Post-procesamiento de datos LiDAR en redes eléctricas
Caso de estudio pasantía en la empresa SAR Ingeniería Ltda.

Presentado por

Alex Eugenio Vargas Torres

Julio César Calderón Vivas

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

FACULTAD DEL MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES

PROYECTO CURRICULAR DE TECNOLOGÍA EN LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS

BOGOTÁ D.C., 2023

Post-procesamiento de datos LiDAR en redes eléctricas
Caso de estudio pasantía en la empresa SAR Ingeniería Ltda.

Presentado por

Alex Eugenio Vargas Torres, código: 20162031573

Julio César Calderón Vivas, código: 20172131053

TRABAJO DE GRADO EN MODALIDAD DE PASANTÍA PARA OPTAR AL TÍTULO DE TECNÓLOGO EN TOPOGRAFÍA Y TECNÓLOGO EN LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS

Docente directora:

Janneth Pardo Pinzón

Ingeniera Catastral Y Geodesta

Msc. Ciencias de la Información y las Comunicaciones

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

FACULTAD DEL MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES

PROYECTO CURRICULAR DE TECNOLOGÍA EN LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS

BOGOTÁ D.C., 2023

Nota De Aceptación

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

Firma de docente directora

_____

Firma de supervisor designado

Bogotá D.C. Junio del 2023

Artículo 117.

La Universidad Distrital Francisco José de Caldas no se hace responsable de las ideas expuestas por el graduando en el trabajo de grado según el Acuerdo 029 de 1988.

Agradecimientos.

Agradecemos a nuestros familiares y amigos por brindarnos el amor, la paciencia y la confianza para poder culminar este proceso de formación, igualmente, a nuestros docentes por compartir sus conocimientos. En especial a nuestra alma mater, la Universidad Distrital Francisco José de Caldas por proveer las herramientas para nuestro crecimiento personal y profesional.

TABLA DE CONTENIDO

Resumen 10

1. Objetivos 14

1.1. Objetivo general 14

1.1.1. *Objetivos específicos* 14

2. Contextualización de la Entidad 15

3. Marco teórico 16

3.1. LiDAR 16

3.2. Merrick Advanced Remote Sensing (MARS®) 19

3.3. VANT 19

3.4. Nube de puntos 20

3.5. Modelo Digital de Elevación (MDE) 21

3.6. Modelo Digital de Terreno (MDT) 22

3.7. Pix4D 22

3.8. Ortomosaico 23

3.9. Vectorización 24

3.10. Cartografía digital 24

3.11. Global Mapper Pro 24

3.12. Google Earth Pro 25

4. Actividades 26

5. Ubicación 28

6. Resultados 29

6.1. Planificación 29

6.2. Hacer 31

6.3. Verificar 36

7. Conclusiones 37

8. Evaluación de la pasantía y recomendaciones 38

Bibliografía 39

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. *Esquema de trabajo de un sistema LiDAR* 17

Figura 2. *Esquema de los retornos de un pulso LiDAR* 18

Figura 3. *VANT equipado con sensor LiDAR RIEGL miniVux-1UAV* 20

Figura 4. *Nube de puntos reclasificada* 21

Figura 5. *MDE* 22

Figura 6. *Ortomosaico obtenido de Pix4D* 23

Figura 7. *Global Mapper Pro* 24

Figura 8. *Google Earth Pro* 25

Figura 9. *Corredor subestación eléctrica Soacha* 28

Figura 10. *Equipo de trabajo SAR Ingeniería Ltda* 29

Figura 11. *Características sensor RIEGL miniVux-1UAV* 30

Figura 12. *Reclasificación subestación Soacha, torre eléctrica y líneas de tensión* 33

Figura 13. *Visualización de perfil en vista de elevación desde MARS®* 33

Figura 14. *MDT generado en Global Mapper* 34

Figura 15. *Cartografía base a escala 1:2000* 35

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. *Descripción de actividades desarrolladas.*..... 26

Tabla 2. *Principales características cámara Sony A6000.*..... 30

Tabla 3. *Códigos para reclasificación subestación Soacha*. 32

Resumen

La pasantía es un trabajo formativo que refleja conocimientos teórico-prácticos, la pasantía está constituida como proyecto de grado dentro del proyecto curricular de Tecnología en Levantamientos Topográficos según el Acuerdo No. 038 del 28 de julio de 2015, expedido por el Consejo Académico de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. La presente pasantía fue desarrollada en la empresa SAR Ingeniería Ltda. desempeñando labores como auxiliares de post-procesamiento de datos LiDAR (Light Detection and Ranging o Laser Imaging Detection and Ranging).

La tecnología LiDAR es un sistema compuesto por un sensor que captura una nube de millones de puntos que puede representar la superficie del terreno, desde hace algunos años se ha convertido en una herramienta de apoyo a la hora de llevar a cabo proyectos de infraestructura y toma de decisiones en Colombia.

El desarrollo de la topografía a lo largo de los años, ha llevado consigo la aplicación de nuevas tecnologías, en donde minimizar tiempos y obtener información en lugares de difícil acceso se ha convertido en la mejor opción para realizar proyectos de tipo topográfico. El sistema aéreo tripulado de forma remota RPAS (Remotely Piloted Aircraft System), permite volar las naves aéreas no tripuladas por medio de una señal a distancia a través de control remoto, por lo que se han convertido en una herramienta importante para la obtención de imágenes, ya que permiten conseguir una cobertura mayor de las superficies. (Corredor, 2015)

Conforme al avance y al uso de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) en prácticamente todos los campos de trabajo; estando al alcance de los profesionales de topografía la tecnología LiDAR equipada en un VANT (vehículo aéreo no tripulado) permite generar una nube de puntos densa, siendo así, información confiable y precisa, sin embargo, debe ser refinada,

debido a esto es importante el uso adecuado de estas herramientas para lograr los mejores resultados posibles. La información pasa por un proceso de análisis, seguido de una reclasificación y refinación de los puntos obtenidos en el programa MARS® (Merrick Advanced Remote Sensing) diseñado para visualizar, gestionar y procesar datos LiDAR, teniendo como finalidad lograr las características más reales del terreno y los elementos que en él se encuentren, obteniendo productos como MDT(s) (Modelos Digitales de Terreno), documentos de texto con los códigos de clasificación y coordenadas x,y,z de cada uno de los puntos y cartografía para el posterior diseño y/o construcción de proyectos.

Palabras clave: LiDAR, tecnología, MARS®, nube de puntos, VANT, topografía.

