FORMULACIÓN DE GUÍA METODOLÓGICA DE TRANSFORMACIÓN DIGITAL DE INFORMACIÓN OBTENIDA POR TECNOLOGÍA LiDAR EN EL MUNICIPIO DE FACATATIVÁ.



TRABAJO DE GRADO EN MODALIDAD DE PASANTÍA

MARÍA PAULA CARDONA MONRROY

INGENIERÍA TOPOGRÁFICA

UNIVERSIDAD DISTRITAL·FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

Febrero de 2024

FORMULACIÓN DE GUÍA METODOLÓGICA DE TRANSFORMACIÓN DIGITAL DE INFORMACIÓN OBTENIDA POR TECNOLOGÍA LiDAR EN EL MUNICIPIO DE FACATATIVÁ.

MARÍA PAULA CARDONA MONRROY

CÓDIGO

20152032010

UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS
FACULTAD DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES
INGENIERÍA TOPOGRÁFICA
BOGOTÁ D.C.
2024

FORMULACIÓN DE GUÍA METODOLÓGICA DE TRANSFORMACIÓN DIGITAL DE INFORMACIÓN OBTENIDA POR TECNOLOGÍA LiDAR EN EL MUNICIPIO DE FACATATIVÁ.

MARÍA PAULA CARDONA MONRROY

Trabajo presentado como requisito parcial para optar al Grado de INGENIERO TOPOGRÁFICO bajo la dirección de:

Docente. Robinson Quintana Puentes

PROYECTO DE GRADO BAJO LA MODALIDAD DE PASANTÍA

UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS
FACULTAD DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES
INGENIERÍA TOPOGRÁFICA
BOGOTÁ D.C.
2024

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN 8
1. INTRODUCCIÓN 9
2. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN 10
3. JUSTIFICACION 11
4. OBJETIVOS 12
Objetivo General 12
Objetivos Específicos 12
5. MARCO TEORICO 13
5.1 LiDAR 13
5.1.1 Cómo Funciona LiDAR 14
5.1.2 Análisis y Modelado de Datos LiDAR 16
5.1.3 Tipos de LiDAR 17
5.1.4 Aplicaciones de LiDAR 20
5.2 TERMINOLOGIA 20
5.3 SOFTWARE 23
5.3.1 Software ORBIT 3DM 23
5.3.2 Software ArcGIS 25
5.3.3 Software Civil 3D 26
5.4 CARACTERIZACIÓN DEL AREA DE TRABAJO 27
6. METODOLOGÍA 28
6.1 PROCESOS EN ORBIT 3DM - Edición 22.4 28
6.1.1 Creación de Proyecto Orbit 28
6.1.2 Cargue de Nube de Puntos 32
6.1.3 Identificación de Elementos 35
6.1.4 Digitalización de Elementos 36
6.1.5 Atributación de Elementos 40
6.1.6 Exportación de Capas 43
6.2 PROCESOS EN ArcGIS - ArcMap10.8 44
6.2.1 Cargue de Datos Vectorizados 44
6.2.2 Generación de Polígonos 45
6.2.3 Topología 46

UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

6.2.4 Atributación 55
6.2.5 Creación GDB 60
6.2.6 Cálculo coordenadas y cotas 63
6.2.7 Exportación de Capas 64
6.3 PROCESOS CIVIL 3D 65
6.3.1 Achurado 70
7. RESULTADOS 73
7.1 GDB 73
7.2 CIVIL 3D 65
8. CONCLUSIONES 69
REFERENCIAS 70

TABLA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1.Esquema toma de datos por tecnología LiDAR. (Fuente: adaptado de Shan et al., 2018) 15
Ilustración 2.Nube de puntos LiDAR. Obtenido de levantamiento realizado por OCA GLOBAL COLOMBIA S.A.S. 17
Ilustración 3. LiDAR batimétrico. (Fuente: https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/latest/manage-data/las-dataset/types-of-lidar.htm) 18
Ilustración 4.LiDAR topográfico. (Fuente: https://paulblgis.wordpress.com/2016/09/26/tipos-de-lidar/) 19
Ilustración 5. Corredor vial, vía Facatativá. Obtenido de Google Maps. 21
Ilustración 6. Interfaz ORBIT 3DM. 24
Ilustración 7. Interfaz ArcMap 10.8. 25
Ilustración 8. Interfaz Civil 3D. 26
Ilustración 9. Localización de la zona de toma de datos. 27
Ilustración 10. insumos para crear el proyecto Orbit. 29
Ilustración 11. Pasos creación proyecto Orbit. 30
Ilustración 12.Crear trayectoria de levantamiento en ORBIT 3DM. 30
Ilustración 13.Trayectoria levantamiento Facatativá. 31
Ilustración 14.Crear nube de puntos en ORBIT 3DM. 31
Ilustración 15. Pasos para enrutar proyecto Orbit. 32
Ilustración 16.Nube de puntos, levantamiento Facatativá. 33
Ilustración 17. Vista en planta y vista móvil ORBIT 3DM. 33
Ilustración 18. Nube de puntos modo RGB y tamaño de pixel número 5. 34
Ilustración 19. Sistema de Referencia de Coordenadas, levantamiento Facatativá. 34

UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

Ilustración 20. OVF bases para la digitalización de los elementos en ORBIT 3DM. 36
Ilustración 21. OVF elemento borde vía. 36
Ilustración 22. Herramientas de dibujo en ORBIT 3DM. 38
Ilustración 23.Vista en planta, digitalización de borde vía. 39
Ilustración 24. Vista de digitalización de borde vía sobre la nube de puntos en zona rural. 39
Ilustración 25. Estructura OVF del elemento borde vía. 40
Ilustración 26. Exportar dataset en ORBIT 3DM. 43
Ilustración 27. Proceso para la exportación de dataset en ORBIT 3DM. 44
Ilustración 28. Datos crudos tipo Shape visualizados en ArcMap 10.8. 45
Ilustración 29. Estructura de los datos crudos para la generación de polígonos. 46
Ilustración 30. Modelo ArcGIS para la generación de polígonos a partir de poli líneas. 46
Ilustración 31. File Geodatabase. ArcMap 10.8 47
Ilustración 32. Creación de Feature Dataset. ArcMap 10.8 47
Ilustración 33. Sistema de coordenadas. ArcMap 10.8 48
Ilustración 34. Creación Feature Class (múltiple). ArcMap 10.8 49
Ilustración 35.Feature Class to Geodatabase (múltiple). ArcMap 10.8 49
Ilustración 36. Creación de nueva Topología en ArcMap 10.8. 50
Ilustración 37. Selección de los elementos del Feature Class (múltiple). 50
Ilustración 38. Adición de reglas topológicas. 51
Ilustración 39.Reglas topológicos. 52
Ilustración 40.Habilitación de edición de la topología. 53
Ilustración 41. Inspección de errores ArcMap 10.8 53
Ilustración 42. Validación de topología 54
Ilustración 43.Polígonos con topología realizada. 54
Ilustración 44. Organización grupo de capas para modelo de atributación de polígonos. 55
Ilustración 45. Estructura del modelo ArcGIS de atributación para elementos tipo polígono. 56
Ilustración 46.Modelo ArcGIS de atributación para elementos tipo polígono. 56
Ilustración 47.Organización grupo de capas para modelo de atributación de líneas. 57
Ilustración 48.Estructura del modelo ArcGIS de atributación para elementos tipo línea. 57
Ilustración 49.Modelo ArcGIS de atributación para elementos tipo línea. 58
Ilustración 50.Organización grupo de capas para modelo de atributación de puntos. 58
Ilustración 51.Estructura del modelo ArcGIS de atributación para elementos tipo punto. 59
Ilustración 52.Modelo ArcGIS de atributación para elementos tipo punto. 59
Ilustración 53. Estructura GDB 60
Ilustración 54. Cálculo de coordenadas en ArcGIS. 63
Ilustración 55.Exportar capas en formato DWG según material. 64
Ilustración 56.Tabla de convenciones para achurado de elementos en Civil 3D. 65
Ilustración 57.Convenciones para elementos tipo polígono (1). 66
Ilustración 58.Convenciones para elementos tipo polígono (2). 67
Ilustración 59.Convenciones para elementos tipo línea. 68
Ilustración 60.Convenciones para elementos tipo punto. 69
Ilustración 61.Polígono elemento Vía. Civil 3D 2021 70
Ilustración 62.Layer convención elemento vía. 71
Ilustración 63.Herramienta Hatch. 71

UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

Ilustración 64.Configuración Hatch. 72
Ilustración 65.Polígono elemento vía achurado..... 72
Ilustración 66.Datasets de la GDB final. 73
Ilustración 67. Visualización en ArcGIS de la información de la GDB final. 64
Ilustración 68. Producto final en Civil 3D..... 65
Ilustración 69.Visualización con acercamiento del producto final. (1). 66
Ilustración 70 Visualización con acercamiento del producto final. (2). 67
Ilustración 71. Visualización con acercamiento del producto final. (3). 68

TABLA DE TABLAS

Tabla 1.Clasificación del tipo de geometría de los elementos del corredor vial. 35
Tabla 2.Orden de dibujo para elementos tipo polígono. 37
Tabla 3.Orden de dibujo general en ORBIT 3DM. 37
Tabla 4. Diccionario de datos para atributación de elementos en Orbit 3DM (1). 40
Tabla 5.Diccionario de datos para atributación de elementos en Orbit 3DM (2). 41
Tabla 6.Diccionario de datos para atributación de elementos en Orbit 3DM (3). 42
Tabla 7. Atributos de elementos en ArcGIS..... 55
Tabla 8. Elementos incluidos en el dataset de arbolad..... 60
Tabla 9. Elementos incluidos en el dataset de cuerpos de agua. 61
Tabla 10.Elementos incluidos en el dataset de redes 61
Tabla 11.Elementos incluidos en el dataset de planimetría. 62

UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

RESUMEN

En el epicentro de la revolución geoespacial, la transformación digital de datos LiDAR es proceso importante para desbloquear el potencial completo de la tecnología de escaneo láser en la recopilación de datos tridimensionales. En este contexto, el objetivo de este trabajo es el diseño de una guía metodológica orientada a coordinar de manera efectiva la transformación de datos LiDAR vía al Municipio de Facatativá.

El enfoque se centra en aprovechar al máximo las capacidades de los softwares especializados ORBIT 3DM, ArcGIS y Civil 3D. El proceso delineado abarca desde el refinamiento inicial de la nube de puntos hasta la creación de archivos CAD. En este recorrido, se destacan etapas cruciales como la vectorización de elementos identificables, el establecimiento de relaciones topológicas y creación de bases de datos.

