

**EL DRON MÉTODO DE LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO
MÁS EFICAZ PARA EL MUNICIPIO DE VILLANUEVA
DEPARTAMENTO DEL CASANARE COLOMBIA**

**THE DRONE METHOD OF TOPOGRAPHIC SURVEY MORE
EFFECTIVE FOR THE MUNICIPALITY OF VILLANUEVA
DEPARTMENT OF CASANAERE COLOMBIA**

JOHN ERNEY CARRILLO RAMIREZ
Ingeniero Civil, Jefe de Servicios Administrativos
Especialista en Gerencia Integral de Proyectos
Bogotá, Colombia.
est.john.carrillo@unimilitar.edu.co

Artículo de Investigación

DIRECTOR
Ing. David Alejandro Rincón Castro, M.Sc.



La U
acreditada
para todos

**ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA INTEGRAL DE PROYECTOS
UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DICIEMBRE DE 2021**

EL DRON METODO DE LEVATAMIENTO TOPOGRAFICO MAS EFICAS PARA EL MUNICIPIO DE VILLANUEVA DEPARTAMENTO DEL CASANAERE COLOMBIA

THE DRONE METHOD OF TOPOGRAPHIC SURVEY MORE EFFECTIVE FOR THE MUNICIPALITY OF VILLANUEVA DEPARTMENT OF CASANAERE COLOMBIA

JOHN ERNEY CARRILLO RAMIREZ
Ingeniero Civil, Jefe de Servicios Administrativos
Especialista en Gerencia Integral de Proyectos
Bogotá, Colombia.
est.john.carrillo@unimilitar.edu.co

Resumen

El problema se sitúa en el departamento del Casanare municipio de Villanueva donde se presentan pérdidas constantes de metros cuadrados de predios, se presentan demoras en las entregas de planos y subida de costos de los levantamientos topográficos que se realiza según la metodología que se emplea, esto lleva que las parcelaciones no sean adecuadas para su venta, de acuerdo a información suministrada por finqueros del sector mediante encuestas, es así que se busca determinar mediante la comparación de los distintos métodos de levantamiento (Cinta métrica, estación, nivel y Dron), cual es el más viable para los levantamientos.

Es así que al realizar un levantamiento de terreno a una cancha de fútbol, utilizando los cuatro métodos a comparar, arrojando resultados muy parecidos ya que se evidencia que la metodología del Nivel es el más demorado, y genera más nivel de error en los datos obtenidos, caso al contrario el uso de Dron es el más rápido para la toma de información y el que genera menos errores y más confiabilidad, es por eso que se llega a la conclusión que el método de levantamiento mediante Dron es el confiable y el más óptimo para el objetivo de este proyecto.

Palabras clave: Dron; Cinta métrica; estación topográfica; nivel topográfico; levantamiento topográfico; metodología; parcelaciones; hilos superiores e inferiores; mira o regleta.

Abstract

The problem is located in the department of Casanare, municipality of Villanueva, where there are constant losses of square meters of land, delays in the delivery of plans and rising costs of the topographic surveys that are performed according to the methodology used, this leads to plots that are not suitable for sale, according to information provided by farmers in the sector through surveys, so we seek to determine by comparing the different survey methods (tape measure, station, level and Drone), which is the most viable for the surveys.

Thus, when a field survey of a soccer field was performed, using the four methods to be compared, yielding very similar results, since it is evident that the Level methodology is the most time consuming and generates more errors in the data obtained. On the contrary, the use of Drone is the fastest for the collection of information and the one that generates less errors and more reliability, which is why it is concluded that the survey method using Drone is the most reliable and optimal for the purpose of this project.

Keywords: Dron; tape measure; station topografhic; level topografhic; topographic survey; methodology; subdivisions; upper and lower threads; look or strip.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad los vehículos aéreos no tripulados llamados drones se encuentran en constante apogeo en Colombia, es así que existen diversas ofertas de servicios aéreos, principalmente en el campo audiovisual, y centrándonos más en el propósito del trabajo de investigación que será determinar el método de levantamiento topográfico más viable para los terrenos en el municipio de Villanueva Departamento del Casanare.

El siguiente trabajo se desarrolló primero con la intención de evaluar los diferentes levantamientos y medición de terrenos a la demora y errores de los loteos en el municipio de Villanueva departamento del Casanare está llevando a demoras en los trámites ante los entes municipales, y está generando errores en los loteros con pérdida injustificada de metros cuadrados de terreno lo cuales pueden ser aprovechados.

Es importante aclarar que esta es un problema que se presenta ya hace muchos años y que además no ha permitido el desarrollo óptimo de la población ni del municipio, debido a que en muchas ocasiones los propietarios desisten de desarrollar levantamientos allí por los costos que implican y la dificultad de acceso de personal y equipamiento.

1. MARCO TEÓRICO

En la actualidad con el avance acelerado y constante de la tecnología nos permite aplicar métodos alternativos remotos para la captura de información los cuales reducen tiempo y costos, especialmente en la topografía, por lo tanto es necesario determinar qué tan eficiente son estos métodos de levantamientos para ser utilizada en los levantamiento topográficos en el Municipio de Villanueva departamento del Casanare.

