



Geología desde los ojos de un dron

Una poderosa herramienta educativa para los actuales ingenieros en Ciencias de la Tierra

Proyecto DGAPA/UNAM/PAPIME: PE101020

Unidades Teóricas

UT-04

Drones: generalidades, tipos y aplicaciones en Ciencias de la Tierra



Mancera-Alejandro Javier
Vega-Ahuacatitla Marlene



UNAM / FACULTAD DE INGENIERÍA
DIVISIÓN DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA



Este producto docente ha sido financiado por la DGAPA-UNAM a través del proyecto PAPIME PE101020 “Geología desde los ojos de un dron: una poderosa herramienta educativa para los actuales ingenieros de la Tierra”.

Por favor cítanos como:

Mancera-Alejandrez J., Vega-Ahuacatitla M., (2021), Drones: generalidades, tipos y aplicaciones en Ciencias de la Tierra, Unidad teórica UT-04, proyecto PAPIME clave PE101020 (DGAPA-UNAM): “Geología desde los ojos de un dron: una poderosa herramienta educativa para los actuales ingenieros de la Tierra”. Facultad de Ingeniería, UNAM.

1. Introducción

Cada vez es más común ver a personas de múltiples áreas utilizar *drones* con diferentes objetivos, desde usos muy específicos en ciertas áreas hasta usos recreativos, y a pesar de que los drones se han popularizado más en los últimos años, estos en realidad llevan al menos un siglo de desarrollo, comenzando su historia en 1903 cuando los hermanos Wright crearon los primeros vehículos aéreos con motor. A partir de este momento los vehículos aéreos tomaron dos enfoques: el de los *vehículos tripulados* que evolucionó y se popularizó rápidamente, tanto así que comenzaron a realizarse vuelos comerciales a partir de la década de los años 20s, y el de los *vehículos aéreos no tripulados* (VANT o *Remotely Piloted Aircraft System* por sus siglas en inglés) que comienzan su historia a la par de la Primera Guerra Mundial, pues su desarrollo y usos estuvieron estrechamente ligados a cuestiones militares durante varias décadas ([Arjomandi et al., 2012](#)) hasta que, a principios de los años 2000 comenzaron a tener una perspectiva más comercial que permitió el desarrollo exponencial de estos y que mejoró sus características con la incorporación de las nuevas tecnologías que conocemos y utilizamos a diario: softwares, cámaras de foto y video, GPS, Wi-Fi, escáner, amplia variedad de sensores, solo por mencionar algunas. Por lo antes mencionado se justifica que el éxito que los VANT han tenido se debe, es en gran medida, a que sus características y componentes le permiten tener un variado número de aplicaciones, en muchísimas áreas, que se realizan de forma sencilla, segura, rápida y económica.

Una de las múltiples aplicaciones que tienen los drones es en el área de las Ciencias de la Tierra, por ejemplo, en geodesia y geología (en sus diferentes disciplinas) por lo tanto, es indispensable que los geocientíficos estén familiarizados y actualizados con esta tecnología, pues los drones les permitirán traspasar fronteras que antes parecían imposibles por la incapacidad de ver más allá de lo que nuestros ojos ven, y además extraer información cuantitativa de los materiales geológicos.

En esta unidad teórica pretendemos darte un conocimiento general acerca de los drones, para que puedas introducirte a sus aplicaciones enfocadas en Ciencias de la Tierra, partiremos conociendo la definición de dron y sus antecedentes, hablaremos de sus clasificaciones y los principales proveedores en el mercado actualmente, haremos un análisis de las ventajas de estos aparatos y conoceremos algunas aplicaciones generales de los drones para finalmente llegar a la parte fundamental de este texto que son las aplicaciones exclusivamente en geociencias.

Con este conocimiento te resultará ameno y entretenido explorar nuestro proyecto “Geología desde los ojos de un dron: una poderosa herramienta educativa para los actuales ingenieros en Ciencias de la Tierra” y conocer los demás recursos que tenemos para ti.

2. Marco teórico de referencia

El dron es una aeronave no tripulada que por lo tanto se controla de manera remota, en la literatura también podemos encontrar que se pueden referir a este mismo con términos como RPAS (*Remote Piloted Aircraft System*) o UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*) sin embargo, el término dron es el término popularmente utilizado.