Este trabajo no solo busca formular una guía metodológica, sino también sentar las bases para una transformación digital coherente y eficiente de datos LiDAR mejorando la calidad y el aprovechamiento de los datos en diversas aplicaciones prácticas.

UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

1. INTRODUCCIÓN

Los nuevos desarrollos tecnológicos están marcando el comienzo de una nueva era en la recopilación y el análisis de datos geoespaciales, generando una gran atención a la tecnología LiDAR (detección aérea y lumínica). Este dispositivo puede enviar y recibir rayos láser para obtener información tridimensional sobre el entorno terrestre. Sin embargo, convertir estos datos sin procesar en formatos y modelos adecuados para aplicaciones espaciales requiere un enfoque considerable y el uso de software especializado.

La tecnología LiDAR ha demostrado ser una herramienta valiosa para proporcionar representaciones precisas y detalladas de la realidad digitalizada. Recopilar y manipular datos 3D es esencial para comprender y planificar su entorno. Sin embargo, la utilidad de estos datos se puede incrementar a través del proceso de transformación digital desde el postprocesamiento inicial hasta la generación del producto visual final. Si bien este proceso es importante, se vuelve complejo y requiere un enfoque claro y estructurado.

La elaboración de una guía metodológica no solo proporcionará un marco claro para lograr con éxito la conversión digital de datos LiDAR, sino que también determinará estándares específicos y mejores prácticas para cada etapa del proceso.

UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

Los siguientes apartados describen los objetivos y la metodología propuesta para lograr operaciones eficientes en la transformación digital de datos LiDAR. El objetivo de esta actividad es contribuir al conocimiento académico y proporcionar herramientas prácticas.

En el presente documento se presenta el trabajo realizado en modalidad de pasantía con la empresa OCA GLOBAL COLOMBIA S.A.S como trabajo de grado para obtener el título de

Ingeniera Topográfica en el cual se realiza la creación de una guía metodológica de transformación digital de información obtenida por tecnología LiDAR.

2. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Cómo es el procesamiento de datos LiDAR utilizando los softwares ORBIT 3DM, ArcGIS y Civil 3D para obtener información geoespacial?

Esta pregunta de investigación se centra en comprender el procesamiento de datos LiDAR utilizando software especializado, como ORBIT 3DM, ArcGIS Y Civil3D. El objetivo es explorar en detalle los pasos y las técnicas específicas utilizadas en el procesamiento de datos LiDAR con estos softwares con el fin de generar información geoespacial precisa y útil.

Al responder a esta pregunta de investigación, se obtendrá un conocimiento detallado sobre cómo los softwares se utilizan específicamente en el procesamiento de datos LiDAR y cómo se traduce en información geoespacial. Esto será fundamental para desarrollar una guía metodológica precisa y efectiva, que incluya los pasos y las técnicas necesarias para aprovechar al máximo los programas en proyectos geoespaciales que involucren datos LiDAR.

UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

Al contar con una guía estructurada, el equipo podrá optimizar el proceso de transformación digital de datos LiDAR, reducir los tiempos de ejecución, mejorar la calidad y coherencia de los resultados, y facilitar la integración y formación de nuevos miembros del equipo. Además, la guía metodológica permitirá establecer estándares internos, garantizar la replicabilidad de los procedimientos y facilitar la transferencia de conocimientos y buenas prácticas dentro de la empresa.

En conclusión, la elaboración de una guía metodológica para la transformación digital de datos LiDAR, adaptada a los programas ORBIT 3DM, ArcGIS y CIVIL 3D, resultará de gran utilidad para la empresa donde se realizarán las pasantías. Esta guía proporcionará un marco estructurado y práctico para mejorar la eficiencia, la calidad y la consistencia en los proyectos geoespaciales, al tiempo que promoverá la estandarización interna y facilitará la formación y la transferencia de conocimientos en el equipo.

3. JUSTIFICACION

La tecnología LiDAR ha demostrado ser una herramienta valiosa para la captura de datos tridimensionales y detallados del entorno terrestre pero el proceso de transformación de estos datos en formatos y modelos que sean más adecuados para su uso en aplicaciones geoespaciales. requiere de un enfoque sistemático y el uso de software especializado como ORBIT 3DM, ArcGIS y Civil 3D que ofrecen capacidades específicas para cada etapa del proceso de transformación.

La justificación de la pasantía radica en la necesidad de establecer una metodología que proporcione lineamientos claros y estructurados para la transformación digital de datos LiDAR utilizando los programas mencionados y que facilite la realización eficiente y coherente de las tareas involucradas.

Se proporcionará un marco claro para realizar el proceso de manera eficiente, estableciendo estándares y buenas prácticas específicas para cada programa. Asimismo, se tendrá un impacto en la mejora de la calidad y la replicabilidad de los resultados en futuros proyectos y

UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

contribuirá al avance en el campo de la transformación digital de datos LiDAR con estos softwares.

4. OBJETIVOS

Objetivo General

Diseñar una guía metodológica para la transformación digital de datos LiDAR utilizando los softwares ORBIT 3DM, ArcGIS y Civil 3D, con el fin de obtener información geoespacial precisa y aplicable.