Es así que se realiza un muestreo no probabilístico por conveniencia o llamado también muestreo por conveniencia la cual es una técnica utilizada en seleccionar un pequeña muestra de la población que sea de fácil acceso, siendo esta empleada en la investigación ya que se sabe que son de la población de estudio o de interés, esta conveniencia es muy práctica para los investigadores ya que es muy sencillo examinar a los sujetos ya sea proximidad geográfica o solo por ser amigos afectados por el tema de la investigación, es así que mediante una encuesta con una serie de preguntas a 5 propietarios de fincas ya son los más cercanos a al casco urbano del municipio, en las cuales se pretende saber cuáles pueden ser los posibles causales que pueden incurrir en las demoras de los levantamientos de las fincas del municipio, donde se identifica que el 80% de ratifica que se tiene demoras en los levantamientos topográficos de los predios dado a los métodos de empleados para tal fin, las grandes extensiones de terreno, dificultades en los ingresos a los terrenos con abundante vegetación dificultan los accesos. Movilidad y toma de datos de os equipos topográficos. (Scharage, 2001) (Ochoa, 2015) (Mateo & Rendon, 2018)

Actualmente las herramientas más utilizadas en el levantamiento topográfico son una cinta métrica para determinar las distancias más cortas, un nivel para determinar las diferencias de altura o elevación y distancias, y una estación, para medir ángulos, distancias y niveles, haciendo esto un cambio tecnológico por ser un dispositivo totalmente electrónico. (Rios, 2015)

Los topógrafos actualmente también pueden complementar su trabajo con un levantamiento topográfico con la ayuda de un Dron, el cual consiste en cambiar la forma de trabajar, facilitando y disminuyendo tiempos para los modelos topográficos ya que no es necesario definir una serie de puntos a medir y se modela de una vez toda el área de trabajo, facilitando más cómodamente la medición de los puntos que se requieran en el modelo de levantamiento topográfico posteriormente. (MIGUEL & JOSÉ, 2020) (CORREDOR, 2015) (Mateo & Rendon, 2018)

PASÓ A PASO PARA EL LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO CON DRONES

Primero se debe iniciar realizando una inspección del terreno a realizar el levantamiento topográfico, realizado con cualquier herramienta, se debe realizar inspección de ser posible presencialmente, de igual forma se debe investigar y recolectar la mayor información posible del terreno para así identificar todas las posibles dificultades que se puedan presentar al momento del levantamiento.

Segundo se debe marcar todos los puntos de control para facilitar la orientación del modelo de levantamiento topográfico digital del terreno de estudio para generar un sistema de coordenadas que pueda permitir alcanzar su correcta georreferenciación.

Tercero se debe escoger un día con un clima favorable, ya que se tendrá en cuenta las páginas de meteorología de preferencia [www. weather.com](http://www.weather.com), donde se verifica y se evitará los días con vientos o lluvias, de igual forma se tiene que tener en cuenta no tener líneas eléctricas u otros objetos que obstruyan el vuelo del dron.

Cuarto la información se procesa mediante el software ArcGIS o AutoCad que oscilan sus licencias entre 2430 dólares (\$9.356.715 millones de pesos colombianos) AutoCad a 5000 dólares (\$ 19.614.979 millones de pesos colombianos) ArcGIS, los cuales son los más usuales para este

fin para la generación de escenarios en 3D los cuales se pueden integrar fácilmente con los software que se mencionan anteriormente, es de igual forma importante contar con un equipo portátil de excelentes características en cuanto a tarjeta gráfica, procesador y buena memoria RAM la cual dará soporte a los procesamientos de imágenes los cuales deberá cumplir con requisitos como lo son la corrección de las inclinaciones de la fotografía, verificación de la orientación geométrica, establecimientos de coordenadas y puntos, el escalado y nivelación de los modelos generados mediante las fotografías y por último el detallado cartográfico de las altimétricas y planimetrías del terreno de estudio. (AUTODESK, 2021) (esri, 2021)

Quinta y última se hace referencia a la presentación final la cual se procesa toda la información obtenida y se genera los planos y/o archivos en los formatos que se requieran los cuales pueden ser en entornos de CAD, SIG o en su defecto PDF.

¿QUÉ ES UN DRON?

Los Drones conocidos también como VANT (Vehículo Aéreo No Tripulado). Los cuales poseen diversos usos en varias áreas, como puede ser : Fotogrametría, Fotografía, Publicidad, Topografía, Meteorología, Geología entre otras. Cabe resaltar que existen diversos tipos de drones, dependiendo del tipo y peso, es así también estos vehículos llamados aeronaves, que no necesitan tripulación para volar, son capaces de realizar vuelo de manera autónoma de forma controlada y sostenible, son impulsadas por un motor de explosión, sea eléctrico o reacción. (Ayma, 2020)

CARACTERÍSTICAS DE LOS DRONES IMPLEMENTADOS EN TOPOGRAFÍAS

Es sumamente importante tener en cuenta e identificar que los drones se dividen en dos grandes categorías, de acuerdo a su funcionamiento que serían sus tipos de vuelo, uso de multirrotor y de ala fija.

