



Desarrollo un manual de uso de tecnología Lidar en RPAS para la generación de cartografía de zonas urbanas como apoyo al proceso diagnósticos del ordenamiento territorial. Caso de estudio para el corregimiento de Acapulco del municipio de Girón, en el departamento de Santander para el año 2022.

Proyecto de investigación

Edgar Iván Palomino Holguín

CC 1.098.636.620

Carlos Andrés Ortiz Carreño

CC 1.101.686.443

UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER

Facultad de ciencias naturales e ingenierías

Ingeniería en Topografía

Bucaramanga 5 de octubre de 2022



Desarrollo un manual de uso de tecnología Lidar en RPAS para la generación de cartografía de zonas urbanas como apoyo al proceso diagnósticos del ordenamiento territorial. Caso de estudio para el corregimiento de Acapulco del municipio de Girón, en el departamento de Santander para el año 2022.

Proyecto de investigación

Edgar Iván Palomino Holguín  
CC 1.098.636.620  
Carlos Andrés Ortiz Carreño  
CC 1.101.686.443

Trabajo de Grado para optar al título de  
Ingeniero en Topografía

DIRECTOR  
Carlos Esteban Mora Chaves

Grupo de investigación en Medio Ambiente y Territorio – GRIMAT

UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER  
Facultad de ciencias naturales e ingenierías  
Ingeniería en Topografía  
Bucaramanga 5 de octubre de 2022

Nota de Aceptación

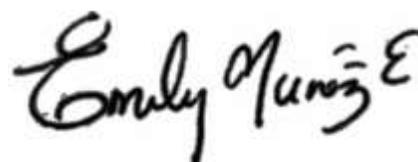
El proyecto de grado cumple con todos los  
criterios e indicadores de evaluación

---

---

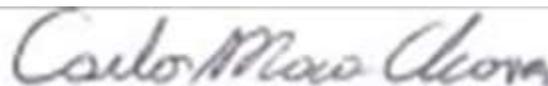
---

---



---

Firma del Evaluador



---

Firma del Director

## DEDICATORIA

Esta tesis de grado, la dedicamos esas personas que acompañaron nuestro ciclo universitario, compañeros, docentes y familiares. Especialmente a nuestras esposas, que actuaron en varias oportunidades como seres motivacionales, en momentos donde el cansancio y los compromisos laborales y familiares, tentaban al desfallecimiento por el cumplimiento de una meta proyectada desde hace varios años atrás. A nuestro docente universitario Carlos Esteban Mora Chávez, por ser esa persona que nos ayudó a abordar un enfoque técnico y sustentable de nuestro proyecto. Al cuerpo de maestros que, desde la virtualidad y la presencialidad, buscaban métodos efectivos para lograr en el estudiante un aprendizaje integral, cumpliendo los estándares de calidad que la universidad tiene por tradición, siendo reconocido a nivel nacional el profesional en topografía por su gran desempeño laboral, egresados de las unidades tecnológicas de Santander

## AGRADECIMIENTOS

Expresamos nuestro sincero agradecimiento a nuestros compañeros de curso, y la compañía de algunos amigos reencontrados del ciclo tecnológico, que participaron con esfuerzo y responsabilidad, durante cada una de las actividades y desafíos que las asignaturas del ciclo profesional demandaban para cumplir los compromisos universitarios a cabalidad. Hoy cerramos un capítulo más de nuestras vidas desde el punto de vista estudiantil, para dar continuidad a esas relaciones personales de amistad que pueden seguir trascendiendo a futuro desde en el campo laboral.

Agradecemos a nuestros docentes por ese conocimiento íntegro y dominio por cada tema en particular, especialmente a esas historias narradas durante las horas de clase, compartiendo su conocimiento a través de la experiencia de la vida, que de manera desinteresada muestran al estudiante, su beneficio por el buen desempeño en su futuro laboral, orientándolo de forma práctica a la solución de problemas y desafíos futuros.

Al maestro Carlos Esteban Mora Chaves, por ser una persona con grandes valores humanos y un experto en el dominio de temas tecnológicos en teledetección, siendo un guía, apoyo, y orientador para establecer el enfoque a la solución del problema de la presente tesis de grado.

A nuestros familiares por ser parte importante durante el periodo universitario, siendo una fuente diaria de motivación y fuerza por el cumplimiento de nuestras metas, y poder avanzar profesionalmente, adentrándonos en la búsqueda de nuevas oportunidades laborales, que nos permitirán en un futuro cercano, aportar con nuestro conocimiento a resolver problemas de diferentes ámbitos ingenieriles, que aportaran beneficios a nuestras familias, empresas y a las personas en general, como principal fuente de inspiración en el que hoy, ser un ingeniero en topografía, graduado de la universidad, Unidades tecnológicas de Santander, es un título que llevaremos con orgullo durante toda la vida y otra meta más cumplida.

## TABLA DE CONTENIDO

<b><u>LISTA DE TABLAS.....</u></b>	<b><u>10</u></b>
<b><u>RESUMEN EJECUTIVO.....</u></b>	<b><u>11</u></b>
<b><u>INTRODUCCIÓN.....</u></b>	<b><u>12</u></b>
<b><u>1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN .....</u></b>	<b><u>14</u></b>
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	14
1.2. JUSTIFICACIÓN.....	15
1.3. OBJETIVOS .....	16
1.3.1. OBJETIVO GENERAL .....	16
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	16
1.4. ESTADO DEL ARTE.....	17
<b><u>2. MARCO REFERENCIAL .....</u></b>	<b><u>21</u></b>
2.1. MARCO TEORICO .....	21
2.2. MARCO LEGAL.....	24
2.3. MARCO CONCEPTUAL .....	25
<b><u>3. DISEÑO DE LA INVESTIGACION.....</u></b>	<b><u>27</u></b>
<b><u>4. DESARROLLO DEL TRABAJO DE GRADO.....</u></b>	<b><u>29</u></b>
<b><u>5. RESULTADOS .....</u></b>	<b><u>112</u></b>
<b><u>6. CONCLUSIONES .....</u></b>	<b><u>119</u></b>
<b><u>7. RECOMENDACIONES.....</u></b>	<b><u>120</u></b>
<b><u>8. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....</u></b>	<b><u>121</u></b>
<b><u>9. ANEXOS.....</u></b>	<b><u>123</u></b>

## Tabla de figuras

<b>Figura 1.</b> Rpas + componentes y Lidar L1 .....	21
<b>Figura 2.</b> Sistema de perfilamiento laser en vuelo .....	22
<b>Figura 3 .</b> Zenmuse L1 Lidar DJI .....	23
<b>Figura 4.</b> Configuración de proyecto .....	31
<b>Figura 5 .</b> Reconstrucción del modelo .....	32
<b>Figura 6 .</b> Importación de datos crudos LiDAR .....	33
<b>Figura 7.</b> Configuración sistema de referencia del proyecto .....	34
<b>Figura 8.</b> Modificar coordenadas de punto base.....	34
<b>Figura 9.</b> Configuración de procesamiento.....	35
<b>Figura 10.</b> Configuración de sistema de coordenadas de salida .....	36
<b>Figura 11.</b> Reconstrucción de la nube de puntos .....	37
<b>Figura 12.</b> Archivo de salida exportados .....	38
<b>Figura 13.</b> Visualización reconstrucción 3d .....	40
<b>Figura 14.</b> Visualización de reflectividad de la nube de puntos LiDAR .....	41
<b>Figura 15.</b> Visualización de nube de puntos LiDAR por altura.....	42
<b>Figura 16.</b> Visualización de nube de puntos LiDAR con 2 retornos. ....	43
<b>Figura 17.</b> Mediciones sobre la nube de puntos LiDAR .....	44
<b>Figura 18.</b> Importación de datos exportados del software DJI Terra.....	45
<b>Figura 19.</b> Importación de nube de puntos .....	46
<b>Figura 20.</b> Nube de puntos LiDAR no clasificada .....	47
<b>Figura 21.</b> Nube de puntos modo RGB .....	48
<b>Figura 22.</b> Importar polígono del área de estudio. ....	49
<b>Figura 23.</b> Polígono del área de estudio.....	50
<b>Figura 24.</b> Seleccionar polígono del área de estudio.....	51
<b>Figura 25.</b> Selección de nube de puntos del área de estudio .....	51
<b>Figura 26.</b> Selección de nube de puntos del área de estudio .....	52
<b>Figura 27.</b> Eliminar nube de puntos fuera del área de estudio.....	53
<b>Figura 28.</b> Nube de puntos editada .....	54
<b>Figura 29.</b> Exportar nube de puntos editada .....	55
<b>Figura 30.</b> Opciones de exportación de datos LiDAR .....	56
<b>Figura 31.</b> Configuración parámetros clasificación nube de puntos.....	57
<b>Figura 32.</b> Posicionamiento de las barras de herramientas .....	58
<b>Figura 33.</b> Visualización en modo By classification .....	59
<b>Figura 34.</b> Configuración de filtrado nube de puntos .....	59
<b>Figura 35.</b> Activar cuadro de capas.....	60
<b>Figura 36.</b> Clasificación automática de la nube de puntos.....	61
<b>Figura 37.</b> Configuración de parámetros para búsqueda de puntos de terreno .....	62
<b>Figura 38.</b> Configuración del método de búsqueda .....	63
<b>Figura 39.</b> Rango de diferencia de nivel .....	63
<b>Figura 40.</b> Alturas máximas y mínimas del terreno.....	64
<b>Figura 41.</b> Clasificación automática de nube de puntos .....	65
<b>Figura 42.</b> Clasificación automática de nube de puntos de terreno .....	66
<b>Figura 43.</b> Clasificación automática de nube de puntos construcciones y vegetación .....	66

<b>Figura 44.</b> Configuración de parámetros para clasificación automática .....	67
<b>Figura 45.</b> Configuración método de segmentación .....	68
<b>Figura 46.</b> Configuración de parámetros para grilla .....	69
<b>Figura 47.</b> Proceso de clasificación de puntos .....	69
<b>Figura 48.</b> Visualización de la clasificación total de puntos .....	70
<b>Figura 49.</b> Clasificación manual de puntos .....	71
<b>Figura 50.</b> Generar modelo Ráster .....	72
<b>Figura 51.</b> Selección de zona de puntos no clasificados vista en planta .....	72
<b>Figura 52.</b> Vista en perfil de la zona seleccionada .....	73
<b>Figura 53.</b> Cambio de modo de visualización .....	74
<b>Figura 54.</b> Selección de puntos deseados en perfil .....	75
<b>Figura 55.</b> Visualización de puntos seleccionados en color rojo .....	75
<b>Figura 56.</b> Asignación de puntos seleccionados a una capa .....	76
<b>Figura 57.</b> Visualización de cambio de capa de puntos seleccionados .....	77
<b>Figura 58.</b> Cargar nube de puntos delimitada a Global Mapper .....	78
<b>Figura 59.</b> Configuración de inicio Global Mapper .....	79
<b>Figura 60.</b> Visualización nube de puntos Lidar .....	79
<b>Figura 61.</b> Vectorización de construcciones .....	80
<b>Figura 62.</b> Identificación de construcciones .....	81
<b>Figura 63.</b> Características del polígono creado .....	82
<b>Figura 64.</b> Cambio de visualización modo RGB a Classification .....	82
<b>Figura 65.</b> Digitalización de vías .....	83
<b>Figura 66.</b> Identificar vías .....	83
<b>Figura 67.</b> Características del vector de vías creado .....	84
<b>Figura 68.</b> Digitalización de ejes viales .....	85
<b>Figura 69.</b> Características del vector eje de vía .....	86
<b>Figura 70.</b> Asignación de un vector a una capa .....	86
<b>Figura 71.</b> Visualización de la vectorización .....	87
<b>Figura 72.</b> Modificar vértices .....	88
<b>Figura 73.</b> Configuración de parámetros para modificar vértices .....	88
<b>Figura 74.</b> Ruta para modificar un vertice .....	89
<b>Figura 75.</b> Visualización de coordenadas a modificar .....	90
<b>Figura 76.</b> Modificar posición del vértice en la nube de puntos .....	90
<b>Figura 77.</b> Localización del nuevo vértice .....	91
<b>Figura 78.</b> Exportar capa en formato. shapefile .....	92
<b>Figura 79.</b> Seleccionar capas deseada para exportar .....	92
<b>Figura 80.</b> Selección del formato a exportar .....	93
<b>Figura 81.</b> Selección del tipo de capa y asignación de nombre a los archivos shapefile ..	93
<b>Figura 82.</b> Edición de atributos .....	94
<b>Figura 83.</b> Visualización de atributos .....	95
<b>Figura 84.</b> Visualización del elemento seleccionado .....	95
<b>Figura 85.</b> Exportar tabla de atributos a Excel .....	96
<b>Figura 86.</b> Guardar archivo de tabla de atributos .....	96
<b>Figura 87.</b> Configuración de parámetros para exportar tabla de atributos .....	97
<b>Figura 88.</b> Visualicen de tabla de atributos en Excel .....	97
<b>Figura 89.</b> Cuadro resumen de la tabla de atributos .....	98

<b>Figura 90.</b> Cargar nube de puntos en modo Lidar draw mode.....	99
<b>Figura 91.</b> Ingresar a configuración.....	99
<b>Figura 92.</b> Configuración de parámetros para visualizar convenciones de nube de puntos. .....	100
<b>Figura 93.</b> Convenciones de la nube de puntos Lidar.....	101
<b>Figura 94.</b> Generar el DTM .....	102
<b>Figura 95.</b> Configuración de parámetros para MDT.....	103
<b>Figura 96.</b> Interpolación DTM.....	103
<b>Figura 97.</b> Configuración densidad de puntos DTM.....	104
<b>Figura 98.</b> Visualización DTM .....	105
<b>Figura 99.</b> Visualización DTM en 3d.....	105
<b>Figura 100.</b> Visualización mapa de pendientes .....	106
<b>Figura 101.</b> Generar curvas de nivel .....	107
<b>Figura 102.</b> Configuración parámetros curvas de nivel.....	108
<b>Figura 103.</b> Visualización curva de nivel .....	108
<b>Figura 104.</b> Visualización curvas de nivel en 3d.....	109
<b>Figura 105.</b> Exportar DTM.....	109
<b>Figura 106.</b> Selección DTM para exportar.....	110
<b>Figura 107.</b> Selección formato GeoTIFF para exportar DTM.....	110
<b>Figura 108.</b> Exportar curvas de nivel en formato shapefile.....	111
<b>Figura 109.</b> Nube de puntos general del sector (Resultado No 1 fase 1).....	112
<b>Figura 110.</b> Nube de puntos delimitada (Resultado No 2 fase 1) .....	113
<b>Figura 111.</b> Cartografía urbana del sector de estudio (Resultado No 3 fase 2) .....	114
<b>Figura 112.</b> Modelo DTM (Resultado No 4 fase 2) .....	114
<b>Figura 113.</b> Curvas de nivel (Resultado 4 fase2).....	115
<b>Figura 114.</b> Mapa de pendientes (Resultado 5 fase 2) .....	116
<b>Figura 115.</b> Inventario de infraestructura software global Mapper (Resultado 6 fase 2) .....	117
<b>Figura 116.</b> Mapa temático.....	118
<b>Figura 117.</b> Archivos de salida .....	134

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Diseño de la investigación.....	27
Tabla 2. Atributos capa construcciones .....	123
Tabla 3. Atributos capa eje de vía .....	133

## RESUMEN EJECUTIVO

La tecnología Lidar es cada vez más usada para la captura de información cartográfica, y a su vez se ha optimizado el procesamiento de datos obtenidos mediante este sensor, sin embargo, esta tecnología no es muy conocida entre los profesionales de la topografía, al identificarse esta necesidad se propuso crear un manual de uso de tecnología Lidar ZENMUSE L1 en RPAS MATRICE 300 RTK para la generación de cartografía de zonas urbanas o centro poblados como apoyo al proceso diagnósticos del ordenamiento territorial, junto con las herramientas necesarias para procesar dicha información, que permitan al usuario generar productos mediante una metodología aplicada a estos procesos.

Para ello fue necesario el desarrollo de diversas actividades distribuidas por fases. En donde se aplicó una metodología de procesamiento de datos Lidar con el uso del software DJI Terra y Global Mapper, generando cartografía urbana por medio del uso de SIG. Las actividades ejecutadas fueron plasmadas en el manual con los diferentes procesos que permitieron generar productos para el apoyo al proceso diagnóstico en el ordenamiento territorial.

Como resultado de las actividades ejecutadas en cada fase del proyecto de investigación se generaron nube de puntos general y nube de puntos delimitada, Cartografía Urbana del área de estudio, Modelo Digital de terreno – DTM y Curvas de nivel 1.0 metros, Mapa de pendientes, Inventario de infraestructura y un Manual de uso de tecnología Lidar

Se concluyó que es posible generar cartografía temática a partir de una nube de puntos RGB, y es mediante la captura de información con tecnología Lidar que se restituyó cartografía con rapidez y eficacia en grandes extensiones de tierra. Finalmente, el seguimiento metodológico de los procesos empleados permitió elaborar un manual como apoyo del aprendizaje sobre información capturada con sensor Lidar.

**PALABRAS CLAVE.** Geomática, Topografía, Geodesia, Teledetección, Lidar (Light Detection And Ranging)

## INTRODUCCIÓN

La tecnología Lidar se utiliza con mayor frecuencia para la captura de los elementos que conforman el paisaje de las ciudades y zonas rurales, como apoyo para la generación de información cartográfica, que permite a las empresas públicas, privadas y profesionales del sector, actualizar de manera eficaz los territorios, producto de la innovación tecnológica.

Debido a su reciente utilización, muy poca información se encuentra al servicio gratuito de los usuarios, lo que impide el libre aprendizaje de los interesados; Logrando con el presente proyecto de investigación, explicar de manera clara, una metodología aplicable que le permite al lector, entender y ejecutar los procesos necesarios, para reproducir información digital, empleando tecnología Lidar, ( capturado por medio de sensor ZENMUSE L1 DJI ) para la generación de cartografía de zonas urbanas o centros poblados como apoyo al proceso diagnóstico del ordenamiento territorial, mediante la utilización del software DJI Terra 3.2 , Global Mapper 20.0 y Microsoft Excel, necesarios para la generación de resultados y aplicado durante tres fases principales en el proyecto de investigación. En la fase uno, se aplicó procesamiento de datos crudos, delimitación del área de estudio y revisión de nube de puntos Lidar.

En la Fase dos, se generó cartografía urbana por medio del uso de SIG, realizando una clasificación de puntos, que permitió identificar los grupos de datos pertenecientes al terreno, no terreno, ruido, construcciones, vegetación y corredores viales. Siendo digitalizado por medio de capas vectoriales, la cartografía temática correspondiente las coberturas de infraestructura en general, generación modelos RASTER tales como DTM y mapa de pendientes; exportando curvas de nivel y tablas para la cuantificación de un inventario de la infraestructura asociada al área de estudio.

La fase 3, se enfocó en la generación de un manual que describe los procesos para mostrar el paso a paso de los productos generados, como herramienta de apoyo para la producción de información que orienta a los profesionales afines en la utilización de la tecnología LiDAR, para la actualización de cartografía dentro del territorio colombiano.

## 1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

### 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Contar con una cartografía actualizada es importante en un análisis territorial, no obstante, se dificulta debido a que las herramientas y procesos usados se vuelven complejos y costosos, incluso se opta por realizar renovaciones completas de la cartografía, lo que dificulta los procesos para conocer los cambios que sufren los territorios en un determinado periodo de tiempo (Sanchez Lopera, 2012)

La tecnología LiDAR en RPAS actualmente es una herramienta útil para diferentes áreas, dentro de las aplicaciones en donde se puede emplear esta tecnología están los procesos diagnóstico de ordenamiento territorial, sobre el cual está enfocado este proyecto de investigación.

Actualmente entidades públicas y privadas albergan una gran cantidad de datos obtenidos con sensores Lidar, pero el acceso a esta tecnología es limitado por la privacidad en los datos, su reciente aplicación y altos costos de equipos y software usados en el procesamiento de los datos, restringiendo a los estudiantes o personas interesadas en adquirir conocimientos específicos en esta herramienta. (Ramirez & Esisten, 2014)

Es por ello que se crea la necesidad de desarrollar un manual enfocado en apoyar los procesos diagnósticos en el ordenamiento territorial de zonas urbanas o centros poblados, aplicando cartografía temática, y actualización catastral mediante datos obtenidos por sensores LiDAR ZENMUSE L1 en RPAS MATRICE 300 RTK, que permita tener una guía práctica para segmentar, editar, clasificar y modelar los datos obtenidos en campo. (Gomez Orea & Gómez Villarino, 2013)

¿Es posible desarrollar un manual de uso de tecnología Lidar ZENMUSE L1 en RPAS MATRICE 300 RTK para la generación de cartografía temática de zonas urbanas o centros poblados como apoyo al proceso diagnóstico del ordenamiento territorial?

## 1.2. JUSTIFICACIÓN

Teniendo en cuenta el crecimiento que ha tenido el uso de tecnología LiDAR en los últimos años y la practicidad para la generación de modelos digitales de elevación, actualización cartográfica y modelos tridimensionales urbanos, vemos la necesidad de crear herramientas que faciliten el acceso tanto a información obtenida por sensores Lidar como a su procesamiento.

Debido al elevado costo de equipos y licencias para procesamiento de datos LiDAR, hemos planteado la elaboración de un manual enfocado en apoyar los procesos diagnósticos del ordenamiento territorial, para que los futuros egresados del programa de Ingeniería en Topografía profundicen en las tecnologías que están innovando el mercado laboral y de esta forma tener mayor competitividad.

Es por esto que nuestra propuesta es relevante para las UTS porque alimenta la línea de investigación de Geomática y Gestión territorial del semillero de investigación CENITH, lo cual hace reforzar la actividad investigativa del programa académico.

### **1.3. OBJETIVOS**

#### **1.3.1. OBJETIVO GENERAL**

Desarrollar un manual de uso de tecnología Lidar ZENMUSE L1 en RPAS MATRICE 300 RTK para la generación de cartografía de zonas urbanas o centro poblados como apoyo al proceso diagnósticos del ordenamiento territorial para el corregimiento de Acapulco del municipio de Girón, en el departamento de Santander para el año 2022

#### **1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Aplicar una metodología de procesamiento de datos LiDAR capturado con sensor ZENMUSE L1 DJI, para la generación de insumos que apoyan el proceso diagnóstico en el ordenamiento territorial con el uso del software DJI Terra y Global Mapper.
2. Generar cartografía urbana por medio del uso de SIG para apoyar los procesos de diagnóstico en el ordenamiento territorial.
3. Crear un manual de uso de tecnología Lidar para la generación de productos que apoyan el proceso diagnóstico del ordenamiento territorial para zonas urbanas o centros poblados, mediante datos obtenidos en el corregimiento de Acapulco del municipio de Girón, en el departamento de Santander para el año 2022

#### 1.4. ESTADO DEL ARTE

En el ámbito internacional los proyectos con Lidar sobresalen en países como España, Canadá, Estados Unidos, Alemania entre otros, como apoyo a los procesos de diagnóstico en el ordenamiento territorial. Tal es el caso del artículo, “*Procesamiento y accesibilidad de datos LiDAR a través de aplicaciones distribuidas*”. Este artículo se destaca por presentar los esfuerzos realizados en la elaboración de herramientas para el almacenamiento y procesamiento de datos.

Allí se destacan aplicaciones comerciales como *TerraScan* y *Open Source Mas*, de código abierto, la mayoría de herramientas procesan los datos almacenados en formato LAS, un formato estándar de intercambio de nubes de puntos LiDAR.

Dentro de las aplicaciones que se destacan en el artículo están los modelos digitales de elevación y la generación de modelos tridimensionales urbanos.

Las siguientes aplicaciones son casos de éxito después de haber sido probadas para la especialización y procesamiento de datos LiDAR.

- *GEON LiDAR WORKFLOW (GWL) proyecto en Estados Unidos.*
- *PROYECTO SPATIAL DATA INFRASTRUCTURE-GRID (GDI-GRID PROJECT) en Alemania.*
- *PROYECTO DielmoOpenLiDAR ANTE EL RETO DE INCORPORACIÓN DE TECNOLOGÍAS GRID en España.*

En conclusión, este artículo presenta los recursos diseñados para facilitar el acceso, tratamiento y procesamiento de geodatos, más específicamente datos LiDAR (Siabato, 2010).

Con el fin de presentar alternativas para el procesamiento almacenamiento y distribución de datos LiDAR son muchos los autores que han presentado artículos investigativos, otro ejemplo es, “*Trabajos con datos LiDAR usando ArcGIS como programa de tratamiento*”.

El autor presenta un método para realizar un tratamiento previo a los datos obtenidos para poder visualizar en ArcGIS y posteriormente tratarlos allí.

El objetivo de esta práctica es acercar los datos a la ingeniería agronómica, sin embargo, se hace referencia a proyectos de parques, instalaciones e infraestructuras, edificaciones etcétera, tomando relación a información urbana necesaria en el proceso diagnóstico al que estamos enfocando este proyecto de investigación.

En el artículo se presenta un paso a paso semejante a un manual donde se muestra el proceso de transformar los datos LAS a un formato reconocible para ArcGIS y de esta manera tener una alternativa para el procesamiento de la información LiDAR diferente a la convencional (Sánchez Martín, 2018)

Referente a la actualización cartográfica urbana, aplicación de relevancia en el proceso diagnóstico de ordenamiento territorial, el autor del artículo *“Actualización de cartografía catastral Urbana mediante Lidar y SIG”* presenta una metodología para disponer cartografía a grandes escalas utilizando datos LiDAR, allí se presenta la forma de detectar los cambios físicos presentados en inmuebles y el territorio en general, entre ellas se permite destacar nuevas construcciones, modificaciones en construcciones ya existentes y cambios en el terreno, mediante técnicas de detección a partir de datos LiDAR, sin necesidad de hacer una renovación completa del sector lo que económicamente es poco viable.

Por otro lado, se destaca un aspecto importante como la cartografía 3d en entornos urbanos para la gestión municipal.

Son dos los objetivos que expone este autor, la actualización semiautomática de cartografía catastral y la transformación a cartografía 3d.

Para lo primero el autor describe como primer paso la codificación de datos LiDAR dispuestos de una forma aleatoria, seguido de una segmentación y por último la detección de cambios en el espacio y la actualización de la cartografía.

En lo segundo el autor expone la transformación de cartografía 2d a 3d utilizando datos LiDAR en el software ArcGIS utilizando la herramienta ArcObject usando como lenguaje de programación Visual Basic.

Esta metodología permite procesar grandes volúmenes de información de manera automática, además el autor presenta algoritmos para transformación de cartografía 3d. (Sanchez Lopera, 2012)

Se ha considerado en los últimos años el uso de tecnología LiDAR para procesos de actualización catastral, tanto que múltiples autores y estudios se han realizado, otro ejemplo a nivel nacional es el proyecto presentado por *Juan David Aldana Corredor* de la Universidad distrital francisco José de caldas, en el que se plantea la *“Implementación de datos Lidar para detección de cambios en el proceso de actualización catastral, caso de estudio, Zona piloto municipio de chía”*, en él se indican los métodos de captura empleando datos Lidar y sus usos en las ciencias de la tierra.

Entre los objetivos del autor se destaca el de considerar la alternativa tecnológica como ayuda eficaz al proceso de actualización catastral para ser aplicado a nivel nacional.

Se exponen dos metodologías para dicha actualización, una es la aplicación de la metodología de resta de modelos para detectar los cambios en las construcciones; otro es la metodología de identificación por método de SIG

Como conclusión de este proyecto se destaca que la tecnología LiDAR es una herramienta eficiente al momento de hacer levantamientos e inventario de estructuras en zonas urbanas a gran escala de detalle. (Corredor, 2018)

El pre-reconocimiento predial en la actualización catastral mediante procesamiento y análisis de puntos LiDAR son de gran ayuda para la actualización de cartografía en ciudades y municipios del país, así lo argumenta el autor de un proyecto en la ciudad de Bogotá, en donde resalta la importancia de obtener un modelo 3d mediante el procesamiento de datos LiDAR, además hace un modelo comparativo del análisis realizado de los datos obtenidos con la realidad del terreno tomando como referencia predios accesibles.

El autor concluye que el planeamiento urbano es de alta importancia en la administración municipal y regional, pero para llegar a él es necesario conocer el

territorio y por ende actualizarlo, es por ello que plantea una metodología en zonas de estudio entre 50 y 100 hectáreas para identificar zonas de adhesión de nuevas edificaciones con una alta precisión, de igual forma resalta la importancia como ya lo hemos venido mencionando de la generación de modelos urbanos 3d, para dicha identificación y actualización del territorio, es interesante hacer énfasis en la precisión ya que esta técnica permite identificar áreas inferiores a los 50 m<sup>2</sup> y tal como lo plantea en sus objetivos esta metodología arroja una alta coincidencia con la realidad del paisaje.

Por último, concluye que la información LiDAR es una herramienta con una alta suficiencia en el modelamiento de espacios urbanos (Parra, 2017).

Es tal la acogida y los buenos resultados que se han obtenido para diferentes aplicaciones mediante tecnología LiDAR que en los últimos años a nivel nacional se ha venido incentivando el uso de esta herramienta.

*El Simposio internacional SELPER realizado en Medellín en 2014* muestra los resultados obtenidos de la clasificación o filtrado de datos LiDAR, en el municipio de San Alberto Cesar, allí se realiza la extracción de 7 clases entre las que se encuentran sin clasificar, suelo, vegetación baja media y alta, edificios y vías.

Para este trabajo usaron la técnica de minería de datos con el software R, en donde se clasificó la cobertura del suelo del área de estudio, aquí podemos ver la versatilidad al momento de utilizar la tecnología LiDAR en diferentes fines, en este caso la clasificación que se puede realizar en el procesamiento de datos LiDAR, para poder identificar diferentes aspectos importantes no solo en coberturas de suelo si no en zonas urbanas, para identificar diferentes aspectos que nos ayuden al proceso diagnóstico de ordenamiento territorial (Ramírez & Esisten, 2014)

## 2. MARCO REFERENCIAL

### 2.1. MARCO TEORICO

Las aeronaves no tripuladas son un avance tecnológico que han facilitado y optimizado procesos en diferentes áreas, y la topografía es una de ellas.

El desarrollo de esta tecnología sucedió a comienzos de la década de los años 90, de acuerdo con las necesidades de los usuarios de modelos digitales de elevación-DEM que instalaban los sensores en aeronaves tripuladas y la innovación tecnológica desde el año 2009 ha llevado a la creación de los RPAS, siglas que traducen al español, sistema de aeronaves tripuladas a distancia a partir de esta tecnología, han surgido diferentes sistemas de sensores LIDAR más compactos, que son adaptados y aerotransportados en los RPAS para facilitar la captura de información cartográfica de la superficie terrestre a mayor escala.

**Figura 1.** Rpas + componentes y Lidar L1



(RMS Geoespacial, 2022)

La gran ventaja ofrecida por el sistema, es la posibilidad de obtener una gran cantidad de datos representativos de la superficie de interés, los cuales pueden ser procesados obteniendo así modelos digitales del terreno (DTM)

Estos datos son una muestra densa de la superficie de la tierra, generando una nube de puntos tridimensional capturada por el sensor, cada punto tiene una localización y elevación específica con información en x, y z bajo un sistema de referencia que lo convierte en una fuente de información geográfica y que permite generar también un (MDT) modelo digital de elevación el cual caracteriza la forma del relieve y los elementos u objetos encontrados en el mismo.

El mayor potencial de aplicación de la tecnología de perfilamiento laser, para el mapeado topográfico, es la obtención de la información altimétrica de una determinada superficie utilizando metodología diferente a las tradicionales con menor tiempo de trabajo y con la posibilidad de registrar información en zonas de alta y densa vegetación.

**Figura 2.** Sistema de perfilamiento laser en vuelo



(DJI, 2022)

El sistema de perfilamiento a laser aerotransportado, es un sensor remoto activo utilizado para medir la distancia entre el sistema de captación de imágenes y la superficie de los objetos, de manera eficaz, el sistema obtiene datos digitales de la superficie del terreno con precisión equivalente a la del sistema GPS integrado.

EL Lidar está compuesto por tres componentes básicos:

- Una unidad de medición laser: encargada de emitir y recibir la señal laser
- Un Sistema de medición inercial IMU: mide velocidad, orientación y fuerzas gravitacionales en las aeronaves.
- Un sistema GPS GNSS integrado en la aeronave.

**Figura 3 .** Zenmuse L1 Lidar DJI



(GIM INTERNATIONAL, 2021)

El principio de su funcionamiento se basa en la utilización de un pulso de laser que es disparado en la dirección de la superficie y al alcanzarla parte de esa señal emitida, es reflejada en la dirección del sensor. El sensor mide tanto la intensidad de la señal de retorno, en el cual se utiliza para calcular la distancia sensor – objeto, considerando que el pulso laser se propaga a la velocidad de la luz. La posición tridimensional del punto en donde el rayo es reflejado es determinada con base en

la distancia entre el sensor y la superficie de la tierra y la orientación del rayo. (SAI, 2012)

Las nubes de puntos capturadas con el sensor son procesadas para generar diferentes modelos que permiten obtener información cartográfica de un área específica, de manera que permite conocer el desarrollo de un territorio, y realizar diagnósticos sobre ordenamiento territorial.

