

**ANÁLISIS DE LA UTILIZACIÓN DE DRONES PARA EL LEVANTAMIENTO
TOPOGRÁFICO EN SITIOS HABITADOS DONDE SE PRESENTAN AGUAS
ESTANCADAS EN EL MUNICIPIO DE CIÉNAGA MAGDALENA**



**MACHADO PARDO MIGUEL ANGEL
PERTÚZ PLATA JOSÉ ANICETO**



**UNIVERSIDAD COOPERATIVA DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
SANTA MARTA
2020**

**ANÁLISIS DE LA UTILIZACIÓN DE DRONES PARA EL LEVANTAMIENTO
TOPOGRÁFICO EN SITIOS HABITADOS DONDE SE PRESENTAN AGUAS
ESTANCADAS EN EL MUNICIPIO DE CIÉNAGA MAGDALENA**



**MACHADO PARDO MIGUEL ANGEL
PERTÚZ PLATA JOSÉ ANICETO**

**Análisis Sistemático de Literatura presentado como modalidad de Grado
optar el Título de Ingeniero Civil.**

**ING. ARTHUR BURGOS
Asesor**

**UNIVERSIDAD COOPERATIVA DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
SANTA MARTA
2020**

Nota de aceptación

Asesor

Evaluador

Evaluador

CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN	7
ABSTRACT	8
0. INTRODUCCIÓN	9
1. DEFINICIÓN DEL TEMA A INVESTIGAR.....	10
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	10
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	11
2. JUSTIFICACIÓN.....	12
3. OBJETIVOS	14
3.1. OBJETIVO GENERAL.	14
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	14
4. DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	15
4.1. LÍNEA DE INVESTIGACIÓN.....	15
4.2. DELIMITACIÓN ESPACIAL	15
4.3. DELIMITACIÓN TEMPORAL	16
5. METODOLOGÍA.....	17
5.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	17
5.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	17
5.3. TECNICA PARA LA RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	18
6. RESULTADOS DE LA REVISIÓN REALIZADA.....	19
6.1. ANTECEDENTES.....	19
6.2. BASES TEÓRICAS.....	20
6.2.1. Drones.....	20

6.2.2.	Funcionamiento de los Drones	20
6.2.3.	Usos más comunes de los drones en la topografía.....	21
6.2.4.	Implementación de los drones en la topografía.....	21
6.2.5.	Levantamiento topográfico convencional.....	22
6.2.6.	Métodos de levantamientos topográficos convencionales.....	23
6.2.7.	Levantamiento topográfico con drones.....	24
6.2.8.	Ventajas del levantamiento topográfico con drones	25
7.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN.....	27
7.1.	CONCEPTUAR EL USO DE DRONES Y LAS VARIABLES MÍNIMAS NECESARIAS PARA SU IMPLEMENTACIÓN EN LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS, RECONOCIENDO ASÍ LAS CARACTERÍSTICAS QUE ESTOS OFRECEN.....	27
7.2.	CARACTERIZACIÓN DE LOS PROCESOS TECNOLÓGICOS Y LA VIABILIDAD QUE GENERA EL USO DE DRONES EN LA REALIZACIÓN DE TOPOGRAFÍAS, IDENTIFICANDO ASÍ LAS VENTAJAS Y DESVENTAJAS QUE HA TRAÍDO CONSIGO LA IMPLEMENTACIÓN DE LOS MISMOS.	29
7.2.1.	Paso a paso para el desarrollo de levantamientos topográficos con drones.29	
7.2.2.	Características de los drones implementados en topografías.	31
7.2.3.	Drones Multirrotores implementados en topografías.	31
7.2.4.	Drones de ala fija implementados en topografías.....	32
7.2.5.	Precisión de levantamientos con drones.	33
7.3.	APLICACIÓN DE DRONES EN TOPOGRAFÍAS DONDE SE PRESENTAN EN SITIOS HABITADOS EN AGUAS ESTANCADAS.....	35
8.	CONCLUSIONES	39
9.	RECOMENDACIONES	40

10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 41

RESUMEN

El presente análisis sistemático de literatura se desarrolló con el fin de analizar los procesos necesarios para la implementación de drones en la realización de topografías en el municipio de Ciénaga, Magdalena donde se presentan aguas estancadas en sitios habitados y no es posible el acceso de equipos topográficos de modo convencional, para dicho fin será sumamente relevante la identificación de proyectos realizados anteriormente que permitan un manejo claro en tanto a la implementación de los drones en procesos topográficos donde se manejan condiciones como estancamientos de aguas estancadas en sitios habitados.

Así mismo, fue de vital importancia enfatizar en que las aguas estancadas en el municipio han representado una problemática que se ha presentado por mucho tiempo y que además no ha permitido el desarrollo óptimo de la población en estos sectores, debido a que en muchas ocasiones desisten de desarrollar funciones allí por los costos que implican y la indiscutible dificultad de acceso.

Palabras clave: Ciénaga, topografía, aguas, estancadas, desarrollo, equipos.

ABSTRACT

The present systematic analysis of the literature was developed in order to analyze the processes necessary for the implementation of drones in the realization of topographies in the municipality of Ciénaga, Magdalena where stagnant waters are present in inhabited sites and it is not possible to access topographic equipment. Conventionally, for this purpose, it will be extremely relevant to identify previously carried out projects that allow clear management in the implementation of drones in topographic processes where conditions such as stagnant water stagnation in inhabited sites are handled.

Likewise, it was of vital importance to emphasize that the stagnant waters in the municipality have represented a problem that has been present for a long time and that also has not allowed the optimal development of the population in these sectors, because on many occasions they give up to develop functions there due to the costs involved and the indisputable difficulty of access.

Keywords: Ciénaga, topography, waters, stagnant, development, equipment.

0. INTRODUCCIÓN

El hombre en su diario vivir ha buscado la forma de cumplir con cada una de las funciones que le permitan abarcar todas las posibilidades del medio y brindarles el mejor provecho; es de este modo como con la evolución de la tecnología ha dado vital relevancia a diversas funciones que en el pasado eran desarrolladas con gran dificultad y que en algunos casos no resultaba posible su realización. En el caso de la presente revisión de literatura será posible analizar el enfoque y la implementación de los drones en levantamientos topográficos donde el acceso es sumamente complicado, aclarando así que la problemática será dirigida en los terrenos habitados donde se presentan estancamientos de agua en el municipio de Ciénaga Magdalena.

Es de vital importancia aclarar que esta es una problemática que se ha presentado por mucho tiempo y que además no ha permitido el desarrollo óptimo de la población en estos sectores, debido a que en muchas ocasiones desisten de desarrollar funciones allí por los costos que implican y la indiscutible dificultad de acceso.

Consecuente a esto, es de gran relevancia dentro de la objetividad de la presente revisión bibliográfica identificar la información relevante en tanto a proyectos realizados anteriormente que permitan un manejo claro en tanto a la implementación de los drones en procesos topográficos donde se manejan condiciones como estancamientos de aguas estancadas en sitios habitados, además del análisis de las ventajas y desventajas de dicho proceso y sin duda alguna la identificación de las variables económicas que pueden interferir en la implementación de dichos drones.

