



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

“INFLUENCIA DEL USO DE LA TECNOLOGÍA DE
VEHÍCULOS AÉREOS NO TRIPULADOS (VANT)
EN LOS RESULTADOS DE LA TOPOGRAFÍA
TRADICIONAL- 2020”

Trabajo de investigación para optar el grado de:

Bachiller en Ingeniería Civil

Autores:

Alejandro Martín Chalco Sulca

Carlos Elmer Fernández Peña

Asesor:

Lic. Luis Guillermo Cervetto Robles

Lima - Perú

2020

**DECLARACIÓN JURADA PARA EL DESARROLLO DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN –
PARA OBTENCIÓN DE BACHILLER**

Yo, Alejandro Martín Chalco Sulca, estudiante del ciclo 10 o egresado () de la carrera de Ingeniería Civil, de la Facultad de Ingeniería, del campus ubicado en Lima Breña; con DNI 42.5969.34 y con código de estudiante 10006512, y el coautor ⁽¹⁾ o los coautores:


APPELLIDOS Y NOMBRES	ESTUDIANTE O EGRESADO	CICLO	CARRERA	FACULTAD	DNI	CÓDIGO
FERNÁNDEZ PEÑA CARLOS ELMER	ESTUDIANTE	X	ING. CIVIL	INGENIERIA	46771234	N0003073

Declaramos que hemos sido informados sobre las condiciones para el desarrollo del trabajo de investigación en grupo que conducen al grado de bachiller, las cuales comprenden lo siguiente:

1. El trabajo de investigación se desarrollará de forma equitativa, participando por igual en cada una de las fases de la investigación.
2. El proceso de la solicitud del grado de bachiller debe ser en conjunto. Si uno de los autores está ausente, no se podrá iniciar el proceso.
3. Se podrá generar algunas excepciones, en las cuales el coautor o coautores que está(n) imposibilitado(s) en desarrollar el proceso de bachiller podrá ceder los derechos de autor patrimoniales de forma permanente al otro(s) coautor(es). Estos casos se darán como se expresa en la siguiente tabla:

CASO	ACTIVACIÓN DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR PATRIMONIAL
Muerte del coautor	Cesión de derechos de autor patrimonial permanente de forma automática.
Mudanza de un coautor a otra ciudad o país	Presentar el formato de cesión de derecho patrimonial explícito en el que el autor/coautor manifieste que no retornará a la ciudad y que cede sus derechos de autor patrimonial a su coautor de forma permanente.
Desistió de usar la tesis para la obtención de su título profesional	Presentar el formato de cesión de derecho patrimonial explícito en el que el autor/coautor manifieste que no utilizará la tesis y que cede sus derechos de autor patrimonial a su coautor de forma permanente.

Lima, 25 de octubre de 2019
(Lugar) (día) (mes) (año)


Firma de autor 1


Firma de autor 2

Firma de autor 3

Firma de autor 4

Firma de autor 5

[1] Coautor: Persona que participa en la creación de una obra o en el logro de un trabajo conjuntamente con otra persona.

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación lo dedicamos principalmente a nuestros padres, por su amor, sacrificio y paciencia en todos estos años y a todas las personas que nos han apoyado y han hecho que el trabajo se realice con éxito en especial a aquellos que nos abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos.

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a nuestro país y a la universidad Privada del Norte por darnos la
oportunidad de culminar nuestros estudios.

Tabla de contenido

DEDICATORIA	3
AGRADECIMIENTO	4
ÍNDICE DE TABLAS	6
ÍNDICE DE FIGURAS.....	7
RESUMEN.....	8
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	9
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA.....	12
CAPÍTULO III. RESULTADOS	14
CAPÍTULO IV. CONCLUSIONES	23
REFERENCIAS	24
ANEXOS.....	27

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 01. Matriz de indagación según Resultados y Conclusiones.....	14
Tabla 02. Hallazgos según el tipo de investigación.....	18

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 01. Porcentaje de los hallazgos por año.....	17
Figura 02. Problemas presentados en los hallazgos.....	19

RESUMEN

La tecnología de los vehículos aéreos no tripulados (VANT) avanza a pasos agigantados en muchos sectores de ciencia e ingeniería, Apoyándose en equipos auxiliares y en aplicaciones fotogramétricas ha sabido introducirse en el campo de la topografía; Sin embargo, a pesar de los avances aún los usuarios se preguntan, ¿si el uso de la tecnología de vehículos aéreos no tripulados (VANT) iguala o mejora los resultados obtenidos por la topografía tradicional en el año 2019.? En este trabajo de investigación, demostramos la influencia del uso de la tecnología de vehículos aéreos no tripulados (VANT) en los resultados de la topografía tradicional, apoyándonos en una investigación cuantitativa de alcance explicativo donde se revisaron las bases de datos de Google académico, Academia.edu y Scielo; para luego, analizar 15 investigaciones que abordan el tema de forma empírica o de revisión teórica teniendo en cuenta su origen en habla hispana y de menos de 5 años de publicación. Concluiremos que la influencia del uso de la tecnología de vehículos aéreos no tripulados (VANT) en los resultados de la topografía tradicional viene siendo positiva, reflejándose en mayor medida en la precisión, los costos, el tiempo de ejecución y la seguridad en la aplicación de la metodología.

PALABRAS CLAVES: Topografía, fotogrametría, Drones y topografía, vehículos aéreos no tripulados.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

La topografía viene evolucionando y mejorando sus resultados a pasos agigantados con el avance tecnológico en sus equipos; desde un teodolito y jalón, pasando por la estación total y prismas, hasta los GPS geodésicos; además, apoyándose con la evolución de técnicas como la fotogrametría.

Desde sus inicios la fotogrametría fue de gran apoyo para la topografía en extensas áreas de terreno o de difícil acceso, esta consistía en tomar fotos aéreas con inclinación cenital del terreno y puntos de control terrestre ubicados estratégicamente, para luego, pasar por un proceso de restitución fotográfica en gabinete hasta la obtención de la representación del terreno georreferenciado; sin embargo, el montaje de una cámara con un gran lente de precisión en un objeto volador que podía ser una avioneta tripulada y la ubicación de gran cantidad de puntos de control terrestres representaban un alto costo y tiempo de planificación en los presupuestos.

En la actualidad, la fotogrametría a reemplazado la toma de fotos en avionetas tripuladas por la tecnología de los vehículos aéreos no tripulados (VANT) o más conocidos como drones y el proceso de restitución fotográfica por programas de computadora de manejo intuitivo.

Los VANT fueron creados para el uso militar y con el pasar del tiempo fueron adaptándose al uso civil para la toma de fotos y videos orientados a la industria audiovisual o a la diversión; sin embargo, algunos usuarios le encontraron otros usos como la topografía y apoyándose con puntos de control terrestres y programas especializados en fotogrametría lograron obtener la representación del terreno en curvas de nivel y orthofotos georreferenciadas.