## 2.2. MARCO LEGAL

### 1. Norma técnica colombiana NTC 6271

Esta norma orienta a los profesionales de la topografía para establecer lineamientos propios de adquisición de datos, protocolos para procesamiento de estos, criterios de calidad, precisión y entregables de un estudio topográfico como producto geográfico compatible con las normas técnicas colombianas e internacionales. (ICONTEC, 2018)

### 2. Ley 529 del 2020 “por medio de la cual se modifica la resolución 471 de 2020 estableciendo las especificaciones técnicas mínimas que deben tener los productos de cartografía básica de Colombia” (IGAC, 2020)

### 3. IGAC Resolución 068 del 28 de enero de 2005. “Por la cual se adopta como único datum oficial de Colombia el Marco Geocéntrico Nacional de Referencia: MAGNA-SIRGAS”. (IGAC, 2005)

### 4. Ley 388 de 1977 “por el cual se modifica la ley 9° de 1989, y la ley 3 de 1991 y se dictan otras disposiciones.” Conocida como la ley de desarrollo territorial, que establece un mandato, para que todos los municipios del país, formulen sus respectivos planes de ordenamiento territorial. (Función pública, 1977)

5. Resolución 658 de 2022 “por medio de la cual se establecen las especificaciones técnicas mínimas para la generación de cartografía temática oficial de los instrumentos de ordenamiento territorial” (IGAC, 2022)

### **2.3. MARCO CONCEPTUAL**

Lidar: Detección y medición por Luz ( Light detection And ranging ) (ingeoexpert, 2019)

GNSS: sistema Global de Navegación por satélite ( Global navigation satélite systems ) (Icontec Internacional, 2018)

GPS: Sistema de posicionamiento Global ( Global positioning system ) (Icontec Internacional, 2018)

IMU: Unidad de medición inercial ( inertial Movement Unit ) (Icontec Internacional, 2018)

Cartografía: representación gráfica dibujada a escala generalmente de una superficie plana, de características geográficas, geológicas o geopolíticas de un área de la tierra. (ingeoexpert, 2019)

RTK: Navegación cinética satelital en tiempo real ( real time kinematic ) (Icontec Internacional, 2018)

RPAS: Sistema de aeronave pilotada a distancia. (Aerocivil, 2019)

IGAC: Instituto Geográfico Agustín Codazzi entidad encargada de producir y controlar la información catastral de Colombia. (Icontec Internacional, 2018)

DTM: estructura numérica de datos que representa la distribución espacial de una variable cuantitativa continua, representa la superficie de suelo desnudo y sin ningún objeto, como los edificios o la vegetación. (Icontec Internacional, 2018)

DEM: conjunto de datos de valores de elevación que son asignados algorítmicamente a coordenadas bidimensionales. (Icontec Internacional, 2018)

ORDENAMIENTO TERRITORIAL: Es un conjunto de acciones en donde el estado debe implementar una ocupación ordenada y un uso sostenible del territorio. (territorial, 2020)

SISTEMA DE REFERENCIA: Es un sistema que referencia cualquier punto de la superficie terrestre y que utiliza para ello dos coordenadas angulares, latitud (norte o sur) y longitud (este u oeste), para determinar los ángulos laterales de la superficie terrestre con respecto al centro de la Tierra y alineadas con su eje de rotación. (Bogota, 2019)

### 3. DISEÑO DE LA INVESTIGACION

Tabla 1. Diseño de la investigación

Fase I	Actividades	Fuentes de Información		Métodos de Investigación	
		Secundarias	Inductivo-Deductivo	Herramientas	Entregables
1. Aplicación de una metodología de procesamiento de datos LiDAR capturado con Sensor Zenmuse L1 DJI con el uso del software DJI Terra y Global Mapper.	1. Procesamiento de datos crudos, empleando el software DJI TERRA	Videos tutoriales, manuales de procesamiento, artículos científicos y tesis de grado		Software DJI Terra 3.3.4 Global Mapper 23.0	1.Nube de puntos Lidar extensión. LAS 2. Nube de puntos delimitada con extensión. LAS
	2. Delimitación del área de estudio y revisión de nube de puntos Lidar dentro de la zona.				
Fase II	Actividades	Fuentes de Información		Métodos de Investigación	
		Secundarias	Inductivo-Deductivo	Herramientas	Entregables
2. Generación de cartografía urbana por medio del uso de SIG.	1. Clasificación de puntos	Videos tutoriales, manuales de procesamiento, artículos científicos y tesis de grado		Global Mapper 23.0 Microsoft Excel	1. Cartografía temática del área de estudio 2. Modelo digital de terreno con curvas de nivel, inventario de infraestructura, mapa de
	2. Vectorización de cartografía temática identificando, Infraestructura				
	3. Generación de modelo Ráster, DTM, mapa de pendientes y curvas de Nivel				

Fase III	Actividades	Fuentes de información		Métodos de Investigación	
		Secundarias	Inductivo-Deductivo	Herramientas	Entregables
3. Creación un manual de uso de tecnología Lidar para la generación de productos que apoyan el proceso diagnóstico del ordenamiento territorial para zonas urbanas o centros poblados,	1. Describir la metodología para desarrollar la generación: clasificación de nubes de puntos, vectorización de cartografía temática y generación de modelos Ráster y curvas de nivel.	Videos tutoriales, manuales de procesamiento		Microsoft Word Adobe Acrobat	Documento: Manual de uso de tecnología Lidar en RPAS para la generación de cartografía de zonas urbanas como apoyo al proceso diagnósticos del ordenamiento territorial
	2. Consolidación de la información metodológica en un documento digital denominado Manual de uso de tecnología Lidar en RPAS				

#### 4. DESARROLLO DEL TRABAJO DE GRADO

Para el desarrollo de las actividades, fue necesario emplear tres fases que fueron fundamentales para la estructuración del trabajo de investigación. A continuación, se describen cada una de ellas:

1. La fase 1 se enfocó en aplicar una metodología de procesamiento de datos LiDAR capturado con Sensor Zenmuse L1 DJI , para la generación de insumos que apoyan el proceso diagnóstico en el ordenamiento territorial con el uso del software DJI Terra y Global Mapper, siguiendo dos actividades; la primera actividad trató sobre el procesamiento de datos crudos, empleando el software DJI TERRA y la segunda sobre la delimitación del área de estudio y revisión de la nube de puntos Lidar dentro de la zona de estudio.

Para llevar a cabo estas actividades, fue necesario importar las nubes puntos crudas y anexos donde se encuentran los archivos RTK, IMU e imágenes JPEG al software descrito anteriormente, con la información de cada uno de los vuelos realizados en el sector, y descargados del sensor Zenmuse L1 DJI.

Se realizó configuración de los parámetros de las coordenadas de entrada y salida del proyecto, datos de exportación, densidad de puntos y ajuste de trayectorias para la reconstrucción 3D del modelo.

se delimitó un área específica de 30.16 hectáreas, identificada como el área de estudio, para el desarrollo del proyecto de investigación.

2. La fase 2, se dividió en tres actividades, para llegar a la generación de cartografía urbana por medio del uso de SIG; Para ello fue necesario realizar una clasificación de la nube de puntos, en donde se unificaron datos que pertenecen al terreno natural, vegetación, infraestructura vertical y vial.

Posteriormente se realizó la vectorización de cartografía temática, identificando específicamente la Infraestructura vertical y Vial.

Se realizó la generación del modelo Ráster. (DTM y mapa de pendientes) y curvas de Nivel espaciadas 1.0 metros, empleando el software Global Mapper versión 23.0

3. La Fase 3, describe de manera compuesta (texto e imágenes) un manual de uso de tecnología Lidar, integrado por seis capítulos, para la generación de productos que apoyan el proceso diagnóstico del ordenamiento territorial en zonas urbanas o centros poblados, mediante datos obtenidos por medio de sensor DJI Zenmuse L1, en el corregimiento de Acapulco del municipio de Girón, en el departamento de Santander para el año 2022, como se describe a continuación:

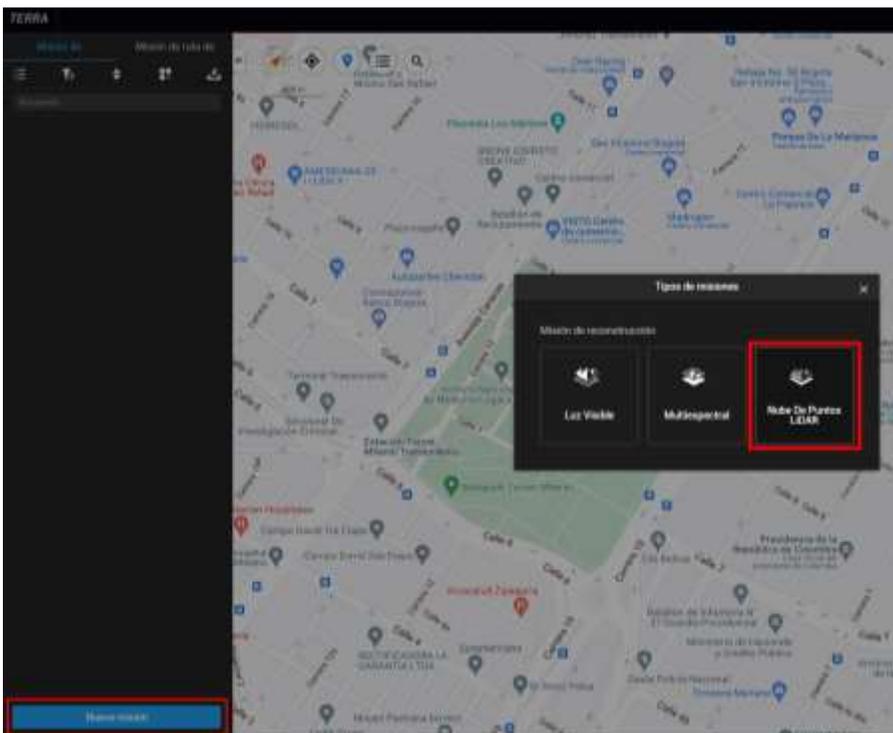
**Manual de usuario para procesamiento de datos Lidar, capturado por medio de Sensor ZENMUSE P1, para la generación de cartografía de zonas urbanas o centro poblados como apoyo al proceso diagnóstico del ordenamiento territorial**

Capítulo I

Procesamiento de Datos Crudos

1. Ejecute el software DJI TERRA, haga clic en **Nueva Misión** y seleccione el icono de **Nube de puntos Lidar**.

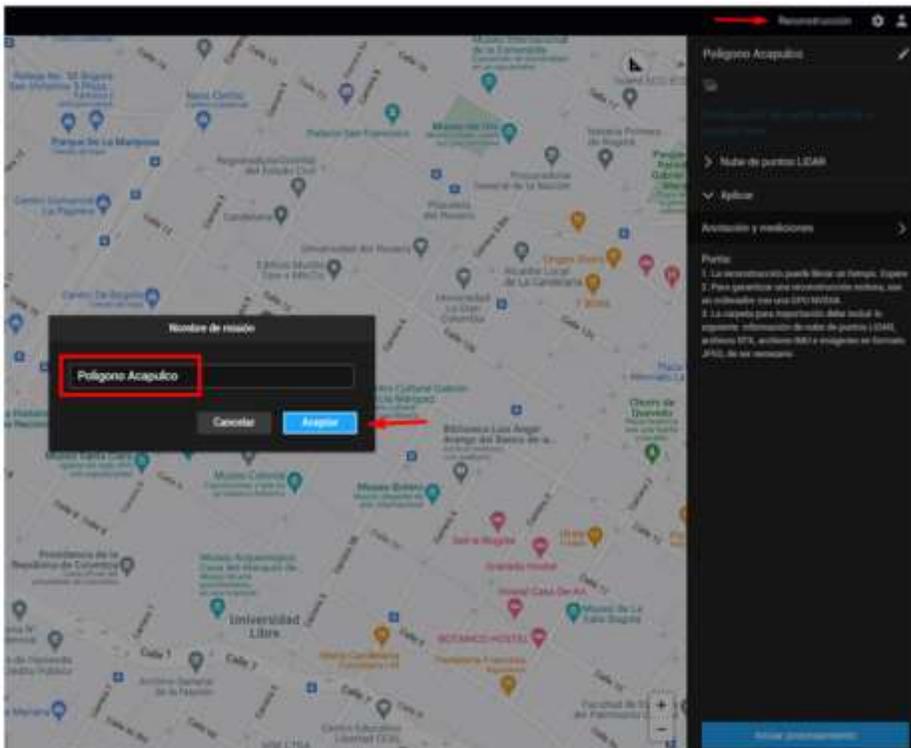
**Figura 4.** Configuración de proyecto



(Fuente propia)

- Ingrese a la ventana denominada **Reconstrucción**. Asigne un nombre al proyecto “para el caso se denominó proyecto Acapulco”. Damos clic en aceptar.

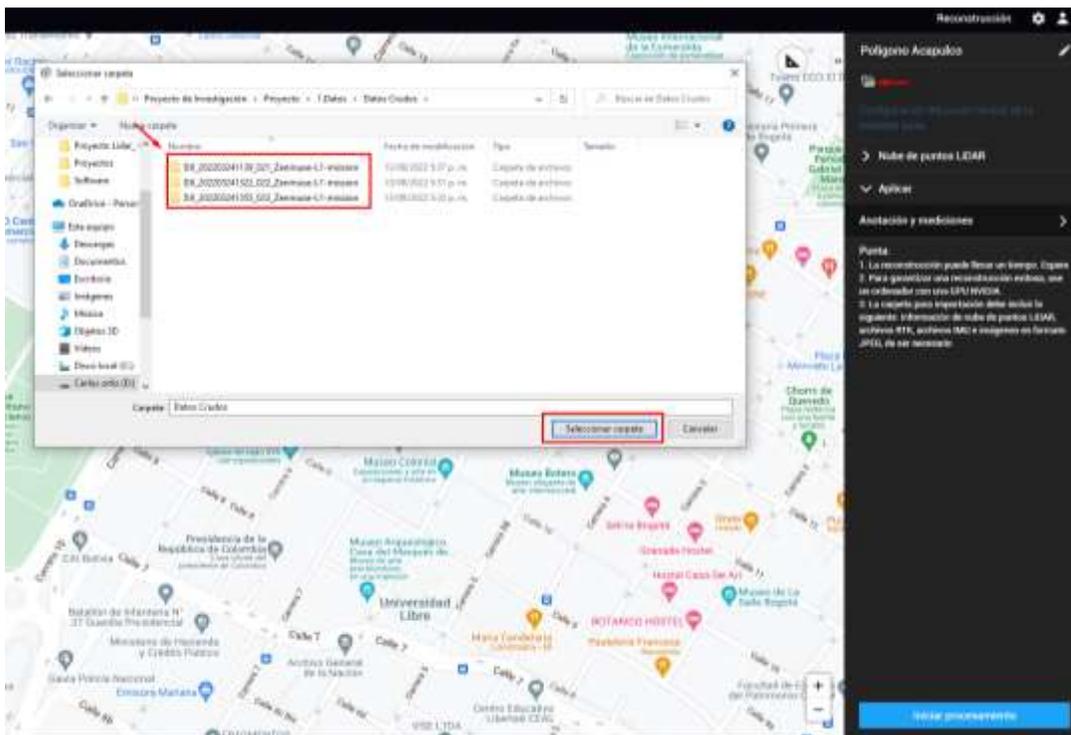
**Figura 5 . Reconstrucción del modelo**



(Fuente propia)

3. Seleccione las carpetas donde se encuentran los **datos crudos LiDAR**. (para este caso, son tres carpetas). Se importarán las carpetas al archivo.

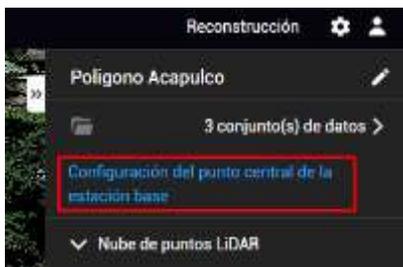
**Figura 6 .** Importación de datos crudos LiDAR



(Fuente propia)

Será necesario revisar la coordenada ajustada de la estación base RTK, de donde fueron transmitidos los datos GNSS. En caso de ser diferentes, será necesario modificar la coordenada en ingresar el dato real.

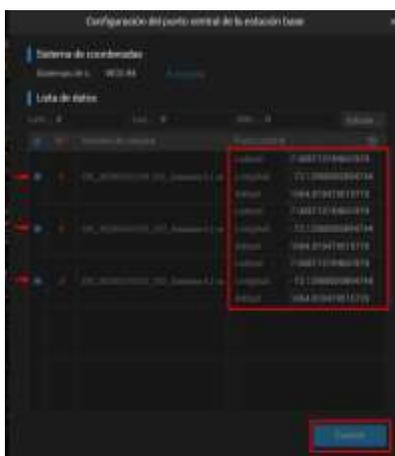
**Figura 7.** Configuración sistema de referencia del proyecto



(Fuente propia)

Se muestra una ventana con las coordenadas asignadas para la Estación Base GNSS, instalada en tierra como punto de control 3D, en modo RTK al momento de realizar el vuelo Lidar. Para cada vuelo, aparece una coordenada asignada durante el trabajo de campo. En caso de necesitar modificar las coordenadas del punto base, podrá hacerlo manualmente y finalizar, en guardar.

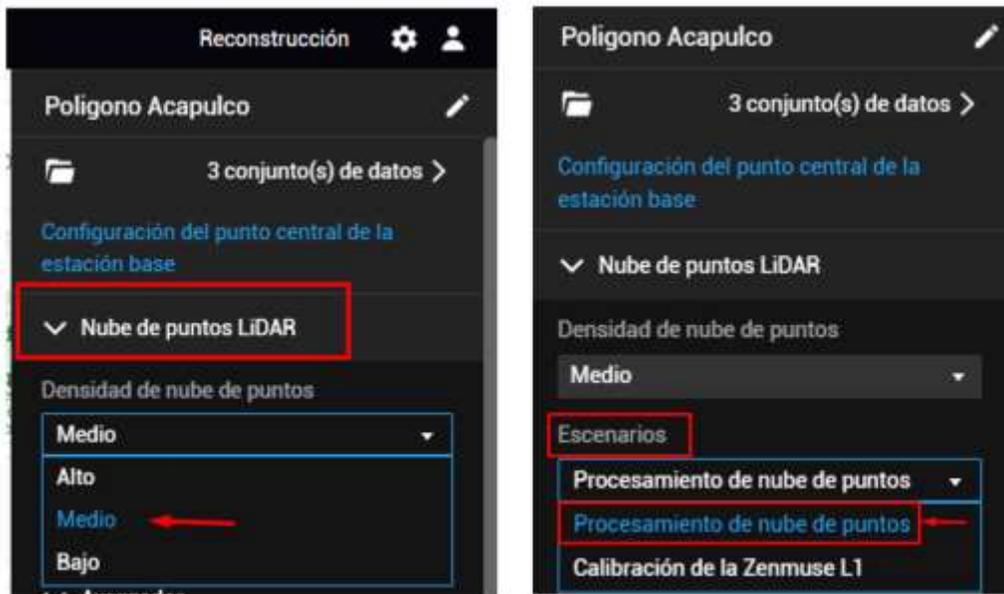
**Figura 8.** Modificar coordenadas de punto base



(Fuente propia)

- En la misma ventana **Reconstrucción**, seleccione la opción de **nube de puntos LiDAR**, para configurar la densidad de la nube de puntos a importar. Para el caso, se seleccionó una densidad media. Más abajo, selecció la pestaña de **Escenarios**, y seleccione la opción de **Procesamiento de nube de puntos**.

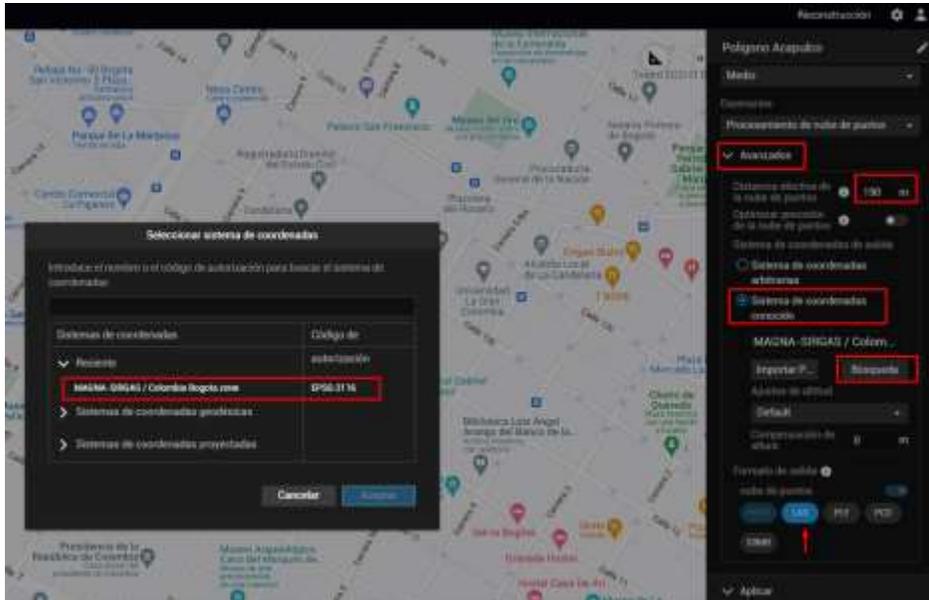
**Figura 9.** Configuración de procesamiento



(Fuente propia)

5. Seleccione la pestaña **Avanzados** y configure los siguientes parámetros:
  - La distancia efectiva de la nube de puntos: indica la distancia máxima que el sensor laser **Zenmuse L1** <https://www.dji.com/zenmuse-l1/specs> sobrevoló la zona de estudio. se registró una distancia máxima de 190 metros.
  - Configure el sistema de coordenadas de salida del proyecto: seleccione la opción de **sistema de coordenadas conocido** e ingrese a la pestaña de **búsqueda**. Seleccione el sistema de coordenadas de preferencia. “Para el caso, se eligió **Magna-sirgas/Colombia Bogotá zone EPSG 3116**”
  - Seleccione la pestaña **Formatos de Salida** y habilite la opción **nube de puntos** y escoja los formatos que necesite exportar con la extensión de preferencia. Para el caso, se eligió la opción **LAS**. (el programa por defecto exporta la extensión **PNTS**.)

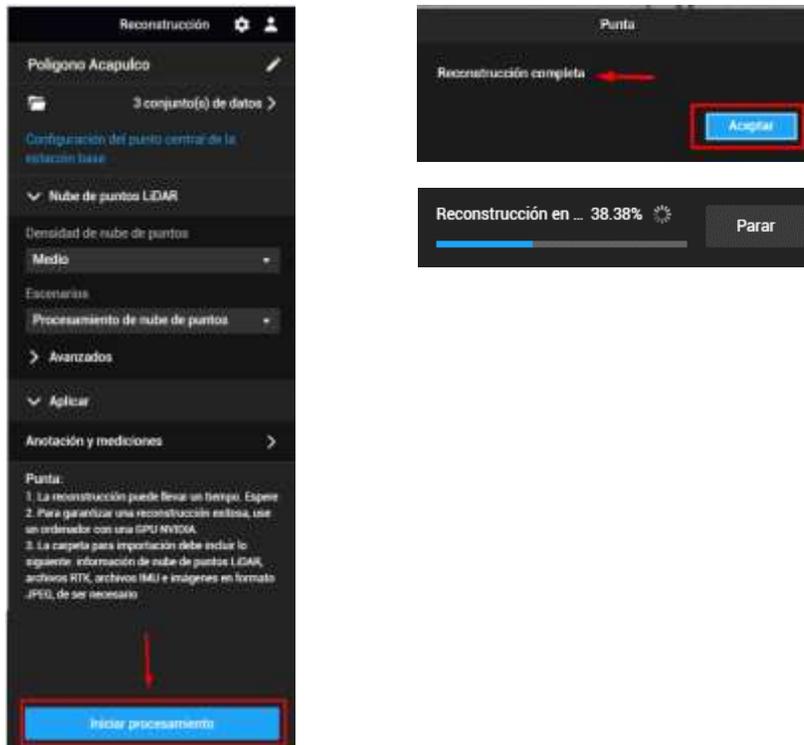
**Figura 10.** Configuración de sistema de coordenadas de salida



(Fuente propia)

6. Configurado los parámetros anteriores, indique al software, se inicie la reconstrucción de las nubes de puntos, dando clic en la pestaña **Iniciar procesamiento**.

**Figura 11.** Reconstrucción de la nube de puntos



(Fuente propia)

Tener en cuenta antes de iniciar el proceso:

1. La reconstrucción puede demorar un tiempo, el programa le indicará el % de avance. Espere.
2. Para garantizar una reconstrucción exitosa, use un ordenador con una GPU INVIDIA.
3. La carpeta para importación debe incluir lo siguiente: información de nube de puntos LIDAR, Archivos **RTK**, Archivos **IMU** e imágenes en formato **JPEG**, de ser necesario. (importante para dar color RGB a la nube de puntos **LiDAR**)
4. Al finalizar la reconstrucción aparecerá un mensaje. Clic en **aceptar**.
5. Una vez finalizada la reconstrucción LiDAR, se creará un archivo comprimido con extensión **.ZIP** denominado para este caso **Acapulco.zip**, en la ruta madre donde se reposan los datos crudos.

**Figura 12.** Archivo de salida exportados

Nombre	Fecha de modificación	Tipo	Tamaño
DJI_202203241139_021_Zenmuse-L1-miss...	13/08/2022 5:37 p. m.	Carpeta de archivos	
DJI_202203241322_022_Zenmuse-L1-miss...	13/08/2022 5:31 p. m.	Carpeta de archivos	
DJI_202203241355_023_Zenmuse-L1-miss...	13/08/2022 5:32 p. m.	Carpeta de archivos	
acapulco.zip	28/03/2022 9:36 a. m.	WinRAR ZIP archive	5,480,830 KB

(Fuente propia)

## 7. Visualización de la reconstrucción 3D.

Podrá visualizar la nube de puntos reconstruida en cuatro modos de diferentes. Por color **RGB**, por **reflectividad**, por **Altura** y **Retorno**. En caso de no registrar imágenes RGB durante la captura de la información, la nube de puntos no podrá mostrar la opción RGB.

Para rotar, acercar y visualizar los datos de la **nube de puntos 3D**, utilizando las herramientas del panel derecho, de acuerdo a su preferencia. revisar que la información capturada empleando sensor Lidar **Zenmuse L1**, se encuentra completa, dentro del polígono en color magenta. (bloque de la zona de estudio seleccionado, ubicado en el corregimiento de Acapulco, municipio de Girón, departamento de Santander)

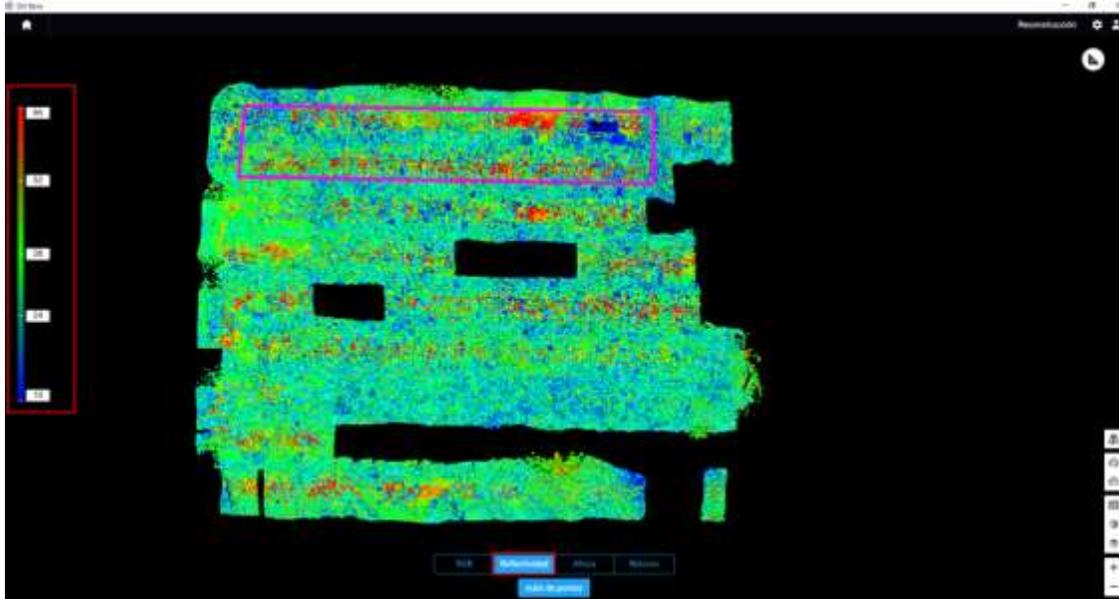
**Figura 13.** Visualización reconstrucción 3d



(Fuente propia)

Podrá visualizar los datos en modo **reflectividad de la nube de puntos LiDAR**, tomará diferentes colores, de acuerdo al nivel de reflectividad de los materiales y altura del sensor **Zenmuse L1** al momento del registro de la información. En la parte izquierda de la imagen, se indica el valor de reflectividad por medio de la barra de colores, en donde podrá comparar con la nube de puntos del modelo reconstruido. para el caso, la reflectividad mínima para el Set de datos, fue de 10 y la máxima de 66.

**Figura 14.** Visualización de reflectividad de la nube de puntos LiDAR

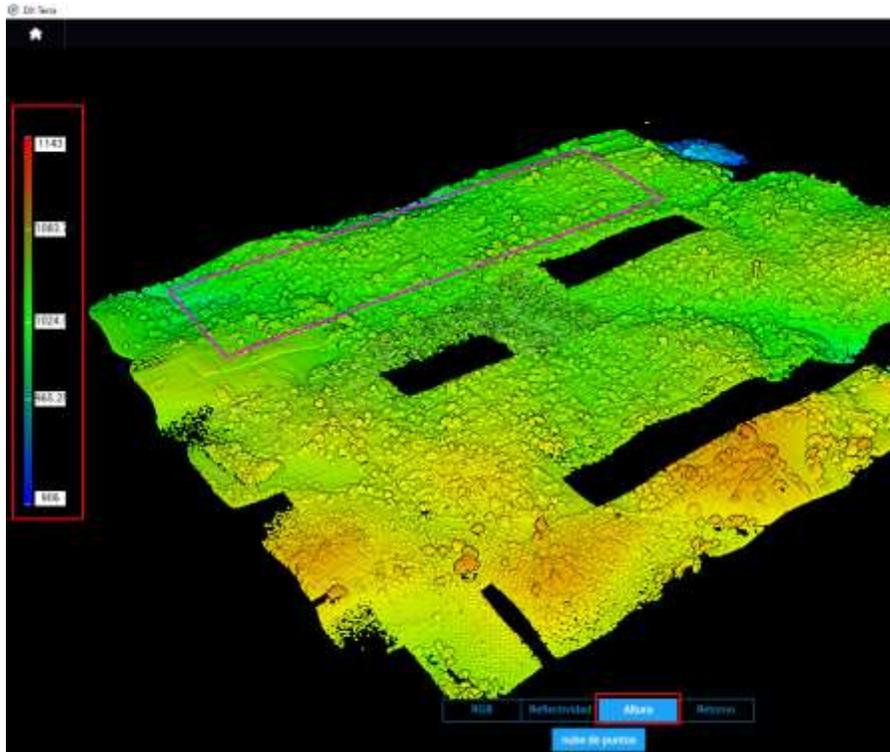


(Fuente propia)

Para visualizar la nube de puntos LiDAR y revisar las alturas de los datos, seleccione la pestaña **Altura** en el panel inferior. Se indicará una barra de colores y la información de la altura al lado izquierdo de la pantalla.

Para el caso, la nube de puntos tiene una elevación mínima de 906 m y máxima de 1143 metros. (las alturas están referidas al elipsoide WGS 84)

**Figura 15.** Visualización de nube de puntos LiDAR por altura

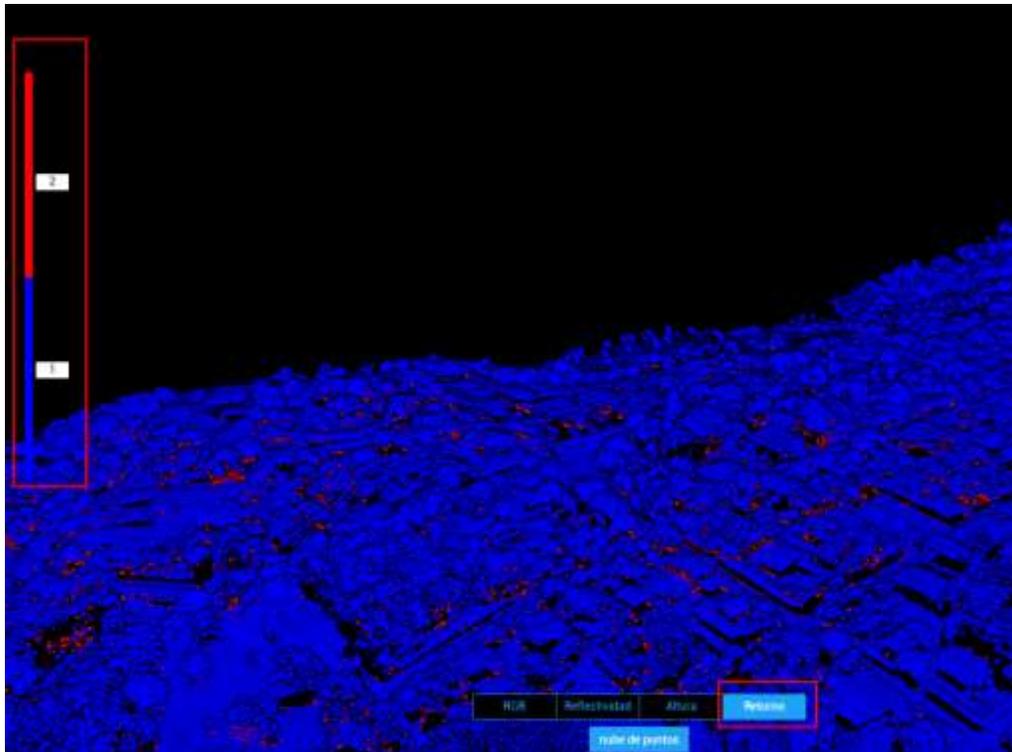


(Fuente propia)

Para ver la nube de puntos LiDAR, empleando el modo **Retorno**, es necesario dar clic en la ventana inferior. Los datos se mostrarán de uno, dos o tres colores, dependiendo de la configuración elegida al momento de registrar la información del sensor Lidar **Zenmuse L1** al instante del vuelo.

Para el caso, se configuró con dos retornos. El primer retorno se visualiza en color azul y el segundo retorno color rojo.

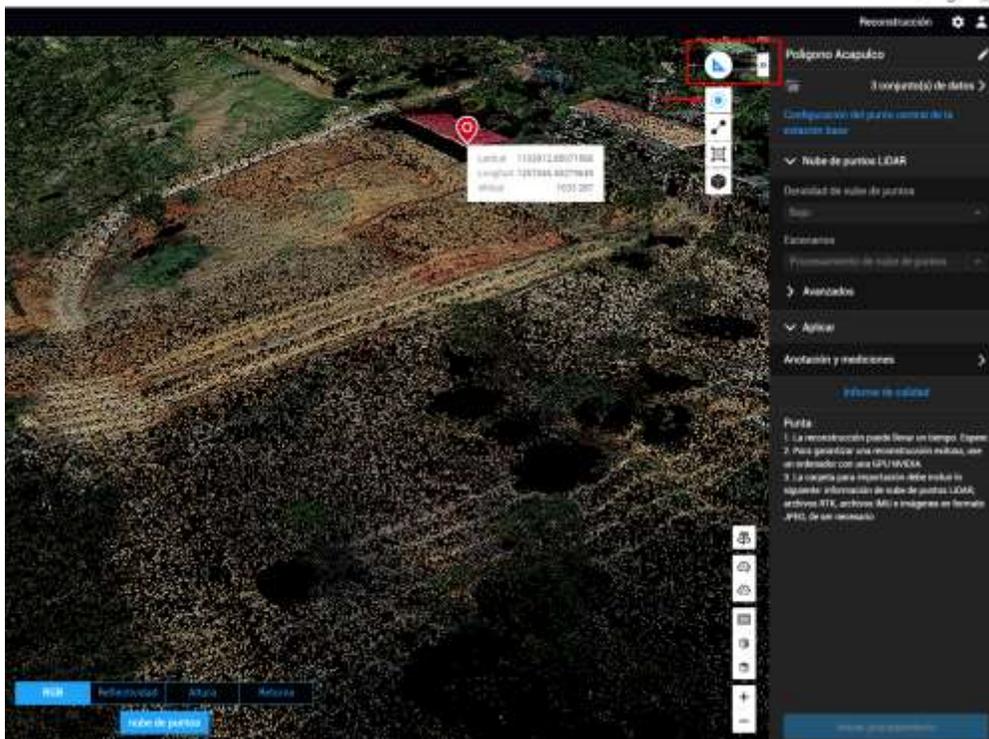
**Figura 16.** Visualización de nube de puntos LiDAR con 2 retornos.



