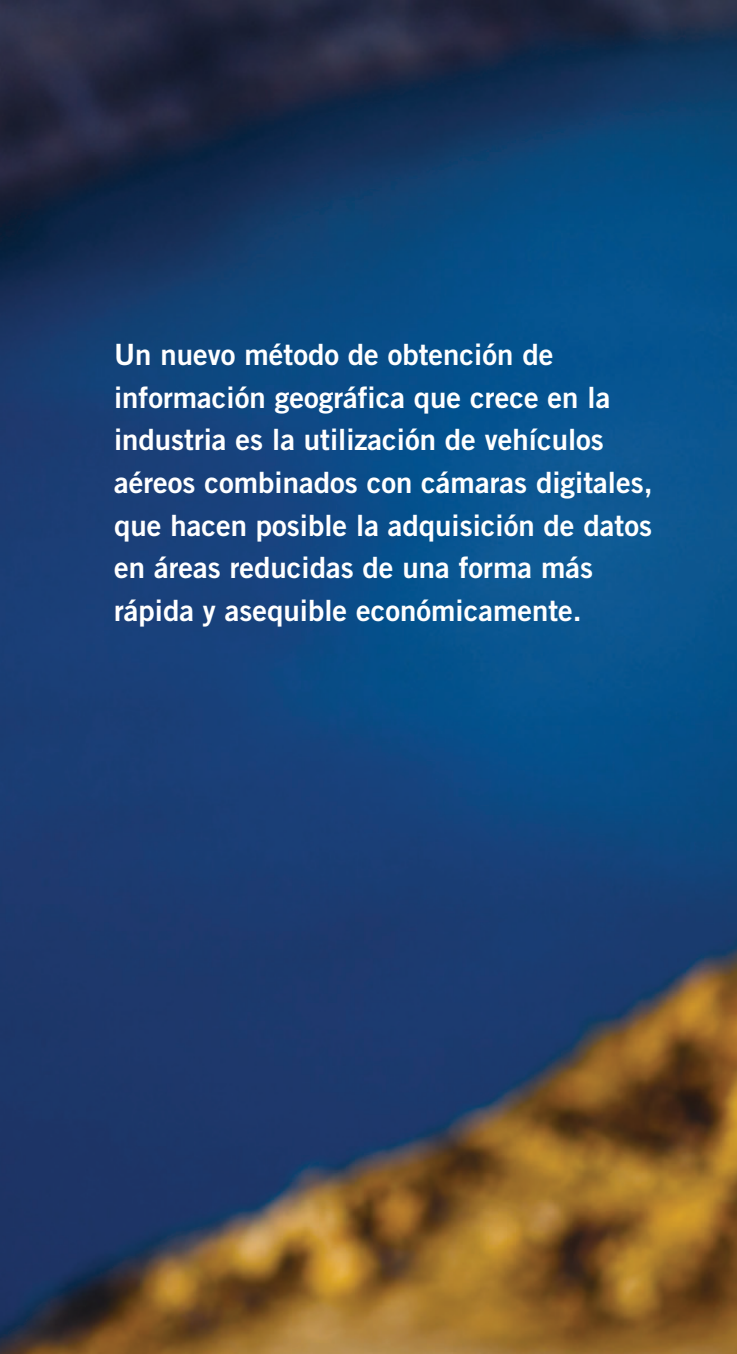
Para remediar este problema, surge la utilización de drones como nuevo método de obtención de información geográfica. Estos vehículos aéreos combinados con cámaras digitales hacen posible la adquisición de datos en áreas reducidas de una forma más rápida y asequible económicamente, teniendo como ventaja adicional la facilidad para incorporar cualquier sensor (por ejemplo, infrarrojo).

Con respecto a los métodos tradicionales, las principales ventajas de la utilización de vehículos aéreos no tripulados son la reducción de costo (demasiado elevados en los sistemas de fotogrametría aérea clásica), la alta flexibilidad para la adquisición de imágenes desde puntos prácticamente inaccesibles y la reducción del tiempo de procesamiento para la obtención de un ortomosaico.

Además la utilización de drones para la obtención de información de áreas pequeñas resulta beneficiosa, ya que es más económica que los métodos tradicionales.

Asimismo, el uso de cámaras digitales en lugar de métricas permite incrementar las características favorables de estos sistemas que son cada vez más utilizados en múltiples aplicaciones.