El dron Multirrotor más usado en los levantamientos topográficos es principalmente el Phantom 4 Pro de la marca DJI con un valor aproximado de \$ 11.500.000 el cual es el dron más utilizado ya que gracias a su capacidad de cámara de 20 megapíxeles genera fotografías claras y nítidas, lo que permite realizar mayor precisión en sus vuelos y dando una autonomía de 30 minutos por batería en otras palabras se considera ideal para proyectos de pequeña y mediana escala. (DJI, 2021)

El dron de ala fija más usado en los levantamientos topográficos es principalmente el Ebee RTK de la marca SenseFLY con un valor aproximado de \$43.500.000 el cual es el dron de ala fija que más se utiliza debido que el dron tiene un cobertura de aproximadamente de 220 hectáreas a una altura de 120 metros de altura, con una autonomía de su batería una hora gracias al diseño ligero con un peso 1.1 kilos, con una cámara de 20 megapíxeles especial para la fotogrametría, la cual se considera ideal para grandes distancias, una de las mayores desventajas de este dron de ala fija es su aterrizaje ya que requiere una extensión amplia para descender, al no contar con el espacio necesario puede incurrir en daño del dron por malas maniobras. (COMPANY, 2021)

USO DE DRONES Y DIFERENCIAS DE MÉTODOS DE LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS

Es así que los drones han impuesto una revolución en el trabajo topográfico. Principalmente por la disminución de tiempos y costos que puedan generar. Esto ha permitido, que los proyectos que no eran viables y accesibles por su elevado costo y demoras en los levantamientos hoy se puedan

realizar sin problemas ya que no solo se está hablando de costos económicos y de personal, también de tiempo. Por ejemplo, examinar un terreno podía costar días o semanas dependiendo de su extensión, es por eso que hoy en día con un dron se puede realizar el levantamiento en menos de una hora y se puede examinar unas cien hectáreas, con lo que el avance es muy importante.

Estos métodos suponen un gran incremento de productividad ya que los dueños de las fincas pueden agilizar su legalización. Hablamos de que con un Dron se pueden llegar a realizar el levantamiento de varias hectáreas en una sola jornada de trabajo. Esto significa una reducción de tiempos y costos, mientras se elevan las precisiones de forma significativa. (MIGUEL & JOSÉ, 2020) (CORREDOR, 2015) (Insights, 2021)

De acuerdo a todo esto también se tiene como diferentes tipos de levantamientos que se explican en la siguiente tabla:

TABLA 1 MÉTODOS DE LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS

METODO	METODO	CARACTERISTICAS
Levantamientos con cinta metrica		Este metodo requiere de mucho tiempo y de mínimo dos personas para ejecutar la labor
Levantamiento con Estacion		Este metodo funciona con un equipo llamado estacion la cual debe ser manejado por personal capacitado y una persona llamada cadenero el cual sostiene el prisma. Personas requeridas para esta labor dos y lleva demasiado tiempo en su proceso.
Levantamiento con Nivel		Este metodo requiere de dos personas y se realiza utilizando un equipo llamado nivel para verificación de elevaciones de terrenos y lleva demasiado tiempo en su proceso.
Levantamiento con Dron		Este metodo solo requiere una persona ya que la operación del Dron es mas sencilla y el proceso de levantamiento es muy rapido.

Nota: Elaboración Propia

Es así que las herramientas de la tabla 1 son utilizados en los levantamientos topográficos y aun ahora se utilizan para este fin a diferencia de los Drones lo cual es una nueva tecnología en crecimiento.

De acuerdo a esto, se identificó que aun ahora en la actualidad los topógrafos utilizan las herramientas tradicionales para los levantamientos Topográficos definiendo una serie de varios puntos los cuales se miden para para modelar y hacer el levantamiento de las áreas de los terrenos a trabajar tomando mucho tiempo, es así que realizando los levantamientos con Drones se puede generar desde el inicio modelos del proyecto eliminando los riesgos de tener que volver a tomar mediciones en el campo ahorrando así tiempos y costos de ejecución.

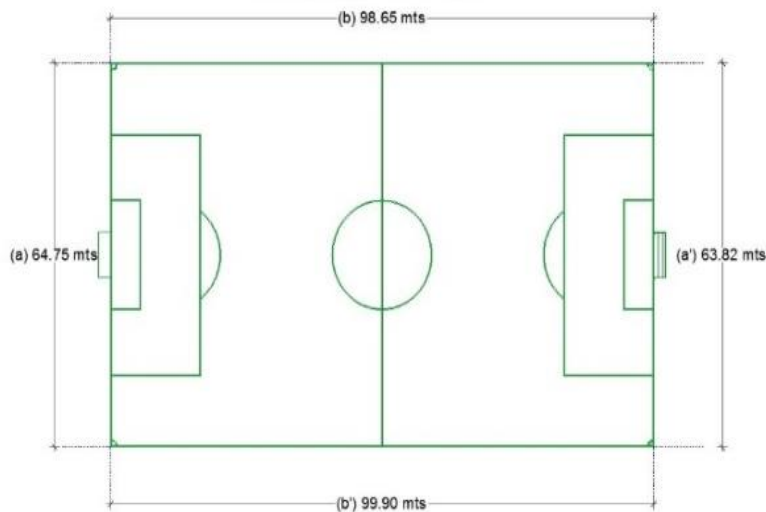
De igual forma es importante destacar que mediante el uso de Drones para los levantamientos que pueden ahorrar costos, disminuye los tiempos de trabajo y bajar los porcentajes de errores, es así que también se obtienen imágenes aéreas en las zonas a trabajar cosa que no se logra con los levantamientos convencionales y evitar así posibles accidentes de los topógrafos cuando se debe acceder a sitios de difícil acceso.