(Fuente propia)

8. Si necesita medir sobre la nube de puntos LiDAR, podrá desplegar la pestaña **anotación y mediciones**, ubicada en la parte superior derecha de la pantalla. Podrá conocer las coordenadas de un punto específico, las dimensiones de una línea, área de un polígono y el volumen.

**Figura 17.** Mediciones sobre la nube de puntos LiDAR



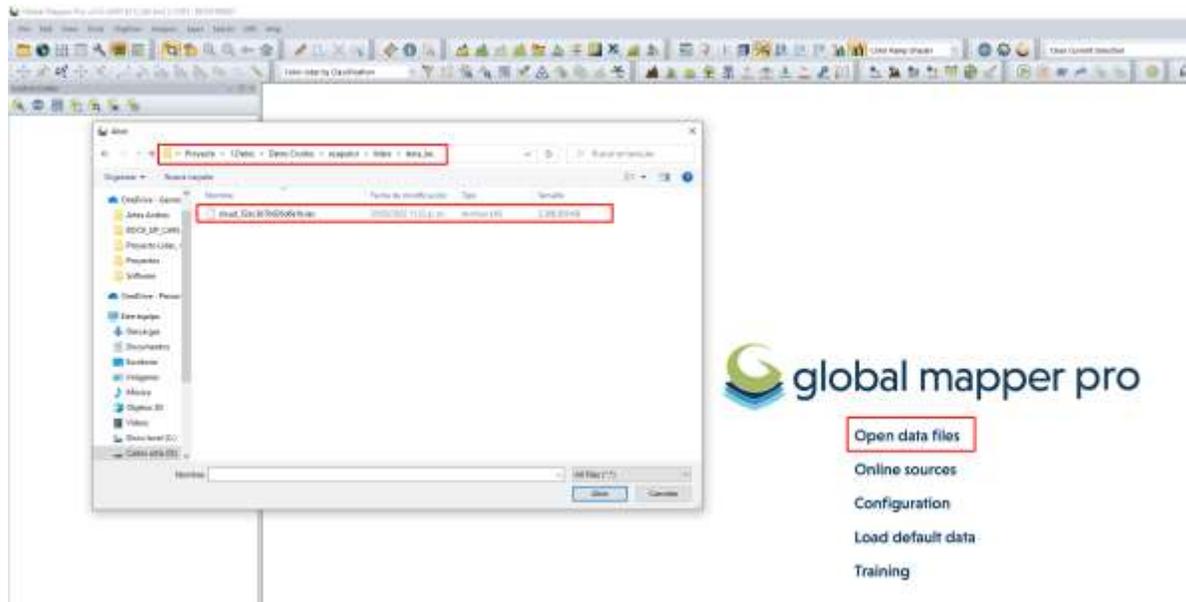
(Fuente propia)

## Capítulo II

### Delimitación de la Zona de Estudio

1. Ejecute el software Global Mapper Pro, e importe los datos exportados del Software DJI Terra, ingresando a la carpeta comprimida denominada Acapulco, carpeta **Lidars**, **Terra\_Las** e importe el archivo **cloud\_52ec3b7b626d6e1b.las**

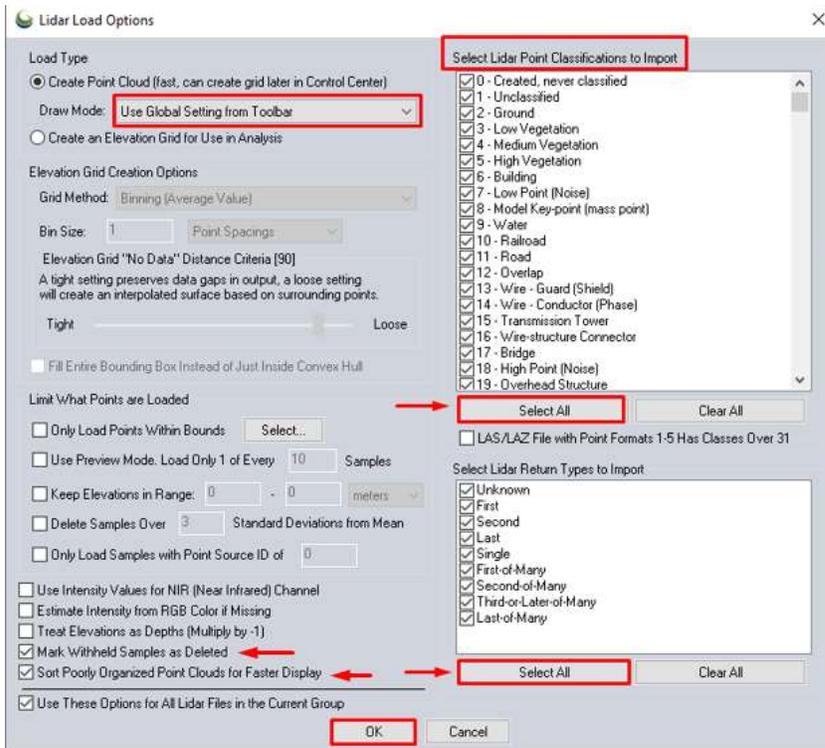
**Figura 18.** Importación de datos exportados del software DJI Terra



(Fuente propia)

2. Aparecerá una ventana donde puede mantener los parámetros que el programa tiene por defecto. Clic en **ok** e iniciará la importación de la nube de puntos.

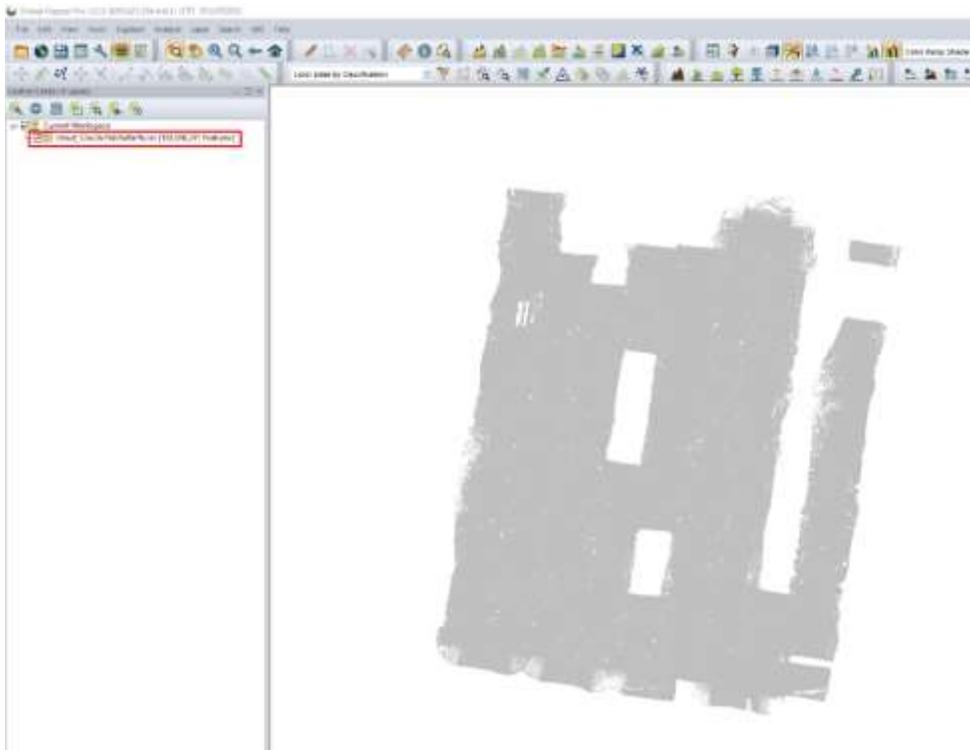
**Figura 19.** Importación de nube de puntos



(Fuente propia)

3. Se muestra en pantalla, una nube de puntos en color gris, que hacen referencia a la nube de puntos LiDAR no clasificada. En el panel izquierdo podrá ver el nombre del archivo importado y la cantidad de puntos que en él contiene.

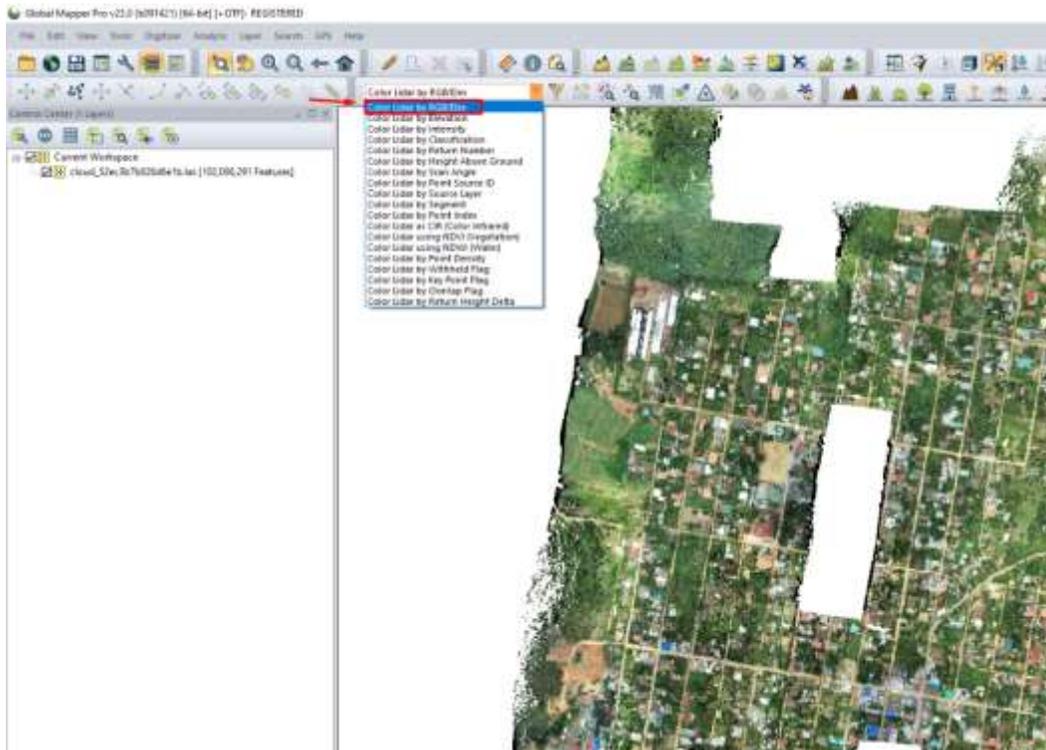
**Figura 20.** Nube de puntos LiDAR no clasificada



(Fuente propia)

- Podrá cambiar la visualización de los puntos en el panel superior, por la opción **Color Lidar by RGB/Elv.** para ver los datos en modo RGB e identificar la zona de estudio capturada.

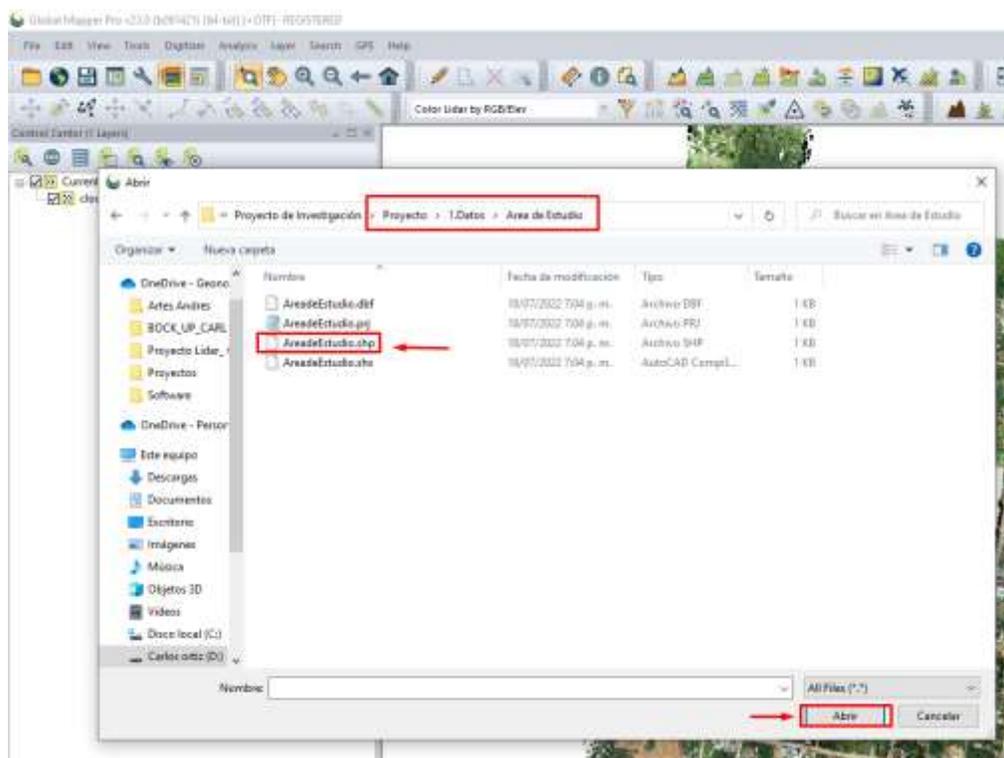
**Figura 21.** Nube de puntos modo RGB



(Fuente propia)

5. Identifique la zona de estudio a restituir, importando el polígono del área de estudio **AreadeEstudio.shp** desde la ruta correspondiente. Para el caso específico carpeta **Datos, Área de Estudio.** (este polígono fue definido previamente antes de realizar la captura de la información en terreno)
- 6.

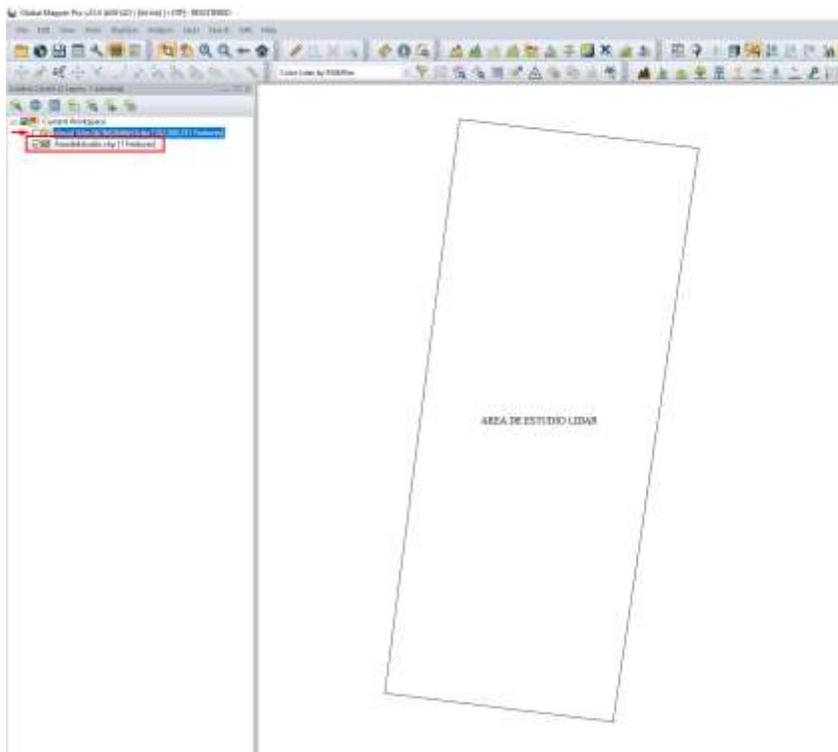
**Figura 22.** Importar polígono del área de estudio.



(Fuente propia)

7. Nótese que ha importado el polígono. Para identificar de una mejor manera, apague la nube de puntos, en la parte izquierda del panel del control de capas, deseleccionando la opción de la capa, e identifique el polígono de la zona de interés.

**Figura 23.** Polígono del área de estudio



(Fuente propia)

8. Seleccione el polígono, utilizando la herramienta en el panel superior **Select by drawing polygon** y encienda la nube de punto LiDAR.

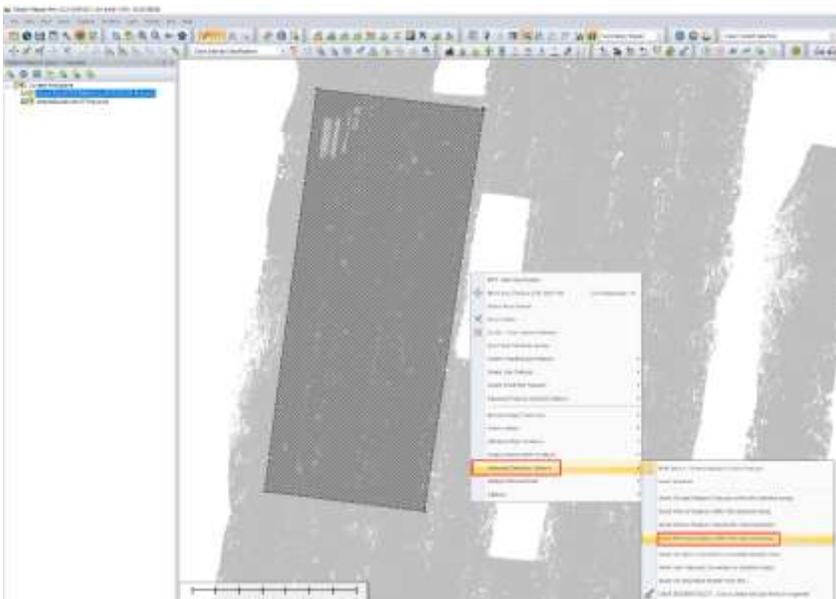
**Figura 24.** Seleccionar polígono del área de estudio



(Fuente propia)

9. Una vez seleccionado el polígono, hacer clic derecho en pantalla. Se despliega un cuadro de dialogo e ingresar a la pestaña **advanced selection options** y seleccionar la opción, **select all point within the selected areas** para seleccionar la nube de puntos que se encuentra dentro del polígono correspondiente al área de estudio.

**Figura 25.** Selección de nube de puntos del área de estudio



(Fuente propia)

10. Seleccionados los puntos, se mostrará en pantalla de color rojo. Hacer clic derecho sobre la pantalla e ingresar a la pestaña **advanced selection options** y dar clic sobre la opción **Invert Selection**

**Figura 26.** Selección de nube de puntos del área de estudio

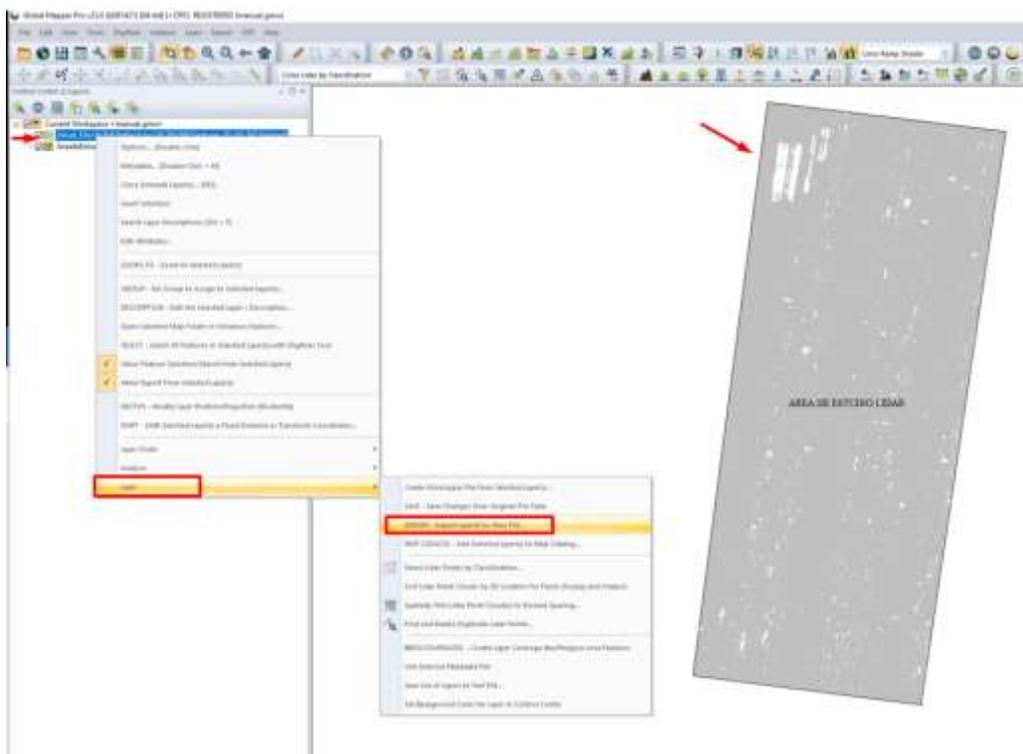


(Fuente propia)



12. Nótese que la forma de la nueva nube de puntos editada, se encuentra dentro del área de interés del proyecto. Exporte la nube de puntos, haciendo clic derecho sobre la nube de puntos, ubicada en el panel de control, lado izquierdo de la pantalla, opción **Layer** y clic en **EXPORT**.

**Figura 28.** Nube de puntos editada

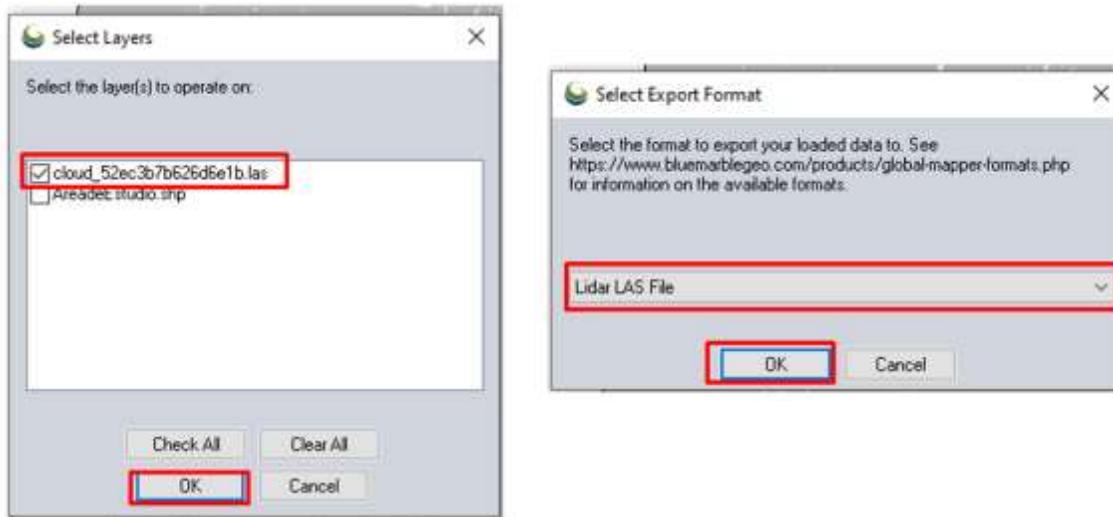


(Fuente propia)

13. Asegúrese de seleccionar la nube la nube de puntos a exportar y clic en **ok**.

Selección en **Lidar LAS File** y **OK**.

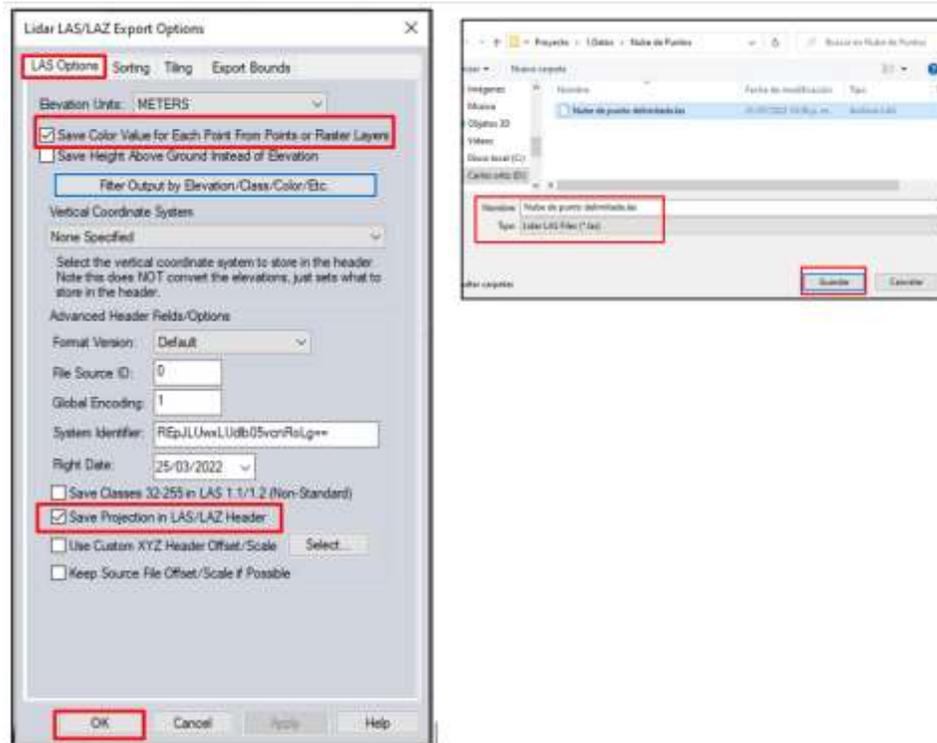
**Figura 29.** Exportar nube de puntos editada



(Fuente propia)

14. Aparecerá el cuadro que indica las diferentes opciones de exportación de datos LiDAR. Deje aplicado los parámetros que aparecen por defecto y clic en **ok**. Asigne un nuevo nombre al archivo **Nube de puntos delimitada. las** y guarde en la ruta de su proyecto.

**Figura 30.** Opciones de exportación de datos LiDAR



(Fuente propia)

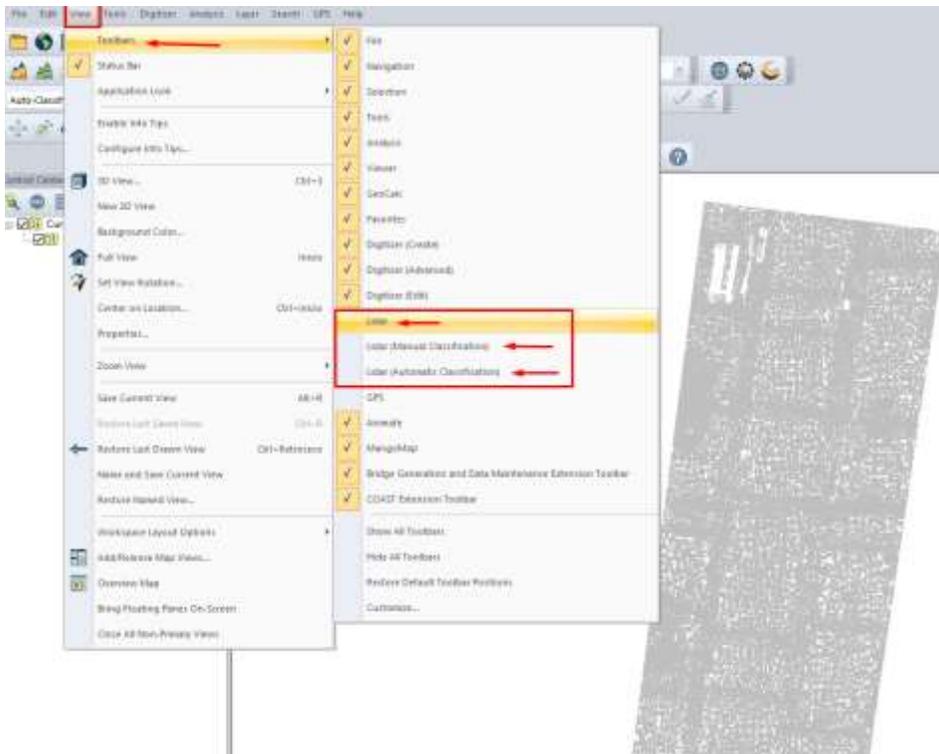
### Capitulo III

#### CLASIFICACION DE LA NUBE DE PUNTOS

1. Deberá activar la barra de herramientas de visualización de puntos LiDAR, para ello, nos dirigimos a la pestaña **View**, Acceso a **Toolbars** y activamos tres ventanas que nos servirán más adelante. (En caso de estar ya activadas omite este paso.)

La primera ventana denominada LiDAR, (servirá, para visualizar las nubes de puntos en diferentes modos), la segunda ventana, **LiDAR (manual Classification)**, (nos servirá para realizar clasificación de puntos de manera manual) y la tercera ventana denominada **Lidar (Automatic Classification)** (necesaria para realizar clasificación de puntos de manera automática)

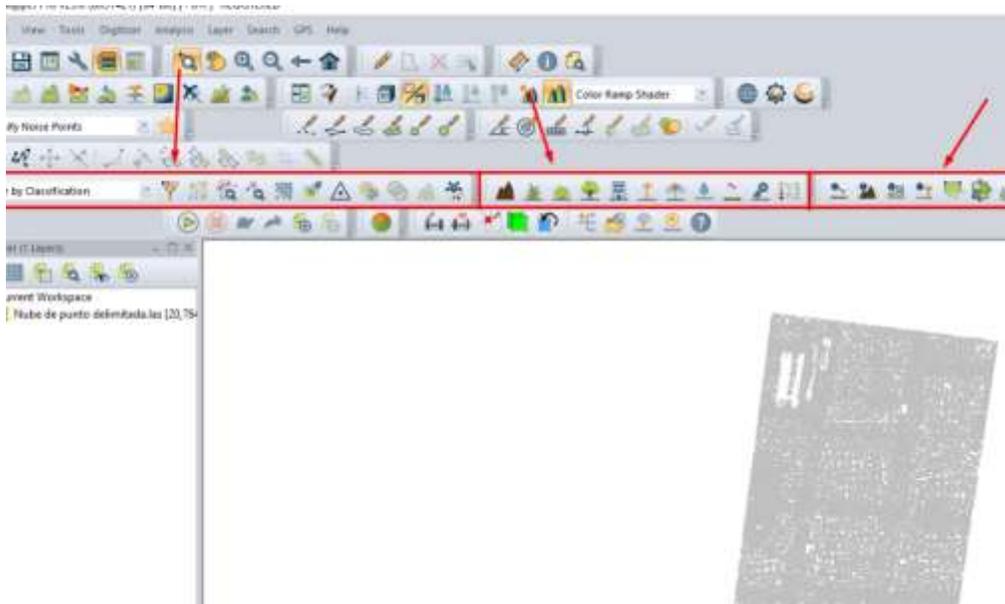
**Figura 31.** Configuración parámetros clasificación nube de puntos



(Fuente propia)

2. Podrás ubicar cada ventana en el lugar de preferencia del ordenador.  
 Se recomienda, posicionar en línea las tres barras de herramientas para que sea de fácil identificación.

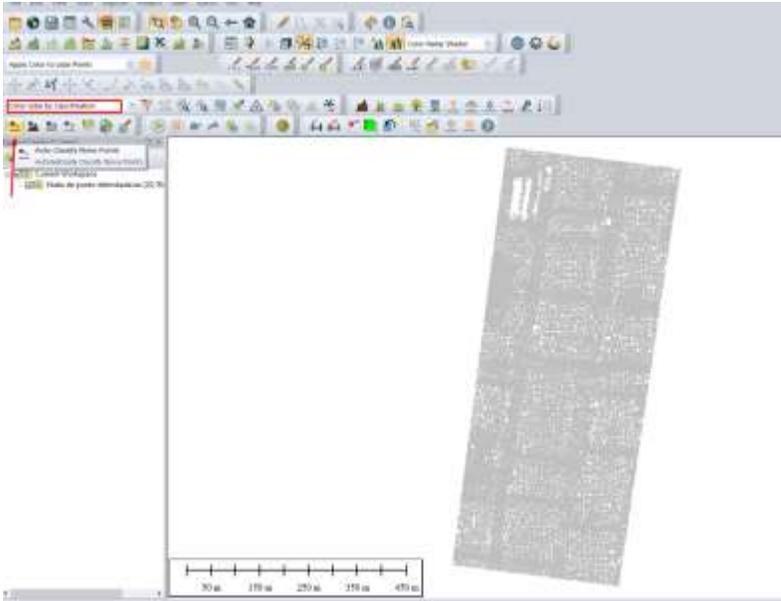
**Figura 32.** Posicionamiento de las barras de herramientas



(Fuente propia)

3. Aplique la opción de visualización de la nube de puntos en modo Color Lidar By classification, y diríjase a la barrada de herramientas de auto clasificación automático de Lidar, ubicado en la parte superior izquierda. Como primer paso Dar clic en la opción de Auto-Classify Noise Points, para identificar los puntos de ruido de la nube de puntos.

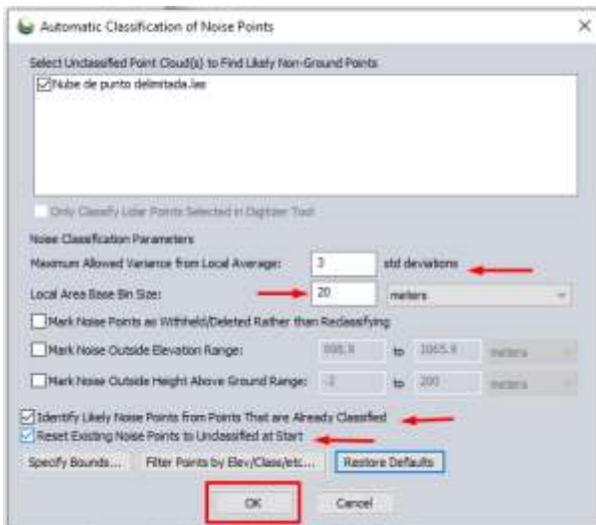
**Figura 33.** Visualización en modo By classification



(Fuente propia)

4. Aparecerá un cuadro con varias opciones de configuración para poder realizar el filtrado de la nube de puntos.

**Figura 34.** Configuración de filtrado nube de puntos



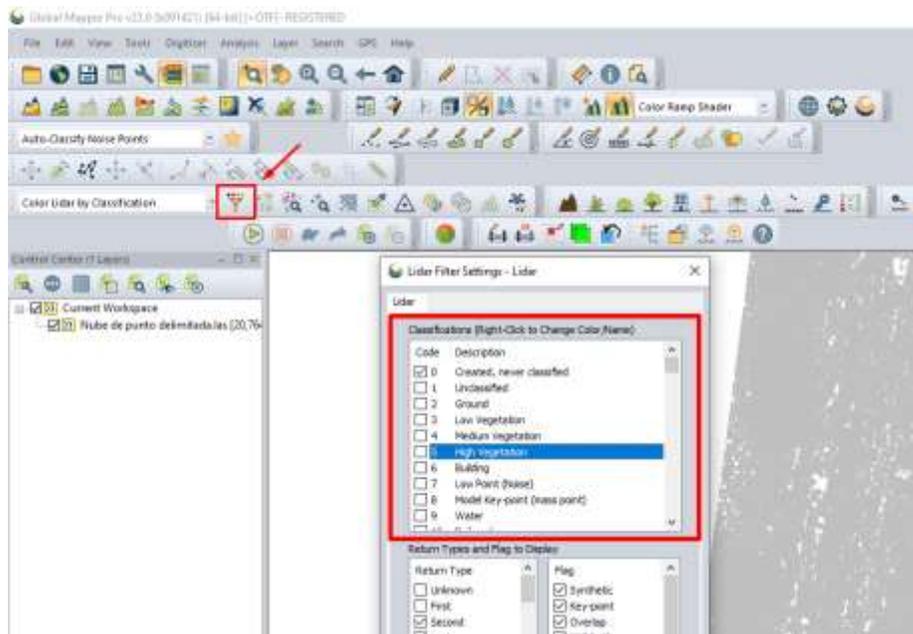
(Fuente propia)

Podrá aplicar los valores de filtrado que el programa tiene por defecto y visualizar los resultados.

