



UNIVERSIDAD
COMPLUTENSE
MADRID

**Proyecto de Innovación
Innova-Docentia
Convocatoria 2018/2019**

Nº de proyecto: 24

Título: “RPAS (Remotely Piloted Aircraft Systems) para la elaboración de salidas de campo virtuales como recursos docentes “flipped classroom” para Grados relacionados con Ciencias de la Tierra.”

**Responsable: María Josefa Herrero Fernández
Centro: Facultad CC. Geológicas
Departamento: Mineralogía y Petrología**

Proyecto PIND N°24 “RPAS (Remotely Piloted Aircraft Systems) para la elaboración de salidas de campo virtuales como recursos docentes “flipped classroom” para Grados relacionados con Ciencias de la Tierra.”

1. Objetivos propuestos en la presentación del proyecto

El principal objetivo del Proyecto es continuar con el desarrollo de material docente geológico y de recorridos de interés geológico virtuales además del uso de RPAS (Remotely Piloted Aircraft System) aeronaves no tripuladas que permiten acercarse a zonas de difícil accesibilidad. Este proyecto pretende desarrollar prácticas de campo virtuales mediante el manejo de nuevas tecnologías, tanto usando métodos de adquisición y elaboración de datos geológicos (RPAS: Remotely Piloted Aircraft System) como para su presentación y uso de la información y comunicación (TICs). En la actual era digital ha aumentado drásticamente la capacidad de estudiar y monitorizar los procesos en la superficie terrestre, siendo los sistemas de aeronaves no tripuladas (RPAS) la última tecnología desarrollada para la obtención de imágenes de la superficie de la Tierra, revolucionando la capacidad de recopilar rápidamente observaciones de alta calidad, con bajo coste y bajo riesgo. En la mayoría de las asignaturas de los grados de Geología, Ingeniería Geológica y en asignatura relacionadas con la Geología en el Grado de Ingeniería Civil y Territorial, la realización de recorridos geológicos virtuales aporta un valor añadido a las prácticas de campo y de laboratorio de asignaturas que permiten complementar y enlazar sus contenidos con los explicados presencialmente en las clases de teoría. De esta forma el alumno realiza una salida virtual desde su ordenador (o móvil) y accede de forma inmediata a la información necesaria: datos geológicos de una zona donde se presentan ejemplos de temas geológicos relacionados con asignatura concretas. Este proyecto complementa a los proyectos PIMCD-2014-nº227, PIMCD-2015-nº258, PIMCD-2016-292 y PIMCD-2017-nº79, los cuales han resultado de gran interés para los alumnos, como se ha podido constatar en la realización de encuestas de satisfacción. Este material docente ya se ha implementado en los campus virtuales de diversas asignaturas del Grado de Geología e Ingeniería Geológica y ha servido como apoyo y complemento a salidas presenciales ya establecidas en la carga docente de las mismas.

2. Objetivos alcanzados

El desarrollo del PIMCD “RPAS (Remotely Piloted Aircraft Systems) para la elaboración de salidas de campo virtuales como recursos docentes “flipped classroom” para Grados relacionados con Ciencias de la Tierra.” Ha permitido la elaboración de material audiovisual a partir de información recogida mediante el uso de drones.

Se han realizado varios vuelos de 20 minutos de duración en 4 zonas de campo de interés geológico para distintas áreas docentes en Grados relacionados con las Ciencias de la Tierra: Villamanín (León), Yepes (Toledo), El Pontón de la Oliva (Guadalajara), Pálmaces de Jadraque (Guadalajara). El tiempo de grabación está restringido a 20 minutos ya que este es el tiempo de vuelo que permite la batería. Al contar con 3 baterías se ha podido grabar cerca de 1 hora en cada zona. El material audiovisual consta de imágenes tanto de video como fotografías.