Objetivos Específicos

- Determinar las herramientas del software para el proceso de vectorización de elementos identificables en la nube de puntos.
- Definir los parámetros adecuados de topología y caracterización de los elementos digitalizados durante el proceso de vectorización.
- Establecer una estructura eficiente de base de datos, que permita el almacenamiento y gestión adecuada de la información geoespacial.

UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

5. MARCO TEORICO

En línea con los objetivos definidos, resulta esencial exponer el fundamento teórico de cada uno de ellos para brindar contexto a las actividades que se emprenderán durante el periodo de pasantía.

5.1 LiDAR

LiDAR, cuya abreviatura proviene del término en inglés "light Detection and Ranging" (detección y medición por luz), constituye una tecnología de teledetección que emplea pulsos láser para realizar mediciones precisas de distancias y movimientos en tiempo real dentro de un entorno determinado. (IBM, 2022)

Los datos obtenidos mediante LiDAR tienen la versatilidad de ser empleados en diversas aplicaciones, desde la creación de detallados mapas topográficos hasta la generación de modelos 3D precisos y dinámicos esenciales para la navegación segura de vehículos autónomos en entornos en constante cambio. Además de su aplicación en la movilidad autónoma, la tecnología LiDAR encuentra utilidad en la evaluación de riesgos y desastres naturales, abarcando desde la detección de flujos de lava, derrumbes, tsunamis e inundaciones.

La tecnología LiDAR (Light Detection and Ranging) permite obviar muchos de estos limitantes. Los datos LiDAR proporcionan una alta resolución espacial gracias a la densidad de puntos obtenida durante el levantamiento (considerándose alta resolución aquellos datos con 5 – 10 puntos por metro cuadrado, donde resoluciones más altas pueden obtenerse con vuelos

UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

comisionados) unida a una elevada precisión altitudinal; (considerada como alta precisión vertical aquella entre 10 cm ± 25 cm). (Sellers, Corbelle, Buján, & Miranda, 2015)

La ratio de levantamiento (área / tiempo) versus métodos tradicionales, es una de las ventajas más importantes que presentan los levantamientos LiDAR, llegando a levantar hasta 90 km² en una hora (Suárez et al., 2005). Estas ventajas a su vez están reforzadas en la actualidad por los SIG, que permiten que los datos LiDAR sean procesados y visualizados de forma rápida y eficiente. En la actualidad se trata de una de las tecnologías más empleadas para la adquisición de datos en el terreno. (Sellers, Corbelle, Buján, & Miranda, 2015)

5.1.1 Cómo Funciona LiDAR

LiDAR opera bajo los mismos principios que el radar y el sonar, estas tecnologías emiten ondas de energía para detectar y ubicar objetos, pero la distinción radica en que, mientras el radar utiliza microondas y el sonar emplea ondas de sonido, LiDAR utiliza luz reflejada. Este enfoque permite a LiDAR medir la distancia de manera más rápida, precisa y con mayor resolución que el radar o el sonar.

UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

El dispositivo LiDAR emite ráfagas de luz láser en su entorno. Estas ráfagas, desplazándose a la velocidad constante de la luz, inciden en los objetos cercanos y retornan al sensor LiDAR. El sensor evalúa el lapso que tarda cada ráfaga en regresar y calcula la distancia recorrida. Debido a que la velocidad de la luz láser es constante, este intervalo, conocido como "tiempo de vuelo", se emplea para calcular distancias de manera altamente precisa.

Al replicar este proceso y dirigir haces láser a través de un área más extensa, los datos de tiempo de vuelo se pueden recolectar en forma de miles de millones de puntos individuales. Estos puntos se procesan en tiempo real para formar lo que se denomina una nube de puntos LiDAR.

Un sistema de escaneado láser aerotransportado consta de cuatro componentes esenciales:

1. Una unidad de escaneo láser emisor-receptor.
2. Sistemas diferenciales de posicionamiento global (GPS).
3. Una unidad de medición inercial (IMU) de alta sensibilidad acoplada a la unidad de escaneado.
4. Un ordenador para controlar el sistema y almacenar los datos de los tres primeros componentes, construyendo el conjunto de datos resultante conocido como nube de puntos LiDAR.

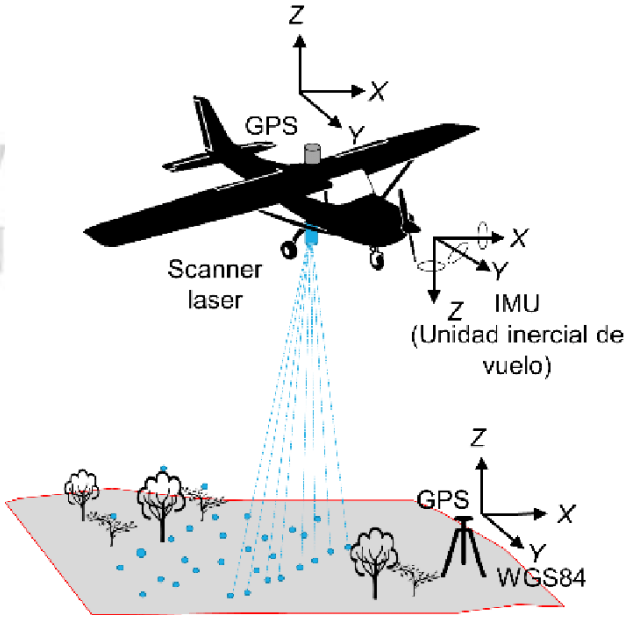


Ilustración 1.Esquema toma de datos por tecnología LiDAR. (Fuente: adaptado de Shan et al., 2018)

Funcionamiento:

- Emisión de Pulsos Láser: El escáner LiDAR emite pulsos láser hacia la superficie.
- Registro del Tiempo de Retorno: Mide el tiempo que tarda la luz en rebotar en objetos y volver al sensor.
- Generación de Nube de Puntos: Los datos registrados crean una nube de puntos tridimensional, representando la topografía y características del entorno.