El uso de Drones en la topografía se ha podido dar resultados como pueden ser hasta el 50% de reducción en tiempo y el 75% de reducción en los costos de cada levantamiento, así se realizó un levantamiento topográfico de prueba de una cancha de fútbol con los métodos convencionales y con el uso de Drones, donde se podrá ver el nivel de error tiempos de ejecución y herramientas a implementar para sí poder establecer el mejor método. (DJI R. , 2021) (COMUNIDAD DE MADRID ESPAÑA, CARRACOSA, & PORRAS, 2015)

MÉTODOS DE LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

1. Levantamiento topográfico con cinta métrica

Figura 1 CROQUIS O PLANO DE LA CANCHA CON CINTA MÉTRICA

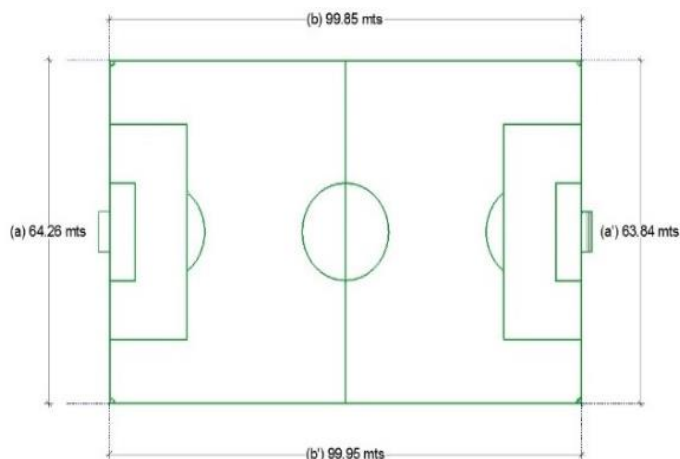


Análisis comparativo de levantamiento topográfico tradicional y tecnología de Drones Disponible en <https://cutt.ly/0EKTgme> 01/10/2021

Para este método de levantamiento topográfico el cual de todos los métodos, es el que menos recursos necesita, teniendo en cuenta que se tiene limitaciones como lo son el tamaño del terreno de estudio, la precisión y captación de la información, lo que lo hace aceptable solamente a terrenos pequeños, para este ejemplo se toma como referencia una cancha de fútbol de medidas de 64x90x64x90 metros lineales tomando cada uno de los 4 esquinas de la cancha empleando como recursos dos personas una en cada extremo de la cinta, como se observa en la figura 4, todos los resultados de las mediciones de cada lado de la cancha se anotan en una libreta para no hacer retomas de medidas, una vez terminado el levantamiento se realiza un croquis o plano del terreno de trabajo, es de mencionar que el trabajo que se realizó tomó un tiempo de cuarenta (40) minutos aproximadamente debido a retomas de mediciones. (Santana, Córdova, Carrillo, Esqueda, & Fraire, 2020)

2. Levantamiento con estación topográfica

Figura 2 CROQUIS O PLANO DE LA CANCHA CON ESTACION TOPOGRAFICA

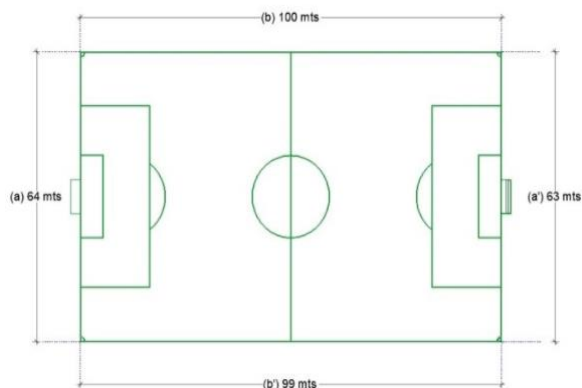


Nota: Análisis comparativo de levantamiento topográfico tradicional y tecnología de Drones Disponible en <https://cutt.ly/OEKTgme> 01/10/2021

Para este método se utiliza la estación topográfica cuya finalidad es la medición de distancias entre otras funciones adicionales siendo esta la herramienta principal de los profesionales en topografía, para este ejemplo se toma una cancha de fútbol de 64x90x64x90 metros lineales donde se toma como referencia un punto de la cancha para la, para este método se debe disponer de mínimo dos personas las cuales una será la encargada de tomar las mediciones y tomar los datos de la estación y la otra persona quien se le llama cadenero la cual debe situarse en cada punto con un equipo llamado prisma, una vez se termina la actividad de levantamiento se debe ingresar las coordenadas y mediciones arrojadas de la estación a un software especializado para este fin, una vez se tenga toda la información e ingreso los datos se generara el croquis o plano del terreno al cual se le realizo el levantamiento, es de mencionar que el trabajo que se realizó tomó un tiempo de una (1) hora aproximadamente, esto depende por supuesto a la pericia del topógrafo de armar el equipo y del cadenero en precisar el prisma es importante mencionar que se requiere que la estación este calibrada una vez al año, para minimizar errores pero de igual forma no se deja de tener margen de error por manipulación humana. (Santana, Córdova, Carrillo, Esqueda, & Fraire, 2020)