Abstract

The internship is a formative work that reflects theoretical-practical knowledge, the internship is constituted as a degree project within the Topographic Survey Technology curricular project according to Agreement No. 038 of July 28, 2015, issued by the Academic Council of the University Francisco José de Caldas. This internship was developed at the company SAR Ingeniería Ltda., performing tasks as LiDAR (Light Detection and Ranging o Laser Imaging Detection and Ranging) data post-processing assistants.

LiDAR technology is a system made up of a sensor that captures a cloud of millions of points that can represent the surface of the land. In recent years, it has become a support tool when carrying out infrastructure projects and taking decisions in Colombia.

The development of topography over the years has brought with it the application of new technologies, where minimizing time and obtaining information in places that are difficult to access has become the best option for carrying out topographic projects. The remotely manned aerial system RPAS (Remotely Piloted Aircraft System), allows unmanned aerial craft to fly by means of a remote signal through remote control, which is why they have become an important tool for obtaining images , since they allow a greater coverage of the surfaces to be achieved. (Corredor, 2015)

In accordance with the advancement and use of Information and Communication Technologies (ICT) in practically all fields of work; Being within the reach of topography professionals, LiDAR technology equipped in a VANT (unmanned aerial vehicle) allows the generation of a dense point cloud, thus, reliable and accurate information, however, it must be refined, due to this it is important to proper use of these tools to achieve the best possible results.

The information goes through an analysis process, followed by a reclassification and refinement of the points obtained in the MARS® (Merrick Advanced Remote Sensing) program designed to visualize, manage and process LiDAR data, with the purpose of achieving the most realistic characteristics of the terrain. and the elements found in it, obtaining products such as DTM(s) (Digital Terrain Models), text documents with the classification codes and x,y,z coordinates of each of the points and cartography for the subsequent design and/or project construction.

Keywords: LiDAR, technology, MARS®, point cloud, VANT, topography.

1. Objetivos

1.1. Objetivo general

Analizar e interpretar los diferentes corredores de nubes de puntos desde el punto de vista topográfico para efectuar su correcta reclasificación.

1.1.1. *Objetivos específicos*

- ✓ Reclasificar y refinar nubes de puntos LiDAR.
- ✓ Generar Modelos Digitales de Terreno, archivos PLS-CADD y cartografía base.
- ✓ Implementar Modelos Digitales de Terreno y de Superficie en el proyecto a desarrollar.

2. Contextualización de la Entidad

SAR Ingeniería Ltda. Es una empresa que participa en proyectos de consultoría en ingeniería, se enfoca en el modelamiento digital, cartografía y topografía; se apoya en profesionales con conocimiento especializado y técnico para garantizar el análisis y toma de decisiones de los proyectos.

3. Marco teórico

3.1. LiDAR

LiDAR ‘(un acrónimo del inglés Light Detection and Ranging o Laser Imaging Detection and Ranging) es una tecnología que permite determinar la distancia desde un emisor láser a un objeto o superficie utilizando un haz láser pulsado’. (Aldana, 2018)

Además de aprovisionar el VANT con el dispositivo láser se utilizan equipos GNSS en terreno (GCP: puntos de control en tierra) para luego aplicar la corrección diferencial de la antena con la que se encuentra equipado el VANT.

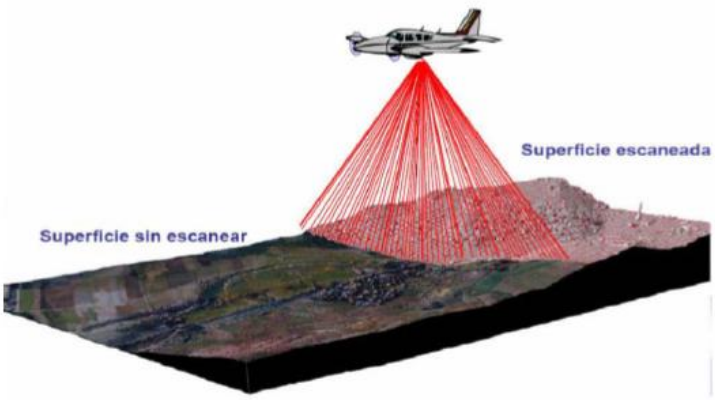
Este sistema obtiene una muestra de puntos de la superficie de la tierra produciendo mediciones de las coordenadas de X, Y y Z (Mozo y Alconada, 2014). Los datos obtenidos con el sistema LiDAR se utilizan principalmente en aplicaciones de representación cartográfica. Debido a sus características se está convirtiendo en una alternativa rentable para las técnicas de cartografía y topografía tradicionales como la fotogrametría (Fagua et al., 2011).

Las partes que componen un sistema LiDAR incluyen generalmente un GPS (Sistema de Posicionamiento Global) para medir la posición exacta y un INS (sistema de navegación por inercia) o un GNSS/IMU – (Unidad de Medidas Inerciales). Estos sensores se integran dentro del vehículo aéreo o terrestre para tener información acerca del movimiento del propio vehículo y de su localización.

El funcionamiento de un sistema LIDAR desde una aeronave (ver Figura 1.) está basado en la emisión de rayos láser hacia un objetivo desde una plataforma o vehículo aéreo. La medición precisa del tiempo de retorno de las porciones del pulso al sensor permite calcular la distancia que separa a éste de la superficie terrestre y de los objetos que existen sobre ella. La información

recibida de esta medición combinada con la información de la posición (GPS e INS) hace que sea posible la transformación de estas medidas en puntos tridimensionales reales del objetivo (Romero et al., 2009).

Figura 1. *Esquema de trabajo de un sistema LiDAR*



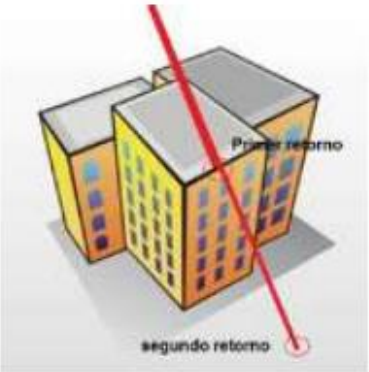
Fuente: Albacete (2011)

Estos puntos se procesan posteriormente y se les asignan los atributos de coordenadas x, y, y z georreferenciadas, el rango de tiempo que tarda el punto en volver al sensor, el ángulo de escaneo láser, la posición del GPS y la información del INS.