5.1.2 Análisis y Modelado de Datos LiDAR

Para convertir la nube de puntos LiDAR en datos útiles y aplicables, los datos atraviesan diversas etapas de procesamiento. En una primera instancia, se verifica la precisión e integridad de los datos, y se procede a la eliminación de cualquier ruido anómalo presente. Posteriormente, algoritmos son empleados para identificar y clasificar las características de la superficie terrestre, tales como edificios, ríos y dosel forestal.

Con el propósito de facilitar el análisis de los datos, los algoritmos reducen la frecuencia de muestreo, es decir, submuestrean la nube de puntos para eliminar información redundante y disminuir el tamaño del archivo resultante. Luego, se lleva a cabo la conversión a formato LAS, que es un estándar de la industria utilizado para el intercambio de datos tridimensionales en forma de tuplas x, y, z.

Una vez transformados al formato LAS, los datos de la nube de puntos pueden ser visualizados y modelados en un mapa tridimensional que representa el terreno escaneado.

UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

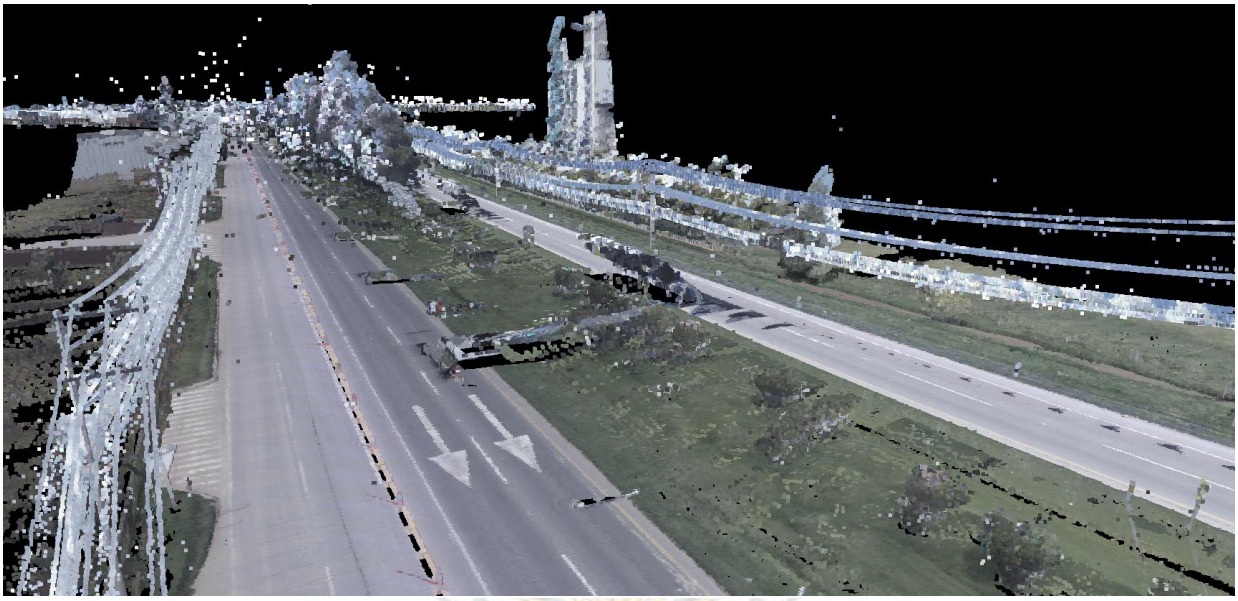


Ilustración 2.Nube de puntos LiDAR. Obtenido de levantamiento realizado por OCA GLOBAL COLOMBIA S.A.S.

5.1.3 Tipos de LiDAR

Los sistemas LiDAR se dividen en dos tipos en función de su plataforma: LiDAR aéreo y LiDAR terrestre.

LiDAR aéreo. Los sistemas LiDAR aéreos, también conocidos como sistemas de escaneo láser aéreo, emplean escáneres LiDAR instalados en aeronaves, comúnmente helicópteros o vehículos aéreos no tripulados, con el propósito de generar modelos tridimensionales de la superficie terrestre.

El uso de LiDAR aéreo en cartografía se ha consolidado como una herramienta invaluable para la creación de modelos digitales de elevación del terreno, desplazando en gran medida el método más antiguo y menos preciso de fotogrametría. En el ámbito forestal, el

UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

escaneo con LiDAR aéreo se emplea extensamente para crear mapas del dosel arbóreo y modelos topográficos de la superficie forestal.