Existe un gran catálogo de modelos de VANT, pero en general, para el uso en ciencia e ingeniería se utilizan drones de menos de 25 kg, de dimensiones cercanas al metro de diámetro o inferior y típicamente con una cámara para la toma de fotografías, estos disponen de un sistema de posicionado satelital y de un sistema inercial (IMU) controlados por un cerebro que les permite pilotarse de forma autónoma, realizando recorridos y tareas programadas. Existen dos grandes tipologías de drones: los de ala fija y los multirrotores. Los multirrotores aunque tienen menor tiempo de vuelo que los de ala fija, pueden ser preferibles al poder mantenerse quietos en el aire y trasladarse lateralmente realizando fotografías frontales y oblicuas, además de las cenitales (Ruiz, Corominas, Hurlimann, 2017).

El uso de los drones para la obtención de fotografías, combinado con las últimas técnicas de fotogrametría digital, permiten la obtención de una gran variedad de productos cartográficos, geométricos y gráficos que pueden facilitar el estudio en ciencias e ingenierías del entorno físico. La baja altura de vuelo permite altas resoluciones y la obtención de ortofotos de muy buena calidad con la periodicidad deseada. Además de ortofotos de gran calidad, se obtiene una nube de puntos 3D, una malla 3D texturizada y un modelo de elevaciones del terreno en formato raster del que se pueden generar curvas de nivel, perfiles del terreno, mapas de pendientes, de orientaciones, etc. También a partir de la nube de puntos se pueden generar subproductos como nubes de puntos por orientación, buzamiento, o tratamientos geométricos sobre las nubes de 2 puntos como la medida de distancias euclidianas en 3D, o separando las componentes X, Y y Z, así como la medida de áreas, volúmenes, o la generación de perfiles del terreno. En este comunicado se muestran las diferencias entre generar un perfil del terreno a partir de un DEM o de una nube de puntos (Ruiz, et al., 2017).

La topografía con drones y puntos de control terrestre hasta ahora es la técnica más implementada en la mayoría de los proyectos por su bajo costo y tiempo; sin embargo, tiene una ruta crítica en los puntos de control terrestre, pues es donde más se invierte tiempo y costos. Para esto, la empresa DJI ha fabricado el dron Phantom 4 RTK dedicado a la topografía que trabaja con la tecnología RTK conectado a una base propia.

Con esta tecnología adaptada a los drones ya no se necesitarían los puntos de control terrestres excepto el de la base. Las coordenadas de las fotos serán calculadas mediante triangulación de señales de la base, el dron y los satélites de posición que orbitan la tierra (DJI, 2019).

Sin embargo, a pesar de estos avances aún los usuarios se preguntan, ¿si el uso de la tecnología de vehículos aéreos no tripulados (VANT) iguala o mejora los resultados obtenidos por la topografía tradicional en el año 2019.?

Para esto, en este trabajo demostramos la influencia del uso de la tecnología de vehículos aéreos no tripulados (VANT) en los resultados de la topografía tradicional, teniendo como base investigaciones previas que presenten similitud con el problema.

Así mismo, se debe mencionar que la tecnología de vehículos aéreos no tripulados (VANT) cuentan con muchas más aplicaciones en distintos sectores industriales, como lo es la minería en todas sus etapas, desde la prospección hasta el monitoreo y cierre de componentes que pueden ser materia de otras investigaciones.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

Como base a nuestra investigación cuantitativa de alcance explicativo (Hernández, Fernández y Baptista, 2014); se realizó una revisión sistemática de la literatura científica, a fin de dar respuesta a la pregunta ¿Cuál será la influencia del uso de la tecnología de vehículos aéreos no tripulados (VANT) en los resultados de la topografía tradicional en el año 2019?

Se analizaron videos y ponencias de profesionales en el sector; además, se revisaron las bases de datos de Google académico, Academia.edu y Scielo, utilizando los términos Drones ^ Topografía y utilizando los siguientes filtros:

Idioma: para facilitar su revisión, pues es el idioma que se domina.

Fecha: se delimito por los últimos 5 años, pues, la tecnología es muy cambiante.

Se obtuvieron 921 resultados entre artículos y tesis; luego, se creó una matriz de indagación donde se pudo agrupar la información teniendo en cuenta:

El tipo de investigación, donde se pudo diferenciar entre investigaciones empíricas con pruebas de campo o revisiones teóricas.

Las palabras claves, se anotaron las palabras que se utilizaron para la búsqueda de información.

Las variables que se analizaron, se identificaron las variables que dieron pie a los autores en su investigación.

Los problemas que se enfrentó en la investigación, se describió los inconvenientes que se presentaron en el proceso de investigación.

Los resultados de la investigación, se identificaron los resultados más relevantes que apoyen o desestimen nuestra investigación.

Las conclusiones, se identificaron las conclusiones más relevantes que apoyen o desestimen nuestra investigación.

Finalmente, con la matriz de indagación se pudo clasificar a 15 investigaciones que serán base de la nuestra.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

De las investigaciones encontradas se seleccionaron 15 trabajos de la base Google Académico, pues estos respetaban los criterios o filtros de inclusión antes indicados.

Tabla 01

Matriz de indagación según Resultados y Conclusiones

Fuente	Resultados	Conclusiones
Juan Guillermo Corredor Daza 2015	En el diseño geométrico de Vías es recomendable usar la Topografía convencional y la tecnología de los Drones para zonas de mayor detalle y para áreas de gran extensión respectivamente.	El uso de Drones ayuda a economizar y a obtener una mejor precisión en los levantamientos topográficos.
Carlos Alberto Puerta Colorado 2015	Los avances tecnológicos permiten obtener información de campo con un mayor rendimiento y menor costo, sin embargo los profesionales que usan los métodos tradicionales están obligados a actualizar sus conocimientos y se ven afectados económicamente.	La tecnología Drone aporta en gran manera con fotografías aéreas y recolección de datos para actividades relacionadas a la ingeniería, sin embargo no reemplaza en su totalidad a la topografía tradicional sobre todo en el proceso de replanteo de obras.
Amable Castilla, Cynthia; Aramburú Palomino, Janina; Cabello Dueñas, Susan Gladys; Macuri Zavala, Noli Alejandro; Montellanos Llamoca, Daniela y Torres Tunque, Luis Tony 2015	Disminución del tiempo de trabajo en levantamiento topográficos debido a la mayor accesibilidad operativa del Dron con respecto a la topografía tradicional, reducción de plazos de entrega debido a la mayor velocidad operativa y rapidez del procesado.	Los costos para usar las aplicaciones de los drones son pocos y los tiempos que toman para realizar una determinada actividad en el aire es mucho menor al que tomaría que un avión lo haga. Las distancias recorridas por un drone, para realizar una tarea, son inferiores a otras opciones, puesto que podemos despegar y aterrizar muy cerca del lugar de operaciones, debido a esto se reduce la contaminación del medio ambiente al realizar un menor recorrido.
Coello Romero, Alba y Ballesteros Abellan, Gonzalo 2015	La rentabilidad económica del UX5 frente a GNSS depende fundamentalmente de las hectáreas de levantamiento por trabajo y la continuidad en la realización de tareas evitando periodos de inactividad. La rentabilidad económica que se puede obtener de los productos obtenidos con el UX5 es superior a la que se puede conseguir con el GPS, ya que con los datos obtenidos y el correspondiente software podemos obtener ortofotos y nubes de puntos más densas. Para la realización de este PFC resulta más económico el uso de GPS ya que la superficie medida fue de aproximadamente 30 hectáreas y no resulta rentable el uso del avión para un solo vuelo.	Desde el punto de vista de la fotogrametría, encontramos en los vehículos aéreos no tripulados una nueva solución para la captura de imágenes aéreas y generación de productos topográficos. Desde el punto de vista topográfico, el uso de equipos GNSS con metodología RTK VRS Now nos permitió obtener correcciones en tiempo real eliminando los errores con respecto a la distancia a la base y mejorando las precisiones. Las mediciones se realizan de manera rápida y con muy buenas precisiones utilizando esta metodología. En relación a las precisiones, el UX5 nos dio peores precisiones que el equipo GNSS pero suficientes para generar la cartografía a escala 1/1000 en el vuelo a 300 metros y 1/500 en el vuelo a 125 metros, con una nube de puntos más densa que la generada mediante topografía clásica.
J. Fernández-Lozano, G. Gutiérrez-Alonso, S. Calabrés-Tomé y J. García-Talegón 2016	A pesar del rápido avance y posibilidades que ofrecen las aeronaves no tripuladas, su desarrollo futuro en el ámbito de la geología queda supeditado a las nuevas normativas que vayan aplicándose y los condicionantes y restricciones que, por motivos de seguridad y protección de datos personales, exija la ley.	Los drones son una herramienta geomática que ofrece grandes posibilidades en el mundo de la geología y las ciencias de la tierra. El acceso a un gran número de sensores posibilita la rápida toma de datos georreferenciados y con una elevada resolución, reduciendo así el tiempo de procesado y el coste de las campañas de campo.