3. Levantamiento con nivel

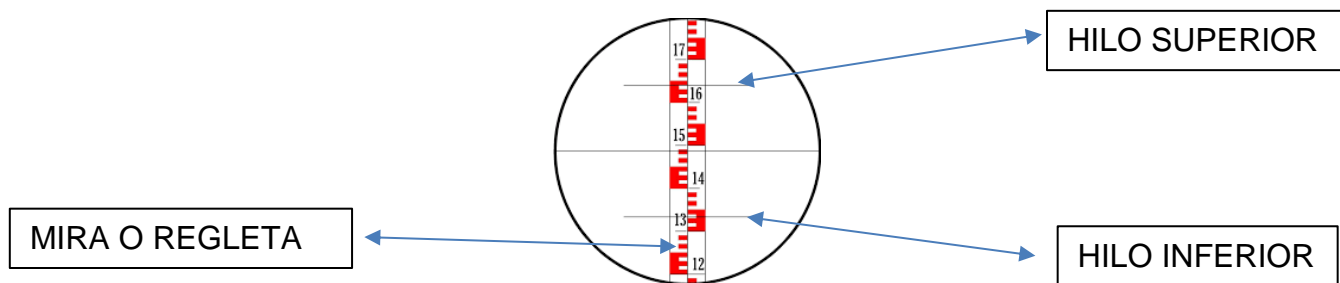
Figura 3 CROQUIS O PLANO DE LA CANCHA CON NIVEL



Nota: Análisis comparativo de levantamiento topográfico tradicional y tecnología de Drones Disponible en <https://cutt.ly/0EKTgme> 01/10/2021

El método usando nivel topográfico es importante mencionar que este método es el más preciso para nivelaciones donde se emplea nivelación geometrías tomando dos miras en las cuales se pretende calcular los desniveles, para este método se requiere dos personas como en los métodos anteriores ya que una de ellas será la que tomara y calculara los datos resultantes del ejercicio tomados de los hilos superiores e inferiores del nivel y la otra denominada anteriormente cadenero quien este vez tendrá una mira que se puede definir como una regla industrial. (Santana, Córdova, Carrillo, Esqueda, & Fraire, 2020) (AGRIMENSURA, 2018)

Figura 4 VISTA INTERNA DEL NIVEL PARA TOMAS DE MEDIDAS
SOBRE LA MIRA O REGLETA INDUSTRIAL

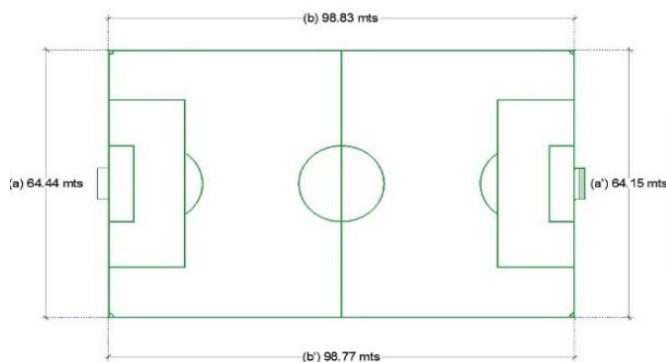


Niveles Ópticos fundamentos de instrumental Disponible en <https://cutt.ly/aEKDKAE> 01/10/2021

Para la toma de las medidas se tiene como referencia las mediciones del hilo superior y las del hilo inferior, según como maque en la mira o regleta, una vez se tomen todas las medidas se debe proceder a realizar el croquis o plano del terreno trabajado, es de mencionar que el trabajo que se realizó tomó un tiempo de dos (2) hora aproximadamente y que se requiere que el nivel esté calibrado una vez al año, pero de igual forma no se deja de tener margen de error por manipulación humana. (AGRIMENSURA, 2018)

4. Levantamiento con dron

Figura 5 CROQUIS O PLANO DE LA CANCHA CON DRON



Análisis comparativo de levantamiento topográfico tradicional y tecnología de Drones Disponible en <https://cutt.ly/0EKTgme> 01/10/2021

Es de gran importancia mencionar que los drones han sido una revolución en la rama de la topografía y no solo en esta rama sino en varias además como vigilancia, búsqueda y rescate, seguimiento y control entre otras más, es importante en primer lugar a la reducción de costos que generan, lo que ha permitido avanzar con proyectos que antes no eran viables por su costos y no se está hablando solo de los costes económicos o de personal, también de tiempo, tomando como ejemplo que un levantamiento de cien hectáreas podría llevar varias semanas pero con un dron en menos de una hora puedes examinar las mismas cien hectáreas, con lo que el avance es muy importante, es así que para este método se toma como recurso una persona quien será la persona quién volara el Dron con GPS por cada uno de los puntos de la cancha, una vez se termine se

descarga la información en un Software especializado para tal fin, es de mencionar que el trabajo que se realizó tomó un tiempo de veinte (20) minutos aproximadamente y que se requiere que el Dron este calibrado el cual se realiza en sitio, pero de igual forma no se deja de tener margen de error por manipulación humana. (Santana, Córdova, Carrillo, Esqueda, & Fraire, 2020)