1. DEFINICIÓN DEL TEMA A INVESTIGAR.

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En una sociedad que se encuentra en proceso de desarrollo y en búsqueda de tecnologías que le permitan realizar las funciones en un menor tiempo y en gran magnitud, hoy es posible evidenciar diversos aparatos que facilitan los trabajos humanos y que funcionan manera eficiente y eficaz, logrando así cumplir a tiempo con las actividades. En el caso del presente análisis sistemático de literatura se estudiará una temática de gran relevancia en la actualidad tanto para la ingeniería civil como para la ingeniería electrónica, en este caso el enfoque será desarrollado entorno a la implementación de drones para la realización de topografías a gran escala.

Basados inicialmente en la eficiencia de estos aparatos tecnológicos es de gran importancia identificar características propias de dicho elementos y por ende verificar las características, ventajas y desventajas que pueden generar en su implementación en los levantamientos topográficos, aclarando así que el alcance que estos pueden llegar a tener es indispensable, además de poder analizar los costos que estos podrían llegar a generar. Dicho de este modo será posible desarrollar un análisis con respecto a los modelos de elevación, los cuales reducen y optimizan los tiempos de recolección de información.

Consecuente a esto se plantea el análisis de los procesos necesarios para la implementación de drones en la realización de topografías en el municipio de Ciénaga, Magdalena donde se presentan aguas estancadas en sitios habitados y no es posible el acceso de equipos topográficos de modo convencional, esta es una problemática que durante años ha afectado a la población cienaguera, puesto que no ha permitido el desarrollo del municipio en este tipo de zonas por el ya mencionado difícil acceso generando así estancamiento en el crecimiento y en el desarrollo de obras civiles que generen beneficios a largo plazo para la población.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.

¿Cuál es la realidad de quienes habitan en sitios cerca de aguas estancadas en Ciénaga Magdalena? ¿Por qué no se han implementado métodos innovadores para el desarrollo de estudios topográficos en estas zonas de difícil acceso? ¿Qué beneficios puede traer consigo la implementación de drones para la realización de la topografía en estos sitios?

2. JUSTIFICACIÓN.

El presente análisis sistemático de literatura será desarrollado con el fin de analizar los procesos necesarios para la implementación de drones en la realización de topografías en el municipio de Ciénaga, Magdalena donde se presentan aguas estancadas en sitios habitados y no es posible el acceso de equipos topográficos de modo convencional, para dicho fin será sumamente relevante la identificación de proyectos realizados anteriormente que permitan un manejo claro en tanto a la implementación de los drones en procesos topográficos donde se manejan condiciones como estancamientos de aguas estancadas en sitios habitados.

Consecuente a esto será necesario caracterizar los procesos tecnológicos y la viabilidad que genera el uso de drones en la realización de topografías, identificando así las ventajas y desventajas que ha traído consigo la implementación de los mismos, para posteriormente determinar las variables económicas necesarias en tanto a su uso en la realización de topografías en el municipio de Ciénaga, Magdalena donde se presenta la problemática. Con el desarrollo de este proyecto investigativo será posible dar luz verde a una problemática que se ha presentado durante años y que guarda una esperanza en la población cienaguera.

Es sumamente relevante establecer que los vehículos aéreos no tripulados (conocidos como drones) se están convirtiendo en una nueva tecnología que revoluciona la Topografía convencional. Se trata de una clara apuesta por el ambiente, pues no emite CO₂ a la atmósfera. Además, mejora significativamente la seguridad de los trabajadores en obra, al no tener que trabajar en zonas de riesgo. Su uso también aumenta la eficiencia de los procesos constructivos, minimizando costes y reduciendo tiempos al compararlo con los trabajos clásicos de Topografía. Las innumerables ventajas de la implementación de drones han

sido aprovechadas por diferentes gremios del país: bienes raíces, fotografía, avalúos, supervisión de proyectos, entre otros. (Aguilar, 2015)

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL.

Analizar la utilización de los drones para el levantamiento topográfico en sitios habitados donde se presentan aguas estancadas y no es posible acceso de equipos topográficos de modo convencional en el municipio de Ciénaga Magdalena

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- ✚ Conceptuar el uso de drones y las variables mínimas necesarias para su implementación en levantamientos topográficos, reconociendo así las características que estos ofrecen.
- ✚ Caracterizar los procesos tecnológicos y la viabilidad que genera el uso de drones en la realización de topografías, identificando así las ventajas y desventajas que ha traído consigo la implementación de los mismos.
- ✚ Determinar las variables económicas necesarias para la implementación de drones en la realización de topografías en el municipio de Ciénaga, Magdalena donde se presentan aguas estancadas en sitios habitados y no es posible el acceso de equipos topográficos de modo convencional.

4. DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.

4.1. LÍNEA DE INVESTIGACIÓN.

Una línea de investigación es un enfoque interdisciplinario que permite englobar procesos, prácticas y perspectivas de análisis y definición disciplinaria con énfasis en los aportes de experimentalidad simbólica y creatividad expansiva e inclusiva del Campo de la Comunicación en sus más amplias acepciones y potencialidades. Sus alcances y desarrollos materiales de las prácticas y saberes involucrados son transversales a los Proyectos. (Instituto de investigaciones en comunicaciones, 2012)

En el caso de las líneas de investigación que se manejan en la Universidad Cooperativa de Colombia para la facultad de Ingenierías, en este caso se desarrollan dos líneas la de desarrollo de software, explícitamente en el ítem de sistemas electrónicos y la línea de estructuras, materiales y suelos, debido a que se analizará la implementación de drones para la realización de topografías en el municipio de Ciénaga Magdalena donde se presentan aguas estancadas en sitios habitados y no es posible el acceso de equipos topográficos de modo convencional.

4.2. DELIMITACIÓN ESPACIAL

Con el fin de conocer y exponer claramente el límite que se fijará con respecto al tema de investigación es implementada la delimitación espacial; según (Rodríguez C. H., 2012) la delimitación espacial o geográfica es necesario especificar el área o lugar geográfico en el que se llevara a cabo la investigación, delimitando espacio institucional, colonia, ciudad, municipio, estado, región, país, etcétera.

La presente investigación se implementará en el municipio de Ciénaga Magdalena, explícitamente en los lugares habitados donde se presentan estancamientos de agua y donde por un largo tiempo tal problemática ha impedido el desarrollo de la población.

4.3. DELIMITACIÓN TEMPORAL

El autor (Moreno, 2018) identifica la delimitación temporal como aquella que consiste en estudiar los fenómenos elegidos, solamente dentro de un rango de tiempo que puede ser años o décadas. Para ello se deberá especificar el tiempo al que se refiere la investigación, es decir, indicar el periodo de tiempo de la procedencia de los datos. Así mismo, (Gómez, 2012) enuncia que todo estudio cuenta con delimitaciones de tiempo, en las cuales se deberá determinar el tiempo en que se realizará la investigación, señalando los intervalos de tiempo.

Consecuente a esto, esta investigación será realizada a lo largo del segundo semestre académico del año 2020 por la Universidad Cooperativa de Colombia, es decir, desde el mes de agosto al mes de noviembre de 2020.

5. METODOLOGÍA.

5.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN.

Para el desarrollo del presente análisis sistemático de literatura se implementará una investigación de carácter documental, la cual es definida según (Tancara, 1993) como una serie de métodos y técnicas de búsqueda, procesamiento y almacenamiento de la información contenida en los documentos, en primera instancia, y la presentación sistemática, coherente y suficientemente argumentada de nueva información en un documento científico.