Los tipos de tecnología LiDAR aérea incluyen:

LiDAR Batimétrico. El LiDAR batimétrico se emplea para adquirir información del Sistema de Información Geográfica (SIG) en áreas con poca profundidad de agua y a lo largo de las costas. En contraste con los sistemas LiDAR convencionales que utilizan luz láser infrarroja, el LiDAR batimétrico emite rayos láser de color verde con una longitud de onda que permite penetrar en el agua, posibilitando la creación de un modelo digital de elevación del lecho marino.

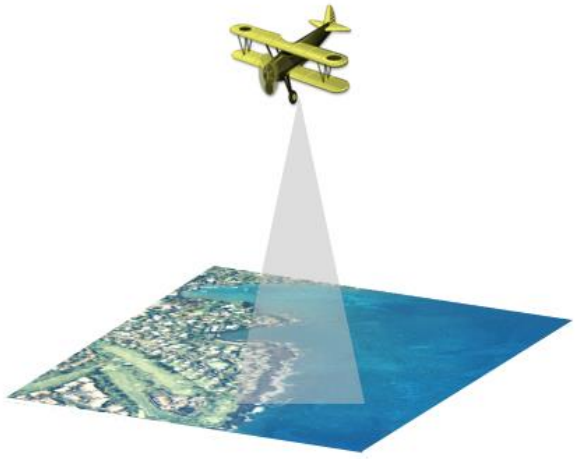


Ilustración 3. LiDAR batimétrico. (Fuente: https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/latest/manage-data/las-dataset/types-of-lidar.htm)

LiDAR topográfico. El LIDAR topográfico se utiliza para obtener datos detallados sobre la topografía del terreno. Este tipo de LIDAR emite pulsos de luz láser hacia la superficie terrestre y mide el tiempo que tarda en regresar la luz reflejada. Estos datos permiten crear modelos digitales de elevación (DEM) con una precisión y resolución significativas.

El LIDAR topográfico se puede utilizar en varias aplicaciones como silvicultura, hidrología, geomorfología, planificación urbana, ecología del paisaje, ingeniería costera, evaluaciones de relevamiento topográfico y cálculos volumétricos. (ESRI, 2021)

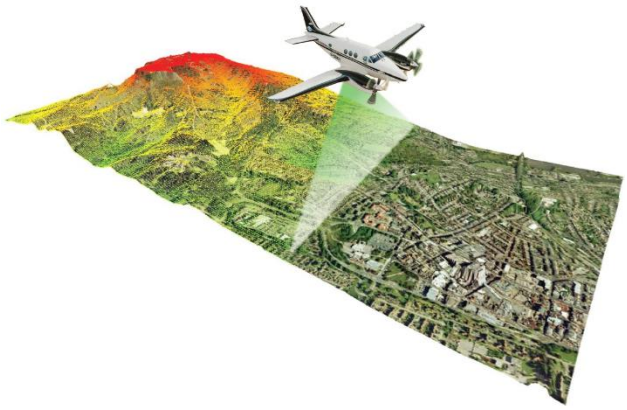


Ilustración 4.LiDAR topográfico. (Fuente: https://paulblgis.wordpress.com/2016/09/26/tipos-de-lidar/)

LiDAR terrestre. El levantamiento con escáner terrestre implica el uso de un dispositivo montado en tierra para capturar datos tridimensionales precisos y detallados del entorno circundante. El sistema LiDAR terrestre se utiliza frecuentemente para crear mapas de terrenos y paisajes. Este sistema se puede utilizar para recopilar datos más localizados y de corto alcance, lo que lo hace ideal para mapear áreas más pequeñas con alta precisión.

UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

Entre los tipos de LiDAR terrestres podemos mencionar:

LiDAR Estático. Existen sistemas LiDAR terrestres estáticos que permanecen en una posición fija y se destinan a realizar escaneos LiDAR precisos y recurrentes de una zona específica. El LiDAR estático se utiliza comúnmente en diversas aplicaciones, como en la exploración de sitios arqueológicos, en proyectos de construcción, y en evaluaciones de riesgos específicos, como la supervisión de la superficie terrestre en áreas como un volcán activo, una falla sísmica tras un terremoto, o en zonas propensas a inundaciones.

LiDAR móvil. El LiDAR móvil representa una variante de LiDAR terrestre capaz de recolectar datos mientras se desplaza un vehículo. Los sistemas LiDAR móviles (MLS, por sus siglas en inglés) se han vuelto esenciales en la industria automotriz, especialmente en el desarrollo de tecnologías de asistencia al conductor y conducción autónoma. La capacidad de recopilar datos mediante la detección y medición de la distancia con luz en tiempo real permite que los vehículos autónomos identifiquen elementos e infraestructuras en las carreteras de manera rápida, precisa y rentable

5.1.4 Aplicaciones de LiDAR

Dado que los escaneos LiDAR pueden crear modelos detallados de superficies terrestres y lechos marinos, así como crear visualizaciones precisas y de alta resolución de objetos móviles en tiempo real, tiene una amplia gama de usos en diversas industrias, por ejemplo: Topografía, Cartografía, Ingeniería Civil, Gestión de Desastres, Silvicultura y Gestión Forestal, Arqueología, Monitorización Ambiental, Agricultura, Aeroespacial y defensa, Aviación, Geología y minería entre otros.