Javier Fernández-Lozano y Gabriel Gutiérrez-Alonso	2016	El aumento de las prestaciones de los drones y sobre todo una mayor autonomía de vuelo de sus baterías, prometen hacer de los drones una herramienta muy versátil en el campo de las Ciencias de la Tierra en general.	La capacidad de este tipo de aeronaves no tripuladas para desarrollar trabajos en regiones remotas, de difícil acceso o muy vegetadas, hace de ellos una herramienta de gran versatilidad para trabajos científicos. En esta línea, la implantación de nuevas tecnologías como el láser aerotransportado, los micro gravímetros o los magnetómetros, suponen un avance para la elaboración de trabajos que permita simplificar los métodos tradicionales de captura, análisis y procesado de datos, reduciendo costes y tiempo de trabajo.
Claros Zelaya, Rene Alberto; Guevara Aguilar, Alex Enrique y Pacas Cruz, Nelson Ricardo	2016	En el levantamiento fotogramétrico de la Facultad Multidisciplinaria Oriental de la Universidad de El Salvador se obtuvo una resolución espacial por pixel de 4.34 cm (1.71 pulgadas), curvas de nivel de la superficie en las zonas descubiertas de vegetación y un ortomosaico actualizado del terreno de la Facultad, cubriendo aproximadamente 100 metros alrededor del perímetro de la misma.	La técnica planteada establece una metodología accesible, económica y eficaz para instituciones gubernamentales y no gubernamentales, con todos los beneficios posibles del uso de la fotogrametría, sabiendo que las mencionadas aeronaves son equipos fáciles de adquirir por la variedad de modelos y marcas presentes en el mercado.
Marisa Rosana Ferreira, Víctor Gerardo Aíra	2017	El sistema de trabajo es muy práctico y permite, a diferencia de los vuelos convencionales, realizar para un mismo proyecto distintos vuelos con inmediatez de resultados.	Las imágenes que se obtienen con un dron tienen una resolución mucho mayor de lo convencional. El hecho de realizar un vuelo a alturas muy inferiores que en los vuelos fotogramétricos convencionales hace que la escala de trabajo sea mucho mayor. Se pueden obtener orto fotografías con un tamaño de pixel entre 1 y 5 cm. Las utilidades de los drones combinados con técnicas de fotogrametría pueden aportar una gran cantidad de información de mucha calidad. Su aplicación en la descripción de inestabilidades de ladera, caracterización de discontinuidades, delimitación de volúmenes inestables, así como tareas de monitorización, le convertirá en una herramienta imprescindible para mejorar el rendimiento, acceder a más y mejor información y mejorar la seguridad y la eficiencia en los trabajos de campo.
Roger RUIZ-CARULLA, Jordi COROMINAS y Marcel HÜRLIMANN	2017	Para obtener mejores resultados es necesario tener conocimientos de topografía, fotogrametría y especialmente en vuelos con drones en montañas altas.	
Manuel Sánchez García	2017	Con el conocimiento de los distintos tipos de drones, la normativa vigente y sus aplicaciones habituales, se ha confeccionado una lista de aplicaciones potenciales de los drones en minería las cuales se pueden resumir en: <ul style="list-style-type: none"> • Prospección. • Topografía. • Control de operaciones. • Inspección técnica. • Prevención de riesgos laborales. • Control medioambiental. • Vigilancia. • Promoción audiovisual. • Servicios de emergencia y rescate. 	La tecnología dron se encuentra en pleno auge y desarrollo, es de gran utilidad y tiene múltiples aplicaciones en el ámbito de la minería. Es por ello que se cree que necesario difundir esta información a las empresas tanto mineras como operadoras de drones para fomentar el uso de los drones en este campo. Gracias a ello, obtendremos una minería mucho más precisa, eficiente y sostenible ambientalmente.

<p>Héctor A. Pérez-Sánchez, Edward U. Benítez Rendón y Miriam Díaz Rodríguez</p>	<p>2017</p>	<p>Los UAVs en conjunto con nuevos avances tecnológicos son herramientas potenciales que permiten desarrollar aplicaciones impactantes en diferentes sectores de la sociedad. El sistema de georreferenciado de imágenes se desarrolló con el fin de ser una herramienta adaptable a diferentes tipos de vehículos aéreos (aviones, helicópteros, dirigibles) e incluso a vehículos terrestres, que permita junto a otras herramientas realizar una solución a problemáticas más complejas de la sociedad que puede abarcar desde aplicaciones para medir índices de deforestación, estadísticas de contaminación de áreas naturales, medición de impactos provocados por incendios forestales, entre otros.</p>	<p>A partir de los resultados satisfactorios obtenidos del funcionamiento del sistema de georreferenciado de imágenes, se propone realizar un sistema completo que contemple una herramienta para generar mapas ortogonales con las imágenes obtenidas y además se agregue un módulo de procesamiento de imágenes de acuerdo a los requerimientos de la problemática que se pretenda atacar.</p>
<p>Rigoberto Guardado France, Miguel Agustín Téllez Duarte y Ángel Raúl Herrera Gutiérrez.</p>	<p>2017</p>	<p>La tecnología dron como herramienta para las investigación en las Ciencias de la Tierra permitirá, en un corto plazo, un mejor entendimiento del estudio.</p>	<p>La incorporación de esta nueva tecnología en las investigaciones realizadas en el campo de las Ciencias de la Tierra puede traer consigo grandes beneficios a nuestra sociedad; sin embargo, para lograrlo es importante que se cuente con un entendimiento integral de los alcances del uso de esta tecnología y de las responsabilidades que conlleva para sus operadores.</p>
<p>Sánchez Vargas, Irvin Jonathan</p>	<p>2017</p>	<p>La precisión es la similitud de diferentes resultados obtenidos de una misma zona de estudio con un mismo instrumento, eso también se puede interpretar por medio de la fórmula de precisión. Los resultados obtenidos aplicando la fórmula de precisión se visualiza en la “Tabla N°05 Precisiones de los Puntos de Control”, donde la precisión promedio de los puntos de control son: en el norte 1/128788378562, en el este 1/10802906988 y en la cota 1/311843; los cuales superan la tolerancia de 1/20000 por el Instituto de Estadística y Geografía de México, por lo que se concluye que tiene una buena precisión.</p>	<p>El grado de confiabilidad de un Levantamiento Topográfico con dron depende de sus dimensiones, que son la precisión y exactitud, ya que con ello se puede conocer si los datos obtenidos son confiables o no. Al tener una buena precisión y exactitud, se concluye que el levantamiento topográfico con dron es confiable.</p>
<p>Ayala Valdivia, Mak Robert</p>	<p>2018</p>	<p>Nivel de confianza de 95% lo que nos da como resultado un levantamiento topográfico con dron fiable para trabajar en diferentes proyectos de ingeniería u otros, el tiempo de procesamiento son iguales, en un total de 04 horas de trabajo, tanto en el software para los datos el dron DJI phantom 4 Pro. y el de estación total, que son el Agisoft PhotoScan y el de AutoCAD 3D, respectivamente.</p>	<p>La investigación nos indica que ambos equipos de topografía, tanto el dron DJI Phantom 4 pro y la estación total, resultan iguales en un levantamiento topográfico con un 95% de confianza estadística, lo que resulta un equipo de dron apropiado para trabajos topográficos en fotogrametría. En el caso de tiempo en un levamiento topográfico es más conveniente el uso de dron ya que se realiza en menor tiempo, aunque los procesos de obtención de datos sean los mismos. El levantamiento topográfico con dron es más barato y más eficiente en tiempo que con estación total.</p>