De este modo, la autora (Uriarte, 2020) define este tipo de investigación como toda aquella gestión que tenga como principal material de trabajo una compilación de documentos escritos, audiovisuales o de cualquier índole, que sirvan de muestra o de memoria de los eventos ocurridos y permitan indagar en busca de conclusiones posteriores.

Además de identificar el desarrollo de la investigación documental es de gran relevancia especificar en el hecho de que los documentos que se implementen para el análisis sistemático de literatura sean sumamente veraces y que no cuenten con una duración mayor a 10 años puesto que de esto depende en gran medida el manejo de información actualizada.

5.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

El diseño de esta investigación es de tipo no experimental ya que no hay manipulación de las variables objeto de estudio, en este contexto se realiza una revisión y observación de los fenómenos en su estado natural, es decir, en el contexto que se da y no se ejerce influencia directa en los mismos.

Es de este modo como en este tipo de diseño se puede establecer también que es un diseño de carácter transversal, dado que se obtiene la información en un contexto natural la información que proviene de esta se recolecta o se obtiene en

un solo momento mediante revistas, libros, artículos, etc. Para (Palella & Martins, 2012) es definido de la siguiente manera, “en este nivel de investigación se ocupa de recolectar datos en un solo momento y en un tiempo único. Su finalidad es la describir las variables y analizar su incidencia e interacción en un momento dado, sin manipularlas

Según (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014) la investigación no experimental es sistemática y empírica en la que las variables independientes no se manipulan porque ya han sucedido. Las inferencias sobre las relaciones entre variables se realizan sin intervención o influencia directa, y dichas relaciones se observan tal como se han dado en su contexto natural.

5.3. TECNICA PARA LA RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

La información que fundamentará esta investigación se obtendrá a través de fichas bibliográficas y el instrumento a utilizar será el fichaje. Según (Rodríguez, 2005) las definen como fichas que permiten conservar datos acerca de libros, artículos, conferencias, revistas, etc. Cabe aclarar que la ficha ahorra tiempo y esfuerzo y facilita la elaboración del índice de autores y de títulos consultados así como la memorización y la comprensión.

Dicho de este modo (Acosta, 2011) lo define como una técnica utilizada especialmente por los investigadores. Es un modo de recolectar y almacenar información, cada ficha contiene una información que, más allá de su extensión le da unidad y valor propio. Aclarando así que la ficha es un recurso valioso para el estudio porque permite registrar datos o información proveniente de diversas fuentes, recordar y manejar el contenido de obras leídas.

6. RESULTADOS DE LA REVISIÓN REALIZADA.

6.1. ANTECEDENTES.

Es un hecho que los drones han llegado a facilitar diversas tareas dentro de la Ingeniería Civil. Una de las principales ventajas de los drones en la Ingeniería Civil es que los levantamientos topográficos/fotogramétricos pueden realizarse en menor tiempo, con mayor detalle y conservando la precisión. Además, se puede llevar a cabo seguimiento de obra, que permite ver en tiempo real, desde una perspectiva global y aérea, lo que está sucediendo en la obra y sus avances. Este seguimiento de obra puede ser tanto en fotografías como en video. (GEODRONES, 2019)

De este modo es posible identificar que un dron de topografía proporciona un enorme potencial a los topógrafos y profesionales de SIG. Con un dron, es posible llevar a cabo levantamientos topográficos de la misma calidad que aquellos realizados recopilando medidas de alta precisión a través de levantamientos topográficos tradicionales, aunque en una fracción del tiempo. Esto reduce considerablemente el costo de la topografía y del volumen de trabajo sobre el terreno. (WINGTRA, 2017)

Uno de los proyectos de gran relevancia en la parte de topografías realizadas con drones es el de Digi Dron, el cual tiene como población objetivo de este servicio todas las personas naturales y jurídicas de los sectores agrícolas, minero-energético y de construcción que usen técnicas tradicionales para sus levantamientos topográficos. (Vallejo & Arias, 2018)

A través de este proyecto se identificaron se analizaron 7 ventajas esenciales de la implementación de los drones en levantamientos topográficos, especificando así el aumento de la productividad, la reducción de tiempo y de costes, la reducción de riesgos laborales, el aumento de datos adquiridos, la precisión y la inmediatez, para así identificar el nivel de demanda de estos dispositivos.

6.2. BASES TEÓRICAS

6.2.1. Drones.

Generalmente conocidos como Drones, son estructuras aéreas autónomas o también pueden ser piloteadas a distancia. Poseen diversos usos en distintos ámbitos, tales como: Fotografía, Topografía, Fotogrametría, Geología, Publicidad, Meteorología, Agricultura, entre otras. Cabe destacar que pueden existir diversos tipos de drones, dependiendo del tipo y peso. (Ortega, 2015)

Aunque podemos pensar que los cuadricópteros o drones son una novedad y surgieron hace poco tiempo, no es verdad. Los primeros modelos se remontan a los años 20, aunque el diseño y las posibilidades de control eran bastante diferentes. La tecnología de materiales, que ha logrado que cada vez sean más ligeros, así como la miniaturización de componentes, hace posible que hoy contemos con drones de tamaños y prestaciones muy diversas. Desde los mini drones de recreo hasta los destinados a control y vigilancia, hay un amplio listado de modelos. (Universidad Internacional de Valencia, 2018)

6.2.2. Funcionamiento de los Drones

El funcionamiento de un dron es básicamente el mismo que el de un avión o un helicóptero. Se ponen en marcha los motores y las aletas se mueven para posibilitar el vuelo. Después, con los mandos de control se va dirigiendo el vuelo, que dependerá en gran medida de los conocimientos y la pericia del piloto. En algunos casos, es posible fijar un rumbo de forma automática. Los modelos que lo permiten incorporan un GPS que permite ir corrigiendo el vuelo y ajustarlo hasta llegar al punto indicado. Estos se sumen usar para realizar rondas de observación cíclicas, sin que haga falta un piloto que lo controle. Simplemente se observa lo que recoge la cámara, que se envía en tiempo real o se graba dependiendo del caso. (KH, 2019)

6.2.3. Usos más comunes de los drones en la topografía.

Existen infinidad de usos y verticales que disfrutan de los beneficios de estas herramientas. Entre ellos:

- ✚ Levantamientos topográficos y modelos digitales de terreno precisos
- ✚ Cálculo de volúmenes y movimientos de tierras
- ✚ Gestión y actualizaciones catastrales
- ✚ Cartografía digital
- ✚ Seguimiento y monitorización de obras, inventarios, trabajos de subcontratos.
- ✚ Estimación y presupuestado de trabajos de mantenimiento en carreteras.
- ✚ Seguimiento y mantenimiento de infraestructuras ferroviarias.
- ✚ Generación de mapas de alta resolución de líneas eléctricas.

Como vemos las posibilidades que nos ofrece la tecnología drone en el campo de la topografía son muchas, pero principalmente destacan la inmediatez en la adquisición de datos y la disminución significativa de costes. (Aérea Drone Colombia, 2019)

6.2.4. Implementación de los drones en la topografía.

Para la implementación de los drones en la topografía resulta sumamente relevante identificar el siguiente paso a paso identificado por (Drone Services , 2020):

- 1) Se fija la zona de estudio a través de un software e introducimos en él las coordenadas exactas del área a estudiar.
- 2) Se inicia el vuelo del drone con todas las especificaciones dadas, es decir, de altura y vuelo.
- 3) Si se necesitan obtener valores históricos, es importante el uso de georreferenciación. Con esto nos referimos al uso de GPS. Con algunos

puntos en serie como referencia mediante la topografía tradicional, el dron consigue arrojar datos históricos.