Para el caso, específico, la nube de puntos no presenta errores por efecto de ruido. En caso que el programa identifique algunos puntos de ruido automáticamente, asignará de manera automática los puntos en la capa denominada **Noise**.

5. Podrá verificar activando el cuadro de capas en la siguiente ventana.

**Figura 35.** Activar cuadro de capas

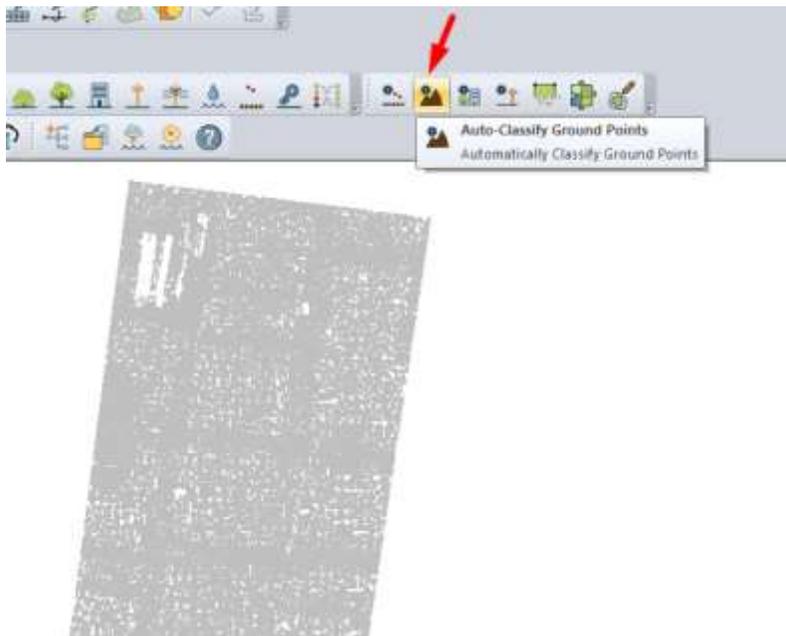


(Fuente propia)

Aparecerá un listado de capas que el programa almacena por defecto y ubicará cada punto, en la capa asignada. (más adelante se explica)

6. Procedemos a realizar una clasificación automática de la nube de puntos, que pertenecerá al suelo desnudo ó terreno natural, denominada **Ground**. Active la pestaña **Auto-Classify Ground Points**. Al fondo podrás visualizar la nube de puntos en color gris correspondiente a la capa **Created, never classified** (corresponde a puntos no clasificados)

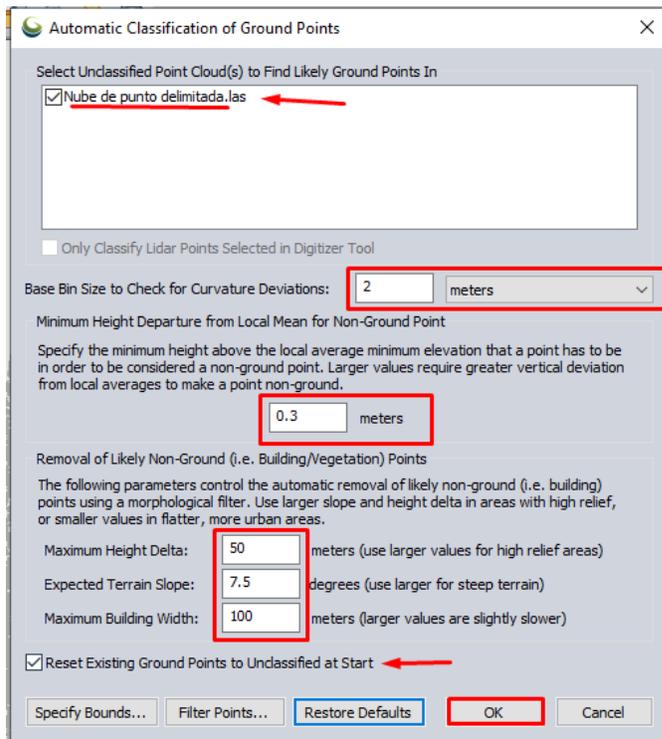
**Figura 36.** Clasificación automática de la nube de puntos



(Fuente propia)

- Se abrirá una ventana para proceder a la configuración de los parámetros de búsqueda de los puntos del terreno.

**Figura 37.** Configuración de parámetros para búsqueda de puntos de terreno

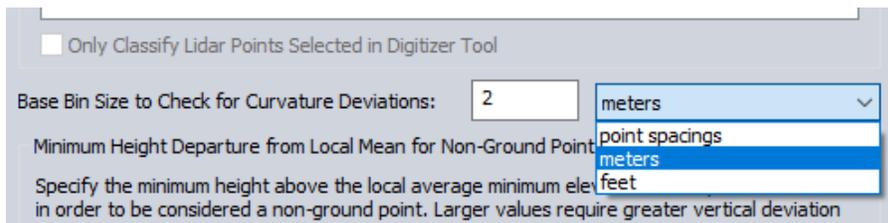


(Fuente propia)

Debemos seleccionar la capa correspondiente a la nube de puntos LiDAR “Nube de puntos delimitada” y activar los parámetros que el programa tiene por defecto, para realizar una clasificación previa y visualizar los resultados.

8. En la primera opción podrás elegir el método de búsqueda que el programa utilizará, puede ser en metros, cantidad de puntos o pies. Para el caso específico, se utilizó la distancia de 2 metros.

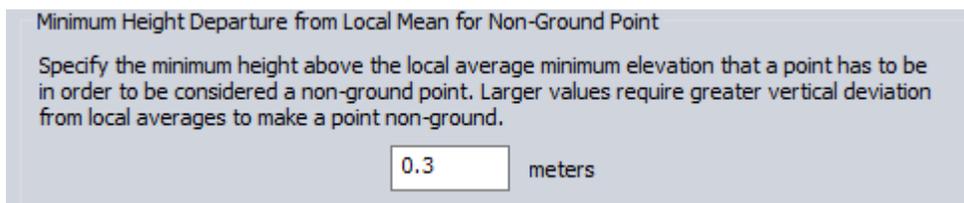
**Figura 38.** Configuración del método de búsqueda



(Fuente propia)

9. En la segunda opción, podrás cambiar los valores de la altura mínima, información en la elevación que el programa utilizará para buscar los puntos asociados al terreno. Para el caso específico, se utilizó 0.3 metros. El programa encontrará los puntos mínimos y máximos que se encuentren dentro de ese rango de diferencia de nivel.

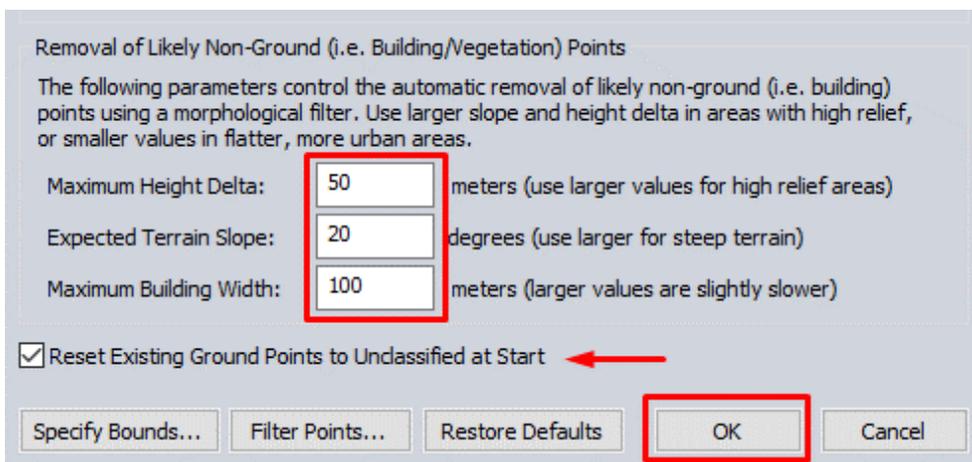
**Figura 39.** Rango de diferencia de nivel



(Fuente propia)

10. En la tercera opción asignaremos los valores que el programa utilizará para determinar la altura máxima de búsqueda. Maximum Height delta (recomendable conocer las alturas máximas y mínimas del terreno). Para terreno montañosos y con diferencias de nivel elevados, se recomienda asignar valores altos en metros. Para el caso específico, asignamos el valor por defecto de 50 metros.
11. Asigne el valor más cercano de la pendiente del terreno, para que el programa pueda identificar de manera automática la mayor cantidad de puntos del terreno. Expected terrain slope. Para el caso específico, se asignó un valor de 20 grados. Se recomienda incrementar los valores de pendiente para tipos de terreno muy inclinado.
12. Asigne un valor promedio de las dimensiones de las construcciones en la pestaña Maximum maximum building width . Se recomienda no superar la medida de 100 metros, pondrá más lento el proceso de búsqueda de los puntos.

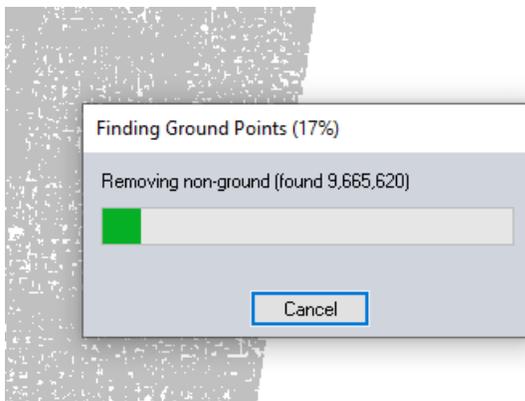
**Figura 40.** Alturas máximas y mínimas del terreno



(Fuente propia)

13. Antes de hacer Clic en Ok, ( importante, habilitar la opción de reset existing ground points ) e iniciará el proceso automático de clasificación de la nube de puntos del terreno. (dependiendo de la cantidad de puntos y los valores de búsqueda, que el usuario le asigne, el proceso tardará un tiempo en mostrar los resultados. Podrás ver el porcentaje de avance en la clasificación de la nube de puntos que corresponde a los puntos de terreno.

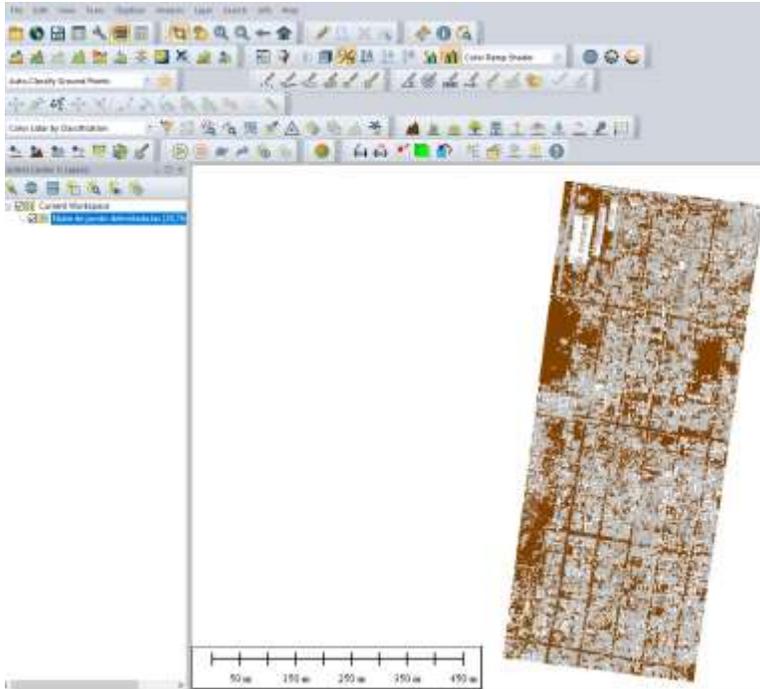
**Figura 41.** Clasificación automática de nube de puntos



(Fuente propia)

14. Verás los resultados del proceso inicial. diferentes puntos tomaron un color café, cambiando de capa hacia la capa Ground. Los puntos que continúan en color gris, correspondiente al grupo de puntos de la capa never classified, que no se encuentran clasificados actualmente.

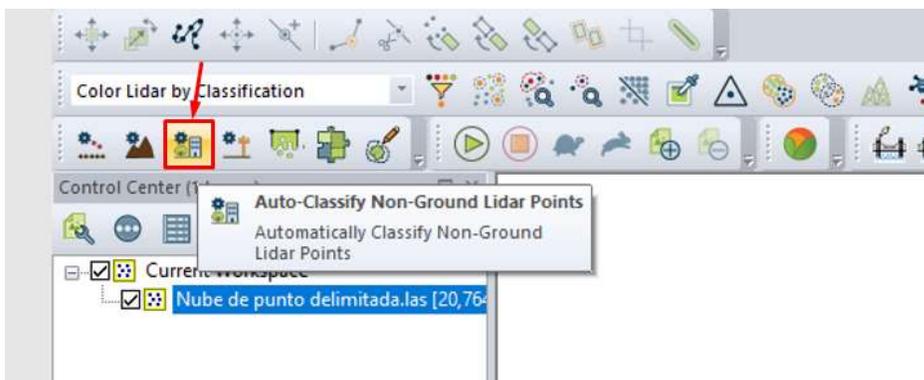
**Figura 42.** Clasificación automática de nube de puntos de terreno



(Fuente propia)

- Para continuar con la clasificación automática de los puntos que corresponden a construcciones y vegetación, deberás dar clic en la pestaña Non-Ground Lidar Points.

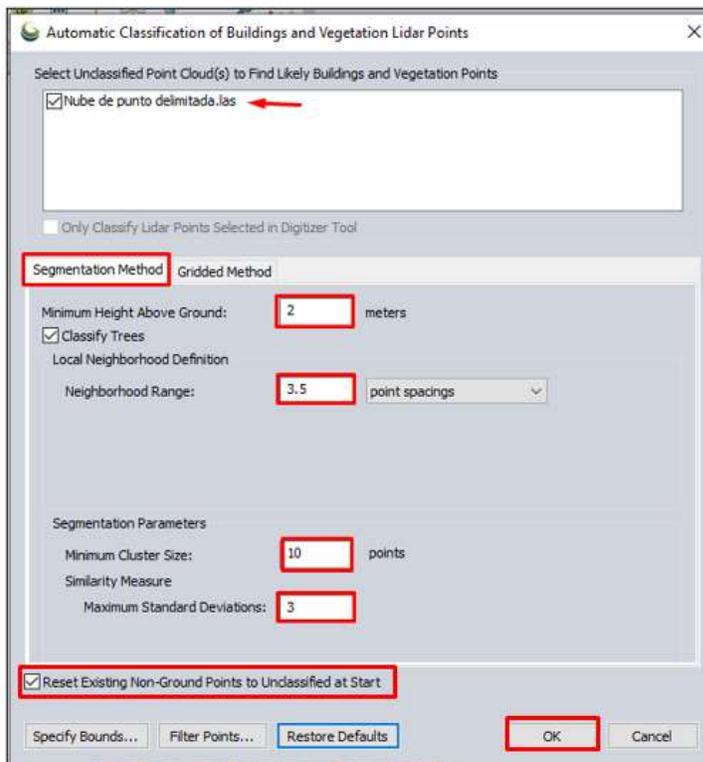
**Figura 43.** Clasificación automática de nube de puntos construcciones y vegetación



(Fuente propia)

- Ingrese a la pestaña **Segmentation Method** y asigne los siguientes parámetros. (importante, Habilitar la nube de puntos lidar denominada **Nube de puntos delimitada.las** ) para el caso, asignamos los valores por defecto que se muestran a continuación y evidenciamos los resultados.
- Un parámetro inicial para identificar los puntos que se encuentran con referencia al terreno, **minimum height above Ground de 2 metros.**

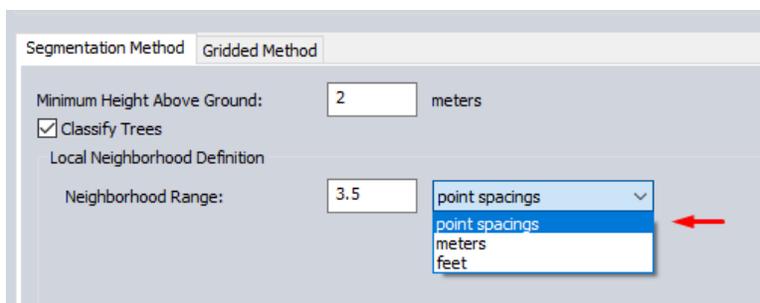
**Figura 44.** Configuración de parámetros para clasificación automática



(Fuente propia)

- podrás habilitar o deshabilitar los puntos que el programa encontrará como vegetación y asignar los parámetros de búsqueda que prefieras.
- Ingrese los datos correspondientes al módulo **Segmentation Parameters** y revise que la pestaña de **Reset Existing Non-Groung points to unclassified at start** se encuentra habilitada.

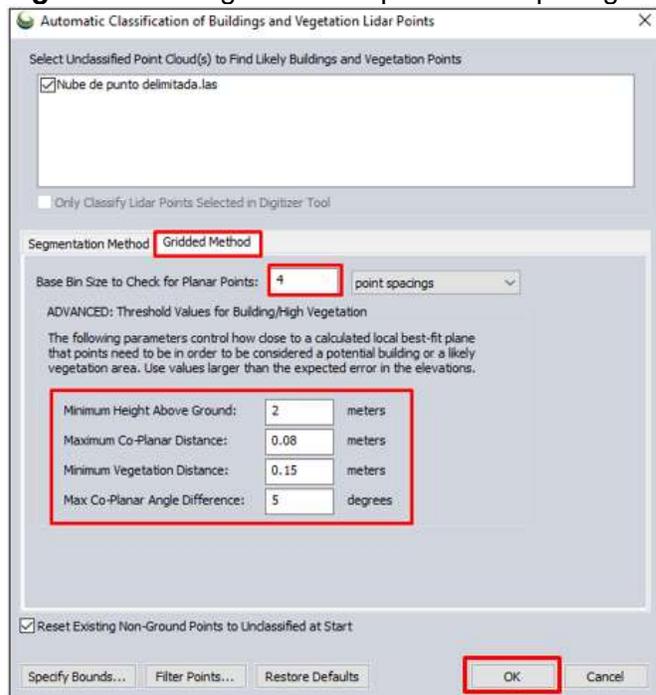
**Figura 45.** Configuración método de segmentación



(Fuente propia)

16. Ingrese a la pestaña **Gridded Method** y proceder a revisar los parámetros de que el programa utilizará para la grilla de búsqueda de acuerdo a los métodos y datos que aparecen a continuación.

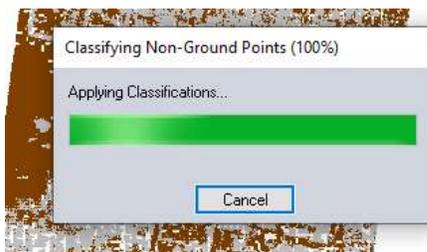
**Figura 46.** Configuración de parámetros para grilla



(Fuente propia)

17. Podrás configurar los parámetros de búsqueda para los puntos no pertenecientes al terreno, sin embargo, recomendamos ejecutar los valores que aparecen por defecto y dar clic en OK. Podrás observar que iniciará a ejecutar el proceso de clasificación de puntos.

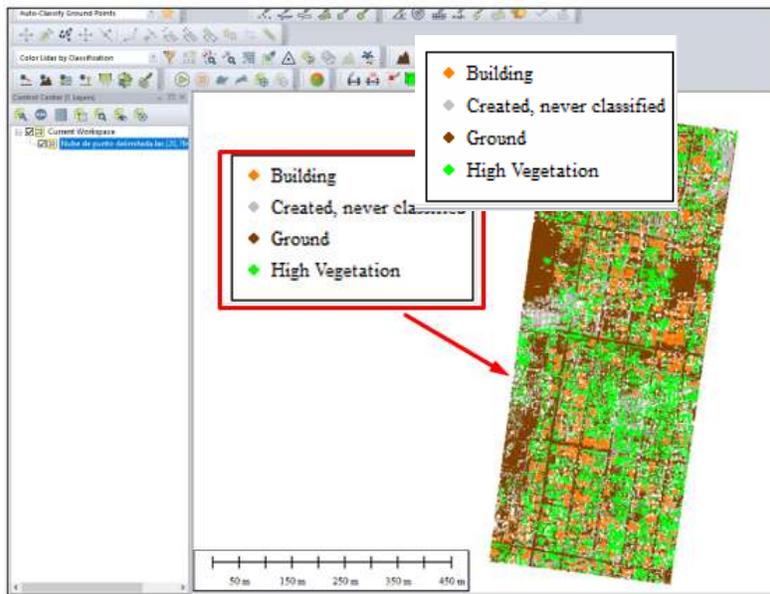
**Figura 47.** Proceso de clasificación de puntos



(Fuente propia)

18. Puedes revisar los resultados de la clasificación de los puntos asignados en varias de las capas que el programa identificó, de acuerdo a los parámetros de búsqueda pre-ingresados por el usuario. Podrás ver en la pantalla las convenciones de cada una de las capas que el programa a clasificado automáticamente

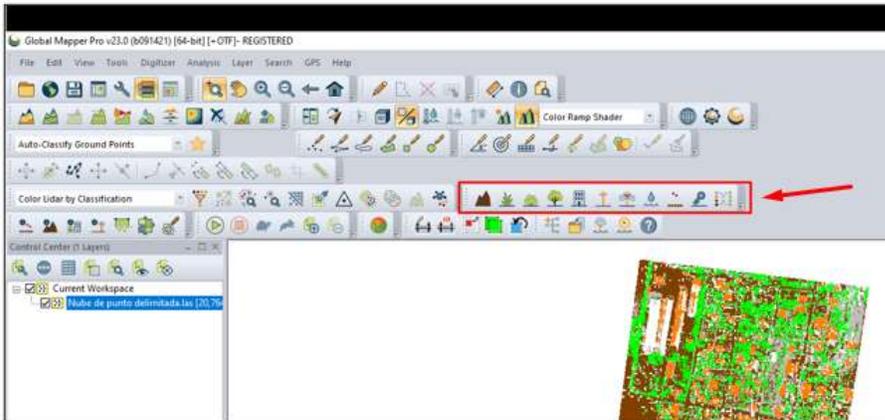
**Figura 48.** Visualización de la clasificación total de puntos



(Fuente propia)

19. Notará que algunos puntos continúan en la capa **Never Classified**. Estos puntos podrás clasificarlos con la herramienta de clasificación manual.

**Figura 49.** Clasificación manual de puntos



(Fuente propia)

20. Para realizar una clasificación manual es importante guiarse por los colores RGB de la nube de puntos y la elevación de los puntos a identificar. Para ello será necesario realizar un perfil en la herramienta **Path Profile** en cada una de las zonas donde el usuario considere necesario para completar la cantidad de puntos clasificados. (no es necesario que la totalidad de puntos estén clasificados, lo importante que se haya identificado la información necesaria para poder utilizar los datos y producir los modelos RASTER necesarios) este proceso puede ser un poco más lento que los pasos anteriores.

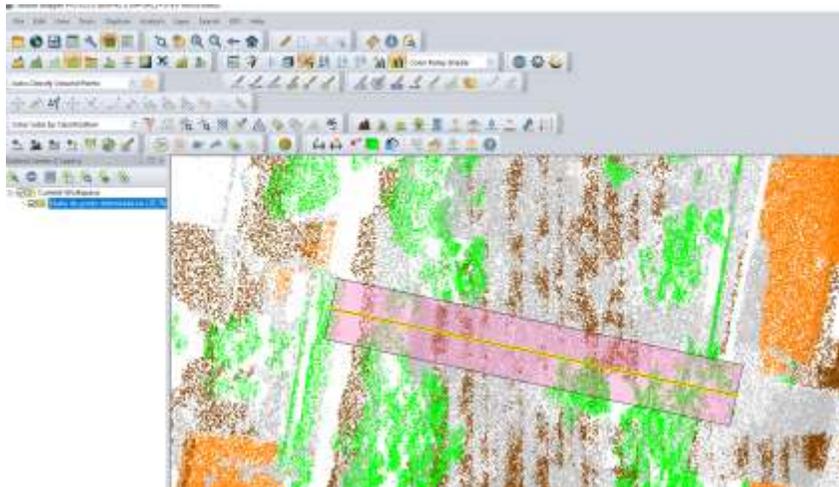
**Figura 50.** Generar modelo Ráster



(Fuente propia)

21. Deberá trazar una sección por la zona donde desea clasificar los puntos no clasificados (en color gris) la línea de color amarillo le indicará la longitud de la sección y el área en color rojo, la zona de búsqueda de los puntos. (vista en planta)

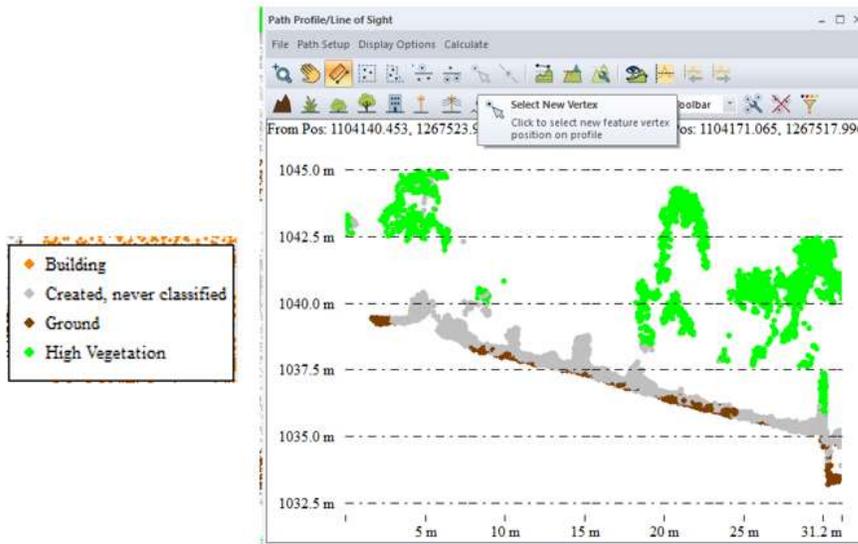
**Figura 51.** Selección de zona de puntos no clasificados vista en planta



(Fuente propia)

22. Podrá ver los puntos de la sección trazada (vista en perfil) que se encuentran dentro de la zona roja de la vista en planta anterior.

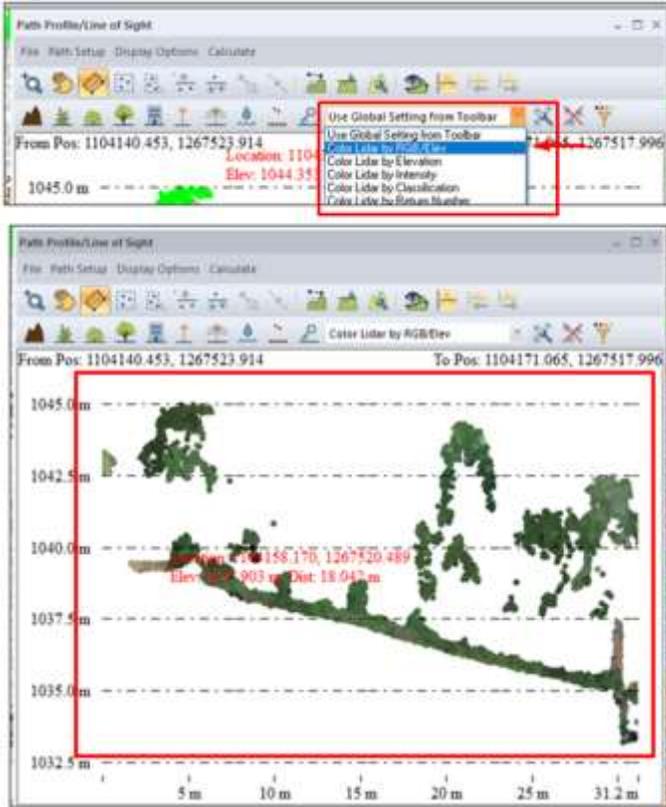
**Figura 52.** Vista en perfil de la zona seleccionada



(Fuente propia)

23. En la pestaña superior se podrá cambiar los modos de visualización y ver la nube de puntos en modo RGB.

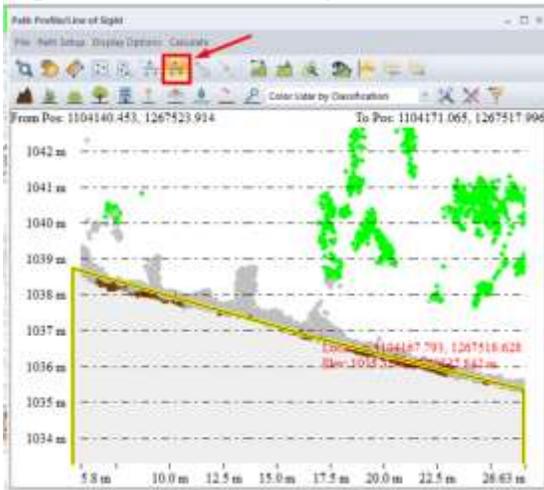
**Figura 53.** Cambio de modo de visualización



(Fuente propia)

24. Podrá utilizar las herramientas de sección de puntos para seleccionar los nodos que desee asignar a cada una de las capas correspondientes. Para el caso, seleccione la pestaña **Below Line**, trace una línea por los puntos que desea seleccionar. (se seleccionarán los puntos que se encuentre por debajo de la línea trazada)

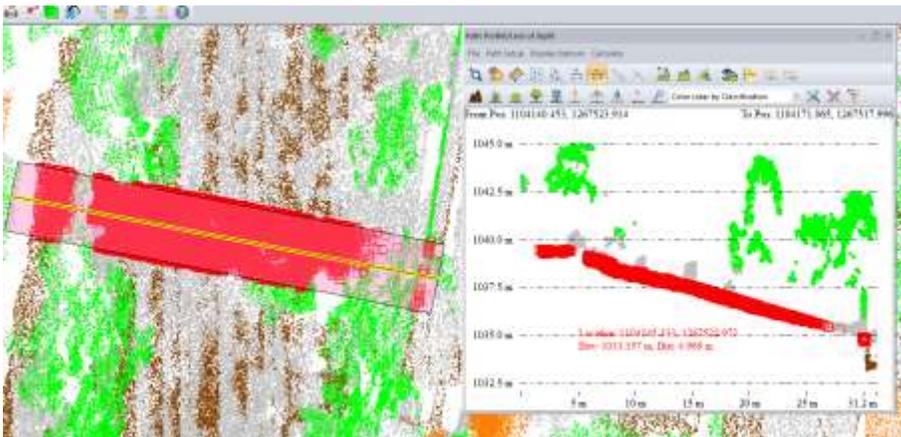
**Figura 54.** Selección de puntos deseados en perfil



(Fuente propia)

25. Podrá evidenciar que en la vista en planta y en la vista del perfil, se seleccionaron en color rojo los puntos.

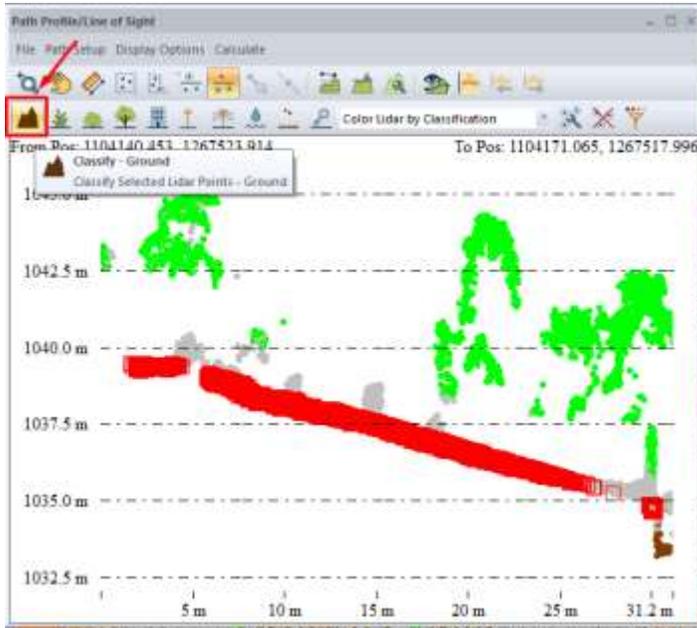
**Figura 55.** Visualización de puntos seleccionados en color rojo



(Fuente propia)

26. Asigne los puntos seleccionados en la capa que corresponda, de acuerdo a su criterio. Para el caso, se añadirá a la capa **Ground**, dando clic en la pestaña de selección manual **Ground**

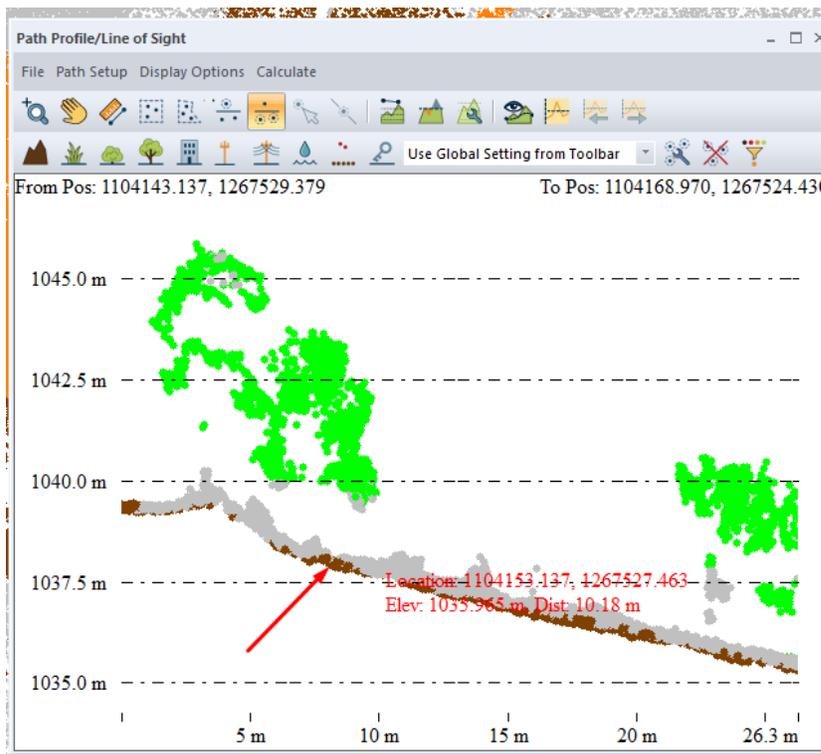
**Figura 56.** Asignación de puntos seleccionados a una capa



(Fuente propia)

27. Podrá ver que los puntos anteriormente seleccionados, están asignados a la capa **Ground** en color café. Realice repetidamente esta función para clasificar de manera manual la nube de puntos en las capas correspondientes.