5.2 TERMINOLOGIA

A continuación, se presentan las definiciones de los términos clave utilizados en el proceso de digitalización de los elementos del corredor vial. Estas descripciones se centran en la esencia de cada concepto, proporcionando información concisa y relevante para los objetivos específicos que abordamos. En lugar de buscar exhaustividad, se busca brindar una visión clara y

abreviada de la terminología esencial relacionada con nuestro enfoque: la caracterización a nivel topográfico de todos los elementos que conforman el corredor vial y alrededores de la zona de estudio.

- **Corredor vial:** Un corredor vial se define como una ruta terrestre que conecta puntos clave, como ciudades, regiones o instalaciones importantes, facilitando la circulación de vehículos y personas. Este término se utiliza comúnmente para describir carreteras principales, autopistas o vías estratégicas que son esenciales para el transporte y la movilidad en una determinada área geográfica.



Ilustración 5. Corredor vial, vía Facatativá. Obtenido de Google Maps.

UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

- **Digitalización:** El proceso de convertir información analógica en datos digitales para su procesamiento y almacenamiento posterior.
- **Topología:** La relación espacial entre elementos geográficos, empleada para identificar y corregir errores en la representación digital.
- **Atributación:** La asignación de información adicional (atributos) a elementos geográficos, como materiales, ubicación y otros detalles.

- **Geodatabase:** Una base de datos geoespacial que almacena y organiza datos geográficos en un formato que facilita su gestión.

Elementos del Corredor Vial

- **Vía:** Infraestructura destinada al tráfico vehicular, diseñada para permitir la circulación continua de vehículos en condiciones seguras y cómodas. Puede consistir en una o varias calzadas, con uno o varios carriles en cada dirección.
- **Borde vía:** Línea que marca el límite exterior del pavimento en la calzada.
- **Eje vial:** Línea central de una carretera o calzada.
- **Berma:** Área lateral de la vía destinada a brindar soporte al borde de la calzada y, ocasionalmente, para el estacionamiento de vehículos de emergencia.
- **Cuneta:** Canal paralelo a las bermas, diseñado para facilitar el drenaje superficial a lo largo de la carretera.
- **Alcantarilla:** Estructura de drenaje transversal que permite el paso rápido del agua a través del camino.
- **Bordillo o sardinel**: Elemento de concreto o asfalto que delimita y eleva el nivel de la calzada.
- **Acera o andén**: Franja lateral de la vía urbana exclusivamente destinada al tránsito peatonal.
- **Bahía**: Zona de transición entre la calzada y la acera, utilizada para el estacionamiento temporal de vehículos.
- **Separador:** Área ajardinada o estructura dura que separa direcciones opuestas de tráfico o carriles en la misma dirección.

UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

- **Ciclo ruta**: Vía exclusiva para bicicletas.
- **Ciclovía:** Vía o sección de la calzada destinada ocasionalmente para el tránsito de bicicletas, triciclos y peatones.
- **Isla (isleta de tránsito):** Área restringida entre carriles, utilizada para dirigir el flujo vehicular o como refugio para peatones.
- **Talud**: Superficie inclinada que limita un corte o terraplén.
- **Túnel**: Pasaje subterráneo para vehículos.
- **Señal de tránsito:** Dispositivo físico instalado en la vía para transmitir órdenes o instrucciones a los usuarios.
- **Mobiliario:** Objetos instalados en el espacio público de una ciudad.
- **Medidores:** Dispositivos para medir el consumo de servicios públicos.
- **Postes de referencia:** Puntos de referencia en una vía en relación con un punto base u origen.

5.3 SOFTWARE

UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

5.3.1 Software ORBIT 3DM

ORBIT 3DM es un software especializado en el procesamiento y análisis de datos LiDAR. Diseñado para el tratamiento eficiente de nubes de puntos generadas por tecnología LiDAR, ORBIT 3DM proporciona herramientas para el ajuste, filtrado y vectorización de datos, permitiendo la transformación de información cruda en representaciones digitales detalladas del entorno.

Esta funcionalidad es crucial en la creación de mapas precisos y completos que reflejen la realidad del terreno. ORBIT también posibilita la segmentación y clasificación de puntos, permitiendo identificar objetos como edificios, vegetación y carreteras, lo que a su vez es valioso en la planificación urbana y el monitoreo de cambios en el entorno.