- 4) Luego de que el dron ha realizado su trabajo y aterriza con las imágenes, se hace uso de la fotogrametría mediante un software, para así crear el modelo digital en 3D.

6.2.5. Levantamiento topográfico convencional.

En el método de la "Estación Libre" se coloca el instrumento en un punto cualquiera P, ubicado en forma conveniente y desde donde se dará inicio al levantamiento que se desea amarrar; desde dicho punto deben ser visibles dos o más puntos de coordenadas conocidas. Las coordenadas de P se determinan de la siguiente forma:

- ✚ Se miden los ángulos y las distancias a dos o más puntos de coordenadas conocidas.
- ✚ Se calculan las coordenadas de los puntos conocidos a partir de un sistema arbitrario con origen en el punto P

Este método es bastante útil y su precisión depende de la precisión de las coordenadas de los puntos conocidos, de la precisión en la medida tanto de los ángulos como de las distancias. En su aplicación es casi que indispensable el uso de un distanciómetro. (Castañeda & Martínez, 2018)

En el caso más simple, cuando se observan solamente dos puntos de coordenadas conocidas, bastará con medir el ángulo que desde el punto P forman las visuales dirigidas a ellos, obviamente también se miden las distancias desde P. Las ecuaciones de transformación se pueden ignorar al resolver el triángulo resultante a partir del ángulo y de las dos distancias medidas. La distancia calculada entre los dos puntos al resolver dicho triángulo puede ser comparada

con la obtenida entre los mismos dos puntos a partir de sus coordenadas y tener así una idea de la precisión del amarre. (Leon, 2013)

Cabe aclarar que la ubicación de las estaciones debe hacerse con extremada minuciosidad, en ello influye considerablemente la visibilidad de grandes zonas que pueden definirse desde una sola estación. Debe obtenerse la altura del instrumento en cada estación. Es indispensable, a medida que se ubican y se toman los puntos, elaborar un gráfico en el que se muestren claramente los puntos que se han tomado y el orden que se tiene al momento de seccionar o recopilar información. (Gonzalez, 2011)

Consecuente a esto es posible establecer que un levantamiento topográfico es una representación gráfica que cumple con todos los requerimientos que necesita un constructor para ubicar un proyecto y materializar una obra en terreno, ya que éste da una representación completa, tanto del terreno en su relieve como en las obras existentes.

De ésta manera, el constructor tiene en sus manos una importante herramienta que le será útil para buscar la forma más funcional y económica de ubicar el proyecto. Un levantamiento topográfico permite trazar mapas o planos de un área, en los cuales aparecen: Las principales características físicas del terreno, tales como ríos, lagos, reservorios, caminos, bosques o formaciones rocosas; o también los diferentes elementos que componen la granja, estanques, represas, diques, fosas de drenaje o canales de alimentación de agua. (Yangali, 2012)

6.2.6. Métodos de levantamientos topográficos convencionales.

6.2.6.1. Método de cinta métrica.

Es un levantamiento topográfico en el cual se usa una cinta métrica metálica. De los métodos existentes, es el que menos recursos requiere aunque tiene sus

limitaciones en cuanto al tamaño del área a levantar y la presión, pero para pequeñas áreas es factible su aplicación. (Rangel, 2015)

6.2.6.2. Método de estación total.

La estación total surge con la finalidad de sustituir el teodolito, antiguo instrumento utilizado para trabajos topográficos, pero además incluye otras herramientas muy útiles para la medición de distancias y un terminal interno para la realización los cálculos oportunos con memoria para el almacenamiento de datos.

Una estación total alcanza su finalidad cuando se utiliza en la ingeniería de alta exactitud topográfica, como por ejemplo en la construcción de carreteras, viaductos, grandes edificaciones, canales de agua, etc. (Romero, 2018)

6.2.6.3. Método con nivel.

Se trata del método más preciso de nivelación topográfica, el instrumento empleado para la realización de una nivelación geométrica es el nivel o equaltímetro. El desnivel se calcula restando las lecturas tomadas a dos miras que se habrán colocado en los puntos entre los cuales se quiere calcular el desnivel. La cota del punto incógnita se calculará simplemente sumando el desnivel calculado. (Alonso, 2017)

6.2.7. Levantamiento topográfico con drones

Los drones han supuesto una revolución en el trabajo topográfico. En primer lugar por la importante reducción de costes que suponen. Esto ha permitido, que proyectos que no eran viables por su elevado coste hoy se puedan realizar sin problemas. Y no estamos hablando solo de los costes económicos o de personal, también de tiempo. Por ejemplo, examinar un terreno podía costar días o semanas

dependiendo de su extensión. Hoy en día con un dron en menos de una hora puedes examinar unas cien hectáreas, con lo que el avance es muy importante. (Global Mediterranea Geomática, 2018)

Esta tecnología además permite capturar un mayor número de puntos para realizar planimetrías. El levantamiento topográfico que se consigue con ellos aporta mucha más información gráfica y real que un levantamiento topográfico tradicional, gracias a sus cámaras de última generación. Y como con un dron se puede llegar a zonas de difícil acceso o incluso inaccesibles, se amplía el conocimiento del lugar y de los alrededores, con lo que conseguimos mayor información. Además, así se consiguen evitar riesgos innecesarios para el topógrafo, porque no tienen que ir por zonas de difícil acceso debido a la geografía del terreno, ni por zonas altamente contaminadas ni peligrosas (como volcanes o incendios forestales). (Aerial Insights, 2018)

6.2.8. Ventajas del levantamiento topográfico con drones

Estos métodos suponen un gran incremento de productividad a las empresas que ofrecen o requieren servicios topográficos. Hablamos de que con un dron se pueden llegar a reconstruir miles de hectáreas en una sola jornada de trabajo. Esto significa una reducción de ordenes de magnitud en tiempos y costes, mientras se elevan las precisiones de forma significativa. (Campos, 2019)

Esta tecnología presenta muchas más ventajas:

- ✚ Se incrementa la productividad al tiempo que se reduce considerablemente de coste por hectárea.
- ✚ Reducción de tiempos en la ejecución de los trabajos. En muchos casos, se tendrá acceso a los resultados el mismo día del vuelo.
- ✚ Se obtienen precisiones centimétricas en cualquier parte del área sobrevolada, no solo en los puntos en los que se ha centrado el encargo.

- ✚ Se tiene control fino sobre el nivel de precisión de los resultados. Es decir, cuando no es necesaria máxima precisión, es posible disminuir el esfuerzo requerido en la captura y tratamiento de datos.
- ✚ Disponibilidad, sin suplementos ni costes extra, de múltiples resultados: ortofotos, mapas de elevación, nubes de puntos, curvas de contorno y reconstrucciones 3D. Cada profesional decide que tipo de representación es la más adecuada.
- ✚ Acceso ilimitado a herramientas de medida de precisión, online, sin requerir costosas estaciones de trabajo o software GIS/CAD.
- ✚ Por último, pero muy importante: No hay necesidad de exponer trabajadores a entornos peligrosos: carreteras transitadas, zonas inaccesibles o con orografía escarpada.

7. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN.

7.1. CONCEPTUAR EL USO DE DRONES Y LAS VARIABLES MÍNIMAS NECESARIAS PARA SU IMPLEMENTACIÓN EN LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS, RECONOCIENDO ASÍ LAS CARACTERÍSTICAS QUE ESTOS OFRECEN.