Como desventajas podemos mencionar que debido a sus limitaciones de carga se deben utilizar cámaras más pequeñas, esto conlleva a una disminución de la precisión de los resultados con respecto a las cámaras utiliza-



Un nuevo método de obtención de información geográfica que crece en la industria es la utilización de vehículos aéreos combinados con cámaras digitales, que hacen posible la adquisición de datos en áreas reducidas de una forma más rápida y asequible económicamente.

das en los métodos tradicionales con los aviones.

Otro gran problema es la baja precisión del equipamiento de GNSS (global Navigation Satellite System).

Objetivo del proyecto

El objetivo de este trabajo es mostrar una adaptación para hacer uso de esta tecnología en el relevamiento de afloramientos, con el fin de realizar interpretaciones geológicas y extrapolarlas al subsuelo de los yacimientos.

Metodología

En el estudio de estructuras geológicas, toma particular importancia el valor de altitud absoluta, ya que los datos medidos son incorporados al conjunto de cotas

absolutas obtenidas en el subsuelo a partir de registros en perforaciones.

A pesar de la alta precisión del GPS nativo en coordenadas horizontales y verticales relativas, no llega a satisfacer los requerimientos de exactitud vertical absoluta necesarios. Los intentos de calibración de la metadata registrada brindan diferencias significativas respecto de los puntos con cotas fijas conocidas.

En consecuencia se genera una incertidumbre entre las limitaciones del equipamiento y la tolerancia óptima requerida para cada estudio, para dar solución a este problema es que realizamos una serie de pruebas y obtuvimos resultados que detallaremos a continuación.

Adquisición y procesamiento inicial de datos

Para realizar este trabajo se determinaron cuatro zonas de afloramientos en la cuenca neuquina: tres dentro de áreas operadas por Pampa Energía S.A. y una zona en Zapala, donde son característicos los afloramientos de Vaca muerta.

La primera registración se llevó a cabo en el Yacimiento El Mangrullo, en un área de aproximadamente 2 km². La elección de esta zona como primera opción se debió a la existencia de puntos de control tomados durante la registración sísmica 3D en 2019, por lo tanto, contábamos con el levantamiento topográfico con estaciones totales, que nos serviría para verificar la calidad de nuestro modelo.

El área registrada consta de una gran dificultad topográfica, debido a que está compuesta por una pared vertical de unos 300 m de diferencia entre el punto más alto y el más bajo.

En esta oportunidad utilizamos los parámetros estándar de registración, los levantamientos tradicionales de mapeo con drones se basan en misiones de cuadrícula, que cubren el área de interés con imágenes del nadir (el eje óptico de la cámara es perpendicular al suelo) colocadas en una cuadrícula. El espacio entre imágenes adyacentes se elige para que coincida con un parámetro de superposición, y la altitud de vuelo se selecciona de acuerdo con la distancia de muestreo del suelo deseada (GSD: determina qué área de la superficie está representada por cada píxel en la imagen). Se tomaron 1258 fotos, y luego de procesarlas obtuvimos el primer modelo digital de superficie de la zona (DSM) y un ortomosaico, con los que construimos el primer modelo 3D de la zona registrada.

Lo primero que realizamos fue la comparación visual y pudimos observar que la calidad de la imagen obtenida era superior a las logradas hasta ese momento, principalmente en las zonas de fuertes cortes verticales, debido básicamente a un distanciamiento mayor entre puntos de los modelos satelitales (orden de metros) contra un

