

## Sistema aéreo no tripulado se revela como una plataforma de medición geofísica para levantamientos aeromagnéticos

Bulent Tezkan,<sup>1\*</sup> Johannes B. Stoll,<sup>2</sup> Rainer Bergers<sup>1</sup> y Hannah Grofibach<sup>1</sup> informan sobre un proyecto piloto reciente para probar la viabilidad de sistemas de aviones no tripulados para llevar a cabo levantamientos aeromagnéticos.

Un sistema de aeronave no tripulada (UAS) representa un enfoque rentable y más respetuoso del medio ambiente a la labor de reconocimiento aéreo y levantamiento geofísico. El método ha saltado muchos obstáculos tecnológicos en las últimas décadas con sistemas que demuestran su valía en numerosas aplicaciones civiles y militares. Sin embargo, no ha sido ampliamente utilizado como una plataforma para mediciones geofísicas. En este estudio, se estudia el potencial para llevar a cabo mediciones magnéticas desde UAS.

UAS consiste en la aeronave que es esencialmente un helicóptero robot y un sistema de control en tierra. Contiene un ordenador de control de vuelo, navegación de precisión (GPS y una unidad de medición inercial) y la electrónica de control de vuelo, un motor de vibración baja y una carga útil, por ejemplo, un sistema de medición geofísica. Dichas aeronaves tienen una gran versatilidad en cuanto a capacidad de carga útil y, debido a su navegación de precisión y vuelo controlado por ordenador, la capacidad de flotar o volar

a baja velocidad cerca del suelo en áreas de interés. El uso de UAS para la prospección geofísica ofrece una serie de ventajas sobre sistemas convencionales con piloto y sobre mediciones geofísicas con base en tierra o vehículo. Nosotros hemos utilizado el UAS Scout B1-100 desarrollado por Aeroscout en Lucerna, Suiza. Este UAS tiene una carga útil de 15 kg con una autonomía de aproximadamente una hora (figura 1). Cumple los requisitos técnicos para la realización de levantamientos aerogeofísicos. El UAS tiene capacidad de vuelo autónomo, que opera en un modo de punto del plan de ruta. En este modo el helicóptero vuela por una serie de puntos de paso pre-programados ejecutando parámetros predefinidos de la misión (coordenadas, rumbo, altitud y velocidad).

La exploración geofísica que emplea UAS es mucho más rápida que levantamientos geofísicos basados en tierra o vehículo y por lo tanto es ideal para levantamientos geofísicos de tamaño medio en el rango entre 0,1 km<sup>2</sup> y 10 km<sup>2</sup>. Puede volar con seguridad a alturas bajas (aprox. 1 m). Esto



Figura 1 Scout B1-100, desarrollado por AeroScout, Suiza: Peso 43 kg; carga útil 15 kg.

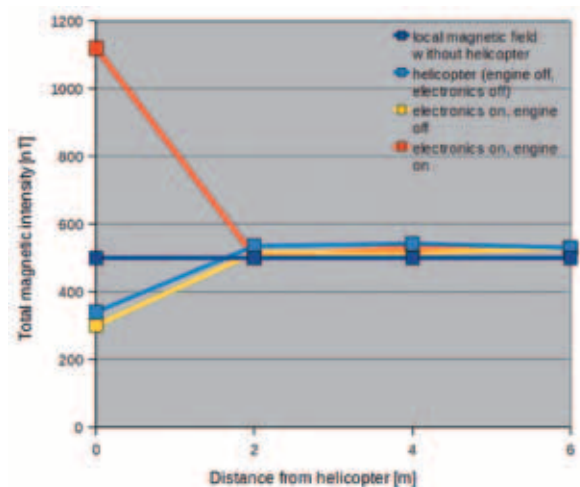


Figura 2 El ruido magnético en función de la distancia entre UAS y el sensor magnético. Los datos se abstraen por el campo magnético normal de la tierra local.

<sup>1</sup> Instituto de Geofísica y Meteorología de la Universidad de Colonia, Alemania.

<sup>2</sup> Tecnologías geofísicas móviles, Celle, Alemania.

\* Correspondencia al autor, e-mail: tezkan@geo.uni-koeln.de

## EM/Métodos potenciales

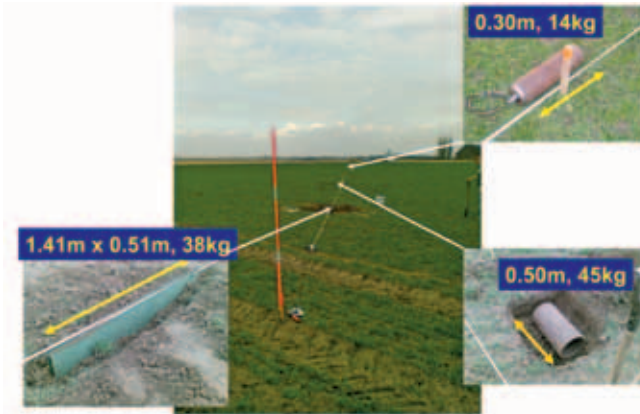


Figura 3 Vista del área del levantamiento sobre el perfil central que incluye tres objetos enterrados.

permite mapeo de alta resolución de firmas magnéticas en el suelo y en levantamientos geofísicos de tamaño medio cuesta menos comprar y operar que una aeronave con piloto.