**Figura 57.** Visualización de cambio de capa de puntos seleccionados

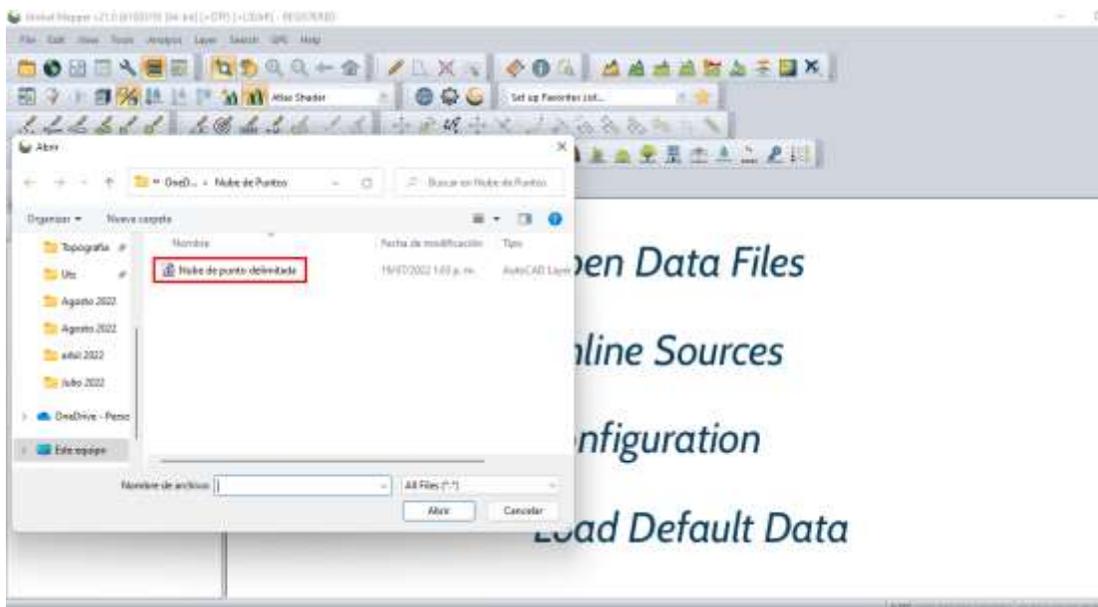


(Fuente propia)

## Capítulo IV VECTORIZACION

1. Ejecute el software Global mapper, haga clic en **open data files** y cargue el archivo **.Las** de la nube de puntos Lidar del área de estudio, haga doble clic al proyecto **Nube de puntos delimitada** para cargarlo.

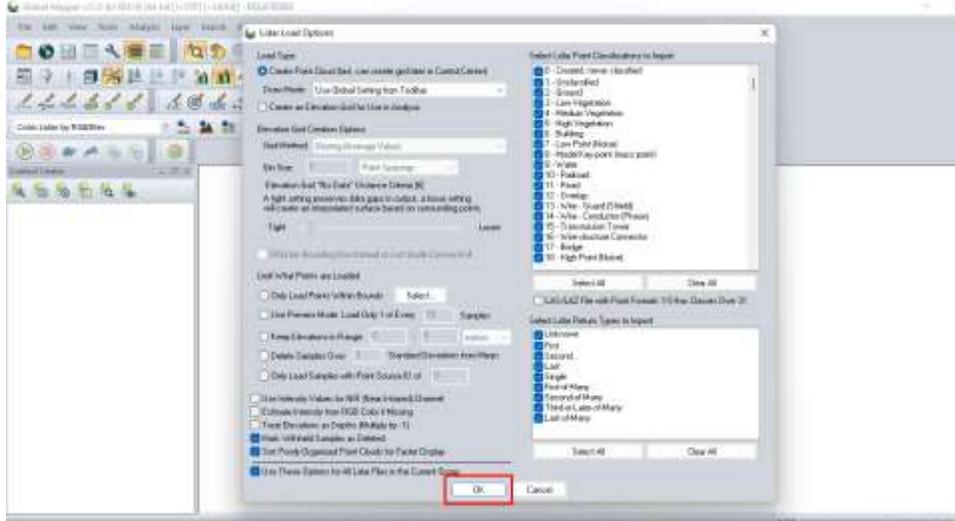
**Figura 58.** Cargar nube de puntos delimitada a Global Mapper



(Fuente propia)

- En la ventana de dialogo, seleccione **Créate Point Cloud**, mantenga la configuración que el software da por defecto y haga clic en ok para continuar

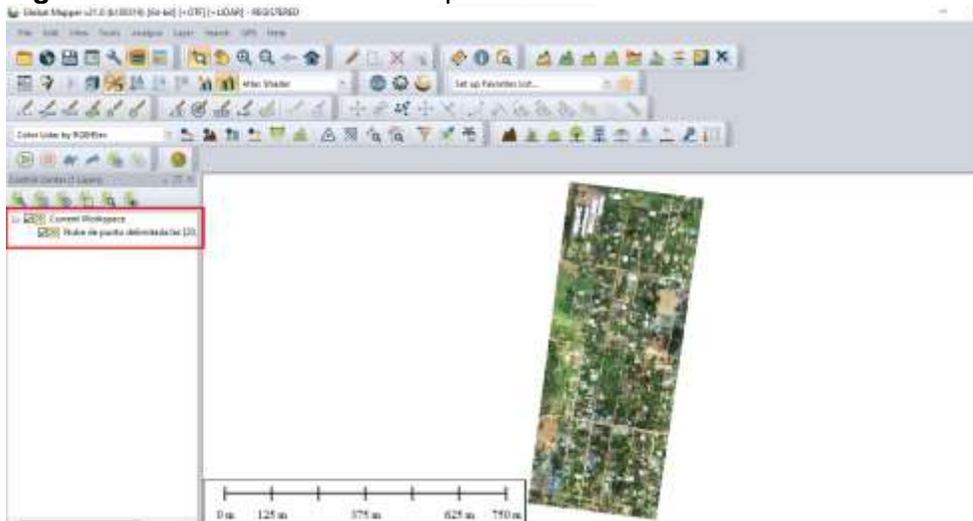
**Figura 59.** Configuración de inicio Global Mapper



(Fuente propia)

- En la ventana principal de Global Mapper, en **Current workspace** habrá cargado la capa de la nube de puntos Lidar

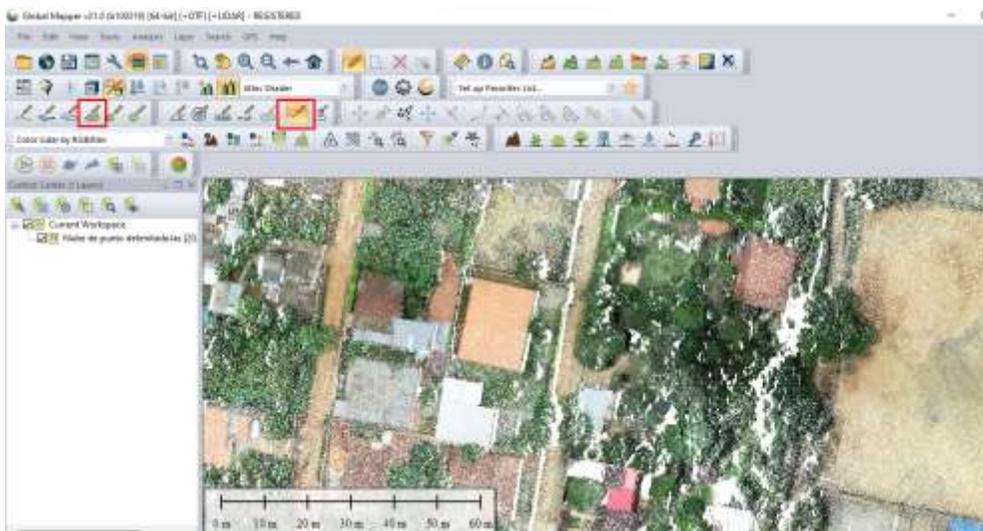
**Figura 60.** Visualización nube de puntos Lidar



(Fuente propia)

4. En la barra de herramientas seleccione **Right angle draw mode** para que los polígonos que cree tengan sus vértices a 90°, haga clic en **Créate área feature** para comenzar a vectorizar las construcciones existentes.

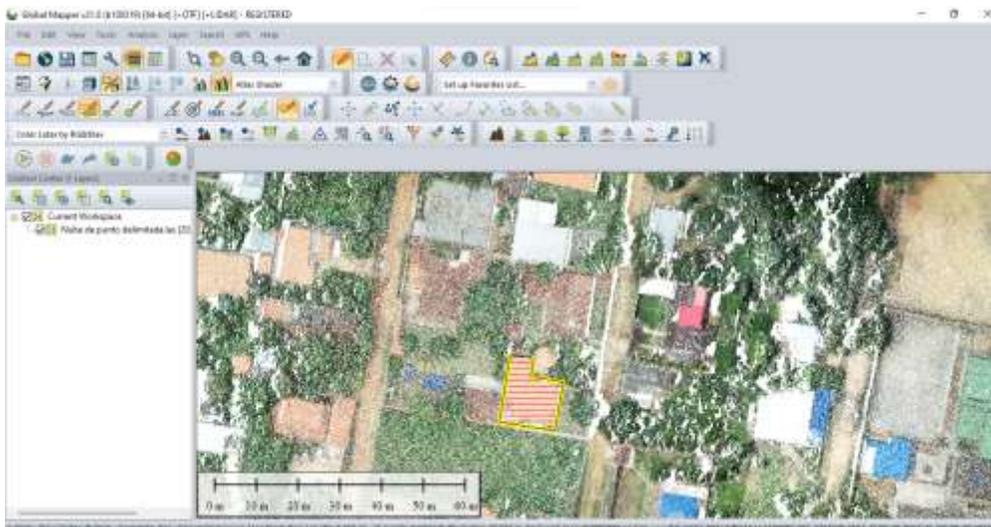
**Figura 61.** Vectorización de construcciones



(Fuente propia)

- Identifique las construcciones sobre las cuales digitalizará los datos vectoriales marcando cada vértice, haga clic derecho con el mouse para finalizar la edición.

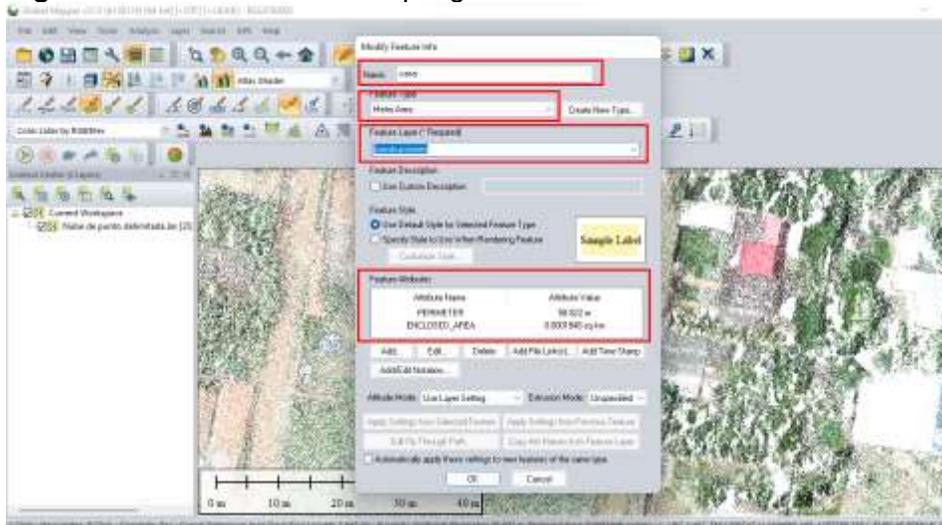
**Figura 62.** Identificación de construcciones



(Fuente propia)

- En la ventana de dialogo a continuación, asigne un nombre al polígono en **Name**, Seleccione un tipo de característica del polígono en **Feature type**, de un nombre a la capa a la que pertenecerá el polígono creado en **Feature layer**, en **Feature attributes** podrá observar las características del polígono creado como área y perímetro, haga clic en ok para continuar.

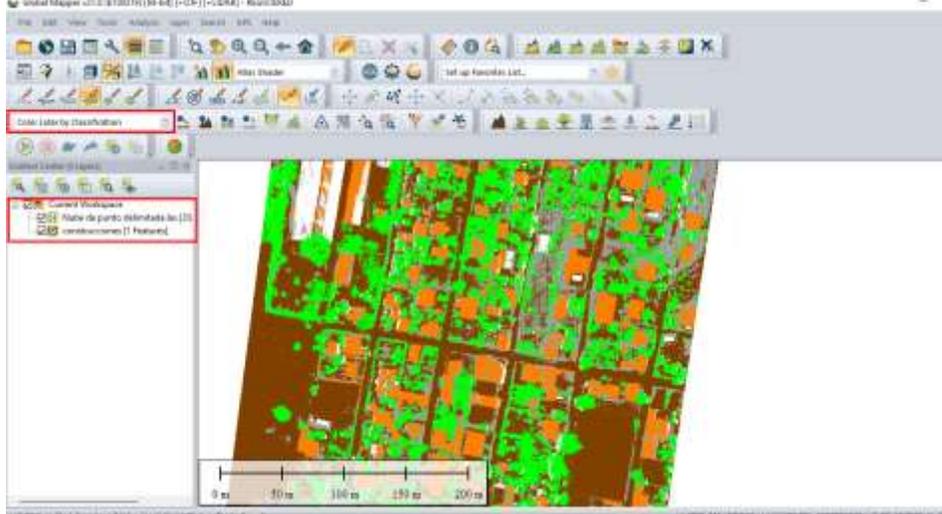
**Figura 63.** Características del polígono creado



(Fuente propia)

- Para facilitar la identificación de elementos vectoriales, cambie el modo **Color Lidar by RGB/Elev** de visualización a **Color Lidar By Classification** allí puede diferenciar por colores la clasificación de puntos como construcciones, vegetación, y terreno, en el espacio de trabajo tendrá las capas cargadas hasta el momento.

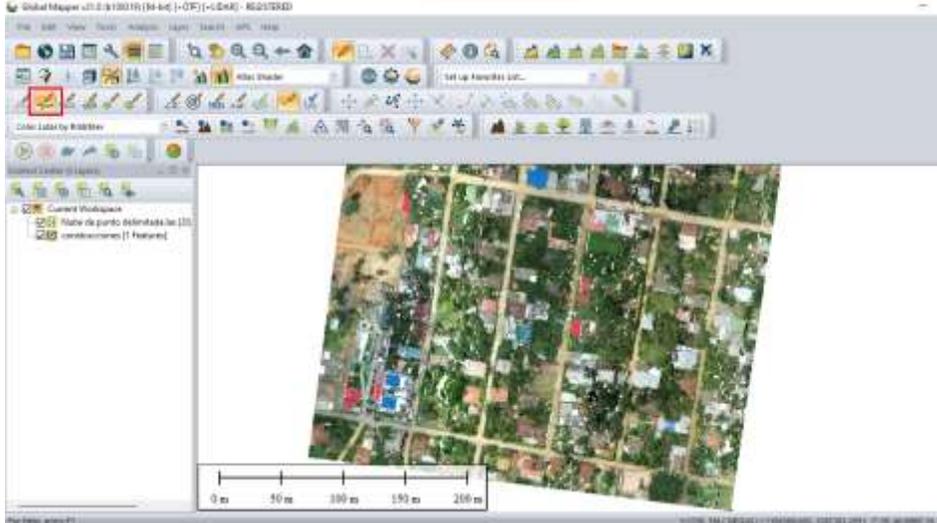
**Figura 64.** Cambio de visualización modo RGB a Classification



(Fuente propia)

- Comience la digitalización de vías, en la barra de herramientas haga clic en **Create Line Feature**.

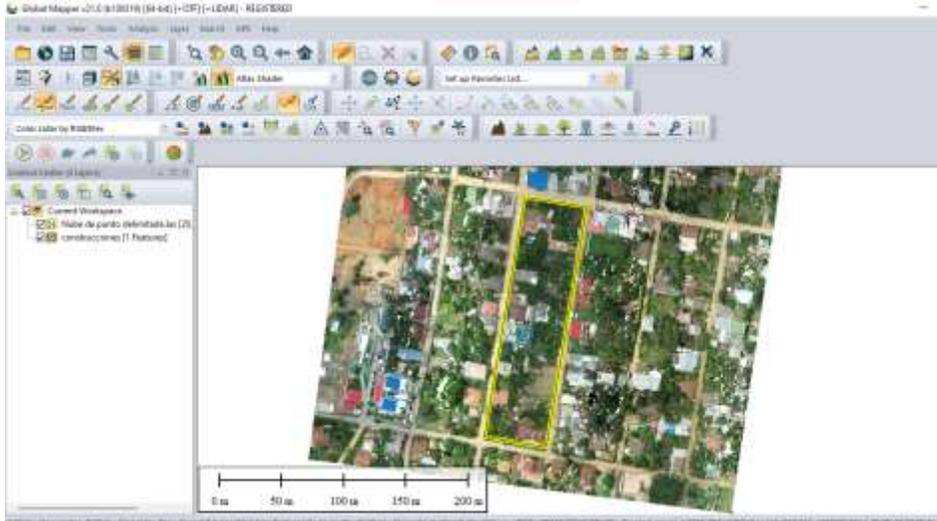
**Figura 65.** Digitalización de vías



(Fuente propia)

- Identifique las vías sobre las cuales digitalizará los datos vectoriales marcando cada vértice, haga clic derecho con el mouse para finalizar la edición.

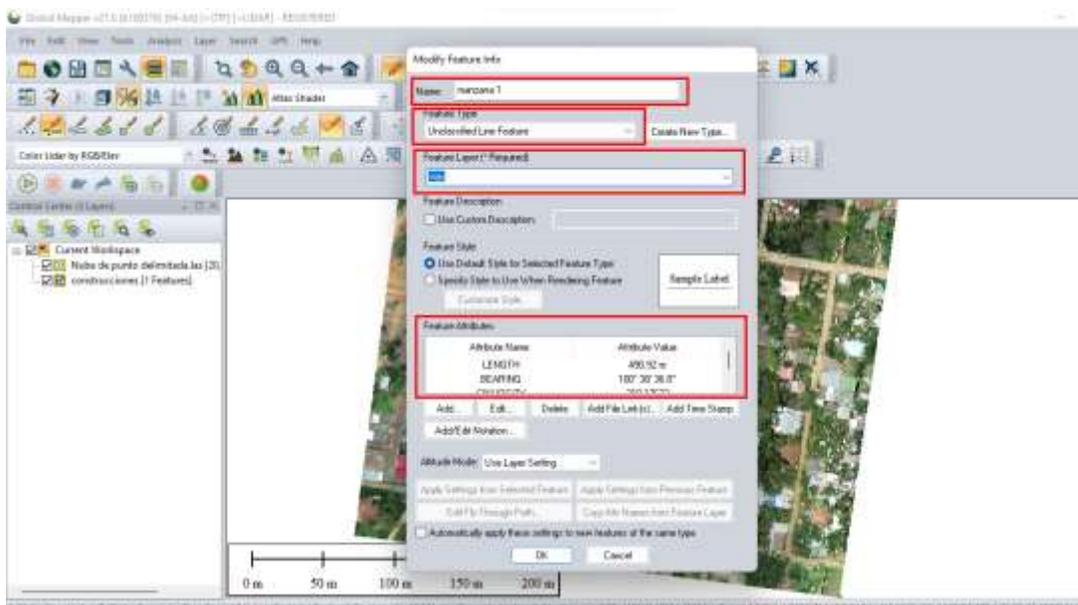
**Figura 66.** Identificar vías



(Fuente propia)

10. En la ventana de dialogo a continuación, asigne un nombre al vector en **Name**, Seleccione un tipo de característica del vector en **Feature type**, de un nombre a la capa a la que pertenecerá el vector creado en **Feature layer**, en **Feature attributes** podrá observar las características del vector creado como la longitud, haga clic en **ok** para continuar.

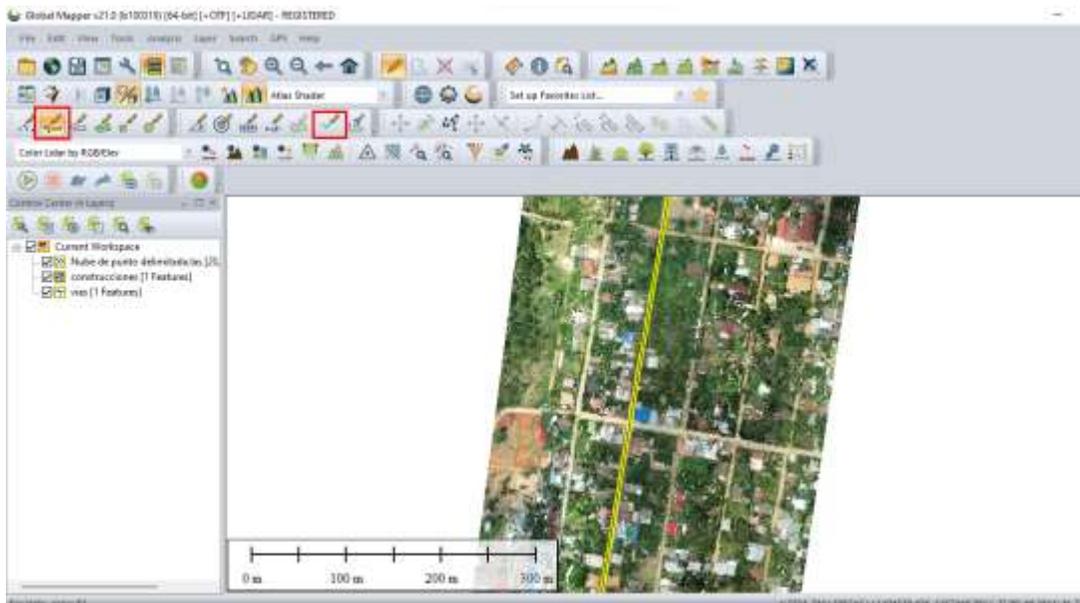
**Figura 67.** Características del vector de vías creado



(Fuente propia)

11. Nuevamente en la barra de herramientas haga clic en **Create Line Feature**. Esta vez para digitalizar los ejes viales, active o desactive la herramienta **Right angle draw mode** para el modo a 90° según lo considere necesario.

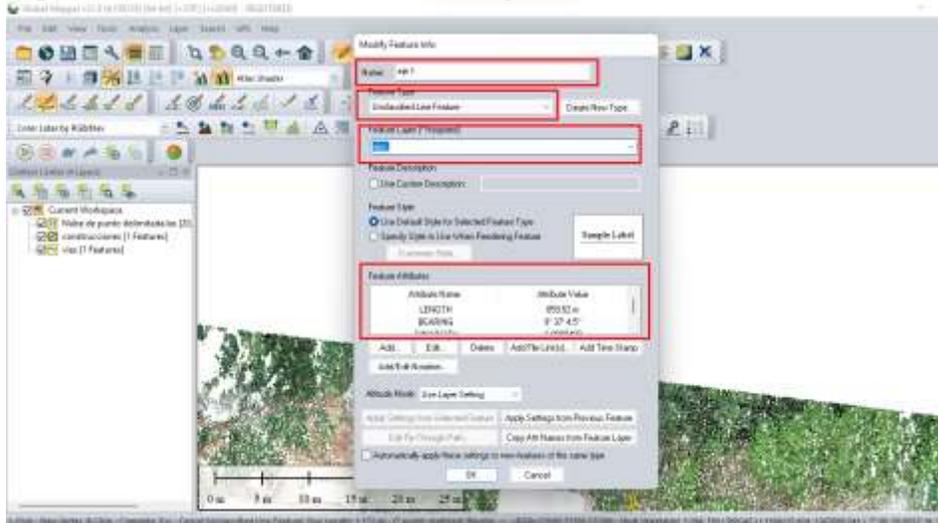
**Figura 68.** Digitalización de ejes viales



(Fuente propia)

12. En la ventana de dialogo a continuación, asigne un nombre al vector en **Name**, Seleccione un tipo de característica del vector en **Feature type**, de un nombre a la capa a la que pertenecerá el vector creado en **Feature layer**, en **Feature attributes** podrá observar las características del vector creado como la longitud, haga clic en ok para continuar.

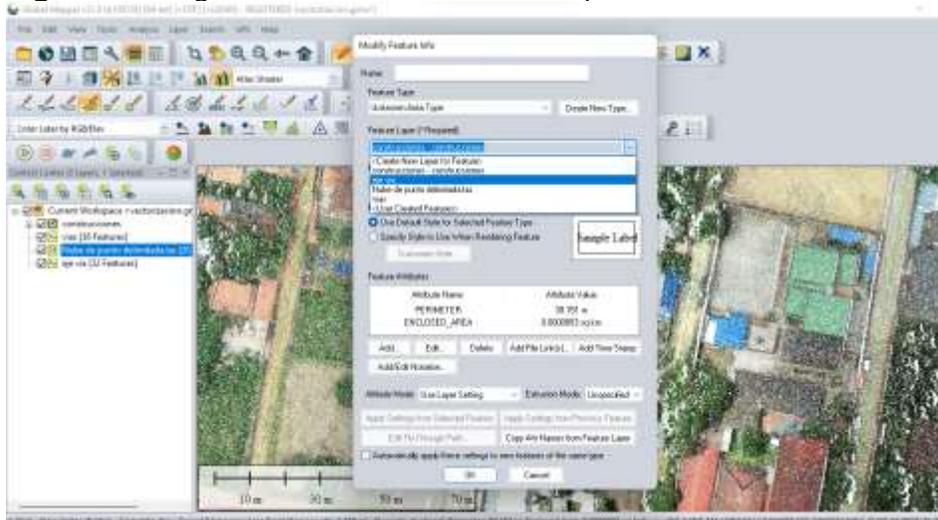
**Figura 69.** Características del vector eje de vía



(Fuente propia)

13. Repita los pasos de digitalización para cada uno de los elementos vectoriales en la zona de estudio asignando cada elemento a la capa que corresponda en **Feature layer**

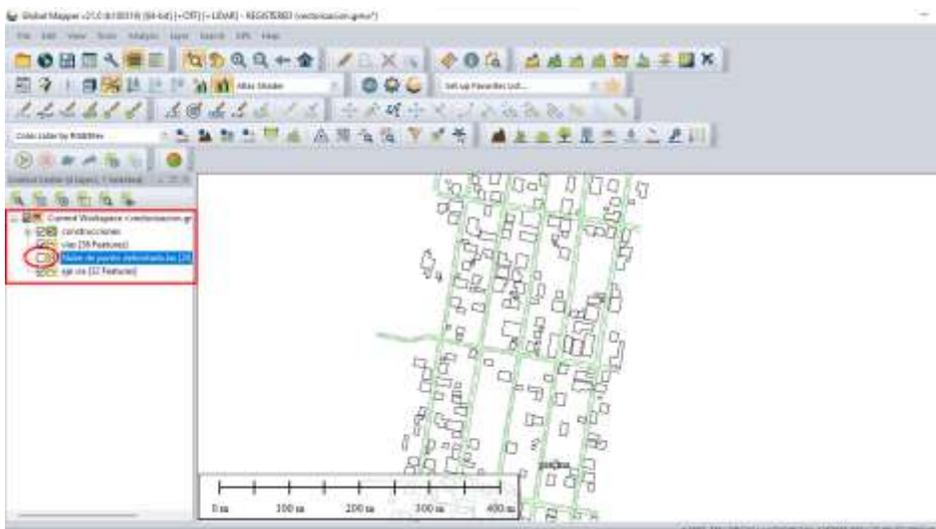
**Figura 70.** Asignación de un vector a una capa



(Fuente propia)

- Una vez haya terminado la edición de las capas creadas podrá visualizarlas en el espacio de trabajo, apague la capa de nube de puntos Lidar para visualizar todos los vectores.

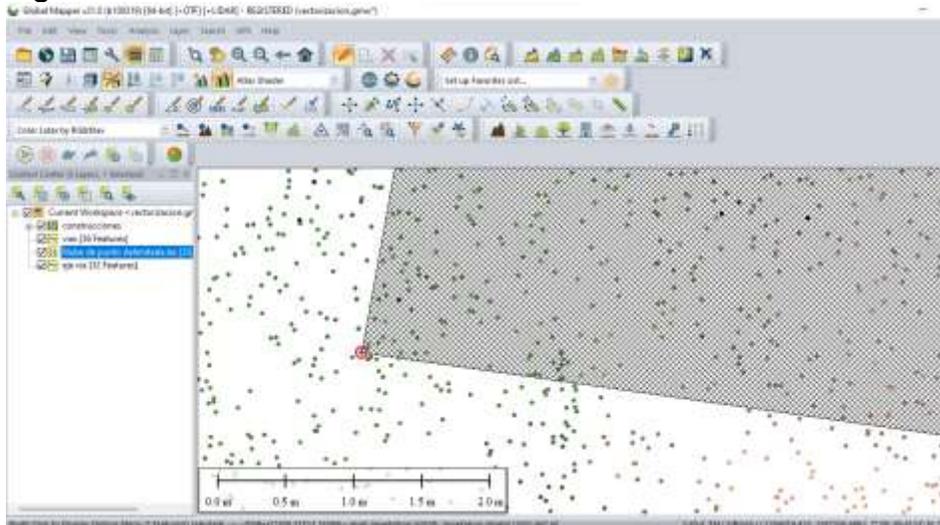
**Figura 71.** Visualización de la vectorización



(Fuente propia)

- Seleccione manteniendo el botón izquierdo del mouse oprimido un vértice de cualquier elemento digitalizado anteriormente, que desee modificar.