Con este material audiovisual se ha procedido a la elaboración de material didáctico con aplicación a diferentes temáticas:

1. Grado en Ingeniería Geológica 4º curso: Utilización de técnicas de observación remotas para la caracterización geomecánica de macizos rocosos en la asignatura “Geología de Campo”.
2. Trabajo Fin de Master “Master de Exploración de Hidrocarburos y Recursos Minerales”: Uso de dron en exploración de recursos mineros.
3. Grado en Geología (1º curso) y Grado en Ingeniería Civil y Territorial (UPM), asignatura Geología (2º curso): Análisis de las cárcavas del El Pontón de la Oliva que se realiza como salida de campo de dichas asignaturas.
4. Además se ha adquirido material con el cual estamos realizando vídeos de la zona de Pálmaces de Jadraque, zona que completa la información disponible como salida de campo en la hoja de Salidas de campo virtuales, hoja web del proyecto: <https://www.ucm.es/salidas-de-campo-virtuales/salida-de-campo-1>

3. Metodología empleada en el proyecto

La metodología desarrollada para la realización de este proyecto de innovación docente pretende crear itinerarios geológicos o estudiar puntos de interés geológico a partir de diferentes clases de entidad geo-referenciadas en cuya tabla de contenidos se encuentra toda la información que el profesorado quiere que el alumnado conozca.

Los componentes del equipo se han agrupado por temáticas y han elaborado material virtual de interés geológico y docente mediante la toma de fotografías o de imágenes desde el aire. Posteriormente, cada grupo ha elaborado el material docente en función de la materia donde será utilizado.

Para alcanzar los objetivos planteados en este proyecto se han aplicado diferentes técnicas de trabajo, las cuales se pueden resumir en los siguientes apartados:

1. Determinación de la zona a estudiar.

- a) Selección de recorridos o puntos de interés geológico y temática a desarrollar.
- b) Determinación de los puntos de interés del recorrido y elaboración de textos básicos sobre la zona geológica en la que se va a trabajar
- c) Desarrollo de esquemas y gráficos explicativos.
- d) Elaboración de preguntas y cuestiones a resolver por el alumno sobre la zona a visitar. Toda esta información será añadida a la tabla de contenidos de las distintas clases de entidad en el SIG o se incluirán en los videos explicativos

2. Elección del itinerario y de las paradas a realizar por el alumno.

- a) Reconocimiento en el campo de los itinerarios o zonas de interés: corroborar la idoneidad de la zona elegida.
- b) Obtención de material multimedia (fotos y videos), toma de datos desde el aire por medio del dron.
- c) Determinación de puntos de observación: en cada punto se ha elaborado una ficha de información geológica. Toda esta información será incluida igualmente en la tabla de contenidos de las distintas clases de entidad en el SIG o en los vídeos explicativos de la salida.
- d) Elaboración del canal de video (en Youtube o mediante otros canales).
5. Implementación de las salidas virtuales en asignaturas y Encuestas de satisfacción y análisis de resultados.
6. Elaboración de Memoria PIMCD

3. Adquisición de videos aéreos de la salida virtual mediante RPAS (Remotely Piloted Aircraft System).

4. Desarrollo del trabajo informático

- a) Realización del itinerario virtual en el SIG.
- b) Elaboración de videos de los vuelos de las salidas virtuales.
- c) Elaboración de modelos 3D por medio de distintas aplicaciones informáticas.
- c) Adecuación de los contenidos a la página web (<https://www.ucm.es/salidas-de-campo-virtuales/>).

4. Recursos humanos

El grupo está constituido por profesores con amplia experiencia docente y de preparación y realización de salidas de campo para diferentes asignaturas de los Grados de Geología, Ingeniero Geólogo y Másteres de la Facultad de CC. Geológicas, así como para el Grado de Ingeniería Civil y Territorial impartido en la ETSI de Caminos, Canales y Puertos de la Universidad Politécnica de Madrid. Todos los profesores tienen una amplia experiencia en el campo del e-learning, manejo de páginas Web y desarrollo de procesos formativos en el Campus Virtual. Además, el profesorado y los investigadores tiene experiencia en el manejo de aplicaciones informáticas para el análisis y el diseño de modelos geológicos y a su vez han aprendido el uso de varias aplicaciones de edición de material docente:

- ArcGIS para realizar mapas georeferenciados y recorridos virtuales.
- Agisoft photoscan para realizar modelos digitales del terreno.
- Dron2Map for ArcGis para realizar cartografías con datos obtenidos mediante el dron
- Software para hacer modelos 3D
- Canal youtube para maquetar videos
- Programa Wondershare Filmora para editar videos