Volar con navegación de precisión cerca a la superficie permite recoger datos geomagnéticos de alta resolución en redes de medición densas.

### Ruido en datos magnéticos debido a UAS

Un magnetómetro de tres ejes (desarrollado por Magson, Alemania) fue acoplado al UAS. El peso de este magnetómetro es de 3,1 kg e incluye el sensor magnético, la electrónica correspondiente, el registrador de datos y un tubo de protección. Esto hace que sea muy adecuado para la realización de levantamientos magnéticos desde UAS. Sin embargo, las



Figura 4 Vuelo autónomo de UAS durante el levantamiento aeromagnético cerca de Colonia.

mediciones del ruido se llevaron a cabo de antemano para identificar el ruido magnético que se genera por el UAS e interfiere con las mediciones magnéticas.

Se identificaron las siguientes fuentes de ruido:

- piezas ferromagnéticas del propio UAS
- El ruido causado por el control electrónico del UAS
- El encendido por chispa del motor de combustión del UAS

Se llevaron a cabo pruebas para identificar las diferentes intensidades de ruido y las distancias requeridas del sensor al UAS (figura 2). Para sensor de UAS con distancia mayor a 4 m el ruido magnético varía dentro de un límite de error de 10nT. Además del ruido magnético, los datos también se ven influidos por la posición del sensor encima del objetivo. Esto significa que es esencial una trayectoria de vuelo del UAS muy estable y predecible. Oscilaciones o movimientos del sensor que cuelga debajo del UAS también necesitan estar bajo control. AeroScout proporcionó soluciones a estos requerimientos.

### Levantamiento magnético con UAS cerca de Colonia, Alemania

En un proyecto piloto UAS se utilizó cerca de Colonia, Alemania, por primera vez para probar su rendimiento y su aplicabilidad para mediciones aeromagnéticas. Tres objetos de hierro se enterraron con antelación en el suelo con intervalos de 15 m. El tamaño de los objetos magnéticos era de 0,3 m para el objeto pequeño y 1,4 m para el objeto grande (figura 3). El conjunto del sensor en el UAS se compone de un sensor de magnetómetro, la electrónica y un sistema de adquisición de datos. La trayectoria de vuelo se observaba muy bien durante el modo de vuelo autónomo (condiciones

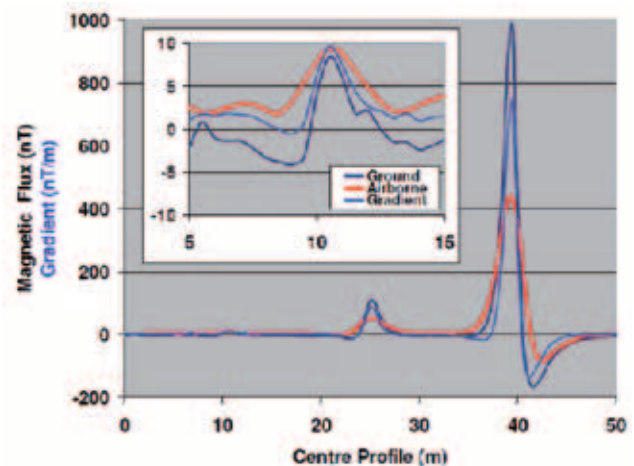


Figura 7 Resultados de mediciones magnéticas con el uso de un UAS comparados con mediciones magnéticas en la tierra de la intensidad total y el gradiente vertical. Las mediciones se llevaron a cabo en el perfil central (Figura 3) y los datos se sustraen por el campo magnético de la tierra normal local (48.600 nT).