COSTOS GENERALES

COSTOS DE EQUIPOS TOPOGRAFICOS

Es importante establecer que los equipos topográficos son equipos que deben ser calibrados cada año para garantizar la precisión de sus datos, con la desventaja que estos equipos son delicados en el transporte y al recibir un golpe medio puede sufrir daños comprometiendo la confiabilidad de los datos que arroje, es así que los Drones también son propensos a golpes medios que compromete la confiabilidad de los datos que toma pero con una diferencia que estos equipos pueden ser calibrados in-situ, generado así más confiabilidad ya que la calibración se hace antes de cada levantamiento.

En la siguiente tabla se puede observar los costos aproximados de las diferentes herramientas topográficas con el programa más utilizado en el mercado:

COSTOS EQUIPAMIENTO TOPOGRAFICO		PROGRAMA UTILIZADO	
ESTACION TOTAL	\$ 25.000.000	AUTOCAD	\$ 9.356.000
NIVEL TOPOGRAFICO	\$ 6.000.000		
CINTA METRICA	\$ 500.000		
DRON Y LICENCIA	\$ 12.000.000		
TOTAL EQUIPOS Y HERRAMIENTAS TOPOGRAFICAS SIN EQUIPOS DE COMPUTO Y TRANSPORTE			
ESTACION TOTAL + AUTOCAD		\$	34.356.000
NIVEL TOPOGRAFICO + AUTOCAD		\$	15.356.000
CINTA METRICA + AUTOCAD		\$	9.856.000
DRON Y LICENCIA + AUTOCAD		\$	21.356.000

(SAS, 2021)

COSTOS DE LOS DIFERENTES LEVANTAMIENTOS

Para tener un idea más clara de los posibles costos para levantamiento topográfico se tomó como referencia dos topógrafos, de los cual se realizará un promedio para determinar el costo por metro cuadrado (m²), es importante resaltar que los precios pueden varias según dos criterios; el primero es la condición general del terreno y segundo según el criterio del profesional ya que no se tiene estandarizado los precios para este fin:

COSTOS POR METRO CUADRADO DE LEVANTAMIENTO		
LEVANTAMIENTO CON CINTA METRICA	M2	\$ 1.050
LEVANTAMIENTO CON ESTACION	M2	\$ 2.850
LEVANTAMIENTO CON NIVEL	M2	\$ 1.550
LEVANTAMIENTO CON DRON	M2	\$ 3.250
Nota: los precios aquí establecidos no son precios estándar lo cual pueden variar de acuerdo a estado del terreno, cantidad de vegetación, etc., y pueden variar de acuerdo al profesional que realizara el levantamiento y al tiempo de ejecución.		

Elaboración Propia

IMPACTO DEL PROYECTO DEL USO DE DRONES

El impacto que genera el uso de drones en los levantamiento topográficos en el municipio de Villanueva departamento del Casanare es sumamente favorable al tiempo de ejecución, los costos y la calidad de los levantamientos y planos, facilitando el uso de las herramientas como drones y mejorando la seguridad en el área de trabajo, de igual forma se puede definir que gana y que pierde las personas quienes utilicen este método, es así que aunque se vea que el uso de drones es más costoso con relación a la estación siendo la estación el método de uso más cotidiano en la topográfica, se tiene la limitante que este método utiliza más personal calificado, el traslado de los equipos es más complicado, delicado y demorado de acuerdo al terreno según vegetación que se presente y demás condiciones lo que puede generar errores de toma de datos, sobrecostos por el tiempo y uso de más personal y demoras para obtener los resultados realizado correcciones y

posibles retomas de información, caso contrario al dron que aunque la persona pagaría un costo más alto para la utilización de este método, se tiene la ventaja de generar de forma más eficaz la minimización de errores en la toma de información, la movilización es más fácil, ágil ya que solo es un maletín, no se genera sobrecostos ya que solo se requiere una solo persona quien pilotea el dron y sobre todo la agilidad de entregar los resultados que se requieran para realizar los trámites que la persona quien adquiere este método solicita de forma inmediata para sus respectivos trámites. (CORREDOR, 2015) (JIMENEZ CALERO, MAGAÑA MONGE, & SORIANO MELGAR, 2019) (SYSTEMS, 2020)

RESULTADOS

Aquí se puede observar los resultados de las mediciones de cada método junto con el error de cada una