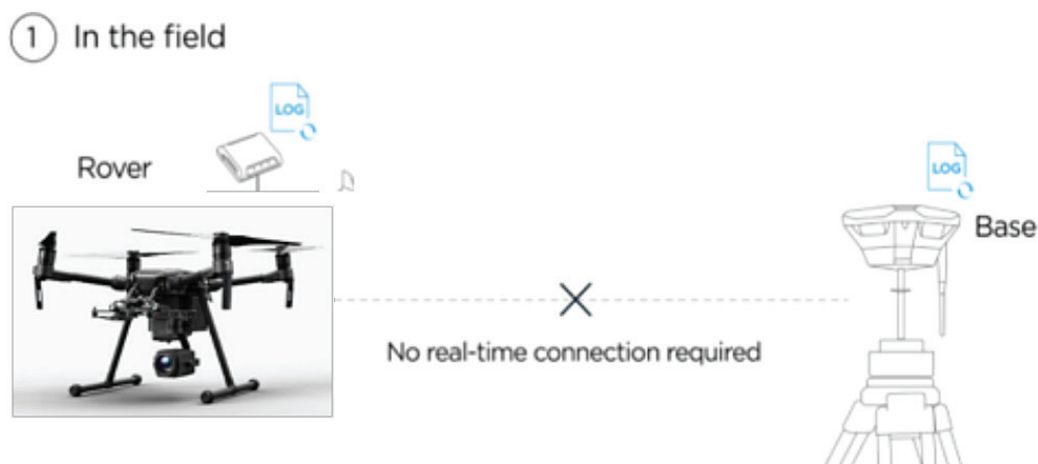


Figura 1. Metodología posprocesamiento

distanciamiento menor (orden de cm) del dron, se obtuvo así una mayor definición.

Al conseguir una calidad de imagen mayor, las interpretaciones geológicas son mucho más precisas a partir del modelo 3D obtenido.

El segundo paso que realizamos fue trazar un perfil topográfico de la información registrada durante la sismica y lo comparamos con un perfil topográfico de la información obtenida durante la registración con el dron. Aquí comenzamos a observar grandes diferencias, del orden de los 70 m, entre la altitud que estaba tomando el dron con su GNSS y los valores que ya habían sido medidos. También observamos que esa diferencia cambiaba en distintos puntos del modelo y no se mantenía constante en distintos puntos del terreno.

Como mencionamos, uno de los ejes fundamentales era obtener altitudes lo más exactas posibles a los valores reales, por lo tanto, esta diferencia tan grande entre los modelos era inaceptable. Para intentar dar solución recurrimos a los sistemas georreferenciados de datos denominados RTK y PPK.

Sistemas georreferenciados de datos RTK y PPK

La diferencia entre el sistema RTK y el PPK reside en cómo cada uno obtiene la solución, ya que mientras el RTK (*Real Time Kinematics*) lo realiza en tiempo real, el PPK (*Post Processed Kinematic*) lo hace en posproceso. En teoría, ambos sistemas deberían obtener el mismo resultado o la misma solución, ya que el origen de los datos (satélites) son los mismos.

De la evaluación de ambos métodos decidimos avanzar con el sistema PPK, ya que como la zona presenta grandes variaciones del terreno, el sistema RTK perdía conexión entre la base y el dron, por ende perdía calidad la información ajustada. Además, la información del RTK era utilizada para garantizar el posicionamiento centimétrico del dron, y las correcciones del RTK no pasaban a la metadata de las fotografías, las cuales conservaban el error original del GPS de navegación.

Para el caso del PPK el rover y la base guardan información cada uno por su lado y las correcciones se hacen



en el posproceso. Luego, esas correcciones se pueden pasar a la metadata de las fotografías para utilizarlas en la generación de las ortofotos.

Al finalizar la evaluación de ambos sistemas decidimos inclinarnos por el PPK, para lo cual adquirimos nuevo equipamiento.

Sistema EMLID

La firma Emlid (www.emlid.com) emplea equipamiento RTK/GNSS de bajo costo con el que se puede obtener precisión centimétrica, se utilizan los métodos RTK y PPK y sistemas propios o de terceras partes para su enlace RTK, como 4G, wifi, Lora, etc.

Para el proyecto se empleó un rover Reach M+ alimentado por un battery bank Samsung de 1000 mA adaptados a bordo del dron (se utilizó un Matrice M200 V1) y para la base se usó un equipo Reach RS+, ambos configurados en modo PPK (figura 1).

Luego de realizar el plan de trabajo de registración, en la oficina procedimos a posprocesar los registros obtenidos, para ello utilizamos:

- un archivo de observación RINEX desde la base.
- un archivo de observación RINEX del rover.
- un archivo de navegación RINEX desde la base (estación de referencia en un rango de 30 km).
- RTKLIB.

El resultado del posprocesamiento es una serie de archivos *.evento.pos, los cuales contienen la lista de posiciones precisas de cada posición del dron (Figura 2).

Emparejamiento de la ubicación geográfica

Cada foto tomada por la cámara durante el vuelo tiene una metadata llamada exif (*Exchangeable image file format*), donde podemos observar cual es la posición en X, Y su altitud.

Una vez que tenemos las coordenadas ajustadas, con la metodología mencionada (Sistema EMLID) necesitábamos hacerlas coincidir con nuestro conjunto de imágenes.