Antecedentes generales de los drones

Los drones, al igual que muchos otros inventos y/o descubrimientos, tienen su origen debido a las necesidades que fueron surgiendo durante conflictos bélicos en el pasado ([Arjomandi et al., 2012](#)). Los drones como tal, comienzan su historia unos años antes de realizar los primeros vuelos con motor, ya que estos funcionaron a manera de prototipos para realizar pruebas mucho antes de aventurarse a realizar vuelos con piloto a bordo, después la aviación tripulada tuvo mayor desarrollo que la no tripulada, dejando frenado el desarrollo de esta última hasta que volvió a retomarse con más fuerza durante la Segunda Guerra Mundial, en esta ocasión se emplearon como un instrumento que permitía a los militares practicar su puntería con las armas terrestres y también para obtener fotografías aéreas, de ahí fue evolucionando conforme se iba descubriendo el potencial y capacidades de este instrumento, tanto en la milicia como en muchas otras áreas.

Para que el dron tuviera éxito fue necesario el desarrollo previo de otras tecnologías que permitieran hacerlo una realidad, uno de ellos, muy importante para el surgimiento del dron, fue el control remoto, inventado por Nikola Tesla en el año 1898, en su patente número US613809A: Method of and apparatus for controlling mechanism of moving vessels or vehicles; que mejoró varios años después y se incorporó a las primeras máquinas voladoras impulsadas por medio de un motor, de esta forma surgió el VANT similar a como lo conocemos ahora, lo siguiente fue continuar evolucionando y mejorando a medida que se incorporaban las nuevas tecnologías que se iban desarrollando hasta tener la tecnología que ahora mismo tiene estos dispositivos multipropósitos.

Clasificación y principales proveedores

Con un número creciente de vehículos aéreos no tripulados que se están desarrollando existe el problema para clasificarlos, se ha decidido que los UAV se clasificarán en los dos aspectos principales: sus especificaciones de rendimiento y sus aspectos de misión ([Arjomandi et al., 2012](#)).

En la categoría de especificaciones de rendimiento se analizan las siguientes características:

- Peso
- Resistencia y rango
- Altitud Máxima
- Carga alar
- Tipo de motor
- Carga de potencia/empuje

En la categoría aspectos de misión se pueden dividir en las siguientes categorías:

- Inteligencia, Vigilancia, Adquisición de Blancos y Reconocimiento (ISTAR)
- Combate (UCAV)
- Multiusos
- Despegue y Aterrizaje Vertical (VTOL)
- Radar y Relé de Comunicación
- Entrega y Reabastecimiento Aéreo

Otra clasificación importante que también se utiliza está en función de su tipo de ala, como menciona [Fernández-Lozano, J. y Gutiérrez Alonso, G. \(2016\)](#)

- **De ala fija** : está compuesto por un cuerpo central que tiene dos alas y una sola propela, alcanzan grandes distancias de vuelo, superan los 500 m de altura y velocidades entre 50 y 70 km/h. Su cámara se encuentra en posición fija y son útiles para la elaboración de cartografías y toma de ortoimágenes de superficies extensas.
- **De ala rotatoria** : se componen de un cuerpo central y múltiples rotores que impulsan las hélices para volar y maniobrar su nombre va de acuerdo con su

número de hélices. (Tricópteros, cuadricopteros, hexacópteros, octacopteros y demás), pueden girar sobre si mismos en distancias muy cortas, son útiles para trabajos verticales.

y la clasificación, quizá más sencilla, está dada por el tipo de control (Figura 1):

- **Control automático**
- **Pilotado remotamente**



Figura 1. Clasificación de los drones por tipo de ala y tipo de control. Elaboración propia.

La clasificación de los drones que se ocupa en México está en función del peso máximo de despegue PMD (Figura 2) y uso de los RPAS (Sistemas de Aeronave Pilotada a Distancia) como lo indica la [Norma Oficial Mexicana](#), como se muestra en la Tabla 1.

Tabla. 1 NORMA Oficial Mexicana NOM-107-SCT3-2019

CLASIFICACIÓN DE SISTEMAS DE AERONAVES PILOTADAS A DISTANCIA			
PESO MÁXIMO DE DESPEGUE		USO	Cumplimiento al Numeral de la presente Norma Oficial Mexicana
Igual o menor a 2 Kg	RPAS Micro	Recreativo	4.10, 4.11 y 5.1.
		Privado No comercial o Comercial	4.10, 4.11, 5.1, 5.2 y 8*
Mayor a 2 kg y hasta 25 Kg	RPAS Pequeño	Recreativo	4.10, 4.11 y 6.1.
		Privado No comercial o Comercial	4.10, 4.11, 6.2 y 8*
Mayor a 25 kg	RPAS Grande	Recreativo	4.10, 4.11 y 7.1.
		Privado No comercial o Comercial	4.10, 4.11, 7.2 y 8*

*El numeral 8 sólo es aplicable cuando se requiera realizar operaciones especiales.