La gran mayoría de objetos presentes en el terreno reflejan los pulsos laser emitidos desde el sensor y vuelven al propio sensor. Si el terreno no presenta ningún elemento opaco a los rayos láser, como un edificio, generalmente también llegan pulsos procedentes de la superficie del terreno. Por lo tanto, podemos tener reflejos en vegetación, edificios, y cualquier elemento del terreno. Se podría decir que un pulso láser emitido que encuentre varias superficies que lo reflejen en su viaje hacia el suelo se dividirá en tantos retornos como superficies se encuentre antes de llegar al suelo. Debido a lo anterior un pulso láser puede regresar al sensor como uno o muchos retornos.

En cuanto a la importancia de los retornos de cada pulso laser podemos decir que el primer pulso láser que retorne al sensor generalmente será el más importante y corresponderá a la entidad más grande del terreno como una copa de árbol o la parte superior de un edificio. En casos en los que el haz láser no encuentre nada en su camino hacia el suelo el primer retorno corresponderá al suelo, en cuyo caso el sistema LiDAR solo detectará un retorno (Mozo y Alconada, 2014).

Figura 2. *Esquema de los retornos de un pulso LiDAR*



Fuente: Arranz y Vigara (S.F.)

Se puede concluir diciendo que si nos encontramos con superficies sin vegetación se obtiene un único retorno que corresponderá al suelo, en cambio en superficies con vegetación el sensor detectara varios retornos para un mismo pulso láser ya que éste es reflejado parcialmente por la vegetación. Esta capacidad de poseer múltiples retornos un mismo pulso laser es fundamental para entender las aplicaciones del LiDAR. Gracias a esto una nube de puntos LIDAR permite describir con precisión la estructura de la vegetación capturando información tridimensional de los diferentes estratos y del suelo (Landa et al., 2013).

Además, la capacidad del sensor LIDAR para capturar información bajo la cubierta vegetal hace que podamos obtener información del terreno presente bajo ella. Esta cualidad es una de sus principales ventajas de esta tecnología, ya que el resto de sensores utilizados en teledetección son

incapaces de traspasar la vegetación (Albacete, 2011). Generalmente y debido a la alta densidad de puntos generada por el sensor LiDAR, incluso si solo un pequeño porcentaje de puntos alcanza el suelo suele ser suficiente para crear un Modelo Digital del Terreno (Landa et al., 2013).

3.2. Merrick Advanced Remote Sensing (MARS®)

'Es una aplicación de Windows Complete, de producción independiente, diseñada para visualizar, gestionar, procesar y analizar datos de nube de puntos LiDAR. Está diseñado para sistemas operativos Windows de 64 bits y ofrece poderosas funciones de filtrado, edición y gestión de datos LiDAR'. (Sánchez, 2017)

MARS® Es funcional y accesible tanto para nuevos usuarios como para profesionales experimentados en producción de datos, y su rendimiento y estabilidad son excepcionales.

3.3. VANT

Es un vehículo que es controlado por medio de control remoto, el cual puede elevarse por la fuerza de giro de sus motores. Con los comandos de control se dirige el vuelo; sin embargo, algunos de estos vehículos tienen incorporado un GPS que permite ajustar el punto de llegada y que mediante cámaras se pueden realizar labores de vigilancia, fotogrametría, etc. (Valencia, 2018)

Figura 3. *VANT equipado con sensor LiDAR RIEGL miniVux-1UAV*

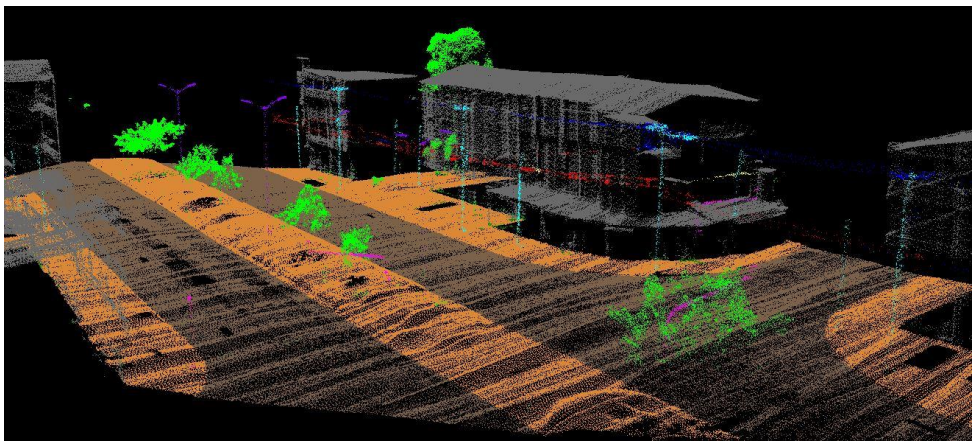


Fuente: Elaboración propia

3.4. Nube de puntos

Una nube de puntos es un gran conjunto de vértices, los cuales contienen coordenadas horizontales y verticales que representan la superficie externa de un objeto adquirida mediante diferentes procesos ya sea topográficos, geodésicos, fotogramétricos o por medio de escáneres. Estas nubes se pueden clasificar, así mismo convertirse en mallas de triangulación irregular reconstruyendo modelos de superficie. (AUTOCAD, 2018)

Figura 4. *Nube de puntos reclasificada*

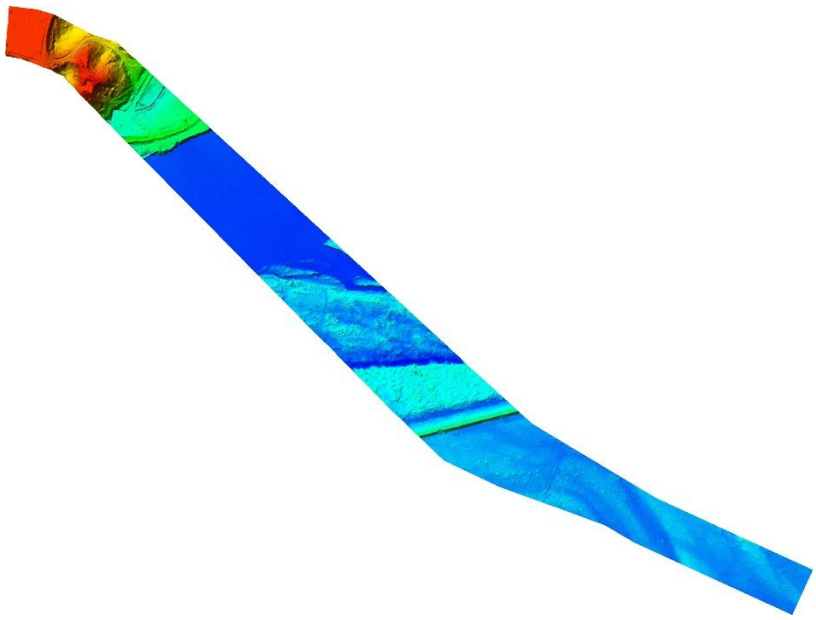


Fuente: Elaboración propia obtenida de MARS®

3.5. Modelo Digital de Elevación (MDE)

Es una estructura de valores numéricos con datos que permiten una distribución espacial donde contiene como atributo la elevación (Z) con respecto al nivel medio del mar correspondiente a la superficie del terreno y los valores horizontales X y Y correspondiente a la posición. Esta representación visual caracteriza las formas de relieve y los elementos presentes en él. (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2018)