Roger González Herrera, Juan
Pablo Ucán Navarrete,
Ismael Sánchez y Pinto, Rubén
Medina Escalante,
Flor Árcega Cabrera, Carlos
Zetina Moguel
y Rafael Casares Salazar

2019

Los Drones en los últimos tiempos y su inclusión en cualquier proyecto técnico debe cumplir alguno de los supuestos que se consideran para el uso de estos sistemas: que sea económicamente viable a los propósitos de la aplicación; que remplace métodos peligrosos para eliminar riesgos en la aplicación y que pueda colocarse un sensor en lugares inaccesibles

Pensar que los drones son una herramienta útil y eficiente para obtener datos de áreas inaccesibles parecería lógico, por lo que limitar su uso para explorar y documentar elementos inaccesibles en el exterior y en interiores, como bóvedas o huecos, sería lo conducente. Entonces, la exploración y documentación de elementos más accesibles, en áreas abiertas, podría realizarse con el uso de otros medios y metodologías más desarrolladas; entre ellas están técnicas como la fotogrametría terrestre, los escáneres láser o incluso la topografía clásica, cuya precisión alcanzable puede ser mayor. Independientemente del tipo de dron que se trate, su aplicación se encuentra en continua expansión. Actualmente es muy común encontrar noticias sobre nuevas aplicaciones en las redes y medios de comunicación, así como modelos de negocio generados en función del uso de estos vehículos no tripulados. Como es lógico, su aplicación se ha extendido también a multitud de campos de la ingeniería civil y geociencias.

En los tres primeros años investigados (2015 - 2017), se seleccionaron 13 trabajos entre tesis y artículos, abarcando estos el 86% de nuestra investigación. La menor concentración de trabajos estuvo en los dos últimos años (2018 – 2019), en estos se seleccionaron 2 trabajos entre tesis y artículos.

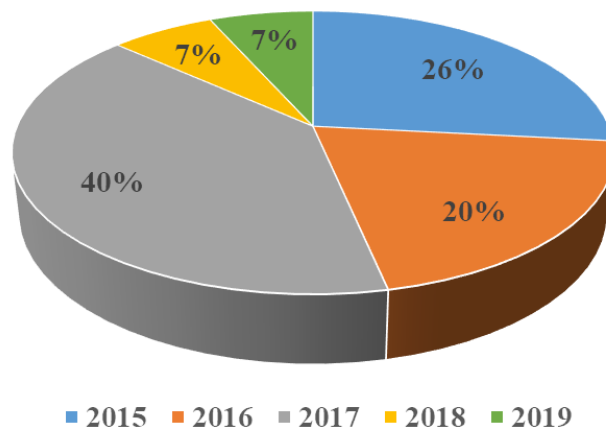


Figura 01. Porcentaje de los hallazgos por año

Según el diseño de nuestra matriz de indagación, nueve de los trabajos analizados fueron identificados como revisiones teóricas y seis como investigaciones empíricas. Cuatro investigaciones empíricas utilizaron UAVs multirrotor y puntos de control terrestre para su investigación; además, utilizaron softwares de restitución fotográfica comerciales como Pix 4d y AgiSoft Photo Scan.

Tabla 02

Hallazgos según el tipo de investigación

Tipo de Investigación	Cantidad	Tipo de Drone	Software de Restitución
Revisión Teórica	9	Varios	Varios
Investigación Empírica	6	Multirrotor: 4	Pix 4d y AgiSoft Photo Scan
		Ala Fija: 2	Independientes

El 100% de las investigaciones seleccionadas indican como una de las palabras clave a los drones; sin embargo, ocho la complementan con la palabra topografía, cinco con fotogrametría, dos con geología, una con softwares y el resto con otras palabras afines.

Dentro de las variables que se analizaron, diez de los trabajos analizaron la comparativa del uso de los drones con la topografía y fotogrametría tradicional relacionados al costo, tiempo y precisión, y cinco analizaron las variables de la aplicación del uso de los drones en diversos sectores como la minería y la ingeniería civil.

De los problemas que presentaron en la investigación, el 50% no presentaron problema alguno; sin embargo, el 33% hacen referencia a la normativa vigente que impide el uso de los drones a determinadas alturas y en zonas pobladas, y el 17% restante hace referencia a al clima, el terreno con vegetación alta y a temas técnicos como la duración de la batería.

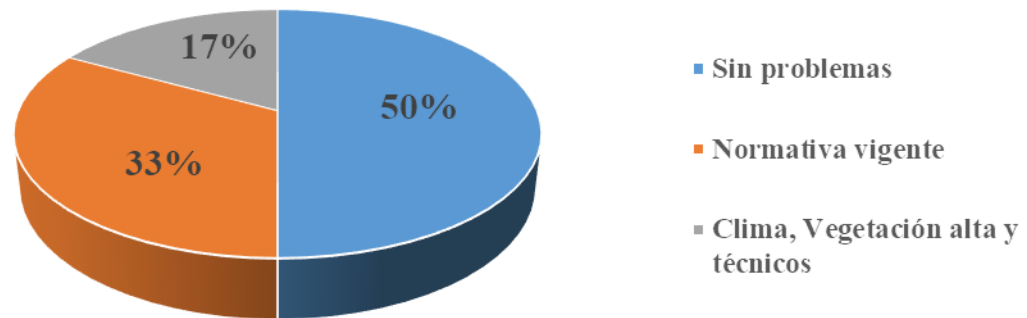


Figura 02. Problemas presentados en los hallazgos

Sobre los resultados y conclusiones, Corredor (2015) en su investigación nos menciona que para trabajos en carreteras los mejores resultados los obtuvo combinando la topografía tradicional en zonas de mayor detalle y la tecnología de los drones en áreas de gran extensión; así mismo, concluye en la mejora económica y la alta precisión obtenida con la implementación de la tecnología de drone. En 2015, Puerta destaca el mayor rendimiento a menor costo de la tecnología de los drones y la afectación económica en los profesionales que aún no migran de los métodos tradicionales; además, concluye en que aun la tecnología drone no reemplaza a la topografía tradicional, por lo contrario, esta es considerada de gran apoyo. Castilla, Aramburú, Cabello, Macuri, Montellanos y Torres (2015) resaltan la optimización del tiempo en trabajos de topografía donde es aplicado el uso de la tecnología de los drones en comparación con los métodos convencionales; además, concluyen en que los costos de implementación de la tecnología drone son menores y muestran una versatilidad comprobada en comparación con la tecnología tradicional. Coello y Ballesteros