*Peso máximo de despegue

Figura 2. Grupos de drones de acuerdo con la Normativa en México. Elaboración propia.

Cada tipo de dron tiene ventajas y desventajas y escoger uno u otro dependerá del uso que se le pretende dar al dron.

Ahora en el mercado ya existen varias marcas que compiten (Figura 3), entre las principales que comercializan drones en estos días se encuentran:

- DJI
- Parrot
- Xiaomi

- MicaSense
- Pix4D

Siendo DJI la marca con mayor popularidad en el mercado mundial.



Figura 3. Primeros drones a comienzo de la era comercial. DJI fue de las primeras marcas y sigue siendo la más popular. Elaboración propia.

Ventajas de los drones

Existen muchas ventajas de utilizar drones, entre las principales nosotros consideramos:

- **No requieren de un piloto** a bordo, al ser controlados de manera remota cualquier persona que entienda cómo deben controlarse podrá utilizar un dron, eso a su vez implica la siguiente ventaja,
- **Seguridad**, al no llevar a una persona a bordo no se corren riesgos de perder vidas humanas cuando se requiere explorar una zona peligrosa, como ocurría con los helicópteros.

- **Accesibilidad** , por su tamaño estos vehículos pueden ingresar a zonas o lugares estrechos de difícil acceso, con los drones ha sido posible explorar conductos volcánicos sin correr ningún peligro.
- **Ahorro de tiempo** , los drones pueden realizar tareas de manera más rápida y eficiente que si se realizaran de manera convencional, tanto en los levantamientos como en el procesamiento de datos, por ejemplo, en topografía, es más rápido tomar fotografías aéreas para procesarlas posteriormente con algún software que ir a campo a realizar mediciones manuales que requieren más tiempo, más personas, más dinero y más esfuerzo.
- **Costo**, el precio de los drones hoy en día es cada vez más asequible, convirtiéndolo en tecnología de acceso público, esto también se debe a la competencia entre las principales marcas, que cada día buscan mejorar e innovar permitiendo nuevas aplicaciones.

Aplicaciones generales de los drones

Conociendo las capacidades y ventajas que tienen los drones nos es más fácil imaginar un sin número de aplicaciones que estos tienen, solo por mencionar algunos usos populares que vemos comúnmente tenemos:

- **Uso militar** , esta área fue pionera en utilizar y desarrollar los drones pues se han usado principalmente para espionaje y ahora también se utilizan como medio de transporte de misiles y armas.
- **Protección civil** , por su velocidad y fácil acceso los drones también se utilizan para la búsqueda y rescate de personas después de un desastre natural.
- **Topografía** , es una de las áreas que más se ha visto beneficiada por los drones, pues la generación de planos, mapas y modelos de elevación digital (DEM) son productos que se generan de manera más eficiente con los drones hoy en día.
- **Periodismo** , pues permite obtener imágenes en tiempo real de la zona de interés, por ejemplo, accidentes, incendios forestales o en eventos como conciertos, juegos deportivos, etcétera.
- **Agricultura** , se usan para monitorear el cultivo, detectando plagas y los sistemas de riego, incluso se usan para esparcir algunos tipos de minerales y/o fertilizantes que se requieren en pocas cantidades.
- **Fotografía** , mucha gente tiene estos dispositivos para tomar fotografías de paisajes.
- **Mensajería** , esta es una de las aplicaciones que se encuentra en etapas de prueba, sin embargo, muy pronto será algo común.

- De **forma recreativa** , muchas otras personas lo usan como juguete, ¡ya hay carreras de drones!

Los usos mencionados anteriormente son solo algunos ejemplos, y de los más importantes, sin embargo, hay muchas otras aplicaciones poco conocidas de los drones, solo por mencionar algunas está la arqueología donde se monitorean zonas arqueológicas y mediante las fotografías obtenidas se procede a analizar los sitios; como vigilancia y seguridad, se han utilizado drones como método para controlar fronteras y tráfico de drogas o fugitivos; también se utilizan como un método seguro de exploración en zonas peligrosas, esto puede ser en lugares de difícil acceso, zonas con radioactividad, campos de minas con explosivos, basura acuática, basureros o para monitorear los cambios climáticos mediante la toma de fotografías periódicas de glaciares, nivel del mar, entre muchas aplicaciones más.