LEVANTAMIENTO	CARACTERÍSTICAS
CON CINTA MÉTRICA	Se lleva mucho tiempo y además es necesario la ayuda de al menos dos personas para realizar el levantamiento por cinta.
CON ESTACIÓN TOTAL	Conlleva a tener la tecnología de dicha tecnología la cual debe de ser calibrada cada cierto tiempo y para el levantamiento con estación total es necesario al menos dos personas para llevarlo a cabo.
CON NIVEL	Se requiere contar con el equipo lo mismo que con la estación total estar calibrado o calibrarse por lo menos cada año, de igual manera que con la estación total es un poco tardado ya que también estos se tienen que montar y nivelar en el terreno a medir, también se necesitan por lo menos 2 personas para la realización del mismo, tomando en cuenta que la principal función de este aparato es el de sacar niveles del terreno, no obstante se pueden tomar distancias aproximadas por el método de líneas de estadía.
CON DRON	Tiene muchas ventajas con respecto al tiempo en que se lleva a cabo un levantamiento, otra ventaja es que es necesario sólo una persona para manipular y programar el Dron para el levantamiento topográfico, la desventaja de la tecnología con Drone es que es necesario de inicio una gran inversión económica para adquirir un Drone y un software que sea capaz de llevar a cabo las tareas que se asignan, que en este caso son de topografía.

Figura 1. Comparativo entre los métodos convencionales y el método con dron.

Fuente. Elaboración propia.

Anteriormente las herramientas básicas utilizadas en topografía plana eran una cinta métrica para determinar las distancias más cortas, un nivel para determinar las diferencias de altura o elevación, y un teodolito, en un trípode, para medir ángulos, en combinación con el proceso de triangulación. A partir de una posición con ubicación conocida y elevación, se miden la distancia y ángulos para el punto desconocido. (Zamarripa, 2010)

De este modo, es posible identificar que en la actualidad los topógrafos tradicionales también pueden complementar su trabajo con un modelo topográfico generado por un Dron, el cual consiste en cambiar la forma de trabajar, no es necesario definir una serie de puntos a medir, se modela de una vez toda el área de trabajo, y más tarde los puntos necesarios se miden cómodamente en el modelo. Esto elimina el riesgo de tener que volver a hacer trabajo de campo si hacen falta nuevas medidas. Se puede generar este modelo al principio del proyecto, obteniendo una escena 3D realista que se integra sin problemas en herramientas de software estándar como ArcGIS o Civil 3d. (Jimenez, Magaña, & Soriano, 2019)

Cabe aclarar que en comparación con otros métodos implementados, resulta sumamente relevante especificar como características diferenciadoras los siguientes aspectos:

- ✚ Ahorra costes y disminuye la cantidad de horas que dedicas a trabajos como los levantamientos topográficos consiguiendo así acortar los plazos de entrega a tu cliente.
- ✚ Consigue fotografías aéreas en zonas de difícil acceso o, incluso, inaccesibles disminuyendo así el riesgo de realizar trabajos en lugares peligrosos.
- ✚ Evita situaciones de riesgo innecesarias, como la de sufrir un accidente laboral, gracias al uso de drones y su posibilidad de acceso a zonas donde ya no es necesario acceder físicamente.

- ✚ Obtén imágenes y ortofotos de muy alta resolución para que trabajes con mayor nivel de detalle y con la gran ventaja de no tener que realizar la conversión a formatos vectoriales.
- ✚ El uso de drones con el software adecuado te permite trabajar con cálculos volumétricos con una precisión y un nivel de detalle que difícilmente se obtiene por los métodos tradicionales. (helixnorth, 2020)

7.2. CARACTERIZACIÓN DE LOS PROCESOS TECNOLÓGICOS Y LA VIABILIDAD QUE GENERA EL USO DE DRONES EN LA REALIZACIÓN DE TOPOGRAFÍAS, IDENTIFICANDO ASÍ LAS VENTAJAS Y DESVENTAJAS QUE HA TRAÍDO CONSIGO LA IMPLEMENTACIÓN DE LOS MISMOS.

7.2.1. Paso a paso para el desarrollo de levantamientos topográficos con drones.

1. Inspección de la zona de trabajo

Como se haría con cualquier otra herramienta, lo primero que se hará será un reconocimiento de la zona de trabajo, tanto de manera presencial a ser posible, como con un estudio previo de la información poseída, para observar posibles dificultades como la presencia de abundante vegetación o la pendiente muy pronunciada del terreno.

2. Puntos de control

Se marcarán puntos de control para ayudarnos a orientar nuestro modelo digital de superficie a un sistema de coordenadas que nos permita alcanzar su correcta georreferenciación.

3. Ejecución del vuelo

Es importante elegir bien el día, ya que tendremos que tener en cuenta la meteorología, evitando a ser posible días con viento o lluvia. También tendremos en cuenta la presencia de líneas de alta tensión u otros objetos que obstruyan el vuelo.

4. Procesamiento de la información con el software de topografía para drones

Tan importante como la ejecución del vuelo será el tratamiento de la información obtenida. Se precisará de una tarjeta gráfica adecuada, así como un procesador y suficiente memoria RAM. Para el procesamiento de las imágenes habrán de tenerse en cuenta ciertos puntos bastante importantes como son:

- ✚ La rectificación simple, la cual corrige el efecto de la inclinación de la fotografía.
- ✚ La orientación interna, que recupera la geometría de cada una de las fotografías.
- ✚ La orientación relativa, que establece sus coordenadas.
- ✚ La aerotriangulación, para poder orientar todos los puntos.
- ✚ La orientación absoluta, con la que se da escala y se nivela el modelo.
- ✚ La restitución, la cual entrega detalles cartográficos de altimetría y planimetría.

A partir de esta última se crearán nuevos planos.

5. Presentación final

Una vez procesada toda la información obtenida, se generarán los archivos en el formato necesario o conveniente en cada caso (por ejemplo, formato para trabajar en entorno CAD, en SIG, en PDF...etc). (Mendoza, 2018)

7.2.2. Características de los drones implementados en topografías.

Para poder hablar de los mejores drones para topografía, es sumamente importante tener en cuenta que se dividen en dos grandes categorías, de acuerdo a su funcionamiento y forma de vuelo; multirrotores y ala fija.