TABLA 2 DIFERENCIA MÉTRICAS EN CADA MÉTODO DE LEVANTAMIENTO

DATOS DE CADA METODO EN METROS LENEALES					
LONGITUD DE LA CANCHA		CINTA	ESTACION	NIVEL	DRON
LADO A	64	64,75	64,25	64	64,44
LADO B	99	98,65	99,85	100	98,83
LADO A'	64	63,82	63,84	63	64,15
LADO B'	99	99,60	99,95	99	98,77
SUMATORIA DE METROS	326	326,82	327,89	326	326,19
ERRORES DE TOMA DE DATOS					
LONGITUD DE LA CANCHA		CINTA	ESTACION	NIVEL	DRON
LADO A	64	0,75	0,25	0	0,44
LADO B	99	0,35	0,85	1	0,17
LADO A'	64	0,18	0,16	1	0,15
LADO B'	99	0,60	0,95	0	0,23
SUMATORIA DE METROS		1,88	1,51	2,00	0,99

Nota: Análisis comparativo de levantamiento topográfico tradicional y tecnología de Drones Disponible en <https://cutt.ly/OEKTgme> 01/10/2021

De acuerdo a lo anterior se puede observar que mediante los diferentes métodos de levantamientos topográficos se tiene diferencias en su toma de mediciones, los cuales se puede establecer que todos los métodos tienen errores en sus mediciones causados por errores humanos o calibraciones de los equipos.

De igual forma, aunque se vea errores en cada uno de los métodos solamente se observa con certeza mediante sumatoria de errores cuál sería el más preciso, siendo el método de levantamiento con cinta métrica con un total de 1.88 metros de error, con estación topográfica con 1.51 metros de error, con nivel de 2 metros de error y con el Dron 0.99 metros de error, por lo cual el mayor error es la cinta métrica y con el Dron el menor error.

De acuerdo a lo anterior se concluye que el dron es el método más exacto de medición para los levantamientos topográficos en el municipio de Villanueva departamento del Casanare, debido a que se generaría un error de solo 0.99 metros correspondiente al 0.30% y la pérdida de terreno es mucho menor y sería aceptable, de igual forma se tienen varios factores los cuales son de gran importancia para tener en cuenta y son la facilidad de acceso a varios terrenos ya que no se requiere el ingreso directamente del personal evitando así demoras y peligros que se puedan materializar, la velocidad de entrega de los resultados obviamente a un costo más alto que es permisible ya que con otros métodos es más demorado este entregable, pero lo más importante es que si se observa con la estación se tiene un error del 1.51 metros lineales correspondiente a 0.46% de error de 326 metros lineales que tiene la cancha tomada como ejemplo, lo que aplicando a un área más amplia esto se multiplicaría proporcionalmente y generaría pérdidas graves en metros cuadrados en los terrenos aplicado.

TABLA 4 RESUMEN DE SUMATORIA DE ERRORES Y SUS PORCENTAJES

RESUMEN DE ERRORES		
TOTAL EN METROS LINEALES		326
METODO	METROS	PORCENTAJE
CINTA	1,88	0,58%
ESTACION	1,51	0,46%
NIVEL	2	0,61%
DRON	0,99	0,30%

Nota: Elaboración Propia

CONCLUSIONES

Es posible concluir que con el desarrollo del presente trabajo fue posible comparar los distintos métodos de levantamiento topográfico (cinta métrica, estación, nivel y dron), siendo así que cada uno de los métodos tiene variación tanto en tiempos y errores métricos.

Es de esa forma que los levantamientos mediante cinta métrica se tiene que disponer de mínimo dos personas para llevar a cabo el levantamiento, llevando consigo tiempos muy cortos pero de acuerdo al proceso de toma de datos se tiene mayores posibilidades de error llevando consigo pérdidas de terreno, con la estación topográfica y el nivel se debe disponer de igual forma dos personas como el topógrafo y su cadenero los cuales deben siempre llevar consigo equipos pesados, delicados y costosos los cuales son fundamentales para la actividad de los levantamientos topográficos, aunque estos métodos disminuyan el nivel de error siempre se lleva mucho tiempo de ejecución en la actividad tomando desde la armada del equipo hasta el diseño de los entregables, a diferencia el levantamiento con el Dron que tiene muchas ventajas con respecto a los tiempo en que se ejecuta el levantamiento ya que solo lleva 5 minutos la puesta en marcha del equipo a utilizar y es necesario una persona para manipular y volar el Dron lo que genera disminución de mano de obra de operarios para el levantamiento topográfico del terreno.

De igual forma se puede determinar que no importa qué método se emplee siempre se tendrá un porcentaje de error en las mediciones por error humano, pero comparando cada uno de los diferentes métodos de levantamientos topográficos (cinta métrica, estación, nivel y Dron), se concluye que, en tiempos de ejecución, costos del mismo y bajo porcentaje de error se tiene que el Dron es el más relevante y apto en todos estos aspectos haciéndolo el método por excelencia para los levantamientos.

Es así que los costos de adquirir un equipo topográfico estación o un Dron vs los costos de levantamiento por M2 es importante destacar que aunque los costos de levantamiento con Drones

este más costoso con respecto a la estación topográfica, dando que en temas como tiempos y confiabilidad de los datos sea mayor con el Dron que con la estación se concluye que es la alternativa costo beneficio más viable para esta investigación.