La toma de datos en campo, la elaboración de mapas geológicos y el tratamiento de muestras en el laboratorio, forman una parte muy importante en la metodología de trabajo en Geología. Por esto las prácticas de campo constituyen una carga docente esencial y básica en la gran mayoría de las asignaturas de los Grados de Geología e Ingeniería Geológica. Los diferentes miembros del grupo han aportado su experiencia docente e investigadora en los trabajos de campo desarrollados en las distintas disciplinas que se imparte en los Grados que se imparten en la Facultad de CC. Geológicas (UCM) y las materias relacionadas con la Escuela de Caminos (UPM). El interés de este proyecto queda plasmado en el número de profesores interesados en participar, ya que consideran que el resultado es un apoyo docente importante a las diferentes temáticas que imparten. También cabe destacar la transversalidad que se consigue con la realización de estas salidas virtuales, ya que una salida realizada para una asignatura concreta puede ser hecha por alumnos de otra asignatura para la cual sea de interés. La mayoría de los componentes del equipo son profesores (13), los cuales aportan los conocimientos sobre zonas de interés docente, así como la interpretación de los datos en cada recorrido. El proyecto cuenta también con 6 estudiantes de posgrado que han contribuido a la elaboración de material audiovisual (videos) además de aprender una nueva metodología docente.

Para la realización de los vuelos con el dron(RPAS) es necesario un piloto de aeronaves civiles pilotadas por control remoto y se exige poseer los conocimientos teóricos y disponer de un certificado avanzado para pilotaje, título expedido por un Organización de Formación Aprobada (ATO) por AESA conforme al Reglamento de Personal de Vuelo de la Comisión Europea. Este certificado ha sido obtenido por la Coordinadora gracias al PIMCD 2017. Además, para poder realizar vuelos se debe acreditar 1) ser mayor de 18 años; 2) Presentar un certificado médico correspondiente al requerido para para una licencia de piloto de aviación ligera (LAPL) para aeronaves de hasta 25 kg. Todos los pilotos deberán disponer de un documento que acredite que disponen de los conocimientos adecuados de la aeronave que van a pilotar y sus sistemas, así como de su pilotaje. Todos estos requisitos los cumple la coordinadora de este PIMCD. También es necesario el pago de un seguro de vuelo para el aparato.

5. Desarrollo de las actividades

Planificación de vuelo de canteras y áreas de interés geológico

Tanto para generar reconstrucciones en 2D como 3D es básico disponer de varios puntos de vista alternativos para cada área. Por ello, es necesario completar una trayectoria de doble cuadrícula, es decir, completar una trayectoria como para el caso de una ortofoto y continuar con otra semejante a 90 grados. Con este tipo de trayectoria nos aseguramos de tener fotografías desde cuatro puntos (aproximados) norte, sur, este y oeste. El solape debe ser de entre 75% y 60%.

En todos los casos, la cámara debe tomar como punto de interés el centro aproximado del objeto. En el caso de objetos muy grandes es necesario modificar estos valores de forma que siga existiendo la misma cantidad de solape entre imágenes.

1. Utilización de técnicas de observación remotas para la caracterización geomecánica de macizos rocosos en la asignatura de Geología de Campo (4º curso de Grado en Ing. Geológica)

La asignatura de Geología de Campo de 4º curso de Grado en Ingeniería Geológica se desarrolla mayoritariamente en un campamento realizado en el entorno de Villamanín (León) en la Cordillera Cantábrica. La caracterización geomecánica de macizos rocosos durante este campamento es una de las tareas principales, junto con la cartografía geológica. A menudo, el acceso a los afloramientos rocosos en entornos montañosos resulta complicado debido a las fuertes pendientes. La utilización de técnicas de observación remotas por medio de vuelos de dron permite obtener datos de manera sencilla y segura para su posterior tratamiento y determinación de las características geomecánicas de macizos rocosos poco accesibles.