Los drones multirrotores son más versátiles y flexibles, pueden permanecer inmóviles en un sitio a diferencia de los de ala fija, que siempre están en movimiento. Pueden despegar y aterrizar en espacios limitados. Mientras que los de ala fija requieren grandes extensiones para el aterrizaje. Los drones de ala fija pueden cubrir mayores superficies en un mismo vuelo, ya que su autonomía suele ser mayor que la de los multirrotores. Mientras que los de ala fija tienen un tiempo entre 45 minutos y poco más de una hora por batería, los multirrotores tienen como máximo 30 minutos. Por otro lado, los drones multirrotores tienen la gran ventaja de contar con un estabilizador o “gimbal”. El gimbal permite mantener la cámara fija aun cuando el dron sea movido por factores externos, como ráfagas de viento. (GEODRONES, 2019)

Para elegir el dron más adecuado, se debe evaluar si los proyectos a realizar son de superficies mayores a 500 o 1,000 hectáreas, de ser así, vale la pena considerar un dron de ala fija. Si normalmente los proyectos no sobrepasan las 500 hectáreas, se recomienda un dron multirrotor. (Ruipérez, 2017)

7.2.3. Drones Multirrotores implementados en topografías.

Phantom 4 Pro

Es uno de los drones multirrotores más utilizados y uno de los mejores para levantamientos fotogramétricos. La capacidad de la cámara de 20 megapíxeles, es mucho mejor respecto a sus antecesores. Esto permite realizar vuelos de mayor precisión, logrando alcanzar 2 cm de tamaño de píxel, dependiendo de la altura de vuelo. Dentro de sus características se

encuentran; autonomía de 30 minutos, múltiples sensores para detección de obstáculos en 5 direcciones y un sistema anticolidión en 4 direcciones. Se considera ideal para proyectos de pequeña y mediana escala. (GEODRONES, 2019)

Phantom 4 RTK

La solución que incluye el dron Phantom 4 RTK y la base D-RTK 2 o estación móvil receptora GNSS, es la solución completa para el flujo de trabajo de levantamiento fotogramétrico de precisión. Es uno de los drones fabricados específicamente para topografía y la única solución que la marca DJI ofrece para este rubro. Se considera la opción más óptima cuando se trabaja con superficies de decenas o incluso centenas de hectáreas.

Permite ahorrar tiempo de gabinete y de levantamiento, ya que el número de puntos de apoyo y control disminuye considerablemente. Sin embargo, no es posible prescindir de la colocación de puntos de apoyo terrestre si se quieren obtener resultados de precisión, sólo disminuye el número de estos. Cuenta con un tiempo de vuelo de 30 minutos y todos los sensores anticolidión del Phantom 4 PRO. (DJI, 2019)

La aplicación para realizar el plan de vuelo para el Phantom 4 RTK es Ground Station RTK (GS RTK). En esta aplicación es posible cargar un archivo en formato kml para indicar la zona de estudio, así como un MDT para realizar un vuelo acorde a la altura del terreno. (GEODRONES, 2019)

7.2.4. Drones de ala fija implementados en topografías.

Ebee RTK

El eBee es un dron de ala fija que puede alcanzar una cobertura de 220 Ha a una altura de 120 m. Su autonomía es de 59 minutos gracias a su diseño ligero ya que tiene un peso de 1.1 kg (con cámara y batería incluidos). La

cámara que porta es una SensFly S.O.D.A de 20 megapíxeles especial para fotogrametría. Se considera ideal para cubrir grandes distancias. Una de sus principales desventajas es la forma de aterrizaje y los percances que se pueden tener durante el mismo. Permite colocar cámaras multispectrales para análisis de vegetación como la sequoia.

A pesar de que el eBee es uno de los drones de ala fija de mayor popularidad, existen muchos en el mercado, desarrollados por instituciones, así como empresas privadas, que pueden cumplir con las características necesarias para realizar un levantamiento fotogramétrico. (SENSEFLY, 2019)

Wingtra

El WingtraOne es un avión no tripulado de ala fija que ha sido diseñado específicamente para aplicaciones de levantamientos topográficos a larga distancia.

A diferencia de la mayoría de los drones de ala fija, el Wingtra puede despegar y aterrizar verticalmente como un multirroto. Esto elimina la necesidad de lanzar la aeronave a mano o usar catapultas, y permite ser despegado aún en áreas de despegue confinadas. Cuenta con una cámara de 42 megapíxeles en una de sus versiones y tiene una capacidad de tiempo de vuelo de 55 minutos, se considera ideal para cubrir grandes distancias. Se pueden obtener hasta 0.7 cm de tamaño de pixel. (WINGTRA, 2018)

7.2.5. Precisión de levantamientos con drones.

La experiencia nos ha enseñado, que los drones, más que una tecnología que sustituye, representa una tecnología que complementa. Sin duda alguna, es necesario evaluar el tipo de proyecto previo al levantamiento, y definir las

características tanto del dron, como del plan de vuelo, para alcanzar los resultados esperados.

En los levantamientos fotogramétricos con drones, la precisión estará siempre definida por una serie de factores, dentro de los cuales los de mayor importancia son los siguientes:

✚ **Puntos de Apoyo Terrestre:**

Es indispensable la colocación de puntos de apoyo terrestre, así como el número y la ubicación adecuada de estos. Los puntos de apoyo pueden ser levantados con estación total o con receptores GNSS y RTK. Cuanto mejor sea el equipo y método de captación de la información, mayor precisión tendremos en el apoyo terrestre. Dependiendo del equipo utilizado, estos puntos pueden llegar a ser de precisión milimétrica. Sin embargo, la precisión final de un levantamiento con dron está limitada por el tamaño de pixel del sensor que va montado en el dron, es decir, de la cámara. Lo que nos lleva al siguiente punto. (González, 2015)

✚ **Tamaño de pixel (GSD):**

A pesar de que los puntos de apoyo terrestre puedan ser milimétricos, la resolución final está limitada por un concepto denominado Ground Sample Distance (GSD). El GSD se relaciona con la altura de vuelo, la distancia focal, la resolución de la cámara, entre otros. (García, 2018)

✚ **Capacidad del sensor:**

De cualquier manera, el tamaño de pixel será el que defina la máxima resolución final. Actualmente los drones más comunes como los Phantom 4 PRO de DJI, que cuentan con un sensor de 20 megapíxeles, alcanzan una resolución de 2 cm de tamaño de pixel. Otros drones como el wingtra, cuenta con un sensor de 42 megapíxeles. Esto le permite alcanzar una

resolución de 1cm de tamaño de pixel a la altura de vuelo adecuada. (GEODRONES, 2020)

Altura de Vuelo:

Como ya se mencionó, la altura de vuelo es uno de los factores clave para alcanzar una máxima precisión. Sin embargo, es importante analizar las necesidades del proyecto, ya que en ocasiones es más importante eficientar tiempos de vuelo que generar una máxima precisión. Una gran precisión, conlleva una gran cantidad de información para el procesamiento. (GEODRONES, 2020)

7.3. APLICACIÓN DE DRONES EN TOPOGRAFÍAS DONDE SE PRESENTAN EN SITIOS HABITADOS EN AGUAS ESTANCADAS.

En sitios con aguas estancadas deben realizarse batimetrías, las cuales se refieren a levantamientos topográficos del relieve de superficies del terreno cubierto por el agua, sea este el fondo del mar o el fondo de los lechos de los ríos, ciénagas, humedales, lagos, embalses, etc. es decir, la cartografía de los fondos de los diferentes cuerpos de agua. (IDEAM, 2015)

Al igual que en los levantamientos topográficos convencionales, se determinan las coordenadas X, Y y Z, esta última corresponde a las profundidades de los cuerpos de agua levantados. De esta manera dependiendo del detalle con el que se lleve a cabo la batimetría, se pueden describir los fondos y el relieve de los cuerpos de agua y todas aquellas anomalías que en ellos puedan existir.

Las aplicaciones de los levantamientos batimétricos son muy amplias, permiten estimar los volúmenes almacenados en los cuerpos de agua y conocer la dinámica de los lechos de ríos identificando zonas de socavación y áreas de depósito, que en ocasiones puede ocasionar la formación de islas en el río; también ofrece información para la navegación en grandes ríos. Particularmente los

levantamientos batimétricos son insumo indispensable para aplicar cualquier software de modelación hidráulica lo cual permite evaluar el tránsito de crecientes con fines de pronóstico hidrológico. (IDEAM, 2015)

El método usado consiste en conectar una computadora portátil a un GPS Diferencial (Sistema de Posicionamiento Global) y esto a su vez se conecta a una ecosonda con un sensor introducido de 15 a 25 cm en el agua, el cual emite una onda sonora y recibe un eco después de que la onda de sonido rebota en el fondo.