Como podemos ver, podemos apoyarnos de los drones para realizar muchas tareas en diversas áreas, básicamente cualquier tarea que requiera una vista aérea se puede solucionar con un dron. En la Figura 4 se presenta una gráfica en donde se observa cómo se han ido incrementado las publicaciones en torno a drones en su aspecto general. Nótese también que en los últimos 6 o 7 años (2014) en adelante el número de publicaciones ha crecido de manera exponencial.

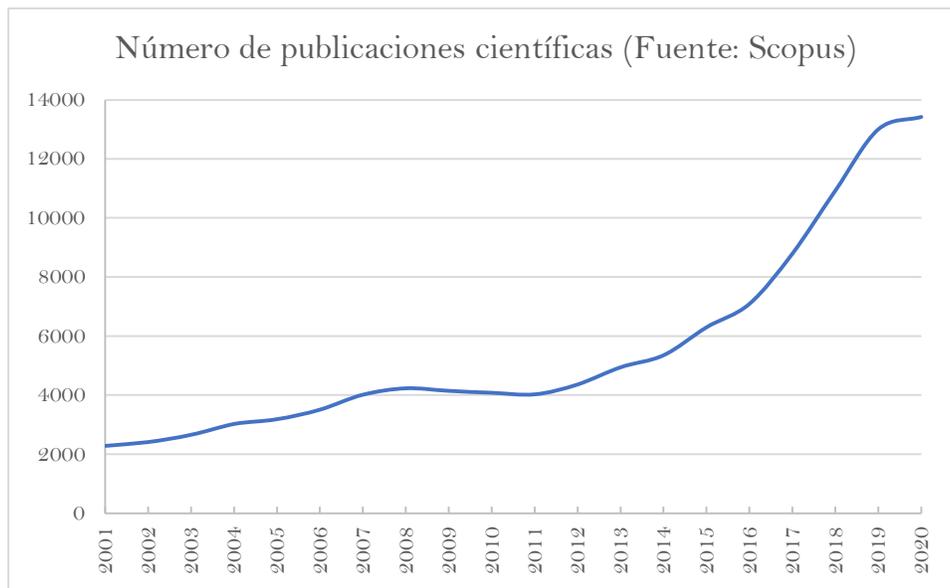


Figura 4. Publicaciones en los últimos 20 años que contienen UAV, UAS, dron o RPAS en el título o palabras clave. Tomado de Nex, F., et. al. (2022)

3. Aplicaciones en las geociencias

Como se ha visto, las aplicaciones de los drones en general son muchas y en particular en Ciencias de la Tierra se han ido desarrollando aplicaciones que no dejan de sorprender y sobre todo que en muchos casos mejorar la precisión de las observaciones y mediciones en campo. De acuerdo con [Fernández-Lozano J. y Gutiérrez Alonso G. \(2016\)](#), [Niedzielski T., \(2019\)](#) y [Kucharczyk M., Hugenholtz \(2021\)](#) las diferentes aplicaciones de los drones en geociencias se pueden agrupar en los siguientes rubros:

1. Exploración de zonas de difícil acceso, por ejemplo, cañones o zonas con paisajes abruptos, laderas o cortes inestables, etc.
2. Extracción de datos geológicos. Ya sea con sensores LiDAR o con la adquisición de fotografías de afloramientos desde diferentes perspectivas para la obtención (con algoritmos SfM) nubes de puntos y su posterior postproceso ([Riquelme A., et al. \(2014\)](#), [Vasuky Y., et. Al., \(2014\)](#), [Vollger S.A. y Crunden A. R., \(2016\)](#); [Jordá B. L, et. al. \(2017\)](#)).
3. Monitoreo de cráteres volcánicos, se pueden recolectar muestras del interior del volcán mediante drones especiales y tomar fotografías que siempre serán de interés científico ([Carrera-Hernández J.J., et. al. \(2021\)](#)).
4. Toma de fotografías de grandes extensiones de terreno para estudio de relieve y geomorfología para la elaboración de estudios fotogramétricos, que posteriormente sirven para de riesgos geológicos. ([Kucharczyk M., Hugenholtz \(2021\)](#)).
5. En geofísica se ha implementado el uso de drones con diversos sensores que pueden ser de ayuda en la exploración geofísica ([Kucharczyk M., Hugenholtz \(2021\)](#)).