Figura 5. *MDE*



Fuente: Elaboración propia obtenida de MARS®

3.6. Modelo Digital de Terreno (MDT)

Es el conjunto de capas, que representa las características de la superficie terrestre, el cual se deriva de un modelo digital de elevaciones. En este modelo de terreno no se tienen en cuenta las alturas de los objetos externos, tal como construcciones, vegetación, etc., solo es representada la superficie del suelo al desnudo. (Felicísimo, 1994)

3.7. Pix4D

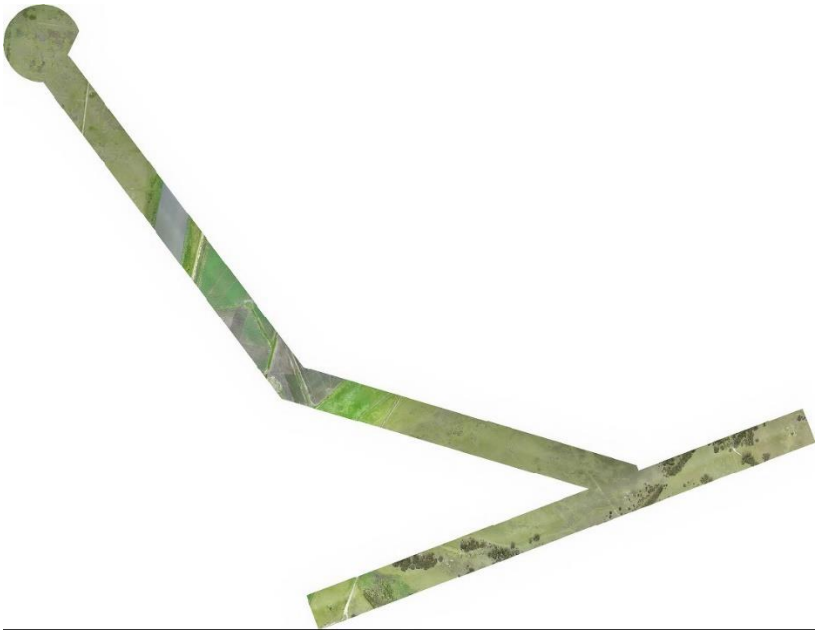
‘Este programa fue desarrollado en 2011 bajo la principal función de crear modelos y mapas digitales en 2D y 3D georreferenciados y de alta precisión a partir de imágenes de drones. Entre algunos de los productos que puede entregar este programa, se detallan es su página web los siguientes:’ (Costales, 2018) ortomosaicos, modelos digitales de superficie y de terreno, nube de puntos 3D, modelos 3D, mapas de reflectancia, mapas de índices de vegetación de diferencia normalizada (NDVI), cálculo de áreas y volúmenes.

3.8. Ortomosaico

‘Cuando en un mosaico se es corregido todos los errores de nitidez, falta de información, etc, que son generados por el relieve del terreno y los objetos se denomina ortomosaico, entonces, un ortomosaico es el conjunto de imágenes que tomados desde uno o varios planes de vuelo con el fin de generar una zona de traslape que permita unir las fotografías para obtener una mayor escena ser unidas para que se tenga una mayor escena’. (Escalante et al., 2016)

‘Además, un ortomosaico permite generar cartografía digital a escala, representando la realidad del terreno lo más exacto posible en un mapa teniendo en cuenta la proyección adecuada para ello, que no es más que una red de paralelos y meridianos sobre los cuales puede ser representado un mapa o plano. Este tipo de cartografía requiere entonces de tecnología avanzada y de softwares especializados con el fin de digitalizar con gran precisión y exactitud la superficie por medio de vectores, lo que permite representar la posición, forma y tamaño de los objetos presentados en el terreno’. (Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 2007)

Figura 6. *Ortomosaico obtenido de Pix4D*



Fuente: SAR Ingeniería del futuro (2022)

3.9. Vectorización

Es una serie de procedimientos en donde se lleva una información ráster (imagen) a una información de tipo vectorial. Para que el desarrollo eficiente de la vectorización sea eficiente, es necesario realizar la eliminación de ruido en las imágenes con el fin de rellenar agujeros que mejoren los datos. (ArcMap 10.4, 2018)

3.10. Cartografía digital

Es una forma de cartografía que utiliza la tecnología informática y mediante la adquisición de datos numéricos se puede elaborar planos o mapas.

3.11. Global Mapper Pro

Figura 7. *Global Mapper Pro*



Fuente: Creative Tools (2023)

Es un software desarrollado para fines en el ámbito de los SIG, que ofrece herramientas para el procesamiento de datos espaciales SIG, permitiendo interactuar con imágenes, mapas topográficos, DEM (Modelo Digital de Elevación) y DSM (Modelo Digital de Superficie). Además, visualiza, convierte y analiza cualquier tipo de datos geoespaciales en 2D y en 3D, con

una interfaz versátil que ofrece fácil manejo tanto para los profesionales del SIG como para las personas que empiezan sus primeros pasos con este software. (GEOSOLUCIONES, S.F.)