(2015) sostienen que el uso de la tecnología de drones en la topografía será más rentable en comparación con la topografía tradicional de acuerdo a la extensión del área de trabajo; además, concluyen desde el punto de vista topográfico que la combinación de la tecnología drone con la tecnología RTK permite obtener correcciones en tiempo real mejorando la precisión.

En 2016, Fernandez-Lozano, Gutiérrez-Alonso, Calabrés-Tomé y García-Talegón resaltan la gran utilidad de los drones en la topografía relacionada a la geología; sin embargo, hacen hincapié en las normativas que limitan las zonas de vuelo; además, concluyen en la practicidad que tienen los drones en el manejo de sensores que inciden en la reducción del tiempo de proceso y costos de las campañas geológicas. Fernandez-Lozano y Gutiérrez-Alonso (2016) en su investigación resalta las nuevas prestaciones en la tecnología de los drones sobre todo en la mayor autonomía de sus baterías que hasta la fecha de investigación ha sido su talón de Aquiles; así mismo, concluyen en la versatilidad de la tecnología drone para con los trabajos de geología en zonas remotas y de difícil acceso reflejándose esto en la reducción de tiempo y costos. Claros, Guevara y Pacas (2016) en su investigación obtuvieron una precisión de 4.34 cm en el levantamiento topográfico con uso de la tecnología drone sin puntos de control terrestre; así mismo, concluyen que la técnica planteada establece una metodología eficaz, accesible y económica por la variedad de marcas y modelos que existen en el mercado.

En 2017, Ferreira y Aíra resaltan la practicidad en la obtención de datos de la tecnología de los drones en comparación con vuelos convencionales. Concluyendo en la gran resolución de las ortofotos obtenidas con un drone debido a la baja altura en la que este puede volar. Ruiz-Carulla, Corominas y Hürlimann (2017) en su investigación indican que, para obtener mejores resultados es necesario que el personal encargado tenga gran conocimiento

en topografía, fotogrametría y experiencia en vuelos de montaña; además, concluyen en que la tecnología drone combinado con la fotogrametría pueden aportar a mas aplicaciones. Sánchez (2017) mencionan las disciplinas dentro de la minería además de la topografía en donde se puede implementar el uso de drones; tales como, prospección, control de operaciones, inspección técnica, prevención en riesgos laborales, control medioambiental, vigilancia, promoción audiovisual y servicios de emergencia y rescate; así mismo, concluyen en que la tecnología drone debe darse a conocer a más empresas mineras a fin de obtener una minería mucho más precisa, eficiente y sostenible ambientalmente. Pérez- Sánchez, Benítez y Díaz (2017) resaltan el uso de los drones en otras aplicaciones distintas a la topografía obteniendo óptimos resultados por ejemplo en la deforestación, índices de contaminación en reservas naturales y medición de incendios forestales; además, concluyen en seguir la investigación con la implementación de nuevos softwares que se adecuen a cada aplicación. Guardado, Téllez y Herrera (2017) resaltan a la tecnología de los drones como herramienta para la investigación de las ciencias de la tierra en corto plazo; así mismo, concluyen en poner énfasis en el entendimiento de los alcances de la tecnología drone y de las responsabilidades que esta conlleva. También en 2017, Sánchez (2017) sostiene que, con el uso de la tecnología drone en combinación con puntos de control terrestre obtuvieron una precisión promedio de 5mm, lo que resulta ser una alta precisión; además, concluyen en que el grado de confiabilidad depende de la precisión y exactitud en la obtención de datos.

En 2018, Ayala en su investigación obtuvo un nivel de confianza del 95% con la implementación del uso de la tecnología drone; sin embargo, se consiguió el mismo tiempo de procesamiento de la topografía tradicional; así mismo, concluye que en suma el uso de la tecnología drone reduce el tiempo y costo del proyecto con el mismo nivel de confianza que la topografía tradicional.

Finalmente, Gonzales, Ucan, Sánchez, Medina, Arcega y Zetina (2019) resaltan la aplicación de los drones para trabajos de ingeniería civil y geociencias en zonas inaccesibles dándole énfasis en la seguridad de la vida en comparación con métodos tradicionales; así mismo, concluyen en implementar la tecnología de los drones en otras aplicaciones que no necesariamente sean trabajos en zonas inaccesibles.

CAPÍTULO IV. CONCLUSIONES

En esta investigación se analizaron los resultados de 15 estudios seleccionados de la base Google Académico que desarrollan la influencia del uso de la tecnología de vehículos aéreos no tripulados (VANT) en los resultados de la topografía tradicional o afines. Por ser una tecnología en pleno auge, se observa que en los últimos años se vienen desarrollando nuevas aplicaciones y mejoras en la autonomía.

Con lo investigado se ha podido identificar que la influencia del uso de la tecnología de vehículos aéreos no tripulados (VANT) en los resultados de la topografía tradicional viene siendo positiva, estos se reflejan en mayor medida en la precisión, los costos, el tiempo de ejecución y la seguridad en la aplicación de la metodología. No obstante, estos resultados se consiguieron en mayor medida teniendo como apoyo a los puntos de control terrestre que derivan de la metodología tradicional; además, se considera que los mejores resultados de esta tecnología en la topografía serán proporcionales a la extensión del área de estudio, pues, para trabajos a detalle, siempre será necesario el uso de equipos de topografía tradicional.

Así mismo, se debe mencionar que la tecnología de vehículos aéreos no tripulados (VANT) cuentan con muchas más aplicaciones en distintos sectores industriales que pueden ser materia de otras investigaciones.