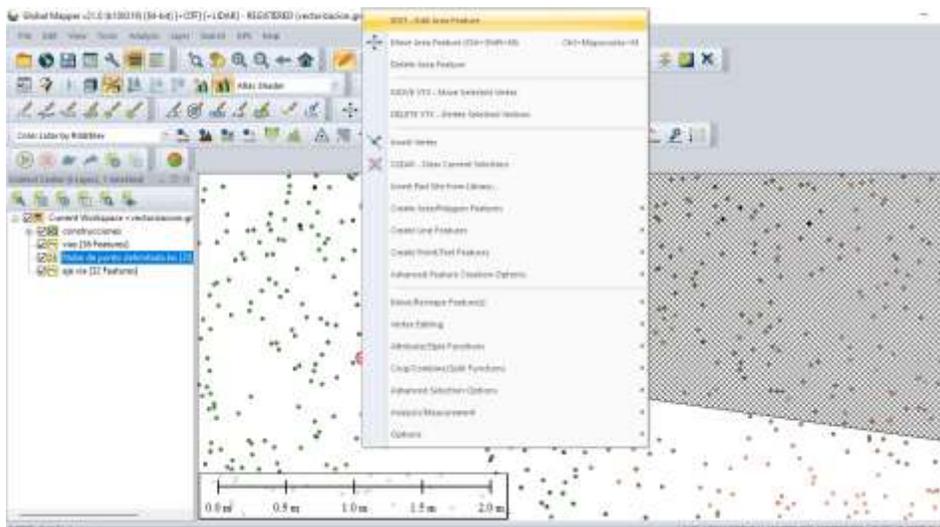
**Figura 72.** Modificar vértices



(Fuente propia)

- Haga Clic derecho sobre el vértice y en la ventana que se despliega selecciones la opción **Edith Área Feature**

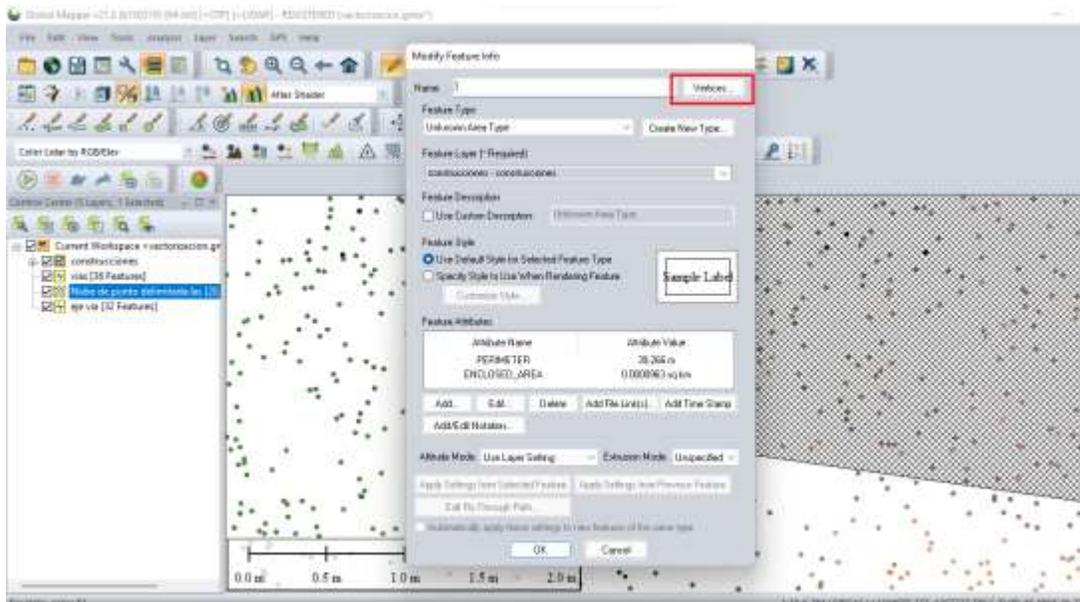
**Figura 73.** Configuración de parámetros para modificar vértices



(Fuente propia)

17. En la ventana de dialogo que se despliega seleccione en **Vértices** y haga clic en ok para continuar

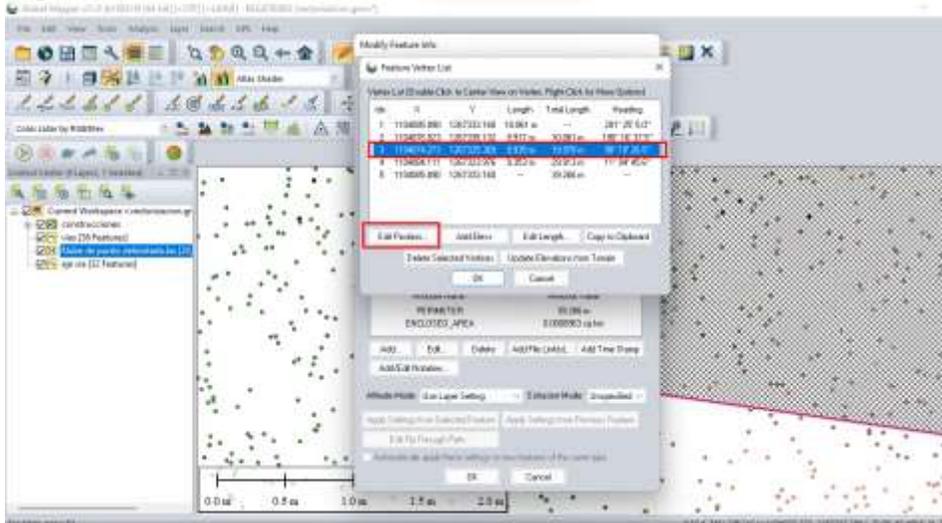
**Figura 74.** Ruta para modificar un vertice



(Fuente propia)

18. En la siguiente ventana de dialogo podrá visualizar las coordenadas del vértice que desea editar, selecciones la opción **Edith Position** y haga clic en ok para continuar

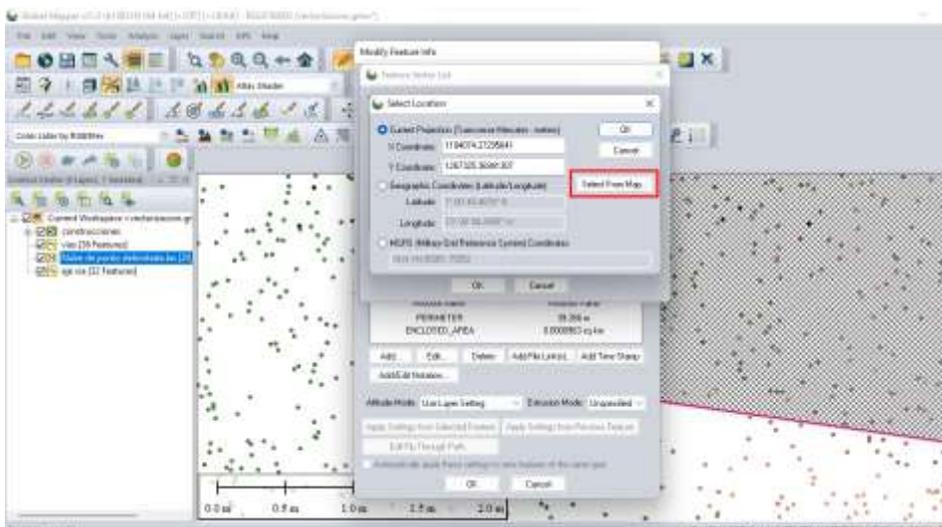
**Figura 75.** Visualización de coordenadas a modificar



(Fuente propia)

19. Seleccione la opción **Select from map** para modificar la posición del vértice en la nube de puntos.

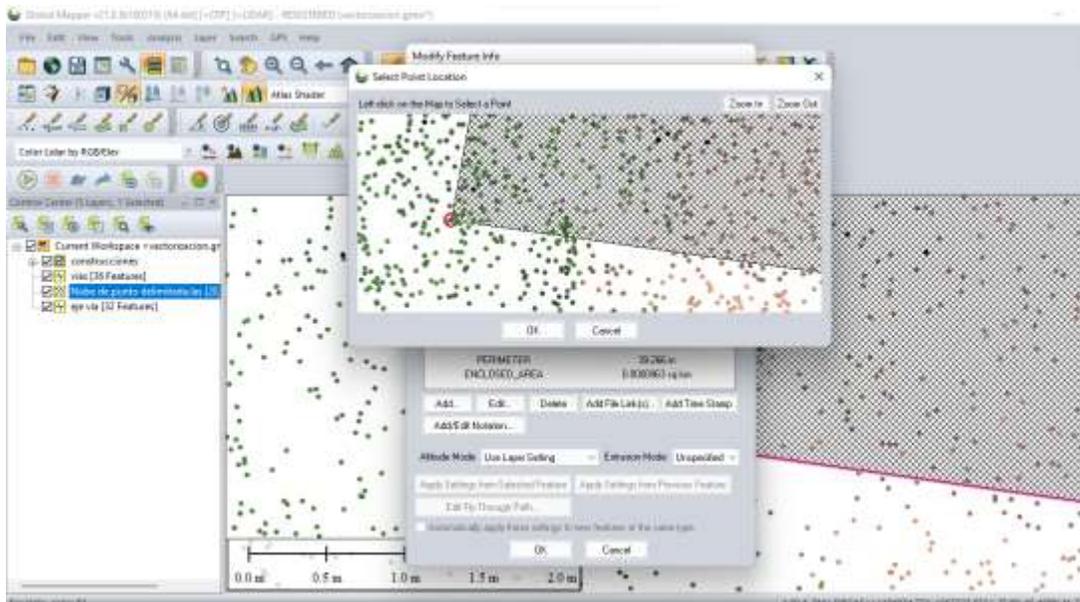
**Figura 76.** Modificar posición del vértice en la nube de puntos



(Fuente propia)

20. En la ventana que se despliega **Select point location** haga clic en la posición que desea corregir el vértice y finalmente haga clic en ok para continuar.

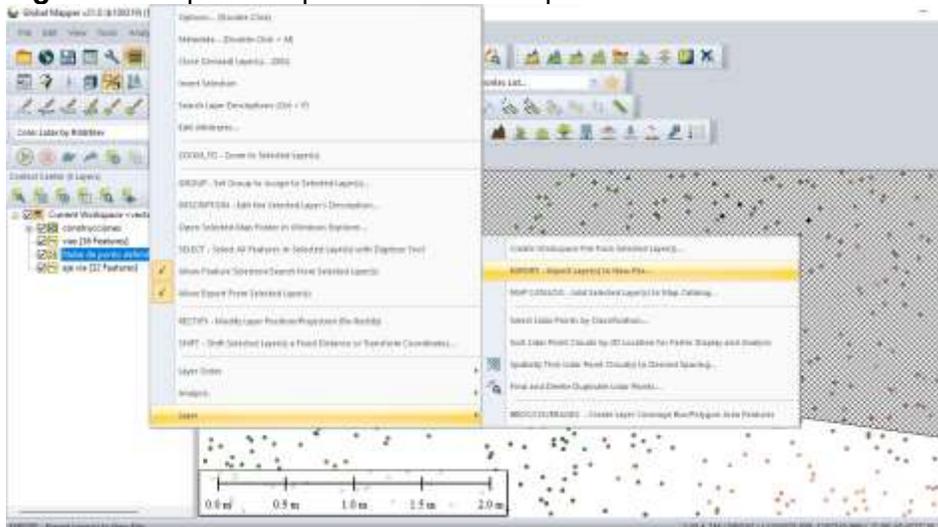
**Figura 77.** Localización del nuevo vértice



(Fuente propia)

21. Seleccione una capa del proyecto, haga clic derecho con el mouse, seleccione la opción **Layer, Export Layers to new file** para exportar a un formato **.shape** menos pesado y compatible con cualquier software de SIG.

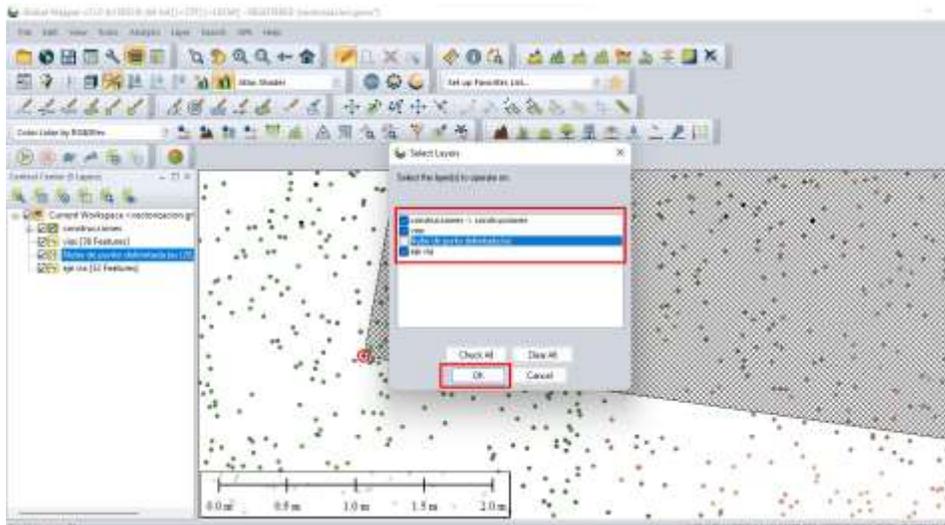
**Figura 78.** Exportar capa en formato. shapefile



(Fuente propia)

22. Seleccione las capas deseadas y haga clic en ok para continuar.

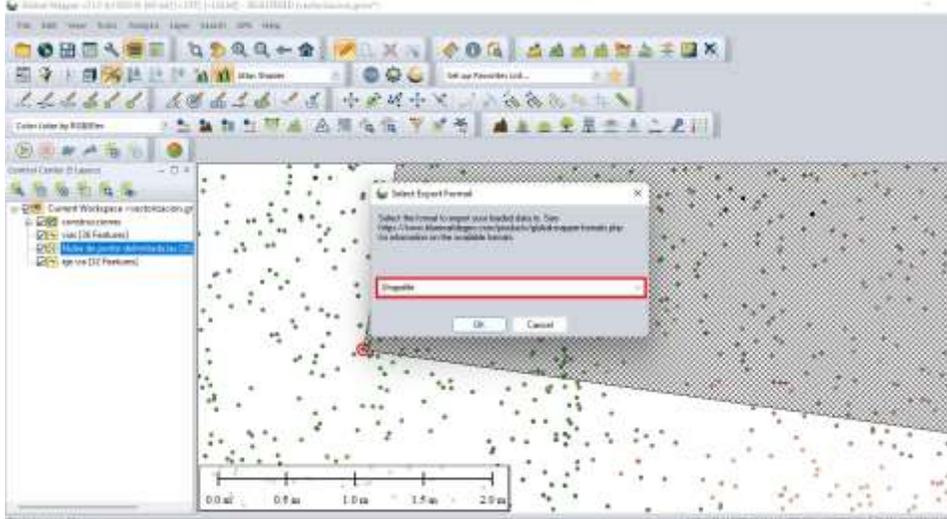
**Figura 79.** Seleccionar capas deseada para exportar



(Fuente propia)

23. Seleccioné el formato Shapefile y haga clic en ok para continuar.

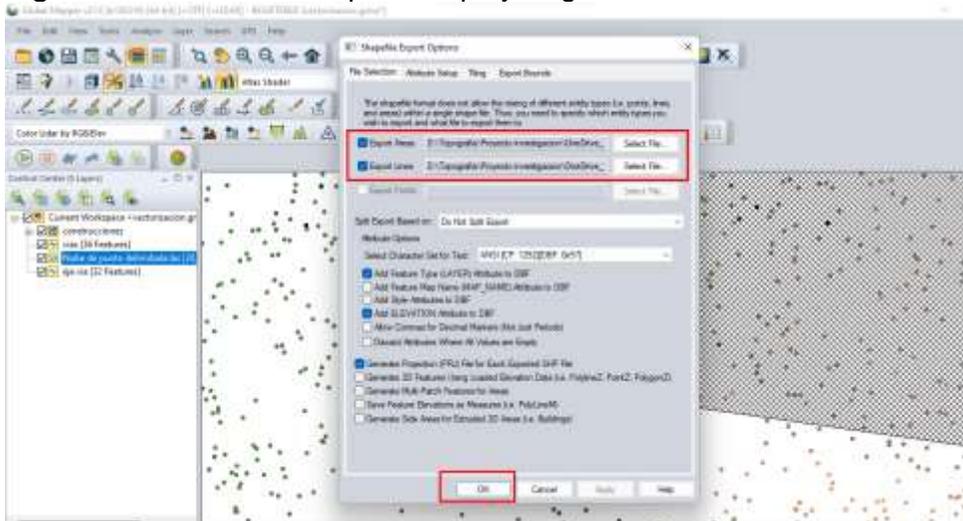
**Figura 80.** Selección del formato a exportar



(Fuente propia)

24. Seleccione las opciones según el tipo de capa que haya creado, para el caso son capas tipo área y líneas, haga Clic en **Select file** y agregue un nombre a los nuevos archivos **.shape**, haga clic en ok para finalizar.

**Figura 81.** Selección del tipo de capa y asignación de nombre a los archivos shapefile

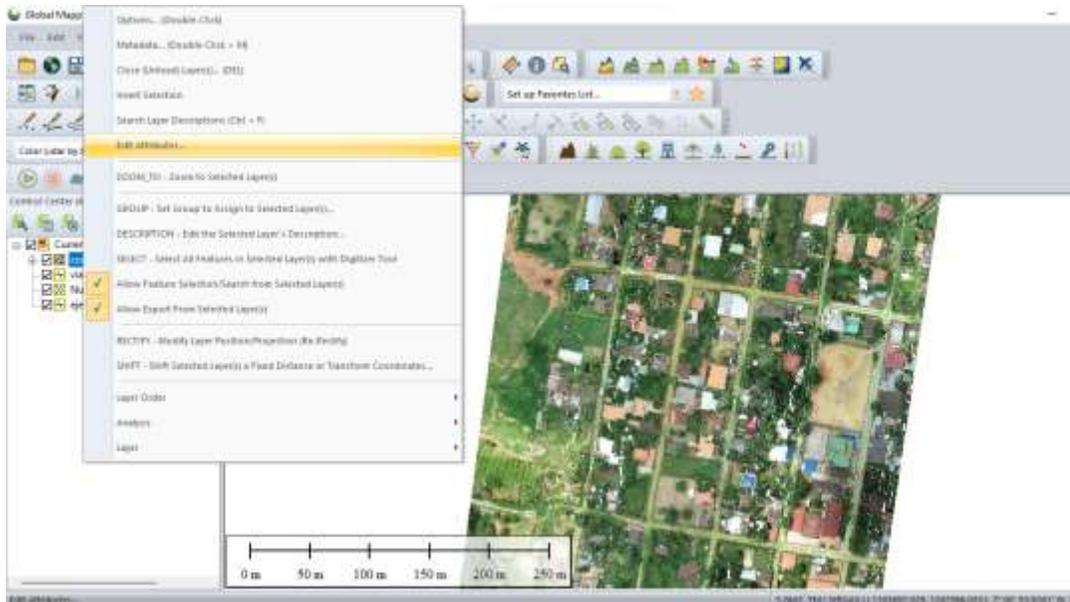


(Fuente propia)

## INVENTARIO DE INFRAESTRUCURA

1. Haga clic derecho sobre la capa y seleccione **Edit attributes** para ver los atributos de los elementos de la capa.

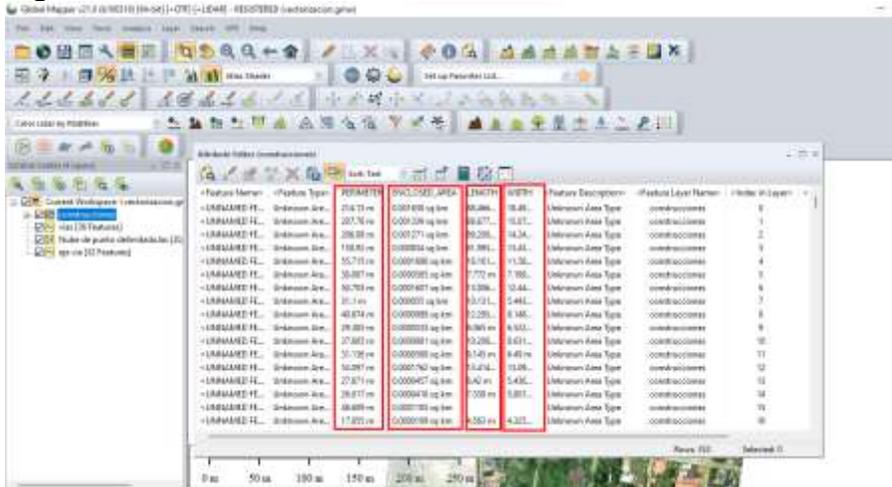
**Figura 82.** Edición de atributos



(Fuente propia)

- En la ventana de dialogo que se despliega podrá observar los atributos de todos los elementos vectorizados anteriormente, como perímetro, área, longitud y ancho entre otros.

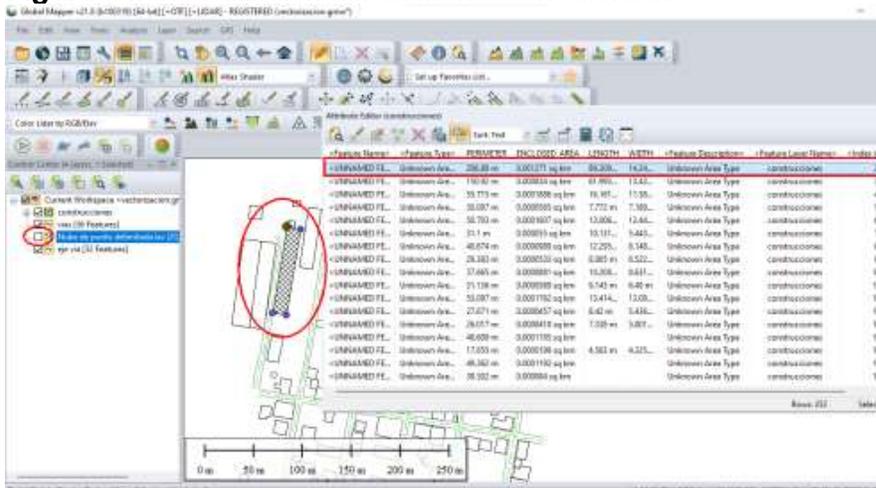
**Figura 83.** Visualización de atributos



(Fuente propia)

- Deseleccione la capa de nube de puntos, seleccione un elemento y en el espacio de trabajo podrá ubicarlo fácilmente, así puede saber a qué elemento pertenecen los atributos que está visualizando

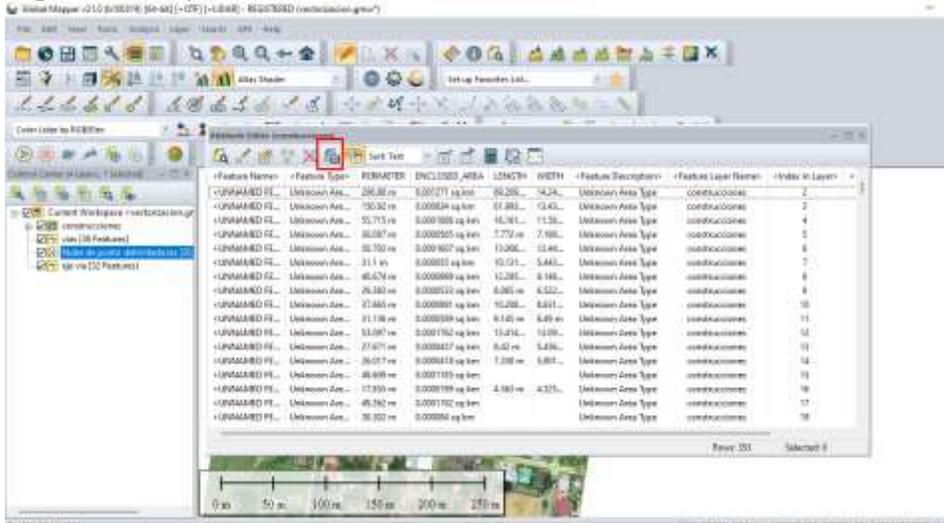
**Figura 84.** Visualización del elemento seleccionado



(Fuente propia)

4. Sobre la barra de herramientas haga clic en el botón **Save to CSV** para exportar la tabla a un cuadro de Excel.

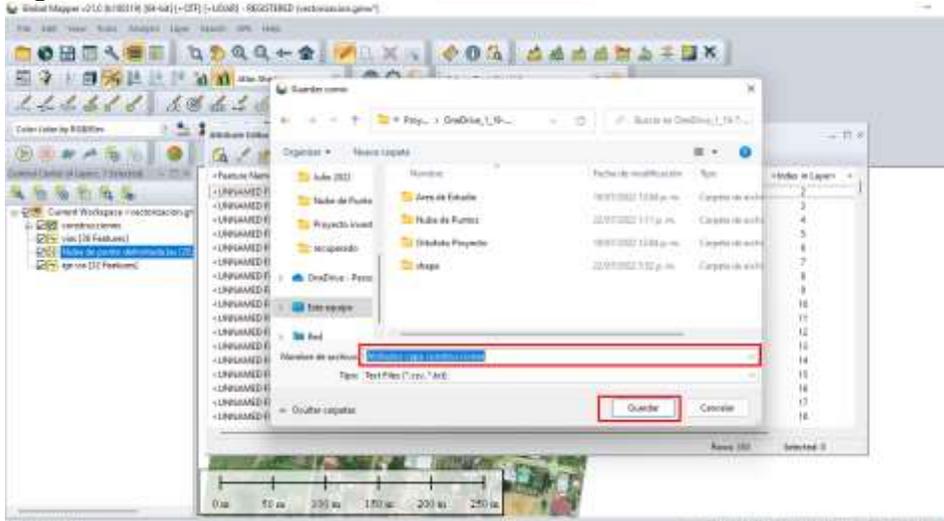
**Figura 85.** Exportar tabla de atributos a Excel



(Fuente propia)

5. Escoja una ubicación en su computador y asigne un nombre al archivo, haga clic en guardar.

**Figura 86.** Guardar archivo de tabla de atributos



(Fuente propia)

6. En el siguiente cuadro seleccione la opción ;(semi-colon) y haga clic en ok para continuar

Figura 87. Configuración de parámetros para exportar tabla de atributos



(Fuente propia)

7. Busque y ejecute el archivo de Excel generado, tendrá un cuadro con los atributos de cada vector creado en el software Global mapper. organice la información que sea de su preferencia y establezca los datos del inventario de las capas construcciones y vías que fueron vectorizadas y exportadas.

Figura 88. Visualicen de tabla de atributos en Excel

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1	=Feature Na	=Feature Typ	=PERIMETRO	=ENCLOSURA	=LONGITUD	=ANCHO	=Feature Des	=Feature Lay	=Index in Layer							
2	=UNNAMED	Unknown Ar	216.13 m	0.001618 sq	188.466 m	18.482 m	Unknown Ar	construcciones	0							
3	=UNNAMED	Unknown Ar	287.76 m	0.001618 sq	188.467 m	15.036 m	Unknown Ar	construcciones	1							
4	=UNNAMED	Unknown Ar	266.89 m	0.001272 sq	189.289 m	16.261 m	Unknown Ar	construcciones	2							
5	=UNNAMED	Unknown Ar	120.59 m	0.000284 sq	141.981 m	12.409 m	Unknown Ar	construcciones	3							
6	=UNNAMED	Unknown Ar	38.715 m	0.000128 sq	94.181 m	11.382 m	Unknown Ar	construcciones	4							
7	=UNNAMED	Unknown Ar	46.907 m	0.000286 sq	7.772 m	7.339 m	Unknown Ar	construcciones	5							
8	=UNNAMED	Unknown Ar	36.705 m	0.000187 sq	23.096 m	12.441 m	Unknown Ar	construcciones	6							
9	=UNNAMED	Unknown Ar	53.3 m	0.000153 sq	130.131 m	3.443 m	Unknown Ar	construcciones	7							
10	=UNNAMED	Unknown Ar	48.874 m	0.000589 sq	12.225 m	8.348 m	Unknown Ar	construcciones	8							
11	=UNNAMED	Unknown Ar	29.353 m	0.000033 sq	8.365 m	6.522 m	Unknown Ar	construcciones	9							
12	=UNNAMED	Unknown Ar	37.659 m	0.000081 sq	30.285 m	6.431 m	Unknown Ar	construcciones	10							
13	=UNNAMED	Unknown Ar	31.118 m	0.000269 sq	8.345 m	6.49 m	Unknown Ar	construcciones	11							
14	=UNNAMED	Unknown Ar	53.393 m	0.001762 sq	13.454 m	11.855 m	Unknown Ar	construcciones	12							
15	=UNNAMED	Unknown Ar	27.675 m	0.000457 sq	8.42 m	5.438 m	Unknown Ar	construcciones	13							
16	=UNNAMED	Unknown Ar	26.813 m	0.000443 sq	7.338 m	5.201 m	Unknown Ar	construcciones	14							
17	=UNNAMED	Unknown Ar	48.809 m	0.001125 sq	6 m	Unknown Ar	construcciones	15								
18	=UNNAMED	Unknown Ar	17.833 m	0.000189 sq	4.563 m	4.825 m	Unknown Ar	construcciones	16							
19	=UNNAMED	Unknown Ar	18.362 m	0.000119 sq	6 m	Unknown Ar	construcciones	17								
20	=UNNAMED	Unknown Ar	18.362 m	0.000119 sq	6 m	Unknown Ar	construcciones	18								
21	=UNNAMED	Unknown Ar	18.317 m	0.000119 sq	11.343 m	7.836 m	Unknown Ar	construcciones	19							

(Fuente propia)

8. Finalmente podrá obtener un cuadro resumen de los atributos de las capas de la siguiente manera.

**Figura 89.** Cuadro resumen de la tabla de atributos

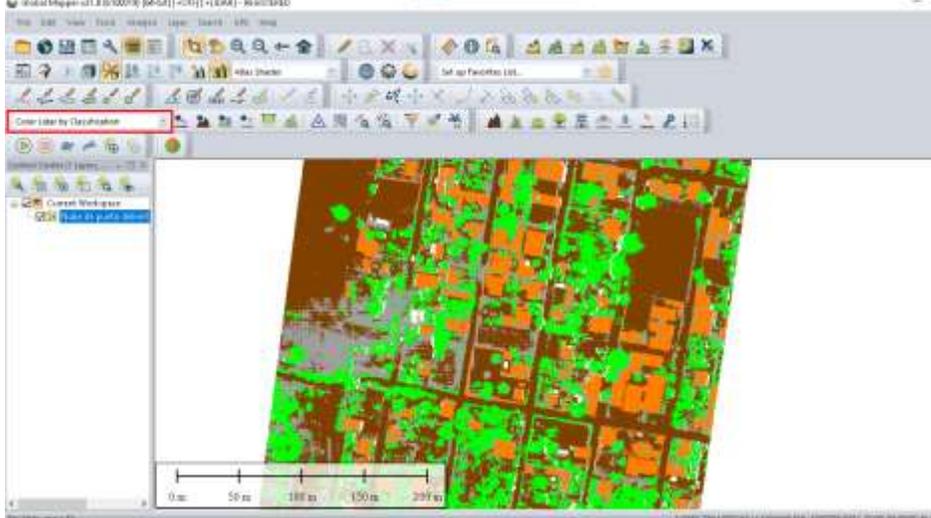
TABLA DE ATRIBUTOS CAPA CONSTRUCCIONES						
NUMERO	CAPA	TIPO	PERIMETRO	AREA	LONGITUD	ANCHO
1	construcciones	POLIGONO	214.13	m <sup>2</sup>	34.8	m
2	construcciones	POLIGONO	207.76	m <sup>2</sup>	33.8	m
3	construcciones	POLIGONO	206.89	m <sup>2</sup>	33.71	m
4	construcciones	POLIGONO	232.92	m <sup>2</sup>	39	m
5	construcciones	POLIGONO	85.73	m <sup>2</sup>	18.64	m
6	construcciones	POLIGONO	20.087	m <sup>2</sup>	4.9	m
7	construcciones	POLIGONO	93.733	m <sup>2</sup>	14.7	m
8	construcciones	POLIGONO	31.1	m <sup>2</sup>	5.6	m
9	construcciones	POLIGONO	40.074	m <sup>2</sup>	6.8	m
10	construcciones	POLIGONO	29.383	m <sup>2</sup>	5.2	m
11	construcciones	POLIGONO	87.642	m <sup>2</sup>	14.2	m
12	construcciones	POLIGONO	31.136	m <sup>2</sup>	5.46	m
13	construcciones	POLIGONO	88.097	m <sup>2</sup>	14.44	m
14	construcciones	POLIGONO	27.671	m <sup>2</sup>	4.42	m
15	construcciones	POLIGONO	36.017	m <sup>2</sup>	5.88	m
16	construcciones	POLIGONO	48.629	m <sup>2</sup>	7.88	m
17	construcciones	POLIGONO	17.855	m <sup>2</sup>	3.03	m
18	construcciones	POLIGONO	49.382	m <sup>2</sup>	7.88	m
19	construcciones	POLIGONO	38.352	m <sup>2</sup>	6.4	m

(Fuente propia)

## GENERACIÓN DE MODELO DIGITAL DE TERRENO RASTER.

1. Cargue la nube de puntos delimitada en el software Global mapper. Cambie al modo clasificación en **Lidar draw mode**.

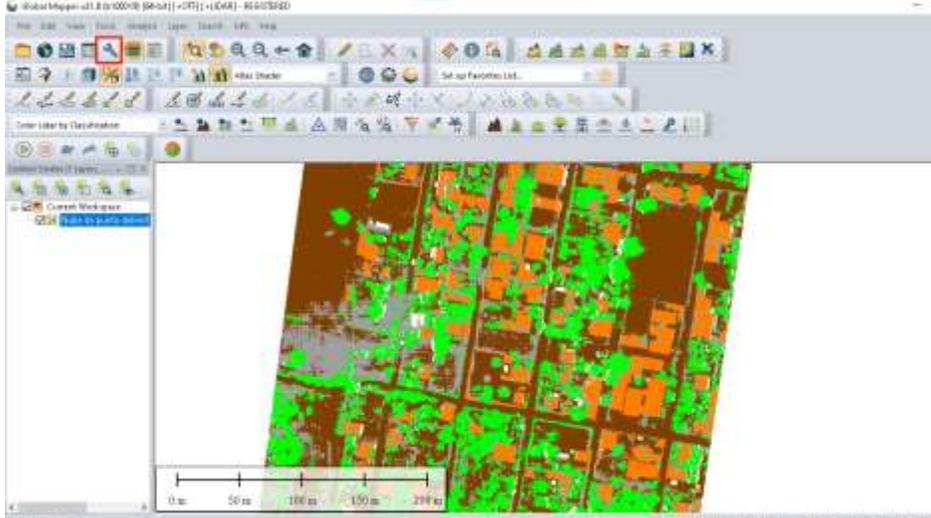
**Figura 90.** Cargar nube de puntos en modo Lidar draw mode



(Fuente propia)

2. En la barra de herramientas haga clic en **configure**.

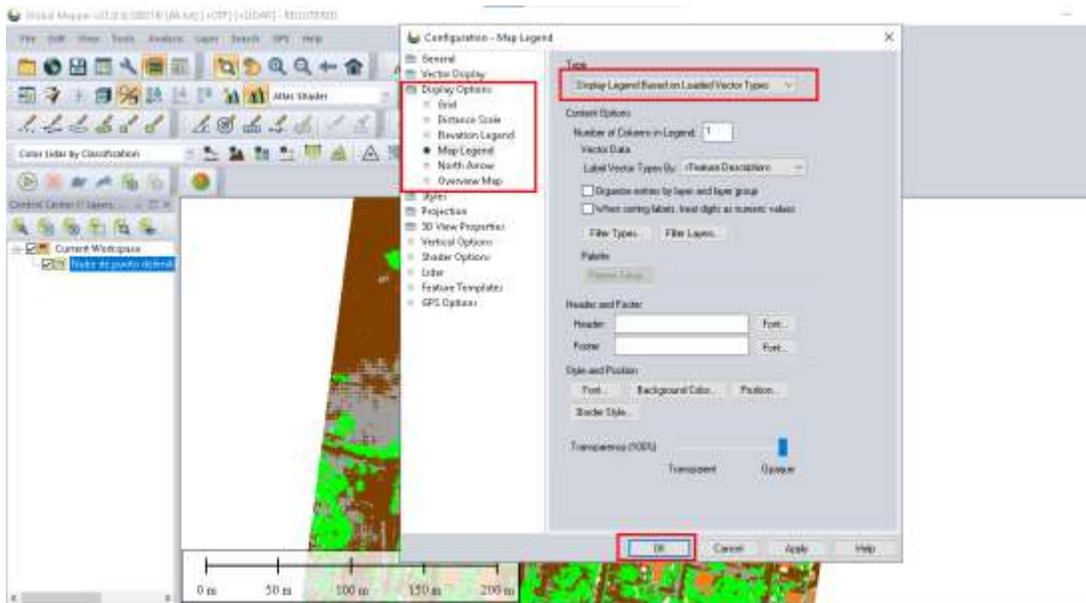
**Figura 91.** Ingresar a configuración.



(Fuente propia)

3. En la ventana de dialogo que se despliega a continuación seleccione la opción **Display options, Map legend** en **Type** seleccione **Display legend based on loaded vector types** y finalmente haga clic en aplicar y ok para continuar.

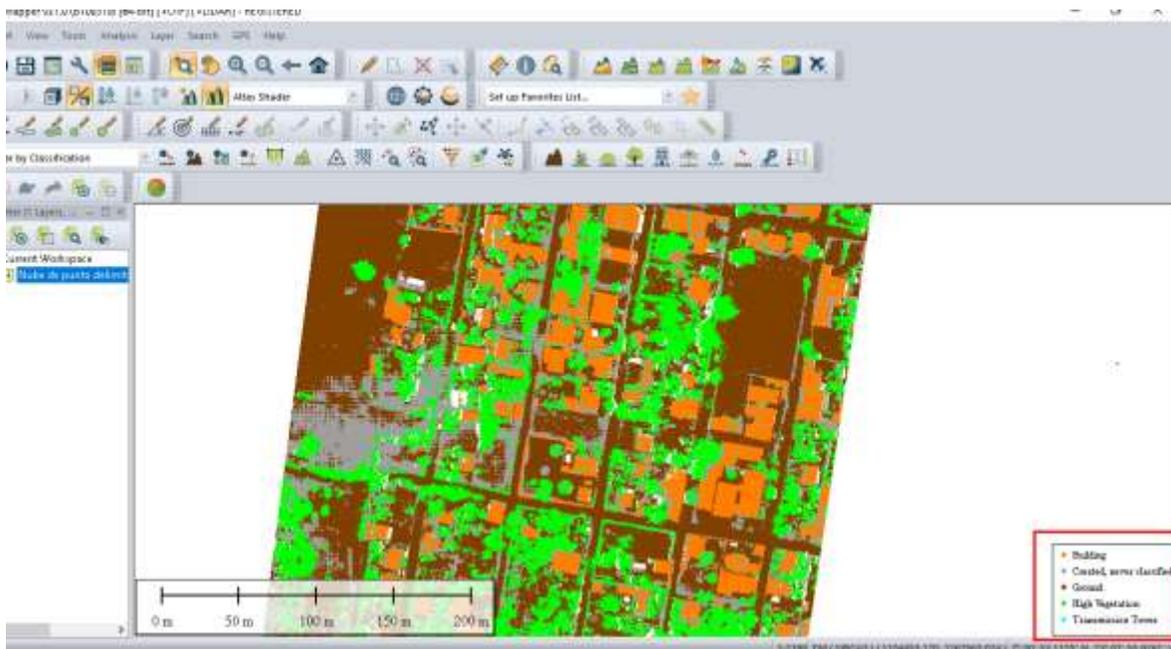
**Figura 92.** Configuración de parámetros para visualizar convenciones de nube de puntos.