Todo el equipo se monta en una embarcación pequeña capaz de navegar en aguas someras. El GPS indica la posición de la embarcación en la pantalla de la computadora sobre una foto satelital calibrada.

La ecosonda mide la profundidad en un punto, y el GPS registra las coordenadas de dicho punto, de esta manera mientras la embarcación avanza se toman lecturas continuas de profundidad con sus respectivas coordenadas, generando una base de datos que puede ser interpretada en 2 o 3 dimensiones. La batimetría se complementa con la verificación de puntos de control y elevaciones de rasgos importantes del terreno, con equipo RTK (Real Time Kinematic o Lectura en Tiempo Real).

El recorrido se realiza siguiendo los trayectos previamente establecidos. Usando un flexómetro y un peso muerto en una placa metálica se verifica que la profundidad leída sea la real (procedimiento conocido como “bar check”), si hay diferencias se cambia la corrección por hundimiento o velocidad del sonido en la ecosonda.

El levantamiento se debe realizar de tal manera, que la recolección de datos sea en lo posible lo más cercano a la orilla y así tener datos que puedan ser ligados con el levantamiento topográfico en la misma. Así mismo, al desplegar la información recolectada en campo con la corrección de mareas se pueden visualizar gráfica y numéricamente las profundidades obtenidas por el transductor

de la ecosonda, así como el recorrido de la embarcación en un pequeño plano. La gráfica muestra las planicies, bordes y depresiones en el fondo.

Estos datos ya corregidos se emplearán para obtener productos finales como modelos en tercera dimensión, contornos o isobatas con líneas batimétricas que se pueden procesar rápidamente con la computadora y que pueden ser exportados a programas CAD. Es importante hacer la observación de que en la computadora se interpolan los datos existentes para obtener las profundidades en los sitios que no fueron cubiertos durante el levantamiento, y así genera una red en tres dimensiones en base a un archivo de tipo XYZ el cual puede proyectarse en 2 o 3 dimensiones.

Uno de los productos finales son las Isobatas, que son curvas batimétricas representadas en el plano y que tienen la misma profundidad a todo lo largo; son ampliamente usadas en cartas marinas para navegación, son muy útiles para localizar áreas de desplante y calcular volúmenes de relleno en caso de recuperación de playas o construcciones marinas.

Para ligar este levantamiento con la topografía de playa, se realiza el levantamiento topográfico de la zona costera usando GPS en modo RTK (tiempo real). Para lograr una mayor cobertura, se ha de poner la antena base en un lugar alto, como este punto donde estará la base será un punto de control, se toman 20 lecturas de forma estática sobre este punto, y se obtienen coordenadas promedio para esta posición. A partir de aquí, se configura la antena Rover para continuar con el levantamiento en sistema RTK.

La antena Rover debe estar situada en una baliza extensible para poder levantarla en caso de ser necesario y establecer así, comunicación con la base. Los GPS toman lecturas de hasta 18 satélites, estableciendo así, las coordenadas con precisión milimétrica durante el levantamiento. Se realiza así, el recorrido del levantamiento de la zona de interés a lo largo de la playa y también dentro del agua hasta una profundidad de 30 a 35 cm.

Con esta información se puede tener la caracterización completa de la morfología del lugar, incluyendo lo que está por debajo del agua y también el área que está en tierra firme, y esta caracterización, se puede a su vez ligar a su vez con otro tipo de estudios, como de medición de corrientes, sedimentaciones, oleaje. (TECNOCEANO, 2015)

Cabe aclarar que, para este tipo de sitios con aguas estancadas, como lo son este tipo de puntos en el municipio de Ciénaga, Magdalena es sumamente relevante aplicar métodos como este, puesto que se puede conocer el relieve y la morfología de la zona cubierta por el agua estancada y complementar con el levantamiento topográfico con Drones que realmente permite dar un mejor manejo al procedimiento y ahorrar gran cantidad de tiempo en el desarrollo del levantamiento topográfico.

8. CONCLUSIONES

Es posible concluir que con el desarrollo del presente análisis sistemático de literatura fue posible examinar los procesos necesarios para la implementación de drones en la realización de topografías en el municipio de Ciénaga, Magdalena donde se presentan aguas estancadas en sitios habitados y no es posible el acceso de equipos topográficos de modo convencional.

Así mismo, fue posible conceptualizar el uso de drones y las variables mínimas necesarias para su implementación en levantamientos topográficos, reconociendo así las características que estos ofrecen, de este modo se especifica que en la actualidad los topógrafos tradicionales también pueden complementar su trabajo con un modelo topográfico generado por un Dron, el cual consiste en cambiar la forma de trabajar, no es necesario definir una serie de puntos a medir, se modela de una vez toda el área de trabajo, y más tarde los puntos necesarios se miden cómodamente en el modelo. Esto elimina el riesgo de tener que volver a hacer trabajo de campo si hacen falta nuevas medidas.

Finalmente fue posible caracterizar los procesos tecnológicos y la viabilidad que genera el uso de drones en la realización de topografías, identificando así las ventajas y desventajas que ha traído consigo la implementación de los mismos, paso a paso para el desarrollo de levantamientos topográficos con drones.

9. RECOMENDACIONES

Es posible tener en cuenta que se debe ser sumamente cuidadoso con el método topográfico a implementar puesto que no todas las condiciones del medio son iguales, por tanto, se establece que se debe ser bastante meticuloso y ordenado con estos procesos, en tanto a la implementación de los drones se especifica que se debe ser cuidadoso con los elementos que conforman el dron y con el manejo que se da a los mismos.

10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta, M. (2011). *Técnicas de fichaje*. Obtenido de <http://mildreddacosta.blogspot.com/2011/11/tecnicas-de-fichaje.html>
- Aérea Drone Colombia. (2019). *Topografía con Drone de última generación*. Obtenido de http://aereadrone.com/?gclid=CjwKCAjwzvX7BRAeEiwAsXExoyUjOJCeLMYMqlqYWKCRfAWnUILhvsC_664vXS494ZBi_Bgslm1m7xoCgPIQAvD_BwE
- Aerial Insights. (2018). *Topografía con drones: qué es y cómo realizarla*. Obtenido de <https://www.aerial-insights.co/blog/topografia-con-drones/>
- Aguilar, S. H. (2015). *Drones revolucionan ejercicio profesional del ingeniero Topógrafo*. Obtenido de Colegio de topógrafos de Costa Rica: <https://colegiotopografoscr.com/appat/boletin/04/drones.pdf>
- Alonso, V. (2017). *Topografía básica IV. Nivelación topográfica*. Obtenido de <http://www.albireotopografia.es/topografia-basica-iv-nivelacion-topografica/>
- Campos, H. (2019). *Drones en la Topografía*. Obtenido de <https://hcrtopo.wixsite.com/stcr/post/drones-en-la-topograf%C3%ADa>
- Castañeda, L., & Martínez, W. (2018). *Análisis comparativo entre levantamientos topográficos convencionales de detalle versus tecnología LIDAR terrestre estacionaria, aplicada a deformaciones en estructuras de gran tamaño*. Obtenido de Universidad distrital Francisco José de Caldas: <http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/14025/1/MartinezRodriguezWilmerAndres2018.pdf>