REFERENCIAS

- Amable, C., Aramburú, J., Cabello, S., Macuri, N., Montellanos, D. & Torres, L. (2015). *Tecnología aplicada en la Minería*. (Tesis de maestría). Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima.
- Ayala, M. (2018). *EVALUACIÓN DE LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS CON DRONE (DJI Phantom 4 pro) Y ESTACION TOTAL, QUEBRADA SEÑOR DE QUINUAPATA DEL DISTRITO DE AYACUCHO, PERÚ*. (Tesis de pregrado). Universidad Privada de Trujillo, Trujillo.
- Carulla, R., Corominas, J. & Hürlimann, M. (2017). *Experiencias con Drones para el estudio de movimientos de ladera*. Recuperado de <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/107109/Experiencias%20con%20Drones%20para%20el%20estudio%20de%20movimientos%20de%20laderas.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Claros, R., Guevara, A. & Pacas, N. (2016). *APLICACIÓN DE FOTOGRAMETRÍA AÉREA EN LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS MEDIANTE EL USO DE VEHÍCULOS AÉREOS NO TRIPULADOS*. (Tesis de pregrado). Universidad de El Salvador, San Salvador.
- Coello, A. & Ballesteros, G. (2015). *Fotogrametría de UAV de ala fija y comparación con Topografía clásica*. (Tesis de pregrado). Universidad Politécnica de Madrid: Escuela Técnica Superior de Ingenieros Técnicos en Topografía, Geodesia y Cartografía, Madrid.
- Corredor, J. (2015). *Implementación de modelos de elevación obtenidos mediante Topografía convencional y Topografía con Drones para el diseño geométrico de una vía en rehabilitación sector Tuluá – Tío Frio*. (Tesis de pregrado). Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá.
- Fernández, J., Gutiérrez, G., Calabrés, S. & García, J. (2016). *Drones: Nuevas aplicaciones geomáticas en el campo de las Ciencias de la Tierra*. Recuperado de https://www.researchgate.net/profile/Javier_FernandezLozano/publication/308173342_Drones_Nuevas_aplicaciones_geomaticas_en_el_campo_de_las_Ciencias_de_l

[a Tierra Drones New geomatic applications in Earth Sciences/links/57dc4d6708ae5292a379b1b1.pdf](http://www.sociedadgeologica.es/archivos/REV/29(1)/art6_2901.pdf)

Fernández, J. & Gutiérrez, G. (2016). *Aplicaciones Geológicas de los Drones*. Recuperado de [http://www.sociedadgeologica.es/archivos/REV/29\(1\)/art6_2901.pdf](http://www.sociedadgeologica.es/archivos/REV/29(1)/art6_2901.pdf)

Ferreira, M. & Aira, V. (2017). *Aplicaciones Topográficas de los Drones*. Recuperado de <http://www.bibliotecacpa.org.ar/greenstone/collect/otragr/index/assoc/HASHac69.dir/doc.pdf>

Guardado, R., Téllez, M. & Herrera, A. (2017). *El uso de Drones en Ciencias de la tierra*. Recuperado de <http://reaxion.utleon.edu.mx/Art Impr El uso de drones en ciencias de la tierra.html>

Herrera, R., Ucán, J., Sánchez, I., Medina, R., Arcega, F., Zetina, C. & Casares, R. (2019). *Drones. Aplicaciones en Ingeniería Civil y Geociencias*. Recuperado de https://www.interciencia.net/wp-content/uploads/2019/07/326_6229_A_Gonzalez_Herrera_v44n6.pdf

Pérez, H., Benítez, R. & Díaz, M. (2017). *Sistema de georeferenciado de imágenes con Drones*. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/461/46154070004.pdf>

Phantom 4 RTK. (2019, 22 de setiembre). Recuperado de <https://www.dji.com/phantom-4-rtk>

Puerta, C. (2015). *Tecnología Drone en levantamientos Topográficos*. Recuperado de https://www.academia.edu/19589719/TECNOLOG%3%8DA_DRONE_EN_LEVANTAMIENTOS_TOPOGR%3%81FICOS

Ruiz, R., Corominas, J., & Hurlimann, M. (2017, junio). *Experiencias con drones para el estudio de movimiento de laderas*. Recuperado de <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/107109/Experiencias%20con%20drones%20para%20el%20estudio%20de%20movimientos%20de%20laderas.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Sánchez, M. (2017). *Uso y aplicaciones de drones en minería*. (Tesis de pregrado). Escola Politècnica Superior d'Enginyeria de Manresa, Barcelona.

Sánchez, I. (2017). *DETERMINAR EL GRADO DE CONFIABILIDAD DEL LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO CON DRON EN LA PLAZA SAN LUIS-2017*. (Tesis de pregrado). Universidad Cesar Vallejo, Nuevo Chimbote.

ANEXOS

Anexo 01. Matriz de Indagación

MATRIZ DE INDAGACIÓN										
Tema de investigación: "INFLUENCIA DEL USO DE LA TECNOLOGÍA DE VEHICULOS AÉREOS NO TRIPULADOS (VANT) EN LOS RESULTADOS DE LA TOPOGRAFÍA TRADICIONAL- 2019"										
N°	Origen	Año	Autor (es)	Título	Tipo	Palabras clave	¿Qué variables se analizaron?	Problema que enfrentó el investigador	¿Qué resultados obtuvo? (hallazgos concretos)	Conclusiones
	(País)									relevantes
1	Colombia	2015	Juan Guillermo Corredor Daza	Implementación de modelos de elevación obtenidos mediante Topografía convencional y Topografía con Drones para el diseño geométrico de una vía en rehabilitación sector Tuluá – Tío Frio	Empírico	Topografía, Drones	Topografía con Drones, Topografía Convencional, precisión y tiempo de adquisición de la información.	No presenta	En el diseño geométrico de Vías es recomendable usar la Topografía convencional y la tecnología de los Drones para zonas de mayor detalle y para áreas de gran extensión respectivamente.	El uso de Drones ayuda a economizar y a obtener una mejor precisión en los levantamientos topográficos.
2	Colombia	2015	Carlos Alberto Puerta Colorado	Tecnología Drone en levantamientos Topográficos	Teórico	Topografía, Drone, Ingeniería Civil	Drone o VANT e Ingeniería Civil.	No presenta	Los avances tecnológicos permiten obtener información de campo con un mayor rendimiento y menor costo, sin embargo los profesionales que usan los métodos tradicionales están obligados a actualizar sus conocimientos y	La tecnología Drone aporta en gran manera con fotografías aéreas y recolección de datos para actividades relacionadas a la ingeniería, sin embargo no reemplaza en su totalidad a la topografía tradicional sobre

									se ven afectados económicamente.	todo en el proceso de replanteo de obras.
3	Perú	2015	Amable Castilla, Cynthia; Aramburú Palomino, Janina; Cabello Dueñas, Susán Gladys; Macuri Zavala, Noli Alejandro; Montellanos Llamoca, Daniela y Torres Tunque, Luis Tony	Tecnología aplicada en la Minería	Teórico	Dron, Minería	Minimización de costos y riesgos con el uso de Drones	Los drones no son los mejores cuando se tiene velocidades de viento. Las baterías eléctricas suelen ser uno de los grandes problemas que tienen los drones debido a su escasa capacidad, y por tanto, poca duración de vuelo	Disminución del tiempo de trabajo en levantamiento topográficos debido a la mayor accesibilidad operativa del Dron con respecto a la topografía tradicional, reducción de plazos de entrega debido a la mayor velocidad operativa y rapidez del procesado.	Los costos para usar las aplicaciones de los drones son pocos y los tiempos que toman para realizar una determinada actividad en el aire es mucho menor al que tomaría que un avión lo haga. Las distancias recorridas por un dron, para realizar una tarea, son inferiores a otras opciones, puesto que podemos despegar y aterrizar muy cerca del lugar de operaciones, debido a esto se reduce la contaminación del medio ambiente al realizar un menor recorrido.