3.12. Google Earth Pro

Figura 8. *Google Earth Pro*



Fuente: MacUpdate (2018)

Es un software con el fin de ofrecer datos SIG, que permite al usuario ver imágenes satelitales, mapas, imágenes de relieve y edificios 3D, explorando un detallado contenido geográfico complementado con herramientas como medición de distancias y áreas, cuadriculas, ubicación de puntos y definición de las coordenadas de estos en datum WGS84, creación de polígonos, perfiles, rutas, entre otras más herramientas. (Google, 2018)

4. Actividades

Las labores específicas que contribuyeron al desarrollo de las actividades en la pasantía se describen en la siguiente tabla:

Tabla 1

Descripción de actividades desarrolladas

Actividad	Tiempo en horas aprox.	Tiempo en %	Labores	Descripción
Planificación	12	6.25	Elaboración plan de trabajo	Plan de trabajo, cronograma e indicadores para la evaluación del plan de trabajo
			Capacitación de post-procesamiento de datos LiDAR	Manejo de la información y de los programas para el inicio del proceso
Hacer	110	57.29	Reclasificación de las nubes de puntos (MARS®)	Reclasificación de las capas de terreno, vegetación, construcciones, redes eléctricas, etc, de las nubes de puntos en el programa MARS®
	27	14.06	Generación de MDT(s), verificarlos y corregirlos	Verificar e identificar en el programa Global Mapper de puntos de terreno altos o bajos que generen ruido y corregirlos en el programa MARS®
	4	2.08	Generación productos finales de las nubes de puntos refinada (PLS-CADD)	Documentos de texto (.txt) con los datos de código de clasificación y coordenadas (x, y, z) de cada punto, diferenciados por capa y tile.
	30	15.63	Vectorización	Vectorizar las capas de interés para generar cartografía base en AutoCAD
Verificar/Actuar	9	4.69	Preparación de los archivos de productos finales	Compilado de archivos para la entrega final al cliente
Total	192	100		

Fuente: Elaboración propia

La pasantía se desarrolló durante 192 horas de las cuales se realizaban 8 horas por día, en donde en el transcurso de la misma se efectuó aproximadamente 12 horas en la planificación y 171 horas aproximadamente en el proceso de Reclasificación y refinación de las nubes de puntos, generación de productos finales y vectorización; mientras que las 9 horas restantes fueron desarrolladas en la preparación de los archivos para la entrega final.

5. Ubicación

El área del proyecto se localiza en el Departamento de Cundinamarca, Municipio de Soacha, donde se realizó un corredor de 63 km lineales y un ancho de 80 m, procesado para la calificación de las líneas eléctricas.

Figura 9. *Corredor subestación eléctrica Soacha*



Fuente: Elaboración propia obtenida de Google Earth Pro

6. Resultados

6.1. Planificación

Explica el procedimiento realizado en la recolección de información del caso de estudio, su posterior evaluación y verificación de la misma con el propósito de obtener resultados que sustenten la relevancia de los sensores LiDAR en el proceso de determinación de redes eléctricas.

El profesional designado efectúa la capacitación hacia los productos finales, enfocado en el uso de MARS® con participación de Global Mapper para lograr una nube de puntos refinada, junto con el manejo de convenciones exportadas en PLS-CADD y vectorización para conseguir cartografía base.

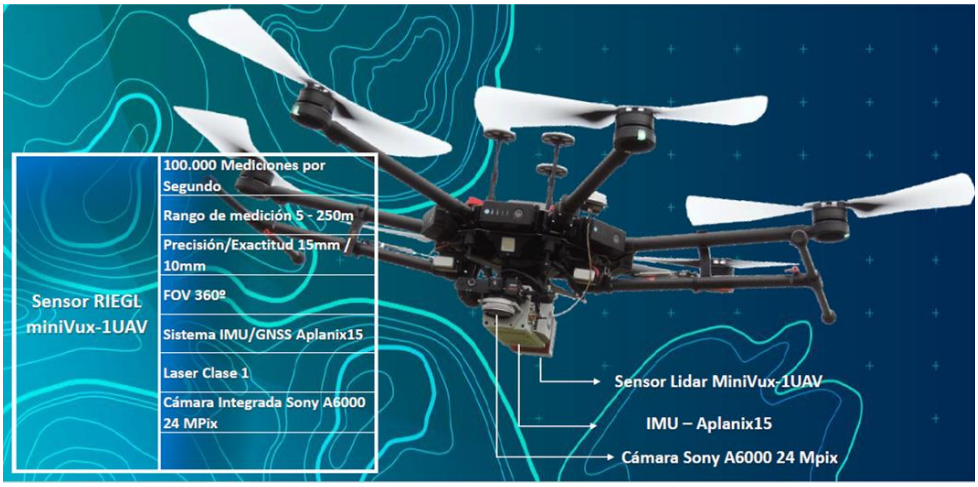
Figura 10. *Equipo de trabajo SAR Ingeniería Ltda*



Fuente: SAR Ingeniería del futuro (2022)

El VANT y sensor LiDAR con los que la empresa recolectó la información en campo para su post-procesamiento son de su propiedad y sus características se pueden apreciar en la Figura 11.

Figura 11. *Características sensor RIEGL miniVux-1UAV*



Fuente: SAR Ingeniería del futuro (2022)

Para la generación de ortomosaicos que se utilizarán como apoyo y serán esenciales para la correcta reclasificación y depuración de las nubes de puntos; es necesario que el VANT esté equipado además de un sensor LiDAR, de una cámara que capture las fotos necesarias para que SAR Ingeniería Ltda. procese y produzca los ortomosaicos en Pix4D. La cámara empleada fue la Sony A6000 y sus principales características se ilustran en la siguiente tabla.

Tabla 2

Principales características cámara Sony A6000

Cámara Sony A6000	
TIPO DE SENSOR	Sensor CMOS Exmor® APS HD tipo APS-C (23,5 x 15,6 mm)
NÚMERO DE PÍXELES (EFECTIVOS)	Aprox. 24,3 megapíxeles
SENSIBILIDAD ISO	Fotografías: equivalencia con ISO 100-25600 (1/3 EV paso), AUTO (ISO 100-25600, límite inferior y superior seleccionable) Videos: equivalencia con ISO 100-12800 (1/3 EV paso) / AUTO (equivalencia con ISO 100-12800, límite inferior y superior seleccionable)

MODOS DE CALIDAD DE IMAGEN	JPEG estándar, JPEG fino, RAW, RAW y JPEG

Fuente: Adaptado de Sony Colombia. (2014)

6.2. Hacer

En el programa MARS® el profesional designado realiza una clasificación automáticamente de las nubes de puntos, este proceso se entiende como correr una macro, la cual dividide los puntos en cuatro capas: la de terreno, vegetación, construcción y desclasificados (puntos muy altos o muy bajos). Después de haber aplicado macros con rutinas específicas de clasificación de acuerdo a los alcances del proyecto, se obtiene la clasificación robusta o semiautomática a la cual se le debe realizar el siguiente proceso que consiste en validar esta clasificación y mitigar las posibles omisiones que se puedan haber efectuado en la ejecución de dichas macros, procedemos a realizar la reclasificación de la nube de puntos donde se van a determinar las capas descritos en la siguiente tabla:

Tabla 3

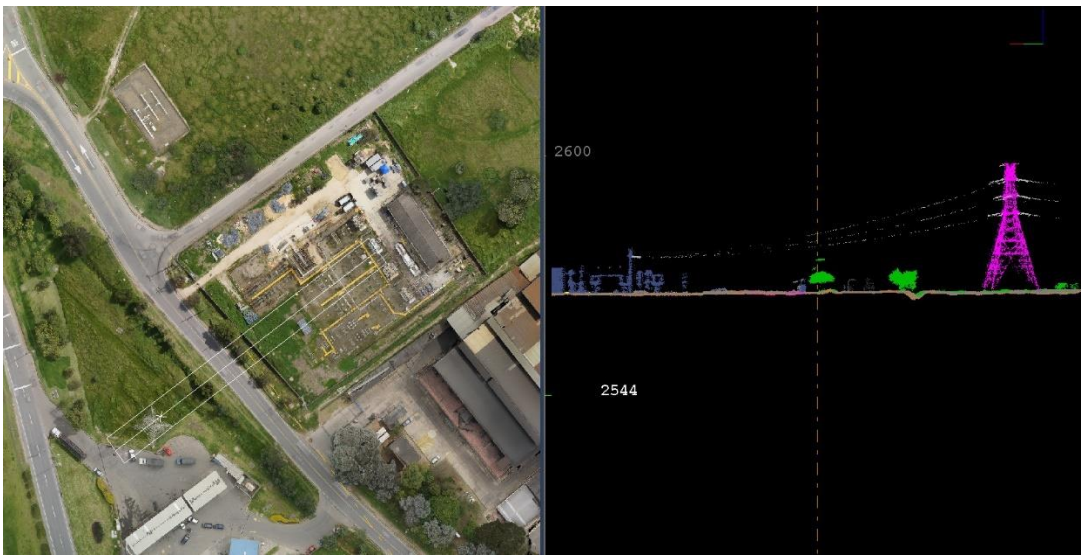
Códigos para reclasificación subestación Soacha

CODIGOS LEVANTAMIENTO	
CODIGO	**DESCRIPCIÓN**
100	Punto de inflexión
110	Punto Georeferenciado
120	Delta auxiliar
130	Puntos Auxiliares
200	Terreno natural, Puntos de terreno
210	VEGETACIÓN MENOR A 1m DE ALTURA
300	Árboles de 1 a 5m. de altura
310	Árboles de 5 a 10m de altura
320	Árboles mayores a 10m de altura
340	Cultivos
400	Torres existentes
410	Postes existentes
420	Pórticos subestación
500	Conductores ó Cables de Líneas de transmisión de media Tensión (34.5 kV)
510	Conductores ó Cables de Líneas de transmisión de Alta Tensión (115kv)
520	Conductores ó cables de lineas BT (13.8 kV), telefonos, TV Cable, etc.
530	Tuberias de distribución Acueducto, Alcantarillado, redes electricas, etc
600	Construcciones
610	Subestaciones
620	Vías ó Caminos principales
630	Vías ó Caminos secundarios
640	Muros
650	Puentes
660	Cercos, Cerramientos
700	Rios, esteros
710	Canales, quebradas
800	Vias Ferreas
900	Obstaculos relevantes que puedan interferir con la linea, otros.

Fuente: Elaboración propia

En MARS® utilizando un perfil con un ancho de 0 a 2.5 m y una longitud no mayor a 40 m se recorre el terreno de tal forma que no quede ningún lugar sin ser reclasificado, este se debe ubicar de forma paralelo al terreno por que de manera transversal la nube de puntos se verá con una densidad diferente y será mal reclasificada, el tamaño cambia en relación a la densidad de elementos a recorrer y la topografía del terreno. Se realiza la respectiva selección de los puntos que van a ser reubicados en cada una de las capas.

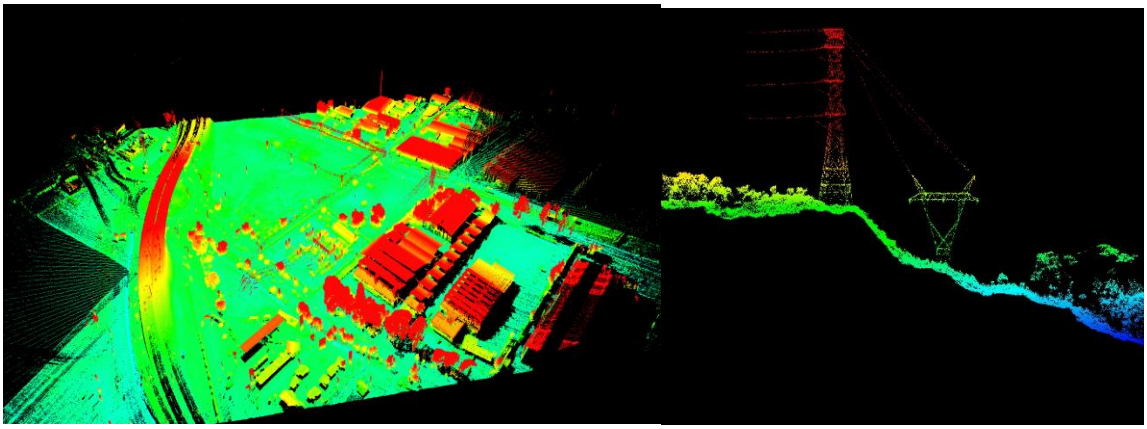
Figura 12. *Reclasificación subestación Soacha, torre eléctrica y líneas de tensión*



Fuente: Elaboración propia obtenida de MARS®

MARS® cuenta con herramientas como metro y visualización de las nubes de puntos en diferentes tipos de vistas por ejemplo vista de elevación (ver Figura 13.) esto con el objetivo de generar una mejor lectura del terreno específicamente en la determinación del terreno y los diferentes cables de tensión.

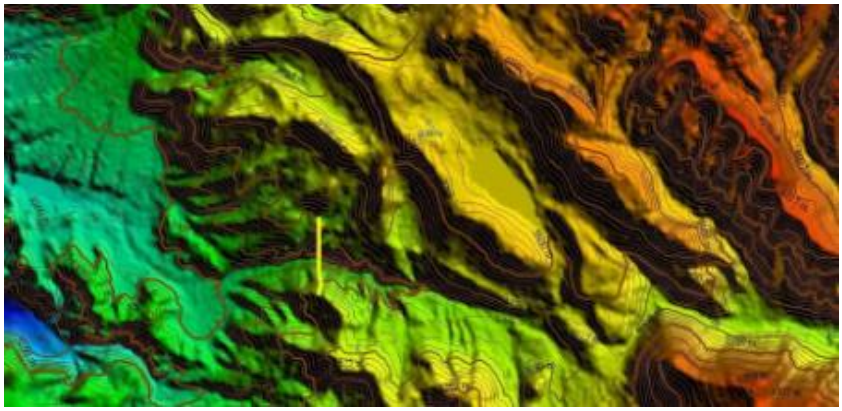
Figura 13. *Visualización de perfil en vista de elevación desde MARS®*



Fuente: Elaboración propia obtenida de MARS®

En dirección a obtener una correcta refinación del terreno se realiza la exportación de la capa de terreno para que sea visualizada en el programa de Global Mapper donde se generara un MDT con mayor detalle, dicha capa será corregida en MARS® nuevamente para que permita ubicar los puntos que genera mayor ruido al realizar la triangulación del terreno. Este proceso es repetitivo hasta conseguir el resultado más real del terreno.