(Fuente propia)

- En la parte inferior de la pantalla se desplegarán las convenciones de la nube de puntos del Lidar construcciones, no clasificado, terreno, alta vegetación y torres de transmisión.

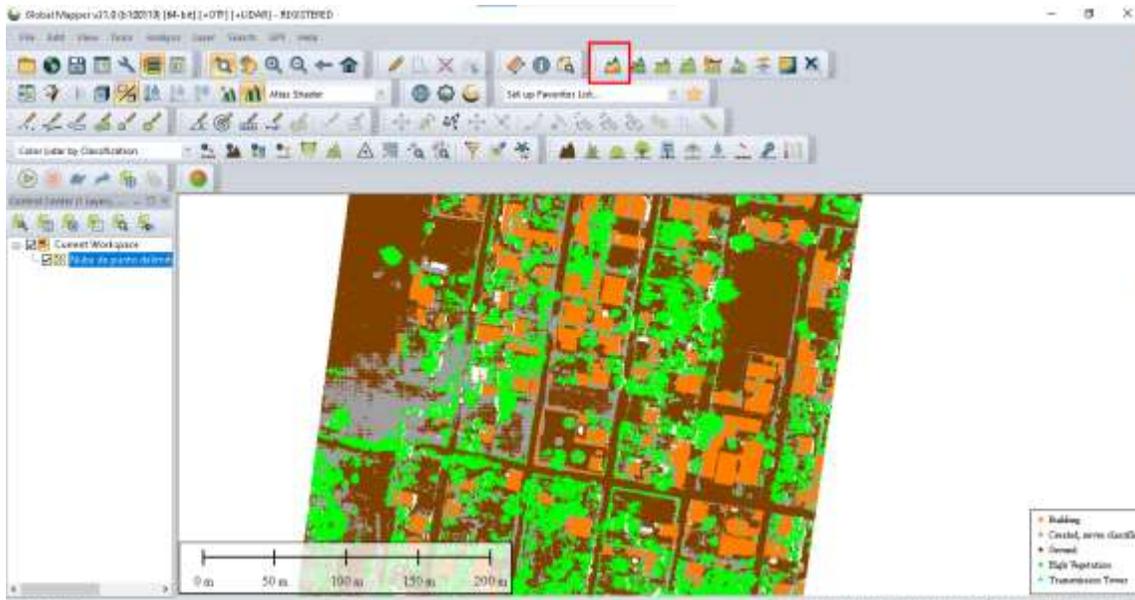
**Figura 93.** Convenciones de la nube de puntos Lidar



(Fuente propia)

- Para la generación el DTM modelo digital de terreno haga clic en **Créate elevation grid.**

**Figura 94.** Generar el DTM



(Fuente propia)

- En la ventana de dialogo que se despliega a continuación, asigne un nombre a la capa que para el caso será **DTM metro** configure las unidades de medida en **Vertical units** selecciones **meters** el método de la grilla será por triangulación, de modo que en **Grid method** seleccione **Triangulation (Grid TIN of points)** y para el tipo de grilla en **Grid type** seleccione **Elevation values** que serán los valores de elevación, una vez configurados estos parámetros haga clic en **Filter Lidar points to use by Elevation/Class/Color/Etc.**

**Figura 95.** Configuración de parámetros para MDT



(Fuente propia)

- En la siguiente ventana de dialogo configure la clasificación por la cual interpolara el software, haga clic en **Clear all** para limpiar la selección y solo escoja la opción terreno **ground** de tal forma que el software trabaje el DTM solo con los puntos de terreno, haga Clic en ok para continuar

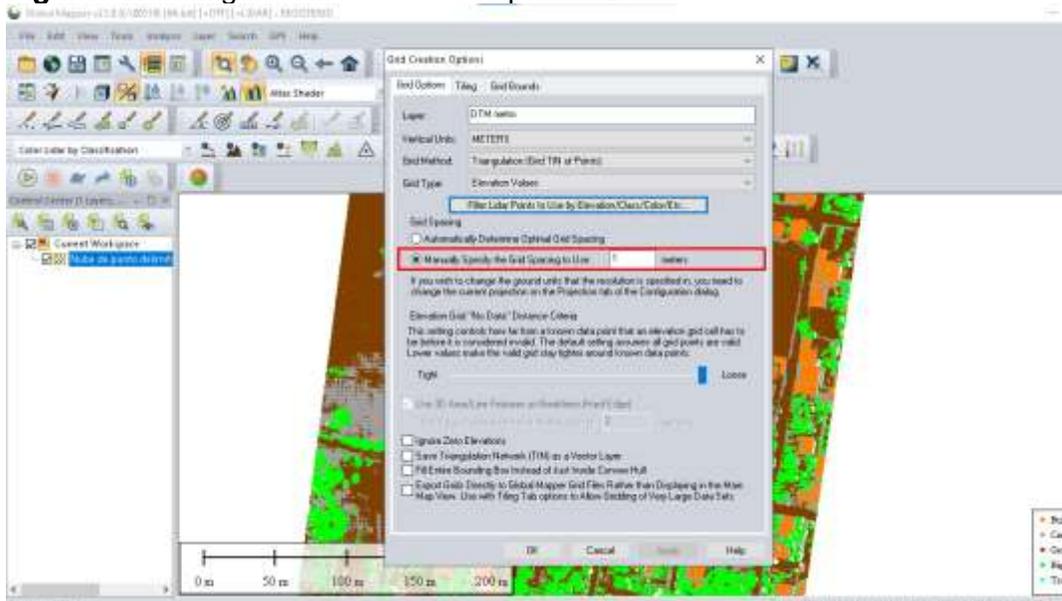
**Figura 96.** Interpolación DTM



(Fuente propia)

8. A continuación, seleccione la opción **Manually specify the grid spacing to use** y digitalice 1 para que el software trabaje con un punto cada metro de terreno, haga clic en ok para procesar.

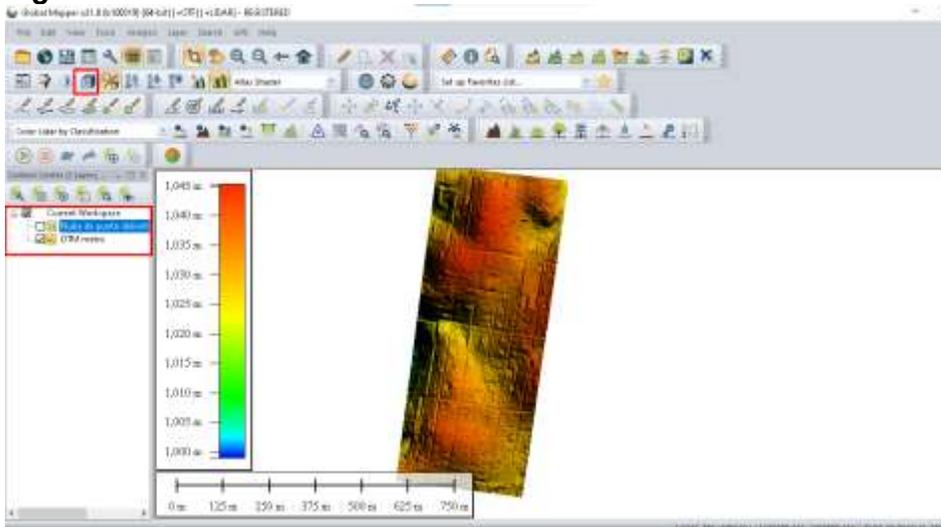
**Figura 97.** Configuración densidad de puntos DTM



(Fuente propia)

9. Una vez el software haya procesado la información, apague la nube de puntos Lidar y visualice el DTM modelo digital de terreno, al costado izquierdo de la pantalla podrá ver una paleta de colores que indica el nivel en el que se encuentra cada sector del área de estudio, a continuación, seleccione de la barra de herramientas la opción **3d**.

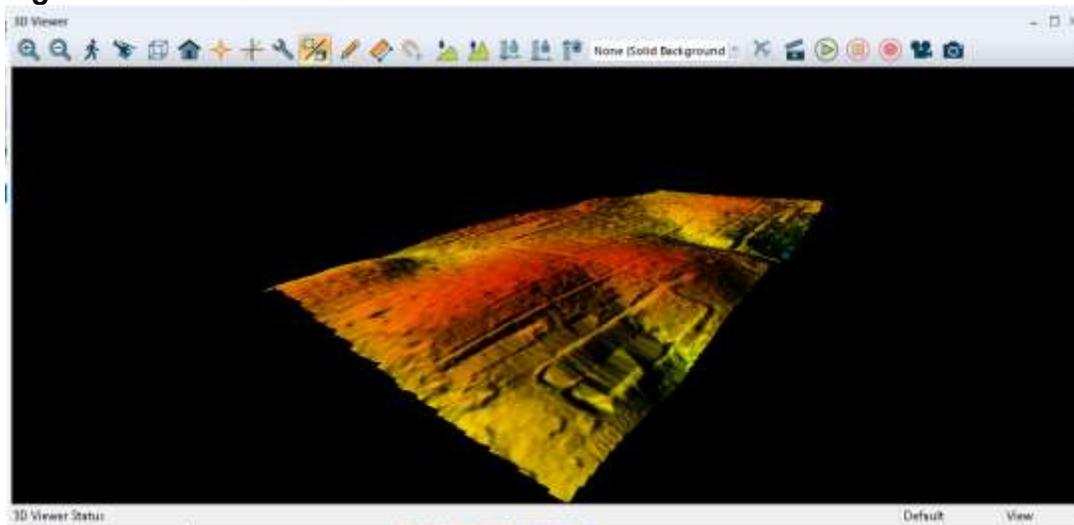
**Figura 98.** Visualización DTM



(Fuente propia)

10. Allí podrá observar de la siguiente manera la forma del terreno.

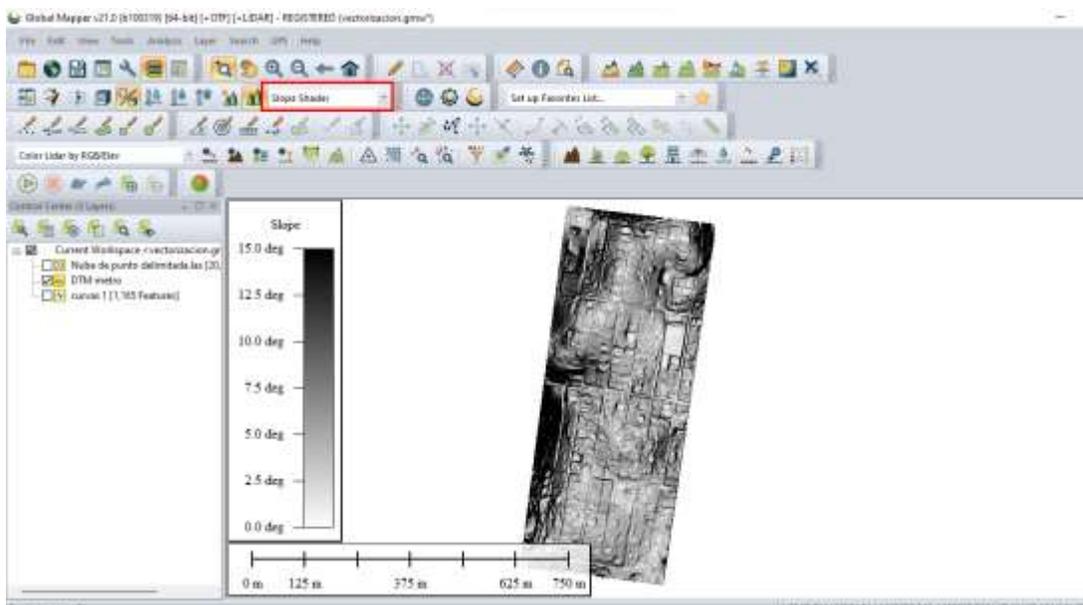
**Figura 99.** Visualización DTM en 3d



(Fuente propia)

11. Una vez generado el DTM modelo digital de terreno, diríjase a la barra de herramientas en **shader list** seleccione **Slope Shader**, ahora podrá visualizar el mapa de pendientes, donde le muestra que el terreno tiene una variación de 0° a 15°, la intensidad de colores monocromáticos le indicará la pendiente en cada zona dentro del área de estudio.

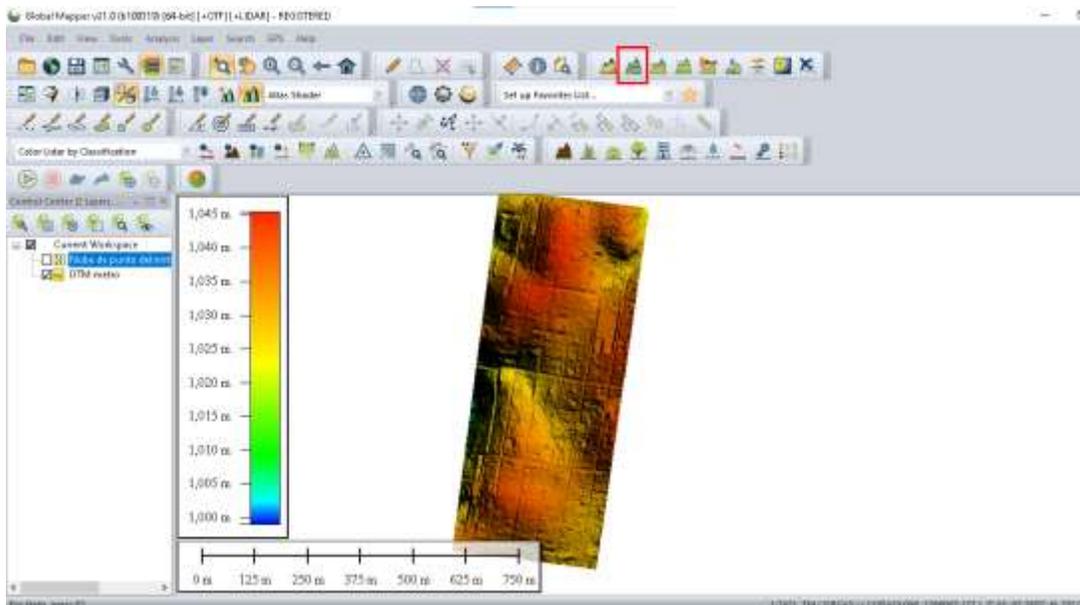
**Figura 100.** Visualización mapa de pendientes



(Fuente propia)

12. Para extraer las curvas de nivel diríjase a la barra de herramientas y haga clic en **create contours**.

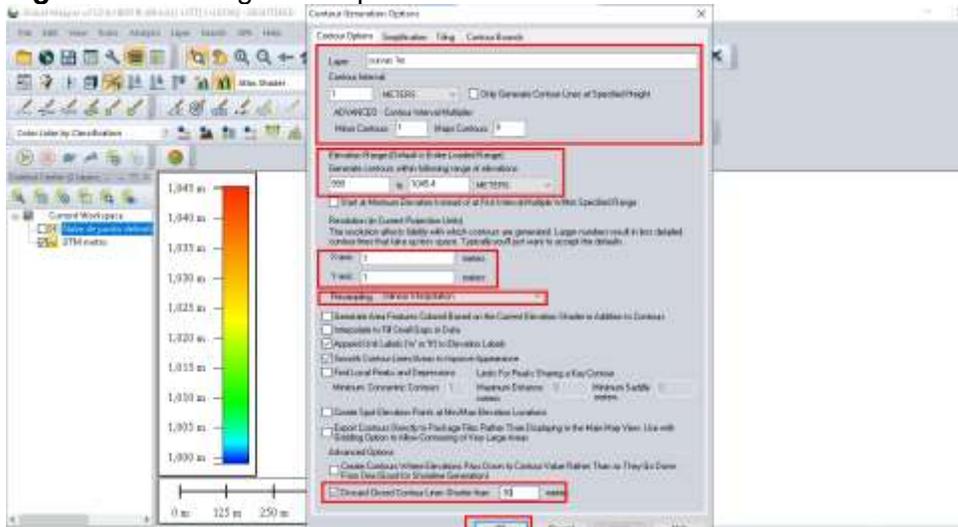
**Figura 101.** Generar curvas de nivel



(Fuente propia)

13. En la ventana que se despliega a continuación, asigne un nombre a la capa que para el caso será **curvas 1** configure los intervalos de contorno a 1 metro en **Contour interval**, el menor contorno a 1 metro en **Minor contours** y el mayor a 5 metros en **Major contours**, la mínima y máxima elevación la deja por defecto, en **x, y** digitalice 1 metro, el método de interpolación en **Resamplig**, seleccione **bilinear interpolación**, para el cierre de los contornos será a 30 metros en **Discard closed contour lines shorter than**. y haga clic en **ok** para continuar.

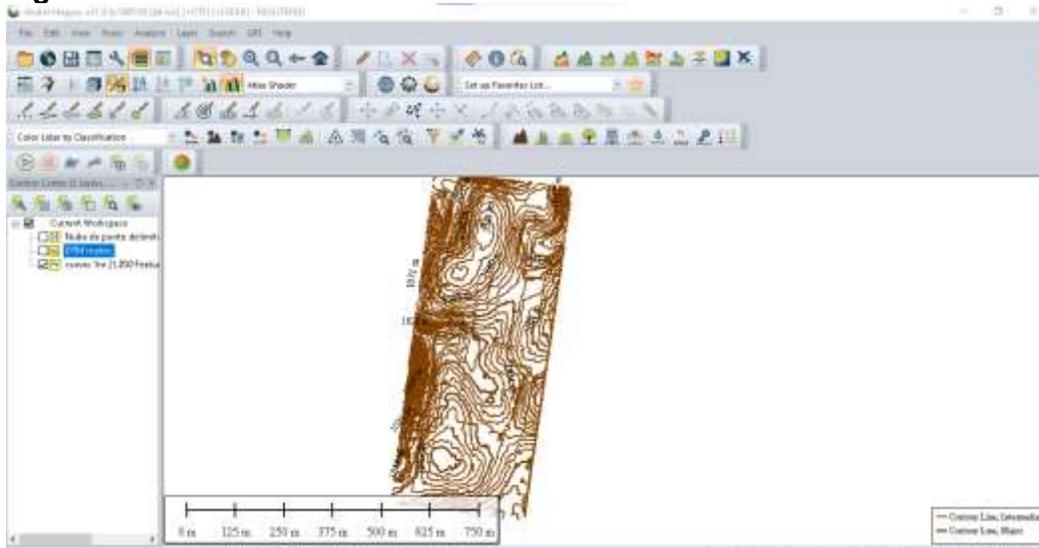
**Figura 102.** Configuración parámetros curvas de nivel



(Fuente propia)

14. Espere que el software procese y obtendrá las curvas de nivel del área de estudio cada metro de la siguiente manera, para visualizar apague la capa del DTM y de la nube de puntos Lidar, si así lo desea.

**Figura 103.** Visualización curva de nivel

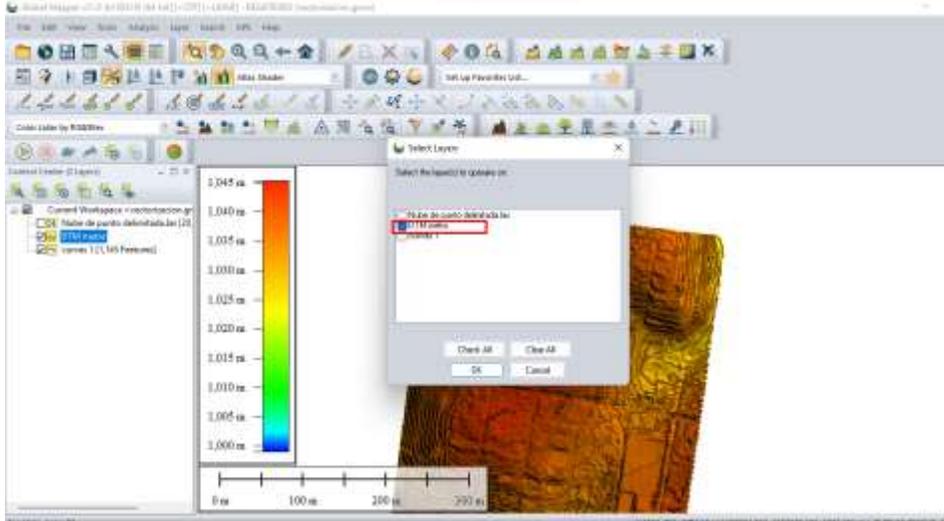


(Fuente propia)



17. Seleccione la capa **DTM** y haga clic en **ok** para continuar.

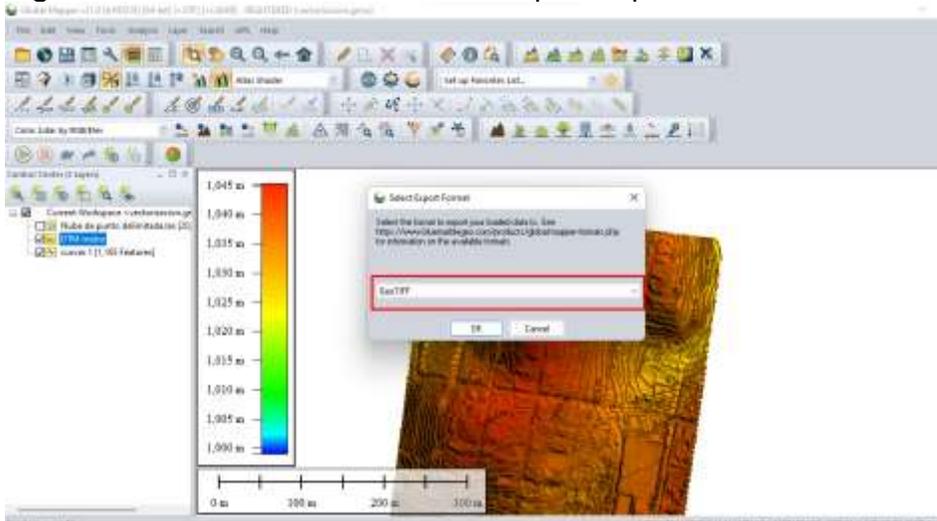
**Figura 106.** Selección DTM para exportar



(Fuente propia)

18. Seleccione el tipo de archivo que para el caso es **GeoTIFF** haga clic en **ok** para continuar, seleccione la carpeta donde desea guardar el archivo y asigne un nombre.

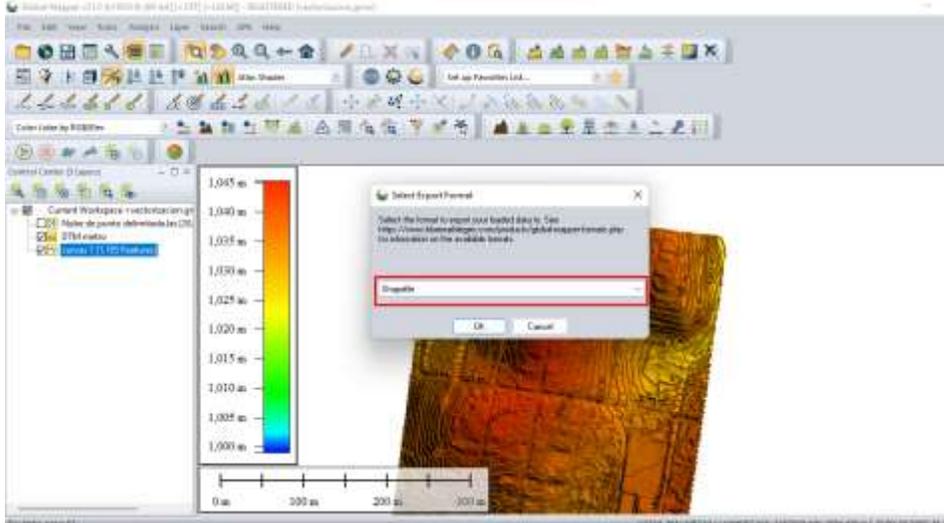
**Figura 107.** Selección formato GeoTIFF para exportar DTM



(Fuente propia)

19. De igual forma exporte la capa de las curvas de nivel seleccionando en el tipo de archivo **Shapefile**.

**Figura 108.** Exportar curvas de nivel en formato shapefile.



(Fuente propia)

## 5. RESULTADOS

Ejecutados los procesos descritos en desarrollo del trabajo de investigación, se generaron los siguientes resultados.

En la fase 1 se realizó la reconstrucción 3D del modelo que dejó como resultado el siguiente producto

### 1. Nube de puntos general con extensión. LAS

**Figura 109.** Nube de puntos general del sector (Resultado No 1 fase 1)



(Fuente propia)

A partir del modelo general se seleccionó una zona específica que trata del área de estudio ubicada en el corregimiento de Acapulco del municipio de Girón, en el departamento de Santander con una extensión de 30.16 hectáreas dejando como resultado el siguiente producto

## 2. Nube de puntos delimitada con extensión. LAS

**Figura 110.** Nube de puntos delimitada (Resultado No 2 fase 1)



(Fuente propia)

En la fase 2 se obtuvieron 5 resultados, producto de las actividades de clasificación, vectorización y generación de modelos Ráster. Como se muestra a continuación:

3. Cartografía urbana del sector de estudio
4. Modelo Digital de terreno – DTM y Curvas de nivel 1.0 metros
5. Mapa de pendientes
6. Inventario de infraestructura
7. Cartografía temática del área de estudio

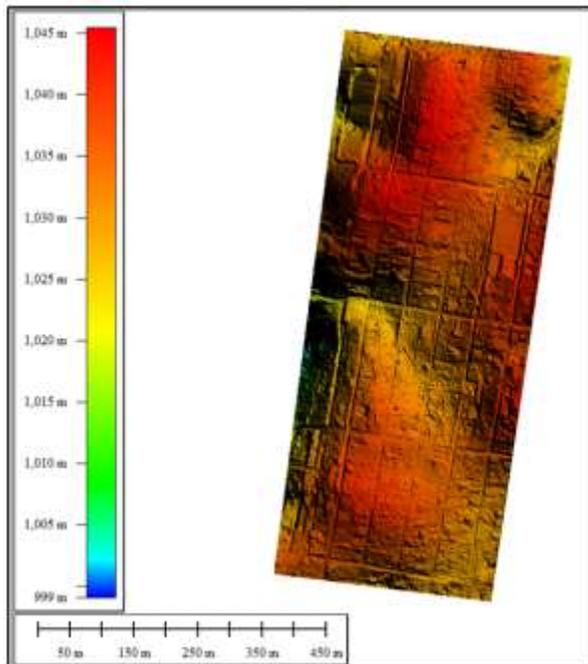
**Figura 111.** Cartografía urbana del sector de estudio (Resultado No 3 fase 2)



(Fuente propia)

En color azul la capa construcciones de tipo polígono y en color rojo la capa de vías de tipo línea.

**Figura 112.** Modelo DTM (Resultado No 4 fase 2)



(Fuente propia)

muestra la capa Ráster indicando por medio de una rampa de colores, los rangos de elevación mínima y máxima del suelo desnudo dentro de la zona de estudio.

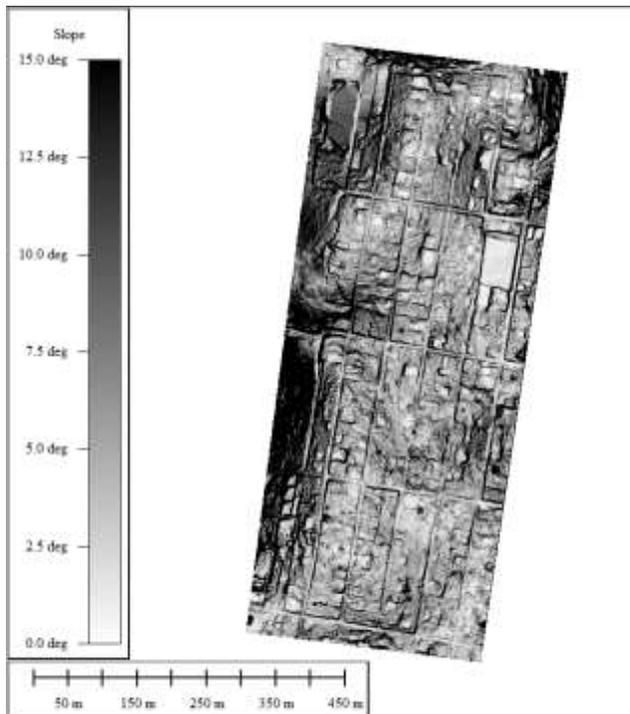
**Figura 113.** Curvas de nivel (Resultado 4 fase2)



(Fuente propia)

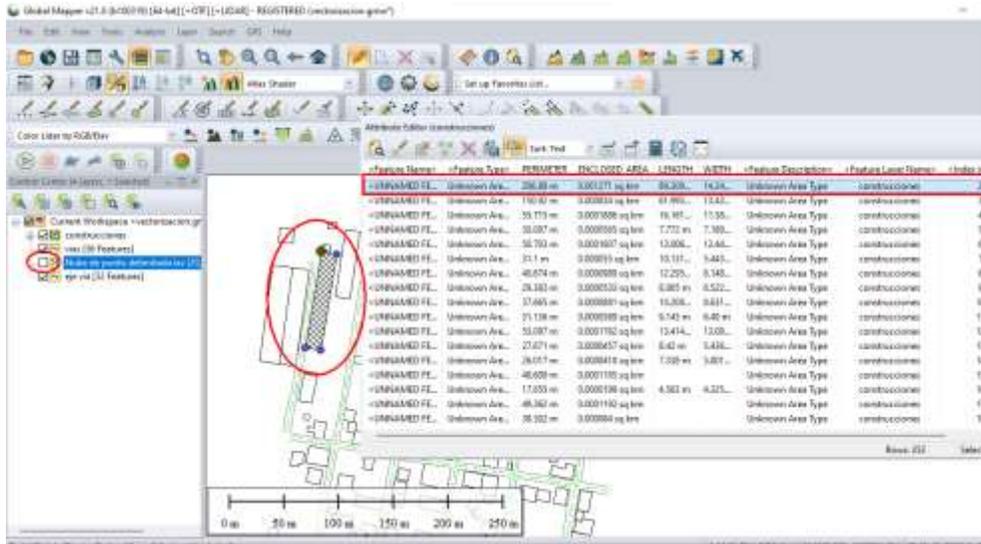
Muestra la forma del terreno en formato vectorial, por medio de líneas que indican las curvas de nivel de terreno, espaciadas 1.0 metros.

**Figura 114.** Mapa de pendientes (Resultado 5 fase 2)



(Fuente propia)

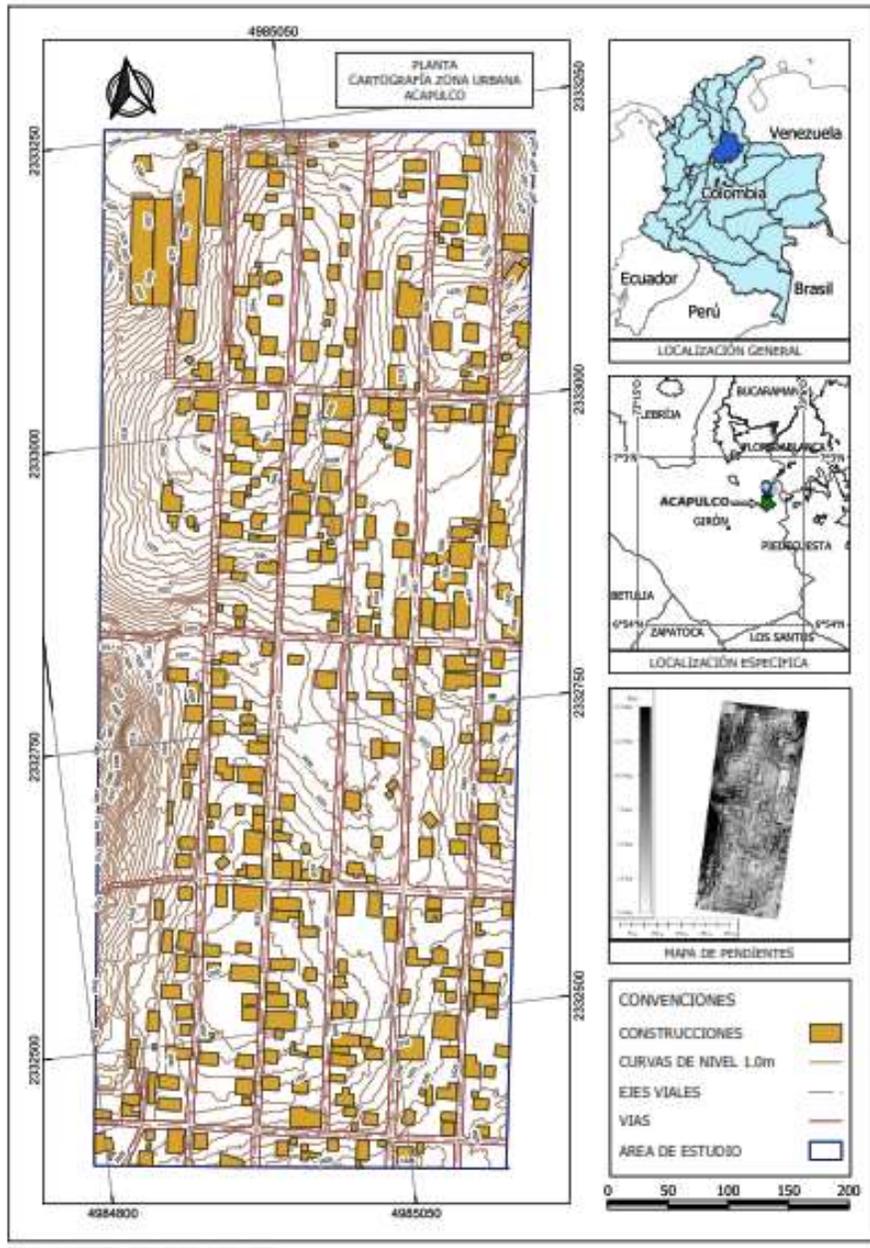
**Figura 115.** Inventario de infraestructura software global Mapper (Resultado 6 fase 2)



(Fuente propia)

El mapa temático, ilustra el compilado de los datos vector producidos mediante el procesamiento del uso de tecnología Lidar, permitiendo apoyar los procesos diagnósticos en el ordenamiento territorial.