4	España	2015	Coello Romero, Alba y Ballesteros Abellan, Gonzalo	Fotogrametría de UAV de ala fija y comparación con Topografía clásica	Empírico	Fotogrametría y topografía clásica	comparativo realizando un levantamiento de una zona determinada mediante GPS y por otro lado mediante fotogrametría aérea utilizando un vehículo aéreo no tripulado.	Normativa Vigente	<p>La rentabilidad económica del UX5 frente a GNSS depende fundamentalmente de las hectáreas de levantamiento por trabajo y la continuidad en la realización de tareas evitando periodos de inactividad.</p> <p>La rentabilidad económica que se puede obtener de los productos obtenidos con el UX5 es superior a la que se puede conseguir con el GPS, ya que con los datos obtenidos y el correspondiente software podemos obtener ortofotos y nubes de puntos más densas. Para la realización de este PFC resulta más económico el uso de GPS ya que la superficie medida fue de aproximadamente 30 hectáreas y no resulta rentable el uso del avión para un solo vuelo.</p>	<p>Desde el punto de vista de la fotogrametría, encontramos en los vehículos aéreos no tripulados una nueva solución para la captura de imágenes aéreas y generación de productos topográficos.</p> <p>Desde el punto de vista topográfico, el uso de equipos GNSS con metodología RTK VRS Now nos permitió obtener correcciones en tiempo real eliminando los errores con respecto a la distancia a la base y mejorando las precisiones. Las mediciones se realizan de manera rápida y con muy buenas precisiones utilizando esta metodología.</p> <p>En relación a las precisiones, el UX5 nos dio peores precisiones que el equipo GNSS pero suficientes para generar la</p>
---	--------	------	--	---	----------	------------------------------------	--	-------------------	--	---

										cartografía a escala 1/1000 en el vuelo a 300 metros y 1/500 en el vuelo a 125 metros, con una nube de puntos más densa que la generada mediante topografía clásica.
5	España	2016	J. Fernández-Lozano, G. Gutiérrez-Alonso, S. Calabrés-Tomé y J. García-Talegón	Drones: Nuevas aplicaciones geomáticas en el campo de las Ciencias de la Tierra	Teórico	Drones, geología, topografía, fotogrametría	Reducción de costos y tiempo de procesamiento de la información	La restricción de vuelo en núcleos urbanos o la imposibilidad de volar en zonas prohibidas (por debajo de 15 y 8 km de distancia en zonas próximas a los aeropuertos y aeródromos, respectivamente) y restringidas (Zonas ZEPA, Parques Naturales, etc.).	A pesar del rápido avance y posibilidades que ofrecen las aeronaves no tripuladas, su desarrollo futuro en el ámbito de la geología queda supeditado a las nuevas normativas que vayan aplicándose y los condicionantes y restricciones que, por motivos de seguridad y protección de datos personales, exija la ley.	Los drones son una herramienta geomática que ofrece grandes posibilidades en el mundo de la geología y las ciencias de la tierra. El acceso a un gran número de sensores posibilita la rápida toma de datos georreferenciados y con una elevada resolución, reduciendo así el tiempo de procesado y el coste de las campañas de campo.

6	España	2016	Javier Fernández-Lozano y Gabriel Gutiérrez-Alonso	Aplicaciones Geológicas de los Drones.	Teórico	Drones, geología, prospección geofísica, topografía, modelos digitales 3D	Accesibilidad, costos y tiempo	Limitación por la normativa vigente, a zonas no urbanas, alejadas de aeropuertos y otros espacios con protección especial –como Parques Naturales, Zonas ZEPA, etc.–	El aumento de las prestaciones de los drones y sobre todo una mayor autonomía de vuelo de sus baterías, prometen hacer de los drones una herramienta muy versátil en el campo de las Ciencias de la Tierra en general.	La capacidad de este tipo de aeronaves no tripuladas para desarrollar trabajos en regiones remotas, de difícil acceso o muy vegetadas, hace de ellos una herramienta de gran versatilidad para trabajos científicos. En esta línea, la implantación de nuevas tecnologías como el láser aerotransportado, los micro gravímetros o los magnetómetros, suponen un avance para la elaboración de trabajos que permita simplificar los métodos tradicionales de captura, análisis y procesado de datos, reduciendo costes y tiempo de trabajo.
---	--------	------	--	--	---------	---	--------------------------------	--	--	--

7	El Salvador	2016	Claros Zelaya, Rene Alberto; Guevara Aguilar, Alex Enrique y Pacas Cruz, Nelson Ricardo	Aplicación de Fotogrametría aérea en Levantamientos topográficos mediante el uso de vehículos aéreos no tripulados	Empírico	Fotogrametría, Topografía y Vehículos aéreos no tripulados	Ventajas y Precisión fotográfica de los vehículos aéreos no tripulados	Escasa normativa, procedimientos técnicos y personal especializado.	En el levantamiento fotogramétrico de la Facultad Multidisciplinaria Oriental de la Universidad de El Salvador se obtuvo una resolución espacial por pixel de 4.34 cm (1.71 pulgadas), curvas de nivel de la superficie en las zonas descubiertas de vegetación y un ortomosaico actualizado del terreno de la Facultad, cubriendo aproximadamente 100 metros alrededor del perímetro de la misma.	La técnica planteada establece una metodología accesible, económica y eficaz para instituciones gubernamentales y no gubernamentales, con todos los beneficios posibles del uso de la fotogrametría, sabiendo que las mencionadas aeronaves son equipos fáciles de adquirir por la variedad de modelos y marcas presentes en el mercado.
8	Argentina	2017	Marisa Rosana Ferreira, Víctor Gerardo Aíra	Aplicaciones Topográficas de los Drones	Empírico	Drone, imágenes, procesamiento, software Agisoft PhotoScan, modelo digital.	Softwares alternativos en procesamiento de datos, tiempo y costo.	No presenta	El sistema de trabajo es muy práctico y permite, a diferencia de los vuelos convencionales, realizar para un mismo proyecto distintos vuelos con inmediatez de resultados.	Las imágenes que se obtienen con un drone tienen una resolución mucho mayor de lo convencional. El hecho de realizar un vuelo a alturas muy inferiores que en los vuelos fotogramétricos convencionales

									hace que la escala de trabajo sea mucho mayor. Se pueden obtener orto fotografías con un tamaño de píxel entre 1 y 5 cm
9	España	2017	Roger RUIZ-CARULLA, Jordi COROMINAS y Marcel HÜRLIMANN	Experiencias con Drones para el estudio de movimientos de ladera	Teórico	Drone, Fotogrametría, Movimiel de ladera	Aplicaciones del Drone y movimiento de tierra.	No presenta	<p>Para obtener mejores resultados es necesario tener conocimientos de topografía, fotogrametría y especialmente en vuelos con drones en montañas altas.</p> <p>Las utilizations de los drones combinados con técnicas de fotogrametría pueden aportar una gran cantidad de información de mucha calidad. Su aplicación en la descripción de inestabilidades de ladera, caracterización de discontinuidades, delimitación de volúmenes inestables, así como tareas de monitorización, le convertirá en una herramienta imprescindible para mejorar el rendimiento, acceder a más y mejor información y mejorar la seguridad y la eficiencia en los trabajos de campo.</p>