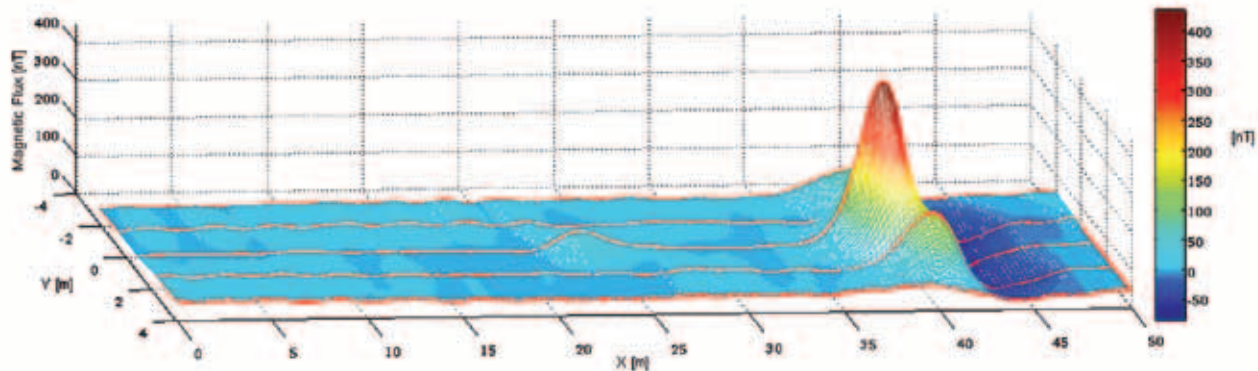


Figura 5 Campo magnético total medido con la válvula de flujo unida a UAS en el modo de vuelo autónomo con un espaciado de líneas de 1,5 m. La altura del sensor fue de 1,8 m. Se resta el campo magnético normal local (48.610 nT).

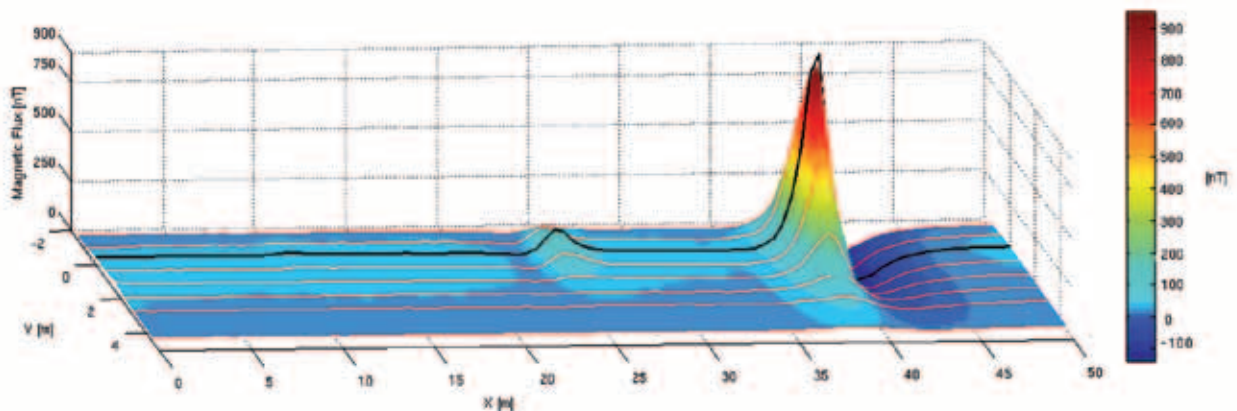


Figura 6 Campo magnético total medido con gradiómetro de Overhauser por levantamiento del suelo en una malla regular (distancia entre líneas 0,75 m,  $\Delta x = 0,5$  m). La altura del sensor fue de 1,4 m. Se resta el campo magnético normal local (48.600 nT).

del viento: 15 a 20 km/h, chubascos, aprox. 40-50° entre la dirección del perfil y el viento) y los movimientos del sensor por debajo del UAS pueden ser controlados fácilmente (figura 4).

Un vuelo encima de estos objetos enterrados se llevó a cabo a lo largo de cinco perfiles cada uno de 50 metros de largo con un espaciado de línea de 1,5 m para evaluar la viabilidad y el rendimiento del UAS (figura 5). La distancia entre el magnetómetro y la superficie de la tierra era de aproximadamente 2 m. Además, un levantamiento magnético del terreno con el uso de un gradiómetro Overhauser se llevó a cabo en el mismo lugar (figura 6) con el fin de comparar el magnetismo de la tierra y el UAS. Los tres objetos fueron claramente identificados y se alcanzó una excelente comparación con el magnetismo de tierra (figura 7). La anomalía de unos 5 nT resultó del pequeño objeto enterrado (0,3 m de longitud y 14 kg, véase Figura 3). Esto es menos que las anomalías por objetos metálicos más grandes. Por lo tanto, los datos magnéticos para los metros de perfil de 5 a 15 m se trazaron de nuevo utilizando escala diferente para demostrar la anomalía.

## Conclusiones

Esta prueba revela que la utilización del UAS permite realizar mediciones geofísicas efectivas de tiempo y costo para adquirir imágenes del campo magnético de alta resolución. Objetos de hierro enterrados en la zona de ensayo se han detectado claramente por el levantamiento magnético de UAS y se logró una excelente comparación entre el magnetismo de la magnética de UAS y la convencional del suelo.

## Reconocimientos

Este estudio fue financiado por la Deutsche Forschungsgemeinschaft TE170/12-1.

Agradecemos a A. Hordt y P. Hofmeister (Universidad de Braunschweig) por permitirnos usar su magnetómetro Fluxgate de tres componentes. Agradecemos también al equipo de AeroScout por sus soluciones innovadoras para nuestras necesidades y un servicio de vuelo muy satisfactorio.

También estamos agradecidos al agricultor que nos ha permitido llevar a cabo este levantamiento en su propiedad y a los estudiantes de la Universidad de Colonia, que participaron en las mediciones.