Ajuste de los exif de las fotos

Para ajustar los exif de las fotos utilizamos la herramienta GeoSetter (<https://geosetter.de/en/main-en/>). Básicamente reemplazamos las coordenadas de la primera foto con el punto de coordenada del posproceso más cercano y finalmente le indicamos que realice el mismo procedimiento automáticamente para todas las imágenes. De esta manera conseguimos que las imágenes se ubiquen en las mismas coordenadas que el posicionamiento del dron.

Cabe mencionar que no es la posición exacta del momento en el que se tomó la imagen, ya que hay unas milésimas de segundo de diferencia entre que la cámara toma la foto y graba el exif, a diferencia del grabado de la posición que toma el GPS que es instantánea, pero tratamos de atenuar esta diferencia aumentando el overlap entre imágenes (reduce el tiempo de disparo).

Adquisición y procesamiento final de datos

Con las modificaciones realizadas al dron, la adquisición de nueva tecnología y las metodologías de tratamiento y ajuste del posicionamiento geográfico de las imágenes volvimos a realizar el relevamiento original y además procedimos a registrar el resto de las zonas marcadas al inicio.

Además, decidimos alterar algunos parámetros en la registración, básicamente utilizamos una modalidad de registración que provee la herramienta llamada *hill scan*, que toma como base un modelo de terreno preexistente.

Generación del modelo de superficie (DEM y ORTOMOSAICO)

Con las nuevas imágenes tomadas y con los exif ajustados, solo nos quedaba realizar el modelado de la información.

Este modelado lo realizamos con una herramienta específica para tal fin donde definimos como datos de entrada las imágenes ajustadas y los puntos de control (si fueron tomados).

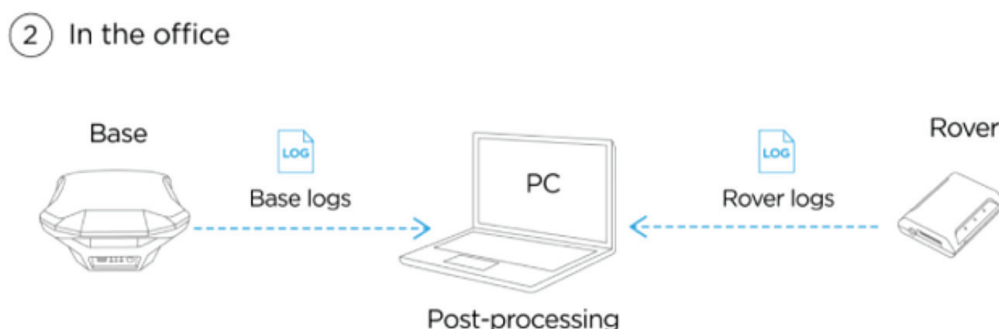


Figura 2.

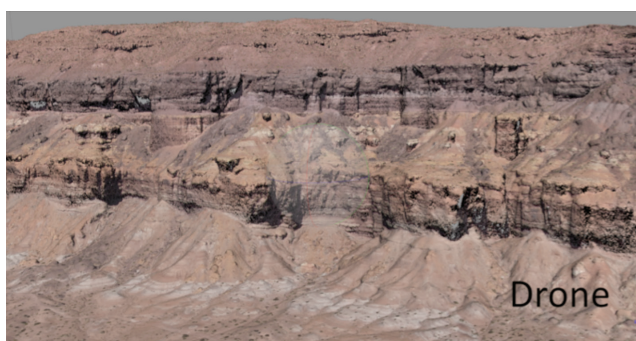


Figura 3. Calidad de imagen mejorada.

El primer producto generado fue una nube de puntos, que básicamente son los puntos de coincidencia entre imágenes, aquí realizamos un ajuste de parámetros aumentando el número de coincidencias entre imágenes (a mayor número el modelo es más exacto, pero el tiempo de procesamiento se incrementa).

El segundo producto obtenido fue una nube densa de puntos (al ajustar los parámetros de generación para darle una calidad alta), es decir mayor cantidad de puntos (nuevamente a mayor calidad mayor tiempo de proceso y mayor requerimiento de hardware).

Por último, con esta nube densa de puntos procedimos a generar el DEM y el ortomosaico.

Existen varios subproductos más que se pueden generar a partir de la nube densa, pero no son importantes para nuestro estudio.