Figura 14. *MDT generado en Global Mapper*



Fuente: Elaboración propia obtenida de Global Mapper

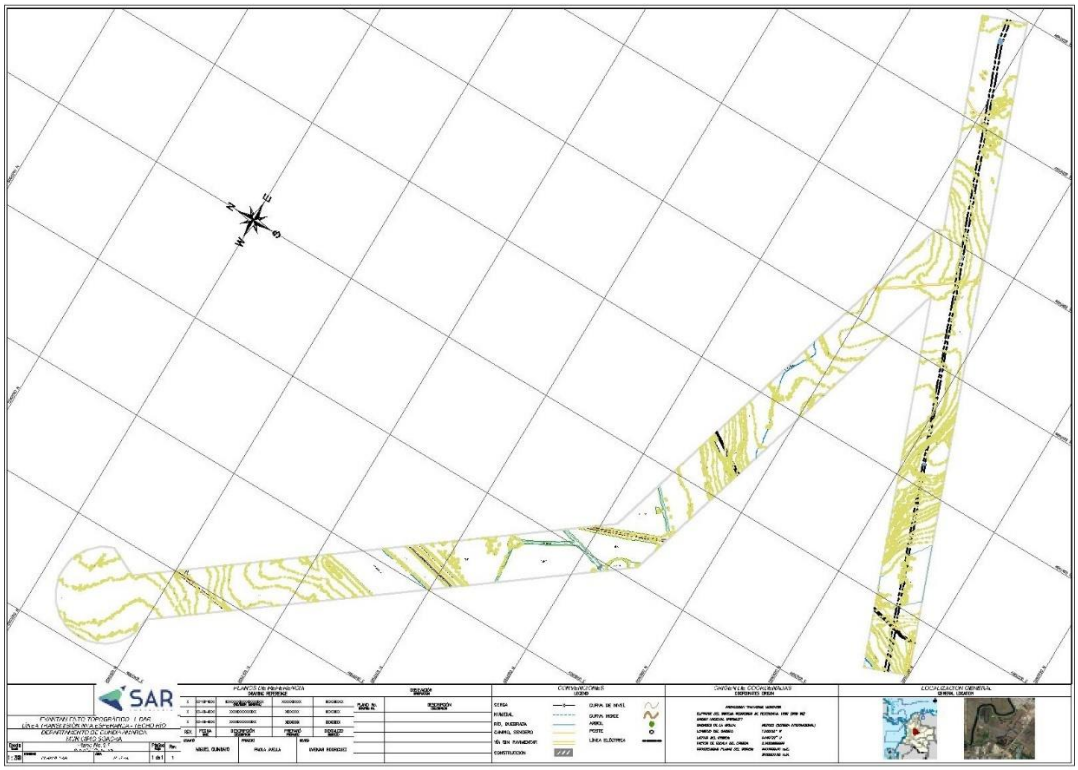
Culminado el proceso de refinado y validando las diferentes clasificaciones robustas se procede a realizar las clasificaciones específicas como corredores viales, hídricos, redes de alta, media y baja tensión, construcciones, cultivos y niveles de vegetación de acuerdo a la codificación establecida para la estructura PLS-CADD y estos elementos serán exportados de acuerdo a esos códigos en formato .txt para ser subidos a la plataforma de diseño PLS-CADD.

Seguidamente se genera un archivo ASCII Grid con las capas clasificadas a nivel de terreno como son Terreno, corredores viales e hídricos, esta grilla va espaciada a 0.50x0.50 y nos dará como resultado el un modelo regularizado basado en la densidad de puntos obtenida en la colección

de la nube de puntos y clasificada previamente para definir la lámina de terreno; este archivo se convierte a .las y hace parte de los insumos de entrega al cliente como Modelo Digital de Terreno.

Con el archivo ASCII generado se sube a global mapper para generar las curvas de nivel con un intervalo de 1m que se exportaran a .dwg y hará parte de los entregables del proyecto. En paralelo se ha venido trabajando con el orto-mosaico en la digitalización de la base cartográfica, donde se representarán todos estos elementos clasificados en la nube de puntos y también formará parte de los entregables. Para este proyecto se genera una cartografía base a escala 1:2000 (ver Figura 15) en AutoCAD, para este caso el cliente en la cartografía solicita las capas de construcciones, vías, postes, subestación eléctrica, torres y redes eléctricas.

Figura 15. *Cartografía base a escala 1:2000*



Fuente: SAR Ingeniería del futuro (2022)

6.3. Verificar

El proceso de verificación se hace junto con el profesional designado comprobando que cada uno de los productos exportados estén bien nombrados y no tengan ninguna irregularidad, estos se van a una carpeta para la entrega final para el cliente junto con otros productos generados por el resto de equipo de trabajo de SAR Ingeniería Ltda.

7. Conclusiones

Sin duda alguna la tecnología LiDAR es propicia para levantamientos de grandes extensiones proporcionando, además, excelentes resultados con su correcto post-procesamiento. A pesar de su alto rendimiento, no reemplaza la topografía convencional, ya que al combinarlas es que se logra un trabajo a la vanguardia de la actualidad.

La información recopilada de un VANT equipado con un dispositivo LiDAR optimiza los tiempos de procesamiento y obtención de productos de manera eficiente y sencilla, paralelo a la topografía convencional brinda mayor facilidad en relación a tiempo y comodidad.

Un levantamiento topográfico de redes eléctricas es propicio mediante el uso de un VANT y tecnología LiDAR, puesto que se ahorra tiempo y dinero, además de cumplir con estándares de precisión, siendo esto lo más importante en el ámbito topográfico.

La participación en la pasantía permitió fortalecer habilidades y adquirir conocimientos, que a futuro ofrecen mayor facilidad en la ejecución de procesos que se vinculen con los realizados en este proyecto.