Durante el campamento que se llevó a cabo del 8 al 14 de junio de 2019, se han realizado 3 vuelos (Anexo 1) en sendos macizos rocosos identificando las discontinuidades existentes. En cada vuelo se ha grabado un vídeo de alta resolución (4k) siguiendo un patrón de vuelo que asegurase la completa cobertura del afloramiento desde diferentes ángulos de visión.

De cada vídeo se han extraído fotogramas individuales asegurando que tuviesen más de un 60% de solape para poder realizar un modelo tridimensional por medio del *software* Photoscan de Argisoft. Este modelo 3D se ha obtenido mediante el procesado de las imágenes por medio del *software* Data Set Stractor (Riquelme, 2015) para la identificación de puntos coplanares (Anexo 2). Mediante esta técnica, se han podido identificar las familias de discontinuidad principales del macizo rocoso, con su orientación, espaciado y persistencia.

Los datos obtenidos mediante estas técnicas de análisis remoto se han comparado con aquellos obtenidos mediante metodología clásica en estaciones de geomecánicas realizadas en las partes accesibles de los afloramientos analizados. Los resultados alcanzados tendrán una aplicación práctica inmediata en el desarrollo de la asignatura de campo en futuras ediciones. Una reconstrucción 3D, además de contener información tridimensional de alto detalle, es una forma muy potente de explicar de una manera virtual.

2. Trabajo Fin de Master “Master de Exploración de Hidrocarburos y Recursos Minerales”: Uso de dron en exploración de recursos mineros.

El dron ha sido utilizado como parte del desarrollo de la exploración de una zona para establecer si se puede proceder a la apertura de una cantera extracción materiales carbonáticos para uso como materia prima para la fabricación de cemento (Anexo 3). Se han realizado vuelos de dron desde distintos puntos para poder hacer un análisis detallado de la zona del Permiso de Investigación. Mediante el vuelo del dron se ha podido estudiar y evaluar la existencia de potenciales riesgos o limitaciones a la explotación como edificaciones, canalizaciones, cultivos, líneas eléctricas, posibles vertederos, etc.

También se ha podido evaluar los caminos presentes en la zona y sus condiciones, de forma que puedan representar posibles vías de transporte del material extraído en la futura cantera (Anexo 4).

Además, se ha realizado un vuelo de dron en una cantera similar para poder mostrar y determinar la metodología de explotación de forma más precisa, teniendo en cuenta posibles problemas de derrumbes, altura de bancos, detección de zonas con pendientes elevadas, etc. También el recorrido del vuelo ha permitido hacer observaciones del terreno desde distintos puntos de vista y se ha procedido a presentar recomendaciones para la apertura de la explotación (Anexo 5).

A su vez se ha realizado un modelo 3D mediante el software Pix4Dmapper, de forma que puede ser presentada la geometría de la cantera pudiéndose observar y analizar desde distintos ángulos o puntos de interés.

3. Salida de campo Geología General (1º curso Grado en Geología, 2º curso Grado en Ingeniería Civil y Territorial, UPM): Análisis de cárcavas en El Pontón de la Oliva.

A los alumnos de primero del Grado en Geología (UCM) y de segundo del Grado de Ingeniería Civil y Territorial (UPM) se les enseña en su primera salida de campo este elemento geomorfológico característico producido por la erosión actual del agua de lluvia sobre materiales sedimentarios escasamente consolidados (gravas, arenas y limos) de edad Plioceno. Una cárcava es una forma de relieve creada por la erosión brusca del suelo que produce la circulación de agua, generalmente en una ladera. Los barrancos resultantes son de metros a decenas de metros de profundidad y ancho. La erosión de las cárcavas es el resultado de la eliminación del suelo a lo largo de las líneas de drenaje por la escorrentía de aguas superficiales. La erosión de las cárcavas ocurre cuando el agua se canaliza a través de tierras desprotegidas y arrastra el suelo a lo largo de las líneas de drenaje. Ocurre en muchos suelos y formas terrestres diferentes. De esta forma, el proceso de erosión es el resultado de la interacción del uso del suelo, el clima y la pendiente.