- DJI. (2019). *PHANTOM 4 RTK*. Obtenido de Inteligencia visionaria. Precisión elevada.: <https://www.dji.com/phantom-4-rtk>
- Drone Services . (2020). *¿Qué es un drone topográfico?* Obtenido de <https://www.droneservices.com.ar/industria-4-0/que-es-un-dron-topografico/>
- García, M. (2018). *6 errores que no debes de cometer en tus vuelos con drones (II)*. Obtenido de Aerial Insights: <https://www.aerial-insights.co/blog/6-errores-en-vuelos-con-drones-2/>
- GEODRONES. (2019). *Los drones en la ingeniería civil*. Obtenido de <https://geodronesmx.com/los-drones-en-la-ingenieria-civil/>
- GEODRONES. (2019). *Mejores drones para topografía y fotogrametría*. Obtenido de <https://geodronesmx.com/mejores-drones-para-topografia/>
- GEODRONES. (2020). *Maxima precisión en levantamientos con drones* . Obtenido de <https://geodronesmx.com/maxima-precision-en-levantamientos-con-drones-centimetros-o-milimetros/>
- Global Mediterranea Geomática. (2018). *Drones y topografía la combinación perfecta*. Obtenido de <https://www.globalmediterranea.es/drones-topografia-la-combinacion-perfecta/#:~:text=Las%20aplicaciones%20que%20tienen%20los,mejorar%20su%20nivel%20de%20detalle.>
- Gómez, S. (2012). *Metodología de la investigación*,. México: Red Tercer Milenio. Obtenido de http://www.aliat.org.mx/.../Axiologicas/Metodologia_de_la_investigacion.pdf
- Gonzalez, A. (2011). *Monitoreo del nivel de vulnerabilidad geotecnica en estructuras por*. Habana, Cuba: Memorias VII Congreso Internacional Geomatica.

- González, P. (2015). *Levantamiento mediante GPS*. Obtenido de Universidad Politécnica de Cartagena: <https://repositorio.upct.es/bitstream/handle/10317/4651/pfc5890.pdf>
- helixnorth. (2020). *Drones para topografía*. Obtenido de Dron con el que controlas la topografía: <https://helixnorth.com/topografia/>
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la Investigación. (Sexta Edición)*. México D. F: McGraw-Hill.
- Instituto de investigaciones en comunicaciones. (2012). *Líneas de Investigación*. Obtenido de <https://perio.unlp.edu.ar/iicom/content/l%C3%ADneas-de-investigaci%C3%B3n>
- Jimenez, N., Magaña, A., & Soriano, E. (2019). *Análisis comparativo entre levantamientos topográficos con estación total como método directo y el uso de drones y GPS como métodos indirectos*. Obtenido de Universidad del Salvador: <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/20697/1/An%C3%A1lisis%20comparativo%20entre%20levantamientos%20topogr%C3%A1ficos%20con%20estaci%C3%B3n%20total%20como%20m%C3%A9todo%20directo%20y%20el%20uso%20de%20Drones%20y%20GPS%20como%20m%C3%A9todos%20indirectos.pdf>
- KH. (2019). *Aviones no tripulados; el dron es la mejor opción para entregas*. Obtenido de Kiosco de la Historia: <https://www.kioscodelahistoria.com/single-post/2019/11/04/Aviones-no-tripulados-el-dron-es-la-mejor-opci%C3%B3n-para-entregas>
- Leon, E. L. (2013). *Levantamientos Topográficos*. Obtenido de Universidad Nacional de Colombia: <http://www.bdigital.unal.edu.co/9204/2/8292174.2002.pdf>

- Mendoza, L. (2018). *Levantamiento topográfico con drones*. Obtenido de <https://www.certicalia.com/blog/levantamiento-topografico-drones#puntos-de-control>
- Moreno. (2018). *blogspot.com/*. Obtenido de Metodología de Investigación Científica.: <http://tesis-investigacion-cientifica.blogspot.com/2018/03/delimitacion-temporal-en-una.html>
- Ortega, D. (2015). *Piloto de Dron (RPAS)*. Madrid, España: Paraninfo.
- Parella, S., & Martins, F. (2012). *Metodología de la investigación cuantitativa*. Caracas: FEDUPEL.
- Rangel, B. (2015). *Levantamiento con cinta métrica*. Obtenido de <https://es.slideshare.net/belk israngelconsuegra/levantamiento-con-cinta>
- Rodríguez. (2005). *Metodología de la investigación*, . México: Univ. J. Autónoma de Tabasco.
- Rodríguez, C. H. (2012). *Metodología de la investigación científica aplicado a la ingeniería*. Obtenido de Universidad Nacional de Callao: https://unac.edu.pe/documentos/organizacion/vri/cdcitra/Informes_Finales_Investigacion/IF_ABRIL_2012/IF_ALFARO%20RODRIGUEZ_FIEE.pdf
- Romero, L. (2018). *Levantamiento topográfico con estación total paso a paso*. Obtenido de <https://www.certicalia.com/blog/levantamiento-topografico-estacion-total-paso-a-paso>
- Ruipérez, P. (2017). *Diseño y Fabricación de un Dron*. Obtenido de Universidad Politecnica de Valencia: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/73170/RUIP%C3%89REZ%20-%20Dise%C3%B1o%20y%20fabricaci%C3%B3n%20de%20un%20dron%20mediante%20impresi%C3%B3n%203D.pdf?sequence=5>

- SENSEFLY. (2019). *eBee X dron de Ala Fija*. Obtenido de Cartografía sin límites:
<https://www.sensefly.com/es/drone/ebee-x/>
- Tancara, C. (1993). *Investigación documental*. Obtenido de Temas Sociales no.17
 : http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0040-29151993000100008
- Universidad Internacional de Valencia. (2018). *¿Qué es un dron y cómo funciona?*
 Obtenido de <https://www.universidadviu.com/que-es-un-dron-y-como-funciona/>
- Uriarte, J. M. (2020). *"Investigación Documental"*. Obtenido de
<https://www.caracteristicas.co/investigacion-documental/>.
- Vallejo, O. J., & Arias, G. J. (2018). *Diseño e Implementación de un servicio de levantamientos topográficos por medio de Drones*. Obtenido de Universidad Piloto de Colombia:
<http://repository.unipiloto.edu.co/bitstream/handle/20.500.12277/4603/Proyecto%20Digi%20Dron%20.pdf?sequence=4&isAllowed=y>
- WINGTRA. (2017). *Topografía & SIG*. Obtenido de
<https://wingtra.com/es/topografia-sig/>
- WINGTRA. (2018). *Dron profesional Wingtraone para topografía*. Obtenido de
<https://wingtra.com/es/dron-mapeo-wingtraone/>
- Yangali, F. N. (2012). *Levantamiento topográfico de pequeñas parcelas de terreno con cinta métrica*. Obtenido de
https://civilyedaro.files.wordpress.com/2013/08/informe_nro-03.pdf
- Zamarripa, M. (2010). *Apuntes de topografía*. Obtenido de Facultad de estudios superiores Acatlan:
<http://www.bibliotecacpa.org.ar/greenstone/collect/facagr/index/assoc/HASHa003.dir/doc.pdf>