10	España	2017	Manuel Sánchez García	Uso y aplicaciones de drones en minería	Teórico	Minería, Drone	Aplicaciones del Drone y Minería	No presenta	<p>Con el conocimiento de los distintos tipos de drones, la normativa vigente y sus aplicaciones habituales, se ha confeccionado una lista de aplicaciones potenciales de los drones en minería las cuales se pueden resumir en:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Prospección. • Topografía. • Control de operaciones. • Inspección técnica. • Prevención de riesgos laborales. • Control medioambiental. • Vigilancia. • Promoción audiovisual. • Servicios de emergencia y rescate. 	<p>La tecnología dron se encuentra en pleno auge y desarrollo, es de gran utilidad y tiene múltiples aplicaciones en el ámbito de la minería. Es por ello que se cree que necesario difundir esta información a las empresas tanto mineras como operadoras de drones para fomentar el uso de los drones en este campo. Gracias a ello, obtendremos una minería mucho más precisa, eficiente y sostenible ambientalmente.</p>
----	--------	------	-----------------------	---	---------	----------------	----------------------------------	-------------	--	--

11	México	2017	Héctor A. Pérez-Sánchez, Edward U. Benítez Rendón y Miriam Díaz Rodríguez	Sistema de georreferenciado de imágenes con Drones	Empírico	Drones, UAVs (Unmanned Aerial Vehicle), Georreferenciado, aplicaciones	Drone e imágenes georreferenciadas	No presenta	<p>Los UAVs en conjunto con nuevos avances tecnológicos son herramientas potenciales que permiten desarrollar aplicaciones impactantes en diferentes sectores de la sociedad. El sistema de georreferenciado de imágenes se desarrolló con el fin de ser una herramienta adaptable a diferentes tipos de vehículos aéreos (aviones, helicópteros, dirigibles) e incluso a vehículos terrestres, que permita junto a otras herramientas realizar una solución a problemáticas más complejas de la sociedad que puede abarcar desde aplicaciones para medir índices de</p>	<p>A partir de los resultados satisfactorios obtenidos del funcionamiento del sistema de georreferenciado de imágenes, se propone realizar un sistema completo que contemple una herramienta para generar mapas ortogonales con las imágenes obtenidas y además se agregue un módulo de procesamiento de imágenes de acuerdo a los requerimientos de la problemática que se pretenda atacar.</p>
----	--------	------	---	--	----------	--	------------------------------------	-------------	--	--

								deforestación, estadísticas de contaminación de áreas naturales, medición de impactos provocados por incendios forestales, entre otros.		
12	México	2017	Rigoberto Guardado France, Miguel Agustín Téllez Duarte y Ángel Raúl Herrera Gutiérrez.	El uso de Drones en Ciencias de la tierra.	Teórico	Drones, Ciencias de la Tierra, Teledetección	Costo y calidad de datos	Falta de desarrollo de nuevos equipos de almacenamiento y procesamiento de datos capaces de manejar gran cantidad de información además del tema de regulación de uso.	La tecnología dron como herramienta para las investigación en las Ciencias de la Tierra permitirá, en un corto plazo, un mejor entendimiento del estudio.	La incorporación de esta nueva tecnología en las investigaciones realizadas en el campo de las Ciencias de la Tierra puede traer consigo grandes beneficios a nuestra sociedad; sin embargo, para lograrlo es importante que se cuente con un entendimiento integral de los alcances del uso de esta tecnología y de las responsabilidades

									que conlleva para sus operadores.
13	Perú	2017	Sánchez Vargas, Irvin Jonathan	Determinar el grado de confiabilidad del levantamiento topográfico con dron en la Plaza san luis-2017	Teórico	Topografía, Dron, Fotometría, Precisión y Exactitud	El grado de confiabilidad del levantamiento topográfico con Dron	ninguno	<p>La precisión es la similitud de diferentes resultados obtenidos de una misma zona de estudio con un mismo instrumento, eso también se puede interpretar por medio de la fórmula de precisión. Los resultados obtenidos aplicando la fórmula de precisión se visualiza en la "Tabla N°05 Precisiones de los Puntos de Control", donde la precisión promedio de los puntos de control son: en el norte 1/128788378562, en el este 1/10802906988 y en la cota</p> <p>El grado de confiabilidad de un Levantamiento Topográfico con dron depende de sus dimensiones, que son la precisión y exactitud, ya que con ello se puede conocer si los datos obtenidos son confiables o no. Al tener una buena precisión y exactitud, se concluye que el levantamiento topográfico con dron es confiable.</p>

									1/31 1843; los cuales superan la tolerancia de 1/20000 por el Instituto de Estadística y Geografía de México, por lo que se concluye que tiene una buena precisión.	
14	Perú	2018	Ayala Valdivia, Mak Robert	Evaluación de levantamientos topográficos con Drone (dji phantom 4 pro) y estación total, quebrada Señor de Quinuapata del distrito de Ayacucho, Perú	Empírico	Drones y topografía	Comparación de levantamiento topográfico empleando el método RPAs y el método tradicional	Bajo presupuesto, clima lluvioso y terreno de vegetación frondosa	Nivel de confianza de 95% lo que nos da como resultado un levantamiento topográfico con drone fiable para trabajar en diferentes proyectos de ingeniería u otros, el tiempo de procesamiento son iguales, en un total de 04 horas de trabajo, tanto en el software para los datos el drone DJI phantom 4 Pro. y el de estación total, que son el Agisoft PhotoScan y el de AutoCAD	La investigación nos indica que ambos equipos de topografía, tanto el drone DJI Phantom 4 pro y la estación total, resultan iguales en un levantamiento topográfico con un 95% de confianza estadística, lo que resulta un equipo de drone apropiado para trabajos topográficos en fotogrametría. En el caso de tiempo en un levantamiento topográfico es más conveniente el uso de drone ya que se realiza en menor tiempo, aunque los procesos de

									3D, respectivamente.	obtención de datos sean los mismos. El levantamiento topográfico con dron es más barato y más eficiente en tiempo que con estación total.
15	México	2019	Roger González Herrera, Juan Pablo Ucán Navarrete, Ismael Sánchez y Pinto, Rubén Medina Escalante, Flor Árcega Cabrera, Carlos Zetina Moguel y Rafael Casares Salazar	Drones. Aplicaciones en Ingeniería Civil y Geociencias	Teórico	Aplicaciones, Ciencias de la Tierra, Dron, Ingeniería, VANT	Aplicaciones del Drone y Ciencias de la Tierra	No presenta	Los Drones en los últimos tiempos y su inclusión en cualquier proyecto técnico debe cumplir alguno de los supuestos que se consideran para el uso de estos sistemas: que sea económicamente viable a los propósitos de la aplicación; que replazce métodos peligrosos para eliminar riesgos en la aplicación y que pueda colocarse un sensor en lugares inaccesibles	Pensar que los drones son una herramienta útil y eficiente para obtener datos de áreas inaccesibles parecería lógico, por lo que limitar su uso para explorar y documentar elementos inaccesibles en el exterior y en interiores, como bóvedas o huecos, sería lo conducente. Entonces, la exploración y documentación de elementos más accesibles, en áreas abiertas, podría realizarse con el uso de otros medios y metodologías más desarrolladas; entre ellas están técnicas como la fotogrametría