En este caso, la formación de pequeños barrancos fuertemente excavados en los depósitos sedimentarios dibuja una forma de embudo que recoge las aguas de lluvia a modo de cuenca de recepción de pequeño tamaño, y que son llevadas a través de un gran barranco (canal de desagüe) de 1 km de longitud y casi 200 metros de desnivel, hasta la base de la colina donde desbordan formando unos conos de deyección o abanicos aluviales de gravas y bloques de cuarcitas. Estos depósitos detríticos son arrastrados con posterioridad por el arroyo de Lastra y hasta el río Lozoya en momentos en los que se producen fuertes tormentas en las cimas montañosas. Son formaciones geológicas ligadas a eventos pluviométricos torrenciales.

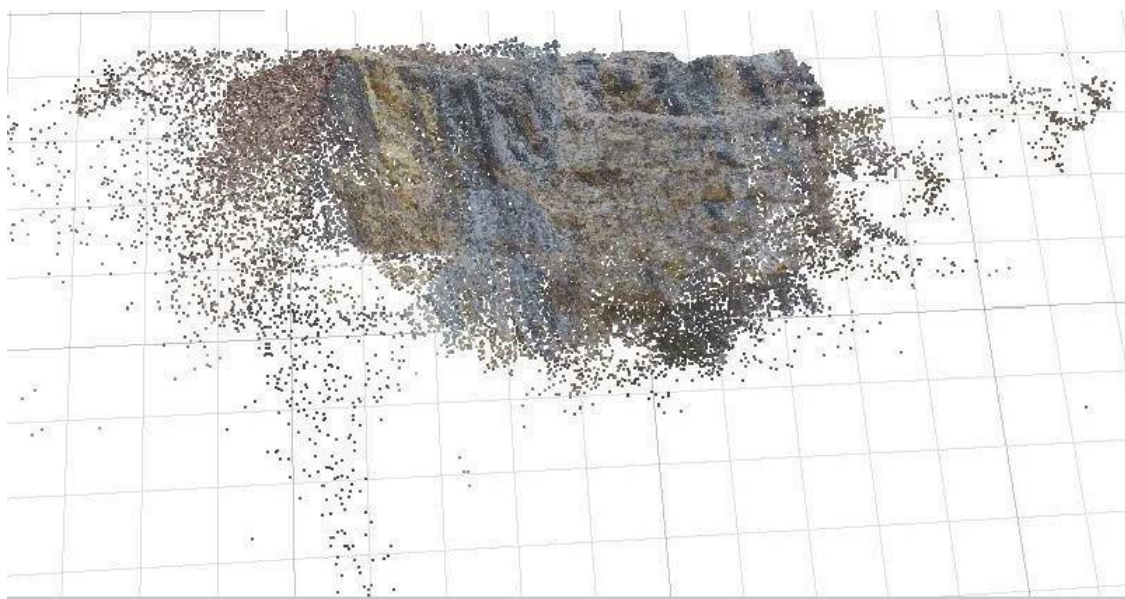
Por medio de varios vuelos de dron se ha procedido a la captura de imágenes, con el fin de poder realizar una descripción más detallada en clase de las distintas partes de esta morfología del relieve (cárcavas, canal de desagüe, conos de deyección). Se ha realizado un modelo 3D se ha obtenido mediante el procesado de las imágenes por medio del software Pix4Dmapper, de forma que las cárcavas pueden ser estudiadas desde distintas perspectivas (Anexo 6). el cual Así mismo, la posibilidad de realizar varios vuelos en distintos años permitirá establecer la tasa de erosión a la que se ven sometidas las cárcavas.

6. Anexos

Anexo 1: imagen realizada de la zona a estudiar mediante un vuelo de dron. A la derecha de la fotografía se puede apreciar el frente de cantera que se va a analizar



Anexo 2: Modelo de bloques 3D en sección de la cantera estudiada



Anexo 3: vista general de la cantera de materiales estudiados en el Trabajo Fin de Master



Anexo 4: Imagen del programa con el que se está realizando la edición del video en el que se muestra el vuelo realizado para la detección de potenciales problemas.



Anexo 5: Video realizado con un vuelo de dron para mostrar recomendaciones en la futura explotación de material.



Anexo 6: Modelo 3D de la cárcava del Pontón de la Oliva, pudiéndose observar desde distintas perspectivas.