Las referencias que mencionamos son solo algunas y las que creemos que podrán abrir el panorama al lector para que se adentre en estos temas, ya que generación de conocimiento al respecto crece de manera exponencial cada día. Por ejemplo, tan solo en su utilización de drones en general para el estudio de Riesgo, se han publicado cientos de artículos que sobre todo se concentra en los últimos años, ver Figura 5. Cada uno utiliza diferentes técnicas para la extracción de información: ortomosaicos, modelos digitales de elevación (DEM), imágenes, nubes de puntos 3D, mallas 3D y videos (ver Figura 6).

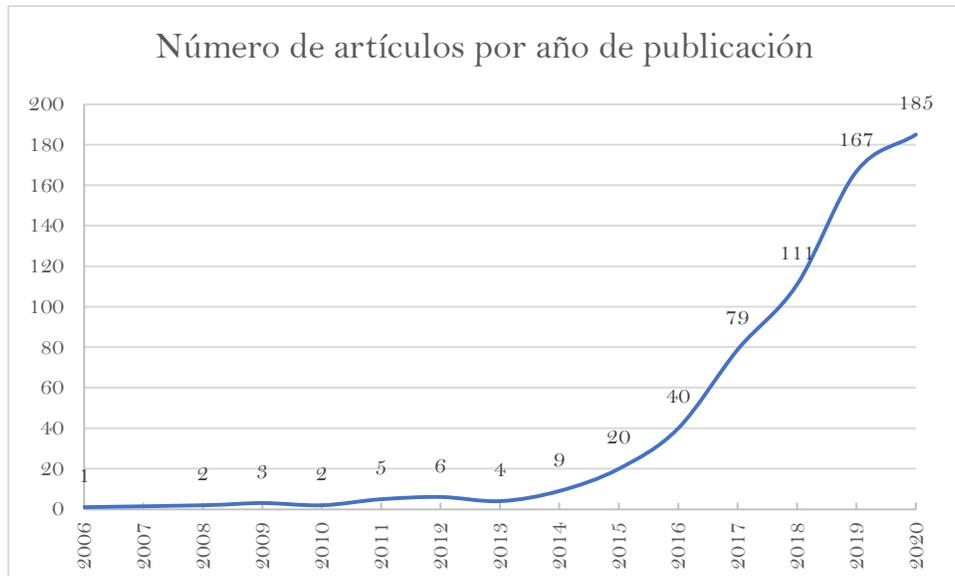


Figura 5. Publicaciones en los últimos 15 años en torno a temas de riesgo. Tomado de Kucharczyk M., Hugenholtz (2021)

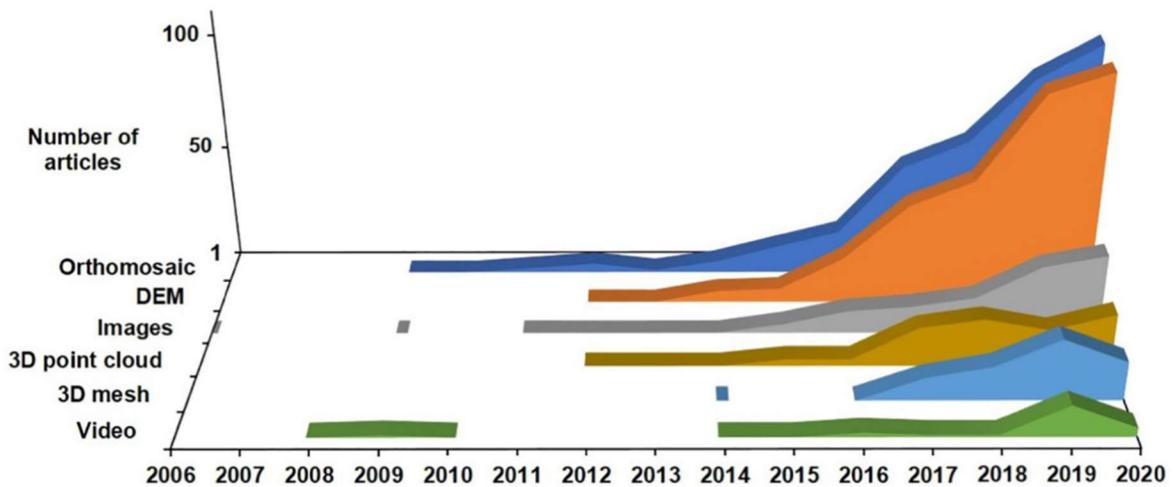


Figura 6. Evolución del número de publicaciones agrupadas por tipo de técnica utilizada, Kucharczyk M., Hugenholtz (2021)

En particular este grupo, se ha interesado en la obtención de nubes de puntos 3D a partir de fotografías obtenidas con dron, y el posterior postproceso para la extracción de información de datos geológicos como la actitud de superficies de discontinuidad en afloramientos de roca. Al respecto hemos generado diversos materiales que el lector puede consultar en el portal: <https://drones.unam.mx/>.