Una vez creados el DEM y el ortomosaico, mediante la utilización de herramientas GIS procedimos a la creación del modelo 3D, el cual fue utilizado para la extracción de la información necesaria.

Además, observamos que hemos conseguido un mayor detalle en lugares muy accidentados, donde una registración normal, por lo general, no alcanza a resolver el modelo, mejorando así la resolución. Esto nos permite tener una mejor calidad de dato al momento de realizar el trabajo de extracción de información del modelo (Figura 3).

Por otro lado, y aplicando la metodología definida observamos como nuestro nuevo modelo DEM se ajusta casi a la perfección con el modelo base, esto nos permite tener la seguridad de que, al extraer información georreferenciada del modelo, esta es de la mejor calidad y exactitud (Figura 4).

Conclusión

En resumen, observamos que por medio de las nuevas modificaciones realizadas al dron y la optimización del ajuste a los parámetros de registración y procesamiento de las imágenes pudimos obtener un mejoramiento de la calidad de imagen registrada, así como también un ajuste casi perfecto con la topografía original, esto nos permite establecer un *framework* de trabajo replicable acelerando los tiempos de ejecución y proceso con un estándar de calidad muy aceptable.

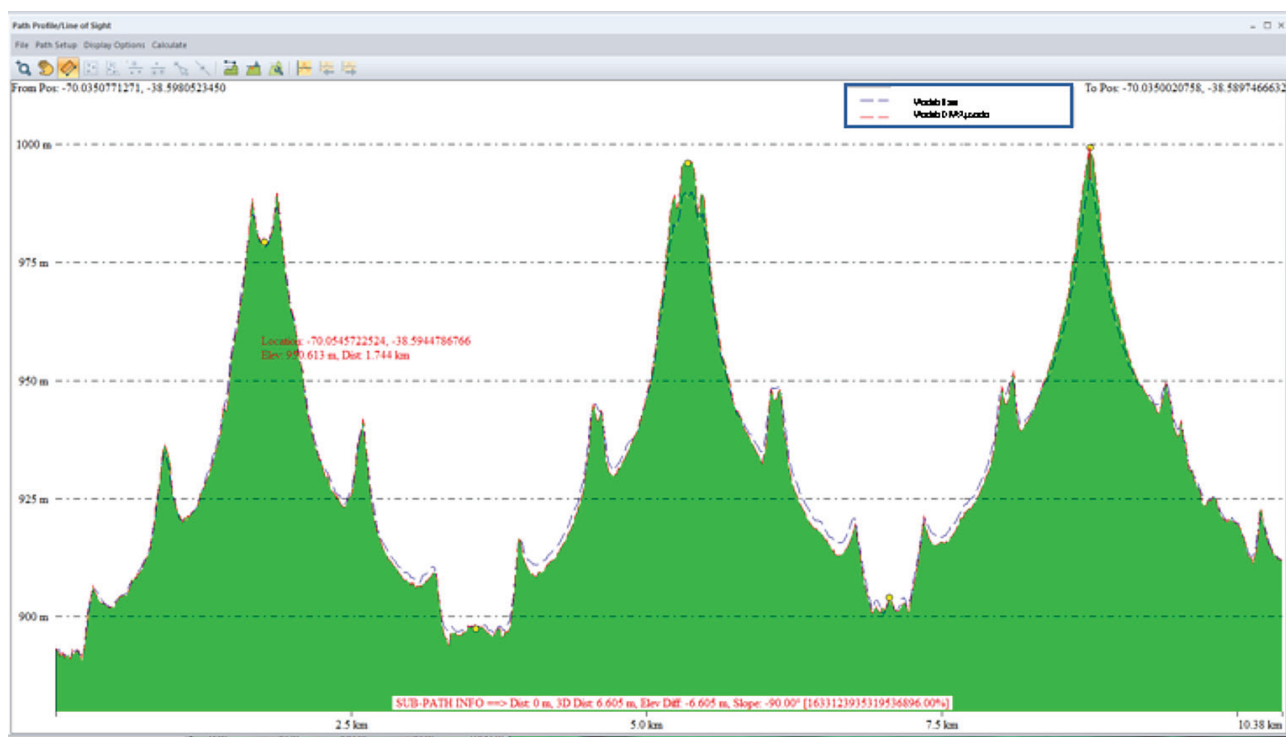


Figura 4. Modelo DEM ajustado versus modelo base.