De acuerdo a todo lo anterior para realizar los levantamiento en el municipio de Villanueva departamento del Casanare es viable realizarlo mediante Dron, ya que en la actualidad se realiza mediante el método de cinta métrica y estación de topografía, dando resultados menos exactos, tiempos de desarrollo largos y costos más elevados por tema de uso de personas para el normal desarrollo de las actividades de levantamientos, es así que mediante el levantamiento con Drones puede mejorar el problema de las demoras en los planos de entrega para los propietarios de las fincas ya que lo que buscan es velocidad en las entregas, exactitud en los levantamientos, para realizar los parcelamientos y ventas de sus terrenos de una forma clara y ordenada.

Bibliografía

- AGRIMENSURA, D. D. (2018). *Universidad nacional de la Plata Argentina*. Obtenido de NIVELES ÓPTICOS: <http://www.bibliotecacpa.org.ar/greenstone/collect/facagr/index/assoc/HASHaa74.dir/doc.pdf>
- AUTODESK. (23 de 11 de 2021). *AUTODESK*. Obtenido de CIVIL 3D: <https://latinoamerica.autodesk.com/products/civil-3d/overview>
- Ayma, R. F. (2020). *Universidad Continental*. Obtenido de Facultad de Ingenieria: https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/8698/4/IV_FIN_110_TI_Matias_Ayma_2020.pdf
- COMPANY, S. A. (2021). *SenseFly AN AGEAGLE COMPANY*. Obtenido de eBee X: <https://www.sensefly.com/drone/ebee-x-fixed-wing-drone/>
- COMUNIDAD DE MADRID ESPAÑA, F., CARRACOSA, F. J., & PORRAS, A. G. (2015). *UNIVERSIDAD DE CORDOBA*. Obtenido de LOS DRONES Y SUS APLICACIONES EN LA INGENIERIA CIVIL CAPITULO 18 APLICACION URBANISTICA: <https://www.fenercom.com/wp-content/uploads/2015/03/Los-Drones-y-sus-Aplicaciones-a-la-Ingenieria-Civil-fenercom-2015.pdf>
- CORREDOR, D. J. (2015). *Universidad Militar Nueva Granada*. Obtenido de Facultad de Ingenieria: <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/7596/CorredorDazaJuanGuillermo2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- DJI. (2021). *DJI TIENDA*. Obtenido de DJI DRONES: https://store.dji.com/product/phantom-4-rtk-and-dji-care?site=brandsite&from=buy_now_bar
- DJI, R. (2021). *ACIS ASOCIACION COLOMBIANA DE INGENIEROS DE SISTEMAS*. Obtenido de El uso de drones reduce en un 75% algunos costos de las obras de construcción: <https://acis.org.co/portal/content/noticiasdelsector/el-uso-de-drones-reduce-en-un-75-algunos-costos-de-las-obras-de-construccion>
- esri. (23 de 11 de 2021). *ArcGIS Desktop*. Obtenido de <https://www.esri.com/es-es/arcgis/products/arcgis-desktop/buy-now>
- JIMENEZ CALERO, N. M., MAGAÑA MONGE, A. O., & SORIANO MELGAR, E. (MARZO de 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 DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERÍA Y

ARQUITECTURA:

<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>

Mateo, F. D., & Rendon, R. W. (2018). *VENTAJAS EN LOS LEVANTAMIENTOS* . Obtenido de Universidad privada del norte - Facultad de Ingenieria LIMA PERU: <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/21067/Sedano%20Mateo%20C%20Fredy%20Diogenes%20-%20Pari%20Rendon%20%20C%20Rufo%20Wiston.pdf?sequence=3&isAllowed=y>

MIGUEL, A. M., & JOSÉ, A. P. (2020). *Universidad Coperativa de Colombia*. Obtenido de Facultad de Ingenieria: https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/32568/2/2020_Utilizacion_Drones_Levantamiento.pdf

Ochoa, C. (29 de Mayo de 2015). *Netquet*. Obtenido de Muestreo no probabilístico: muestreo por convivencia: <https://www.netquest.com/blog/es/blog/es/muestreo-por-conveniencia>

Santana, O. d., Córdova, F. d., Carrillo, N. V., Esqueda, J. A., & Fraire, A. T. (10 de 02 de 2020). *Universidad Juárez del Estado de Durango Mexico*. Obtenido de Análisis comparativo de levantamiento topográfico tradicional y tecnología de Drones: <https://www.redalyc.org/journal/1939/193963490001/html/>

SAS, T. E. (2021). *Tu Equipo SAS*. Obtenido de Tu Equipo SAS: <https://www.tuequipo.co/productos>

Scharage, J. (2001). *Pontificia Universitaria Catolica de Chile* . Obtenido de Escuela de Psicología: <https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/31715755/muestreo-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1637703948&Signature=UCmE8GPMegBI4HXfaLs64jE6U3CojRTI~7REzo~Uh0BwCex7xKVffxK9xi301vLsfaK2Ko8Qav5mzyCwK1cUssmEqdEcGLGNo7l0L7BeDjJvW6r~OyUM-v1A0V-zA5TMjYfKHvCGRtgSAyD~ofs>

SYSTEMS, I. I. (31 de MARZO de 2020). *IDIS INNOVATION DRONE SYSTEMS*. Obtenido de 6 ventajas de la topografía con drones: <https://www.idstopografia.com/6-ventajas-de-la-topografia-con-drones/>