**Figura 116.** Mapa temático



(Fuente propia)

## 6. CONCLUSIONES

1. Se logró aplicar una metodología de procesamiento de datos LiDAR capturado con sensor ZENMUSE L1 DJI, para la generación de insumos que apoyan el proceso diagnóstico en el ordenamiento territorial con el uso del software DJI Terra y Global Mapper, como la generación de nubes de puntos, modelo digital de elevación y mapa de pendientes y curvas de nivel.
2. Con el uso de SIG, se generaron curvas de nivel, infraestructuras y vías de comunicación terrestre de la zona de estudio, lo que permitió el desarrollo de un mapa de cartografía urbana, requerido para los procesos diagnósticos en el ordenamiento territorial.
3. El proyecto de investigación se desarrolló en etapas que contemplaron la reconstrucción 3D del modelo, clasificación, vectorización y generación de modelos Ráster, dando una secuencia metodológica, necesaria para la elaboración de un manual sobre el uso de tecnología Lidar empleando para la captura de datos el sensor ZENMUSE L1, y software específico para la generación de cartografía de la zona urbana del corregimiento de Acapulco municipio de Girón en el departamento de Santander.

## 7. RECOMENDACIONES

- El utilizar la metodología descrita en el desarrollo del trabajo de grado, permite al investigador un aprendizaje sistemático, logrando las destrezas necesarias para la reproducción de cartografía de zonas urbanas y/o rurales, replicando los mismos métodos, para la actualización de diferentes zonas de estudio, dentro del territorio colombiano, como apoyo al proceso diagnóstico del ordenamiento territorial.
- El presente estudio no modela las precisiones obtenidas del SET de datos Lidar, debido a que no hace parte del alcance del presente estudio de investigación; sin embargo, se recomienda antes de la generación de los resultados del proyecto, revisar la precisión de la nube de puntos, empleando modelos estadísticos que permitan identificar la escala obtenida para la cartografía reproducida, identificando los errores máximos y mínimos permisibles que establece Ley 529 del 2020, para la reproducción de cartografía en Colombia, y dar cumplimiento a los marcos normativos vigentes.
- Se recomienda en lo posible, emplear para la actualización cartográfica de cualquier zona de estudio, como información adicional a la nube de puntos LIDAR RGB, un mosaico digital u ortofoto, que permita al calculista del proyecto, identificar con mayor rapidez la infraestructura vector a digitalizar.

## 8. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Aerocivil. (09 de 03 de 2019). *Aeronautica Civil*. Obtenido de Aeronautica Civil: <https://www.aerocivil.gov.co/servicios-a-la-navegacion/sistema-de-aeronaves-pilotadas-a-distancia-rpas-drones>
- Bogota, C. (2019). <https://www.gov.co/home>. Obtenido de <https://www.gov.co/home>: <https://www.ideca.gov.co/recursos/glosario/sistema-de-referencia-por-coordenadas#:~:text=Sistema%20de%20referencia%20por%20coordenadas%20que%20se%20relaciona%20con%20el,determinar%20los%20%C3%A1ngulos%20laterales%20de>
- Corredor, J. D. (2018). *Implementacion de datos lidar para la deteccion de cambios en el proceso de actualizacion catastral, caso de estudio zona piloto municipio de chía*. Bogotá.
- DJI. (2022). *DJI*. Obtenido de DJI: <https://www.dji.com/zenmuse-l1>
- E.Palomino, C. O. (14 de agosto de 2022). Cartografía tematica del área de estudio. *Cartografía tematica del área de estudio*. Bucaramanga, Santander, Colombia.
- Función pública. (18 de julio de 1977). LEY 388 DE 1997. Colombia.
- GIM INTERNATIONAL. (14 de 04 de 2021). *gim-international.com*. Obtenido de [www.gim-international.com](http://www.gim-international.com): <https://www.gim-international.com/case-study/new-generation-zenmuse-l1-lidar-drone-system-combines-quality-with-affordability>
- Gomez Orea, D., & Gómez Villarino, A. (2013). *Ordenacion Territorial*. Ediciones Mundi-Prensa.
- ICONTEC. (23 de Mayo de 2018). Informacion Geográfica, Estudios Topograficos.
- Icontec Internacional. (2018). Norma tecnica colombiana NTC 6271. En I. Internacional, *Norma tecnica colombiana* (pág. 68). Bogotá.
- IGAC. (28 de 01 de 2005). Resolución 068. Bogotá, D.C, Colombia.
- IGAC. (05 de Junio de 2020). Resolución 529 de 2020. Bogotá, D.C, Colombia.
- IGAC. (24 de Mayo de 2022). resolución 658 de 2022. *por medio de la cual se establecen ñas especificaciones técnicas minimas para la generación de cartografía tematica oficial de los intrumentos de ordenamiento territorial*. Bogotá, D.C, colombia.
- ingeoexpert. (25 de 01 de 2019). *Ingeoexpert.com*. Obtenido de [Ingeoexpert.com](http://Ingeoexpert.com): <https://ingeoexpert.com/2019/01/25/que-es-la-cartografia-caracteristicas-y-evolucion/>
- Martín, D. N. (s.f.). *educatelweb*. Obtenido de [http://www.educatelweb.org/sites/default/files/manuales/Pr%C3%A1ctica3\\_lidar.pdf](http://www.educatelweb.org/sites/default/files/manuales/Pr%C3%A1ctica3_lidar.pdf)
- Parra, S. G. (2017). *Actualización de la Cartografía catastral de la ciudad de bogotá, mediante datos LIDAR*. Bogotá.
- Ramirez, I. P., & Esisten, S. (2014). *Clasificacion de una nube de puntos Lidar a partir de tecnicas de mineria de datos, mediante software de uso Libre*. Medellín.
- RMS Geoespacial. (2022). *RMS Geoespacial*. Obtenido de RMS Geoespacial: <https://rmsgeoespacial.com/producto/dron-matrice-300-rtk-marca-dji-paquete-3-camara-zenmuse-l1-precio/>
- SAI. (Octubre de 2012). Informe Técnico del proyecto AUX colombia. Sao paulo, Brazil.
- Sanchez Lopera, L. G. (2012). Actualización de cartografía Catastral Urbana, mediante Lidar y SIG. *Internacional de ciencia y Tecnologia a la Información geográfica.*, 18.

F-DC-125

INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO EN MODALIDAD DE PROYECTO  
DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO TECNOLÓGICO, MONOGRAFÍA,  
EMPRENDIMIENTO Y SEMINARIO

VERSIÓN: 1.0

Siabato, W. (Enero de 2010). *Procesamiento y accesibilidad de datos LIDAR a través de aplicaciones distribuidas*. Obtenido de ReseachGate:  
[https://www.researchgate.net/publication/279663918\\_Procesamiento\\_y\\_accesibilidad\\_de\\_datos\\_LiDAR\\_a\\_traves\\_de\\_aplicaciones\\_distribuidas](https://www.researchgate.net/publication/279663918_Procesamiento_y_accesibilidad_de_datos_LiDAR_a_traves_de_aplicaciones_distribuidas)  
territorial, M. d. (13 de 07 de 2020). <https://www.gub.uy/>. Obtenido de <https://www.gub.uy/ministerio-vivienda-ordenamiento-territorial/politicas-y-gestion/es-ordenamiento-territorial>

## 9. ANEXOS

### Anexo A

Tabla 2. Atributos capa construcciones

<b>TABLA DE ATRIBUTOS CAPA CONSTRUCCIONES</b>						
<b>NUMERO</b>	<b>CAPA</b>	<b>TIPO</b>	<b>PERIMETRO</b>	<b>AREA m<sup>2</sup></b>	<b>LONGITUD ml</b>	<b>ANCHO ml</b>
1	construcciones	POLIGONO	214.13	1638.00	88.47	18.49
2	construcciones	POLIGONO	207.76	1339.00	88.68	15.08
3	construcciones	POLIGONO	206.88	1271.00	89.21	14.24
4	construcciones	POLIGONO	150.92	834.00	61.99	13.44
5	construcciones	POLIGONO	55.715	188.60	16.16	11.58
6	construcciones	POLIGONO	30.087	56.50	7.77	7.19
7	construcciones	POLIGONO	50.703	160.70	13.01	12.44
8	construcciones	POLIGONO	31.1	55.00	10.13	5.44
9	construcciones	POLIGONO	40.674	98.90	12.30	8.15
10	construcciones	POLIGONO	29.383	53.30	8.07	6.52
11	construcciones	POLIGONO	37.665	88.10	10.21	8.63
12	construcciones	POLIGONO	31.136	58.90	9.15	6.49
13	construcciones	POLIGONO	53.097	176.20	13.41	13.10
14	construcciones	POLIGONO	27.671	45.70	8.42	5.44
15	construcciones	POLIGONO	26.017	41.80	7.34	5.80
16	construcciones	POLIGONO	48.609	118.50	--	--
17	construcciones	POLIGONO	17.855	19.90	4.56	4.33
18	construcciones	POLIGONO	49.362	119.20	--	--
19	construcciones	POLIGONO	38.302	84.00	--	--
20	construcciones	POLIGONO	38.517	88.70	11.35	7.64
21	construcciones	POLIGONO	48.825	132.80	--	--
22	construcciones	POLIGONO	56.665	199.60	15.19	12.95
23	construcciones	POLIGONO	61.567	233.50	17.25	13.49
24	construcciones	POLIGONO	41.673	108.30	--	--
25	construcciones	POLIGONO	33.602	69.80	--	--
26	construcciones	POLIGONO	43.484	116.90	--	--
27	construcciones	POLIGONO	53.111	175.10	14.31	12.17
28	construcciones	POLIGONO	49.082	148.40	--	--
29	construcciones	POLIGONO	42.484	109.00	12.26	8.68
30	construcciones	POLIGONO	49.193	123.50	--	--

31	construcciones	POLIGONO	18.501	20.70	5.50	3.80
32	construcciones	POLIGONO	39.225	88.00	12.74	6.94
33	construcciones	POLIGONO	41.897	108.10	11.76	9.29
34	construcciones	POLIGONO	54.248	183.20	14.29	12.62
35	construcciones	POLIGONO	42.494	112.90	10.66	10.64
36	construcciones	POLIGONO	35.833	80.10	9.35	8.57
37	construcciones	POLIGONO	25.337	39.60	7.08	5.67
38	construcciones	POLIGONO	18.4	20.30	5.41	3.69
39	construcciones	POLIGONO	41.006	102.30	11.89	8.63
40	construcciones	POLIGONO	33.981	67.80	10.56	6.33
41	construcciones	POLIGONO	66.087	260.70	20.05	13.07
42	construcciones	POLIGONO	20.386	25.00	--	--
43	construcciones	POLIGONO	59.14	190.70	20.01	9.41
44	construcciones	POLIGONO	96.597	522.00	--	--
45	construcciones	POLIGONO	42.338	111.80	10.58	10.51
46	construcciones	POLIGONO	59.472	219.30	--	--
47	construcciones	POLIGONO	54.155	171.90	16.84	10.37
48	construcciones	POLIGONO	22.846	32.40	--	--
49	construcciones	POLIGONO	57.093	188.80	18.28	10.25
50	construcciones	POLIGONO	53.667	177.90	15.02	11.77
51	construcciones	POLIGONO	78.188	364.40	--	--
52	construcciones	POLIGONO	56.32	196.50	--	--
53	construcciones	POLIGONO	46.229	133.40	11.68	11.37
54	construcciones	POLIGONO	67.697	211.60	--	--
55	construcciones	POLIGONO	22.371	30.40	--	--
56	construcciones	POLIGONO	55.536	191.00	15.22	12.82
57	construcciones	POLIGONO	48.562	146.80	12.79	11.35
58	construcciones	POLIGONO	29.553	53.70	8.35	6.52
59	construcciones	POLIGONO	17.336	18.80	4.34	4.31
60	construcciones	POLIGONO	17.342	18.70	4.57	4.15
61	construcciones	POLIGONO	63.781	252.10	--	--
62	construcciones	POLIGONO	66.902	277.30	18.16	15.27
63	construcciones	POLIGONO	54.318	181.70	15.26	12.10
64	construcciones	POLIGONO	43.33	117.30	10.96	10.64
65	construcciones	POLIGONO	69.691	287.40	21.17	13.22
66	construcciones	POLIGONO	54.158	174.80	--	--

67	construcciones	POLIGONO	27.239	45.90	--	--
68	construcciones	POLIGONO	68.629	239.30	--	--
69	construcciones	POLIGONO	25.798	39.60	--	--
70	construcciones	POLIGONO	70.169	302.70	19.30	15.15
71	construcciones	POLIGONO	48.252	134.10	--	--
72	construcciones	POLIGONO	52.192	170.10	13.29	12.90
73	construcciones	POLIGONO	76.8	303.50	--	--
74	construcciones	POLIGONO	10.284	6.40	3.01	2.14
75	construcciones	POLIGONO	38.22	74.60	--	--
76	construcciones	POLIGONO	28.703	50.10	8.31	6.05
77	construcciones	POLIGONO	20.013	18.90	--	--
78	construcciones	POLIGONO	23.032	32.50	6.57	4.86
79	construcciones	POLIGONO	62.204	228.30	19.06	11.90
80	construcciones	POLIGONO	50.402	134.40	--	--
81	construcciones	POLIGONO	59.614	108.90	--	--
82	construcciones	POLIGONO	38.635	86.00	12.36	7.02
83	construcciones	POLIGONO	55.068	158.30	--	--
84	construcciones	POLIGONO	44.905	118.70	13.73	8.44
85	construcciones	POLIGONO	85.009	352.90	--	--
86	construcciones	POLIGONO	68.224	235.60	24.46	9.55
87	construcciones	POLIGONO	28.883	48.40	9.08	5.21
88	construcciones	POLIGONO	54.472	170.40	17.31	9.86
89	construcciones	POLIGONO	51.136	139.10	--	--
90	construcciones	POLIGONO	28.041	49.00	7.36	6.79
91	construcciones	POLIGONO	15.918	15.80	4.00	3.92
92	construcciones	POLIGONO	13.876	12.00	3.72	3.24
93	construcciones	POLIGONO	45.808	130.50	12.13	10.78
94	construcciones	POLIGONO	52.86	174.40	--	--
95	construcciones	POLIGONO	38.699	93.60	9.63	9.58
96	construcciones	POLIGONO	28.91	52.10	7.66	6.77
97	construcciones	POLIGONO	19.702	24.20	5.21	4.50
98	construcciones	POLIGONO	89.929	503.00	--	--
99	construcciones	POLIGONO	40.926	104.60	--	--
100	construcciones	POLIGONO	45.313	128.30	11.77	11.27
101	construcciones	POLIGONO	68.95	259.40	23.34	11.11
102	construcciones	POLIGONO	70.334	306.50	19.40	15.93

103	construcciones	POLIGONO	73.186	253.10	--	--
104	construcciones	POLIGONO	60.783	230.50	15.57	14.66
105	construcciones	POLIGONO	55.884	175.60	--	--
106	construcciones	POLIGONO	64.317	217.90	--	--
107	construcciones	POLIGONO	78.198	331.60	--	--
108	construcciones	POLIGONO	18.327	20.80	--	--
109	construcciones	POLIGONO	17.26	18.00	5.15	3.54
110	construcciones	POLIGONO	58.245	175.70	--	--
111	construcciones	POLIGONO	39.266	96.30	--	--
112	construcciones	POLIGONO	91.019	512.00	25.20	20.07
113	construcciones	POLIGONO	46.368	134.40	11.83	11.47
114	construcciones	POLIGONO	61.096	229.50	17.18	13.33
115	construcciones	POLIGONO	63.491	248.60	17.50	14.20
116	construcciones	POLIGONO	33.015	67.90	8.66	7.64
117	construcciones	POLIGONO	32.292	65.20	8.15	8.07
118	construcciones	POLIGONO	13.955	12.20	3.53	3.38
119	construcciones	POLIGONO	19.733	22.10	6.35	3.47
120	construcciones	POLIGONO	36.966	84.80	9.93	8.53
121	construcciones	POLIGONO	63.284	249.00	16.98	14.83
122	construcciones	POLIGONO	35.423	78.30	9.24	8.47
123	construcciones	POLIGONO	16.483	16.10	5.06	3.18
124	construcciones	POLIGONO	47.172	139.10	11.83	11.77
125	construcciones	POLIGONO	25.688	40.40	7.44	5.48
126	construcciones	POLIGONO	33.909	71.40	--	--
127	construcciones	POLIGONO	88.115	382.70	--	--
128	construcciones	POLIGONO	46.729	135.60	12.70	10.72
129	construcciones	POLIGONO	25.738	33.70	9.22	3.66
130	construcciones	POLIGONO	20.537	26.00	5.78	4.51
131	construcciones	POLIGONO	52.495	152.90	17.53	8.72
132	construcciones	POLIGONO	38.268	91.50	9.67	9.65
133	construcciones	POLIGONO	37.26	81.60	11.46	7.05
134	construcciones	POLIGONO	50.891	158.30	14.61	10.95
135	construcciones	POLIGONO	44.044	119.80	12.14	9.81
136	construcciones	POLIGONO	57.341	181.10	--	--
137	construcciones	POLIGONO	51.463	80.30	--	--
138	construcciones	POLIGONO	56.583	173.20	--	--

139	construcciones	POLIGONO	79.56	394.70	20.90	18.89
140	construcciones	POLIGONO	40.889	95.20	--	--
141	construcciones	POLIGONO	42.951	95.50	--	--
142	construcciones	POLIGONO	84.166	315.40	--	--
143	construcciones	POLIGONO	66.498	237.10	22.91	10.35
144	construcciones	POLIGONO	71.163	294.60	22.43	13.10
145	construcciones	POLIGONO	86.36	391.30	30.19	12.93
146	construcciones	POLIGONO	58.475	196.40	18.64	10.46
147	construcciones	POLIGONO	31.671	61.40	9.13	6.80
148	construcciones	POLIGONO	59.088	203.10	--	--
149	construcciones	POLIGONO	73.798	263.70	--	--
150	construcciones	POLIGONO	60.553	183.90	--	--
151	construcciones	POLIGONO	70.103	301.10	--	--
152	construcciones	POLIGONO	46.446	133.20	12.91	10.45
153	construcciones	POLIGONO	106.53	320.90	--	--
154	construcciones	POLIGONO	54.296	177.20	16.17	10.91
155	construcciones	POLIGONO	54.134	176.40	16.15	10.99
156	construcciones	POLIGONO	56.818	201.00	14.94	13.33
157	construcciones	POLIGONO	40.579	98.80	--	--
158	construcciones	POLIGONO	44.499	88.30	--	--
159	construcciones	POLIGONO	38.463	79.70	13.20	6.17
160	construcciones	POLIGONO	48.672	92.90	19.54	4.74
161	construcciones	POLIGONO	45.813	128.20	13.12	9.72
162	construcciones	POLIGONO	48.914	149.50	12.37	12.00
163	construcciones	POLIGONO	41.823	107.30	11.86	9.20
164	construcciones	POLIGONO	47.088	132.50	14.34	9.29
165	construcciones	POLIGONO	22.703	30.30	7.06	4.30
166	construcciones	POLIGONO	52.522	170.10	--	--
167	construcciones	POLIGONO	44.241	122.00	11.77	10.43
168	construcciones	POLIGONO	67.253	216.60	--	--
169	construcciones	POLIGONO	41.035	103.60	11.56	8.94
170	construcciones	POLIGONO	18.475	21.00	5.20	4.03
171	construcciones	POLIGONO	51.93	168.60	13.07	12.89
172	construcciones	POLIGONO	35.31	77.30	--	--
173	construcciones	POLIGONO	36.122	60.30	--	--
174	construcciones	POLIGONO	45.175	126.10	12.28	10.08

175	construcciones	POLIGONO	71.107	312.00	--	--
176	construcciones	POLIGONO	46.953	133.20	13.83	9.59
177	construcciones	POLIGONO	32.423	64.10	9.38	6.84
178	construcciones	POLIGONO	29.679	54.70	8.02	6.84
179	construcciones	POLIGONO	70.091	293.60	21.20	13.95
180	construcciones	POLIGONO	29.907	52.90	9.34	5.74
181	construcciones	POLIGONO	53.07	164.60	--	--
182	construcciones	POLIGONO	40.973	100.90	12.25	8.30
183	construcciones	POLIGONO	36.669	74.70	12.23	6.17
184	construcciones	POLIGONO	26.731	44.60	6.86	6.51
185	construcciones	POLIGONO	38.756	92.80	10.73	8.45
186	construcciones	POLIGONO	61.553	212.80	20.29	10.37
187	construcciones	POLIGONO	39.662	93.40	12.14	7.77
188	construcciones	POLIGONO	62.308	238.80	17.42	13.60
189	construcciones	POLIGONO	50.073	156.70	12.75	12.39
190	construcciones	POLIGONO	63.136	248.70	16.50	15.04
191	construcciones	POLIGONO	22.966	32.60	6.32	5.18
192	construcciones	POLIGONO	46.135	119.70	--	--
193	construcciones	POLIGONO	34.293	73.00	9.30	7.90
194	construcciones	POLIGONO	42.086	109.80	--	--
195	construcciones	POLIGONO	33.636	61.10	--	--
196	construcciones	POLIGONO	34.479	73.10	9.70	7.57
197	construcciones	POLIGONO	45.07	109.30	15.62	7.06
198	construcciones	POLIGONO	29.611	53.60	8.51	6.32
199	construcciones	POLIGONO	40.362	100.00	11.37	8.75
200	construcciones	POLIGONO	30.617	57.20	8.83	6.49
201	construcciones	POLIGONO	54.821	123.80	21.71	5.80
202	construcciones	POLIGONO	41.122	103.60	11.77	8.81
203	construcciones	POLIGONO	52.376	163.80	15.85	10.32
204	construcciones	POLIGONO	48.503	144.50	13.51	10.54
205	construcciones	POLIGONO	30.419	54.60	--	--
206	construcciones	POLIGONO	21.997	30.20	5.76	5.31
207	construcciones	POLIGONO	56.313	197.60	14.91	13.17
208	construcciones	POLIGONO	54.862	147.40	--	--
209	construcciones	POLIGONO	27.747	46.70	8.13	5.60
210	construcciones	POLIGONO	35.024	76.30	9.46	8.13

211	construcciones	POLIGONO	28.18	49.30	7.63	6.51
212	construcciones	POLIGONO	76.84	264.00	--	--
213	construcciones	POLIGONO	80.77	318.10	--	--
214	construcciones	POLIGONO	49.334	151.30	13.26	11.35
215	construcciones	POLIGONO	60.444	224.50	17.02	13.14
216	construcciones	POLIGONO	55.454	172.30	18.33	9.59
217	construcciones	POLIGONO	35.254	77.20	9.54	8.17
218	construcciones	POLIGONO	42.871	114.50	11.19	10.08
219	construcciones	POLIGONO	50.978	162.20	13.26	12.22
220	construcciones	POLIGONO	53.204	170.10	15.92	10.82
221	construcciones	POLIGONO	50.973	155.80	15.18	10.17
222	construcciones	POLIGONO	50.362	153.00	14.95	10.24
223	construcciones	POLIGONO	14.158	12.10	4.17	2.88
224	construcciones	POLIGONO	49.759	154.80	12.55	12.43
225	construcciones	POLIGONO	48.137	131.60	15.67	8.35
226	construcciones	POLIGONO	48.063	130.50	15.83	8.29
227	construcciones	POLIGONO	41.986	103.10	13.17	7.83
228	construcciones	POLIGONO	51.455	127.90	--	--
229	construcciones	POLIGONO	56.851	199.00	15.91	12.46
230	construcciones	POLIGONO	57.78	208.70	14.45	14.42
231	construcciones	POLIGONO	37.654	85.00	--	--
232	construcciones	POLIGONO	34.133	72.30	9.26	7.83
233	construcciones	POLIGONO	41.216	102.70	12.11	8.44
234	construcciones	POLIGONO	36.126	56.60	--	--
235	construcciones	POLIGONO	50.496	158.10	13.68	11.49
236	construcciones	POLIGONO	43.416	117.40	11.65	10.24
237	construcciones	POLIGONO	42.188	110.90	11.12	10.03
238	construcciones	POLIGONO	45.741	128.90	12.72	10.08
239	construcciones	POLIGONO	40.339	82.20	14.49	5.66
240	construcciones	POLIGONO	33.531	70.30	8.51	8.22
241	construcciones	POLIGONO	61.06	217.00	19.42	11.26
242	construcciones	POLIGONO	44.008	118.50	12.58	9.41
243	construcciones	POLIGONO	21.004	27.50	5.48	5.03
244	construcciones	POLIGONO	37.945	89.60	10.12	8.81
245	construcciones	POLIGONO	63.566	224.60	--	--
246	construcciones	POLIGONO	38.147	90.80	9.95	9.09

247	construcciones	POLIGONO	42.726	112.00	11.92	9.25
248	construcciones	POLIGONO	43.355	114.40	12.58	9.09
249	construcciones	POLIGONO	52.426	106.50	--	--
250	construcciones	POLIGONO	68.95	188.00	--	--
251	construcciones	POLIGONO	54.07	157.20	--	--
252	construcciones	POLIGONO	44.61	109.30	14.97	7.27
253	construcciones	POLIGONO	34.508	74.20	9.10	8.13
254	construcciones	POLIGONO	34.828	75.80	8.86	8.51
255	construcciones	POLIGONO	38.558	88.60	11.73	7.54
256	construcciones	POLIGONO	79.479	394.80	20.09	19.52
257	construcciones	POLIGONO	80.93	409.10	20.77	19.65
258	construcciones	POLIGONO	47.342	133.10	14.35	9.19
259	construcciones	POLIGONO	43.933	118.60	--	--
260	construcciones	POLIGONO	20.436	25.40	5.97	4.34
261	construcciones	POLIGONO	43.815	89.80	--	--
262	construcciones	POLIGONO	60.696	179.60	--	--
263	construcciones	POLIGONO	41.094	99.30	12.74	7.77
264	construcciones	POLIGONO	44.344	122.60	11.71	10.47
265	construcciones	POLIGONO	66.995	269.10	20.15	13.36
266	construcciones	POLIGONO	64.168	239.40	20.33	11.80
267	construcciones	POLIGONO	58.591	193.00	19.29	10.12
268	construcciones	POLIGONO	37.983	86.80	11.38	7.66
269	construcciones	POLIGONO	41.568	96.40	--	--
270	construcciones	POLIGONO	45.852	123.40	14.30	8.66
271	construcciones	POLIGONO	48.333	141.30	14.25	10.15
272	construcciones	POLIGONO	39.023	84.70	13.14	6.53
273	construcciones	POLIGONO	60.359	176.30	--	--
274	construcciones	POLIGONO	37.252	84.50	10.83	7.82
275	construcciones	POLIGONO	44.261	121.70	11.89	10.21
276	construcciones	POLIGONO	22.106	29.30	6.66	4.47
277	construcciones	POLIGONO	60.773	200.60	20.51	9.69
278	construcciones	POLIGONO	44.578	102.40	15.91	6.47
279	construcciones	POLIGONO	68.529	246.10	23.91	10.25
280	construcciones	POLIGONO	32.509	65.10	9.12	7.15
281	construcciones	POLIGONO	73.497	171.90	--	--
282	construcciones	POLIGONO	68.039	247.80	23.40	10.56

283	construcciones	POLIGONO	63.14	166.90	--	--
284	construcciones	POLIGONO	57.69	182.40	19.49	9.55
285	construcciones	POLIGONO	41.519	107.80	10.43	10.37
286	construcciones	POLIGONO	45.415	102.20	--	--
287	construcciones	POLIGONO	38.244	91.10	10.13	9.00
288	construcciones	POLIGONO	61.269	224.50	18.32	12.14
289	construcciones	POLIGONO	80.736	381.60	25.15	15.09
290	construcciones	POLIGONO	29.753	55.30	7.56	7.35
291	construcciones	POLIGONO	46.319	133.90	12.25	11.12
292	construcciones	POLIGONO	50.86	160.20	13.93	11.49
293	construcciones	POLIGONO	43.544	116.60	12.27	9.58
294	construcciones	POLIGONO	48.306	72.40	--	--
295	construcciones	POLIGONO	47.169	135.90	13.63	9.99
296	construcciones	POLIGONO	85.335	394.00	--	--
297	construcciones	POLIGONO	55.143	169.20	18.66	9.22
298	construcciones	POLIGONO	85.357	448.30	23.99	18.26
299	construcciones	POLIGONO	88.705	487.70	--	--
300	construcciones	POLIGONO	41.476	104.80	11.96	8.73
301	construcciones	POLIGONO	47.128	134.40	14.00	9.68
302	construcciones	POLIGONO	76.669	334.10	25.22	13.40
303	construcciones	POLIGONO	46.205	133.20	11.98	11.06
304	construcciones	POLIGONO	45.167	116.60	--	--
305	construcciones	POLIGONO	47.836	142.70	12.62	11.38
306	construcciones	POLIGONO	49.31	150.10	13.55	10.95
307	construcciones	POLIGONO	55.39	191.70	14.21	13.48
308	construcciones	POLIGONO	52.464	164.90	15.79	10.44
309	construcciones	POLIGONO	30.891	51.90	--	--
310	construcciones	POLIGONO	36.606	69.30	--	--
311	construcciones	POLIGONO	43.193	116.60	10.91	10.80
312	construcciones	POLIGONO	45.783	106.30	16.55	6.48
313	construcciones	POLIGONO	54.386	159.30	--	--
314	construcciones	POLIGONO	54.782	186.30	14.82	12.56
315	construcciones	POLIGONO	63.509	176.60	--	--
316	construcciones	POLIGONO	55.823	187.60	16.72	11.27
317	construcciones	POLIGONO	51.91	168.00	13.50	12.34
318	construcciones	POLIGONO	35.795	80.10	9.10	8.84

319	construcciones	POLIGONO	60.765	196.60	21.02	9.34
320	construcciones	POLIGONO	57.002	194.20	17.23	11.30
321	construcciones	POLIGONO	58.802	198.40	18.92	10.59
322	construcciones	POLIGONO	63.916	150.20	26.23	5.72
323	construcciones	POLIGONO	41.57	93.80	14.36	6.63
324	construcciones	POLIGONO	46.732	128.50	14.68	8.85
325	construcciones	POLIGONO	48.323	106.70	--	--
326	construcciones	POLIGONO	60.947	125.00	--	--
327	construcciones	POLIGONO	52.562	162.90	16.18	10.00
328	construcciones	POLIGONO	60.699	205.60	--	--
329	construcciones	POLIGONO	20.846	27.20	5.32	5.12
330	construcciones	POLIGONO	31.207	60.90	7.98	7.63
331	construcciones	POLIGONO	46.912	137.50	11.87	11.52
332	construcciones	POLIGONO	69.44	273.70	--	--
333	construcciones	POLIGONO	49.167	150.40	13.12	11.58
334	construcciones	POLIGONO	55.165	156.30	--	--
335	construcciones	POLIGONO	44.907	124.80	12.39	10.09
336	construcciones	POLIGONO	23.939	35.80	5.99	5.84
337	construcciones	POLIGONO	24.796	37.70	7.05	5.38
338	construcciones	POLIGONO	45.861	78.90	--	--
339	construcciones	POLIGONO	37.567	88.20	9.61	9.25
340	construcciones	POLIGONO	52.073	161.60	15.82	10.16
341	construcciones	POLIGONO	24.5	23.30	--	--
342	construcciones	POLIGONO	22.701	32.00	6.17	5.20
343	construcciones	POLIGONO	53.39	177.90	13.90	12.77
344	construcciones	POLIGONO	29.968	51.40	9.64	5.32
345	construcciones	POLIGONO	14.984	13.50	4.51	3.03
346	construcciones	POLIGONO	79.753	338.30	27.48	12.24
347	construcciones	POLIGONO	21.655	29.30	5.50	5.29
348	construcciones	POLIGONO	63.17	186.40	--	--
349	construcciones	POLIGONO	69.087	257.30	23.69	10.86
350	construcciones	POLIGONO	18.506	20.30	5.70	3.63
351	construcciones	POLIGONO	41.98	104.50	12.60	8.13
352	construcciones	POLIGONO	44.441	118.40	13.42	8.85
353	construcciones	POLIGONO	40.428	100.90	11.25	9.09
<b>TOTAL</b>				<b>54386.6</b>		

Anexo B

Tabla 3. Atributos capa eje de vía

<b>TABLA DE ATRIBUTOS CAPA EJE DE VIA</b>				
<b>NUMERO</b>	<b>CAPA</b>	<b>TIPO</b>	<b>LONGITUD</b>	<b>UNIDAD</b>
1	eje de vía	Line	341.630	ml
2	eje de vía	Line	295.450	ml
3	eje de vía	Line	352.120	ml
4	eje de vía	Line	351.830	ml
5	eje de vía	Line	159.580	ml
6	eje de vía	Line	212.290	ml
7	eje de vía	Line	215.160	ml
8	eje de vía	Line	217.580	ml
9	eje de vía	Line	202.890	ml
10	eje de vía	Line	222.180	ml
11	eje de vía	Line	204.080	ml
12	eje de vía	Line	205.950	ml
13	eje de vía	Line	205.650	ml
14	eje de vía	Line	206.340	ml
15	eje de vía	Line	205.000	ml
16	eje de vía	Line	205.090	ml
17	eje de vía	Line	205.560	ml
18	eje de vía	Line	205.740	ml
19	eje de vía	Line	206.700	ml
20	eje de vía	Line	205.480	ml
21	eje de vía	Line	208.240	ml
22	eje de vía	Line	206.060	ml
23	eje de vía	Line	206.050	ml
24	eje de vía	Line	206.560	ml
25	eje de vía	Line	206.510	ml
26	eje de vía	Line	37.709	ml
27	eje de vía	Line	32.500	ml
28	eje de vía	Line	30.332	ml
29	eje de vía	Line	25.582	ml
30	eje de vía	Line	24.108	ml
31	eje de vía	Line	42.906	ml

<b>32</b>	eje de vía	Line	29.463	ml
<b>TOTAL</b>			<b>5882.320</b>	ml

Anexo C.

Se anexan los entregables, datos crudos de la nube de puntos Lidar, las capas vectoriales de salida, nube de puntos Lidar clasificada, archivos ráster, tablas de salida y mapa de resultados, insumos generados a partir del proceso ejecutado en el manual de usuario para procesamiento de datos Lidar, capturado por medio de Sensor ZENMUSE P1, organizado por una estructura de carpetas organizadas, e indicadas a continuación.

**Figura 117.** Archivos de salida

Nombre	Fecha de modificación	Tipo	Tamaño
1.Datos Crudos	13/08/2022 9:36 p. m.	Carpeta de archivos	
2.Area de Estudio	18/07/2022 7:04 p. m.	Carpeta de archivos	
3.Nube de Puntos	15/09/2022 4:58 p. m.	Carpeta de archivos	
4.Vectorización	22/07/2022 7:59 p. m.	Carpeta de archivos	
5.Raster	21/07/2022 11:02 p. m.	Carpeta de archivos	
6.Inventario de Infraestructura	15/09/2022 4:58 p. m.	Carpeta de archivos	
7.MAPA RESULTADOS.pdf	15/09/2022 9:28 a. m.	Documento Adob...	1,267 KB

(Fuente propia)