8. Evaluación de la pasantía y recomendaciones

El refuerzo y la adquisición de nuevos conocimientos son significativos para el futuro desarrollo académico, personal y profesional, sabiendo que, las herramientas utilizadas tendrán un uso cada vez más frecuente para efectuar levantamientos topográficos.

Para este tipo de proyectos donde interactúan varias personas, es trascendental la comunicación y el orden para lograr un trabajo en equipo y consigo minimizar, en lo posible, errores humanos en los procedimientos a realizar.

Al reclasificar y refinar las nubes de puntos es importante mantener una atención constante a las capas, ya que permanentemente se están modificando en el programa MARS®.

Así mismo, al post-procesar un proyecto grande es vital manipular los datos LiDAR divididos en hojas o tiles para que sea más eficaz y cómodo manejarlos.

Bibliografía

Albacete, A. S. J. (2011). Facultad de Geografía e Historia Procesamiento de datos LiDAR con ArcGIS Desktop 10 Autor : Antonio San José Albacete Director : Luís Garmendia Salvador Codirector : Francisco Mauro Gutiérrez Madrid 2011, (August).

Aldana Corredor, J. A. (2018). Implementación de datos lidar para la detección de cambios en el proceso de actualización catastral caso de estudio zona piloto municipio de Chía. *repository.udistrital.edu.co*. Recuperado 16 de mayo de 2023, de https://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/7872

Arranz Justel, J.J., y Vigara Jerez, A.B. (S.F.). *Propuesta de metodología de trabajo para la obtención de cartografía a partir de datos lidar registrados en una zona rústica*. Recuperado 27 de mayo de 2023, de https://oa.upm.es/21210/1/INVE_MEM_2012_127986.pdf

ArcMap 10.4. (19 de Abril de 2018). *ArcGis Desktop*. Recuperado 16 de mayo de 2023, de https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.4/extensions/arcscan/about-batch-vectorization.htm

AUTOCAD. (23 de Abril de 2018). *Autodestk*. Recuperado 16 de mayo de 2023, de https://knowledge.autodesk.com/es/support/autocad/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2017/ESP/AutoCAD-Core/files/GUID-C0C610D0-9784-4E87-A857-F17F1F7FEEBE-htm.html

Corredor, G. (2015). *Implementación de modelos de elevación obtenidos mediante topografía convencional y topografía con drones para el diseño geométrico de una vía en rehabilitación sector Tuluá - Río Frio.* Bogotá D.C: S.F.

Costales Acurio, G. A. (2018). *Análisis comparativo entre los software de prueba Agisoft Photoscan y Pix4D para el procesamiento de datos obtenidos con fotogrametría de vehículo aéreo no tripulado (UAV) de bajo costo aplicado a proyectos de medio ambiente (Bachelor's thesis, Quito, 2018.)*. Recuperado 16 de mayo de 2023, de http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/19825

Creative Tools. (2023). *Creative Tools*. Recuperado 22 de mayo de 2023, de https://www.creativetools.se/software/3d-software/global-mapper

Escalante Torrado, J. O., Aceres Jiménez, J. J., y Porras Díaz, H. (2016). Ortomosaicos y modelos digitales de elevación generados a partir de imágenes tomadas con sistemas UAV. *Tecnura*, 20(50), 119-140. Recuperado 16 de mayo de 2023, de https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.tecnura.2016.4.a09

Fagua, J., Campo, A., y Posada, E. (2011). Desarrollo de dos metodologías para la generación de modelos digitales de terreno (MDT) y superficie (MDS) empleando datos LiDAR y programas de licencia. Análisis Geográfico, *49(May)*, 83–95.

Felicísimo, A. (1994). Modelos digitales del terreno. Introducción y aplicaciones en ciencias ambientales. En A. Felicísimo.

GEOSOLUCIONES. (S.F.). *Global Mapper.* Santiago de Chile: GeoSoluciones.

Google. (2018). *Google*. Recuperado 16 de mayo de 2023, de https://www.google.com/intl/es/earth/download/gep/agree.html

Google Earth Pro. (2018). *Image © 2018 DigitalGlobe.* Google.

Instituto Geografico Agustin Codazzi. (2007). *Mejora de los Sistemas de Cartografía del*

Territorio Colombiano. Departamento de la Guajira.

Instituto Nacional de Estadistica y Geografía. (21 de Abril de 2018). *INEGI*. Recuperado 16 de mayo de 2023, de http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/datosrelieve/continental/queesmde.aspx

Landa, A. F., Rodríguez, F., López, D., Olabarria, J. R. G., Yudego, B. M., Lasala, D., Molina, A. G. (2013). Los sensores aerotransportados LiDAR y multiespectrales en la descripción y cuantificación de los recursos forestales. *Revista Montes.*, (112), 31–36. Recuperado 27 de mayo de 2023, de http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4194545

MacUpdate. (2018). *MacUpdate*. Recuperado 16 de mayo de 2023, de https://www.macupdate.com/app/mac/55148/google-earth-pro

Mozo, M. C., y Alconada, M. I. M. (2014). *Control de calidad del vuelo Lidar utilizado para la modelización 3D de las fallas de Alhama (Murcia) y Carboneras (Almería)*. Recuperado 27 de mayo de 2023, de http://oa.upm.es/33673/

Romero, R. M., Merino, S., Miguel, D., Magdaleno, F., Ingeniería, Á. De, Cedex, A., Xii, A. (2009). (Lidar) En Hidrología Forestal Y En La Gestión De Ecosistemas Fluviales, *27*, 23–27.

Sánchez Retavisca, L. F. (2017). *Modelo Digital De Terreno Del Embalse Tominé a Partir De Datos Batimétricos Y Lidar Que Sirva Como Insumo Para Toma De Decisiones De Ordenamiento Territorial En Los Municipios De Guasca, Guatavita Y Sesquilé*. Recuperado 16 de mayo de 2023, de http://hdl.handle.net/10654/16597

SAR Ingeniería del futuro. (2022) *SAR Ingeniería*. Recuperado 18 de mayo de 2023, de

https://www.saringenierialtda.com/

Sony Colombia. (18 de Abril de 2014). *Cámara α6000 con montura E y sensor APS-C*. Recuperado 24 de mayo de 2023, de https://www.sony.com.co/electronics/camaras-lentes-intercambiables/ilce-6000-body-kit

Valencia, U. I. (22 de abril de 2018). *Viu*. Recuperado 18 de mayo de 2023, de https://www.universidadviu.es/que-es-un-dron-y-como-funciona/