4. Síntesis y conclusiones

Como es evidente, los drones tienen muchísimas aplicaciones en casi todas las áreas y además están evolucionando, cada vez son más potentes, tienen mejores cámaras y les incluyen más herramientas, es por este motivo que debemos conocer las posibilidades y alcances que tienen estos dispositivos para que de esta manera nos faciliten algunas tareas y les saquemos la mayor ventaja posible.

Con tanto avance en la tecnología a veces se puede caer en el error de querer sustituir el trabajo geológico de campo tradicional con las tecnologías actuales, sin embargo, consideramos que, en el caso de los drones, son una herramienta complementaria que permite que el trabajo y las observaciones que se realizan directamente en campo sean de mejor calidad y en menos tiempo.

Por otro lado, consideramos que, así como ya se capacita en las escuelas y facultades de Ciencias de la Tierra (al menos en México), en el uso de herramientas como los Sistemas de Información Geográfica y otras, los temas de tema de drones, manejo y postproceso de nubes de puntos debería incluirse en los programas de estudio de las carreras afines.

5. Referencias citadas

Arjomandi, M., Agostino, S., Mammone, M., Nelson, M. y Zhou, T. (2006): Classification of Unmanned Aerial Vehicles. *Report for Mechanical Engineering class*, University of Adelaide, Adelaide, Australia.

Carrera-Hernández, J.J., Levresse G., & Aranda-Gomez, J.J., (2021), Quantifying active deformation on a dry maar's bottom through a light unmanned aerial vehicle and Structure-from-Motion. *International Journal of Remote Sensing*, 42(1), 20-38.
<http://dx.doi.org/10.1080/01431161.2020.1792574>

Casagli, N., Frodella, W., Morelli, S. et al. (2017). Spaceborne, UAV and ground-based remote sensing techniques for landslide mapping, monitoring and early warning. *Geoenvirom Disasters* 4(9). <https://doi.org/10.1186/s40677-017-0073-1>

Fernández-Lozano, J. y Gutiérrez-Alonso, G. (2016), Aplicaciones geológicas de los drones. *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 29(1): 89-105.

Fernández-Lozano, J. (2017): La Tierra a vista de pájaro: uso de drones (UAVs) para el estudio y difusión de la Geología. *Tierra y tecnología*, 49. <http://www.icog.es/TyT/index.php/2017/02/la-tierra-a-vista-de-pajaro-uso-de-drones-uavs-para-el-estudio-y-difusion-de-la-geologia/>

Jordá Bordehore, L., Riquelme, A., Cano, M., Tomas, R., (2017). Comparing manual and remote sensing field discontinuity collection used in kinematic stability assessment of failed rock slopes, *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*. 97, 24–32. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijrmms.2017.06.004>

Kucharczyk M. & Hugenholtz, (2021). Remote sensing of natural hazard-related disasters with small drones: Global trends, biases, and research opportunities, *Remote Sensing of Environment*, 264. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2021.112577>.

Nex, F., Armenakis C., Cramer M., Cucci D. A., Gerke M., Honkavaara E., Kikko A., Persello C. & Skaloud J., (2022), UAV in the advent of the twenties: Where we stand and what is next, ISPRS. *Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 184, 215-242, <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2021.12.006>.

Niedzielski, T. (2018), Applications of Unmanned Aerial Vehicles in Geosciences: *Introduction. Pure Appl. Geophys.* 175, 3141–3144. <https://doi.org/10.1007/s00024-018-1992-9>

NORMA Oficial Mexicana NOM-107-SCT3-2019. (2019). SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES. Recuperado de: <https://www.sct.gob.mx/fileadmin/DireccionesGrales/DGAC-archivo/modulo2/nom-107-sct3-2019-201119.pdf>.

Riquelme, A.J., Abellán, A., Tomás, R. & Jaboyedoff, M., (2014). A new approach for semiautomatic rock mass joints recognition from 3D point clouds, *Computer and Geosciences*, 68, 38–52, DOI: [10.1016/j.cageo.2014.03.014](https://doi.org/10.1016/j.cageo.2014.03.014)