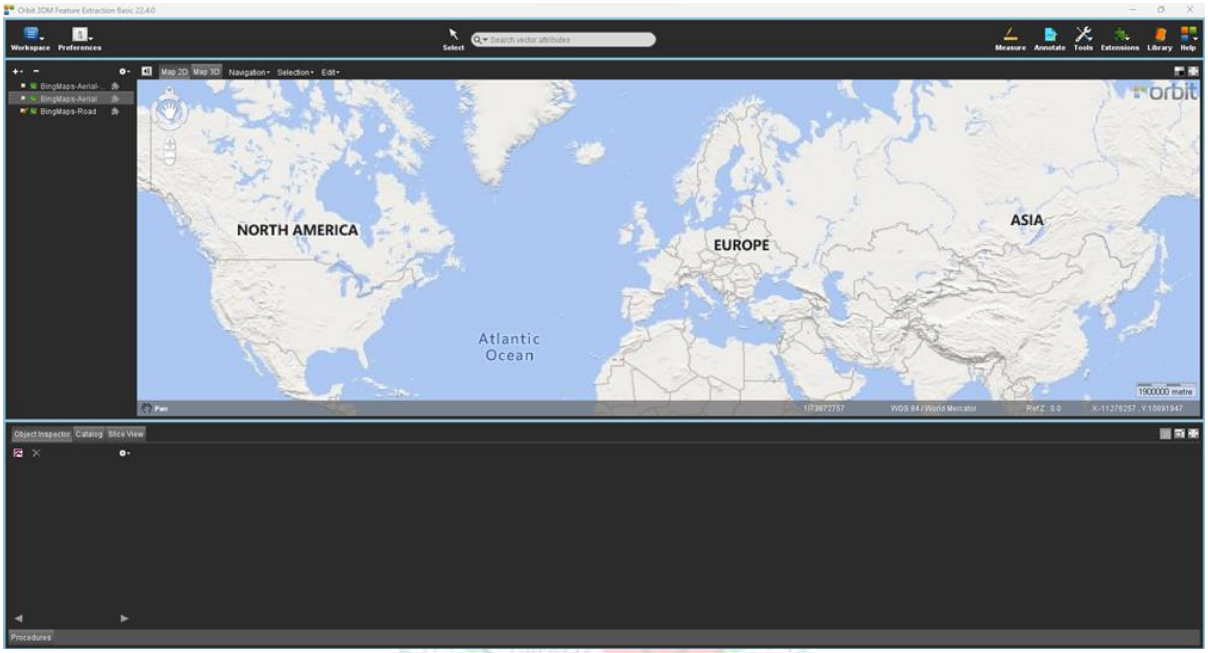


Ilustración 6. Interfaz ORBIT 3DM.

Características Principales:

- Ajuste Preciso: ORBIT 3DM permite realizar ajustes precisos a las nubes de puntos, mejorando la precisión y la coherencia de los datos.
- Filtrado Avanzado: Ofrece herramientas de filtrado para eliminar ruido y puntos irrelevantes, garantizando la calidad de la información procesada.
- Vectorización Eficiente: Facilita la conversión de la nube de puntos en elementos vectorizados, como líneas, polígonos y puntos, simplificando la representación digital del entorno.

UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

5.3.2 Software ArcGIS

ArcGIS, una plataforma integral para el análisis geoespacial, ha sido ampliamente adoptado en la transformación de datos LiDAR, desarrollada por ESRI que proporciona herramientas avanzadas para la creación, análisis y visualización de datos geográficos. Este software es ampliamente utilizado en el ámbito de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y se aplica en diversos campos, incluyendo cartografía, planificación urbana, gestión ambiental e ingeniería.

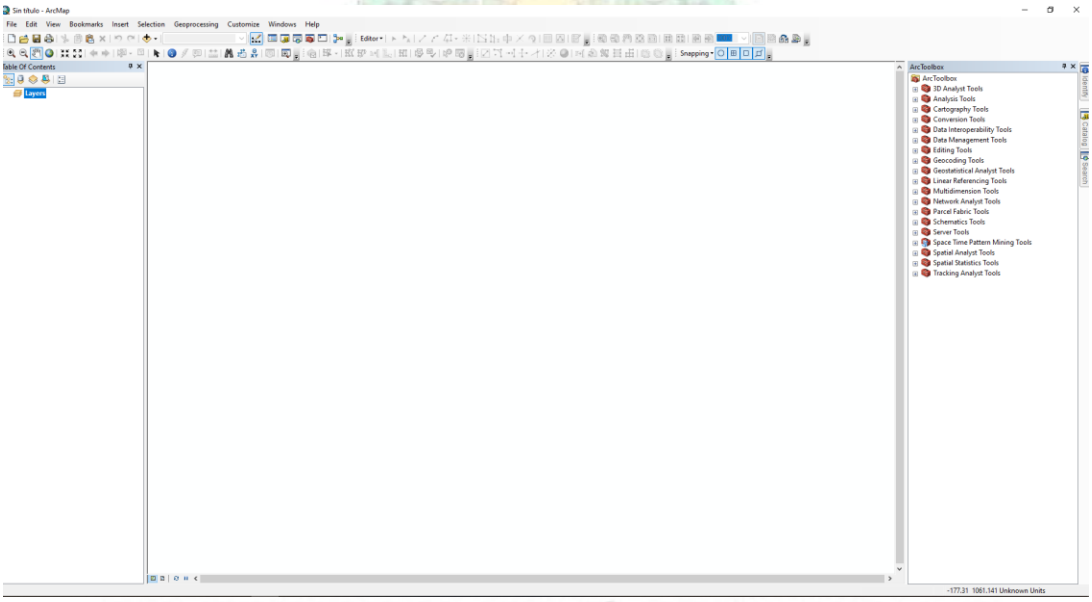


Ilustración 7. Interfaz ArcMap 10.8.

FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

Características Principales:

- Análisis Espacial: ArcGIS permite realizar análisis espaciales complejos, como la identificación de patrones, la interpolación espacial y el modelado de superficies.
- Modelado de Datos: Facilita la creación y gestión de bases de datos geográficas, permitiendo la integración de datos de diversas fuentes.

- Generación de Mapas: Ofrece herramientas para la creación de mapas detallados y personalizados, con capacidad para representar información en capas y simbologías diversas.

5.3.3 Software Civil 3D

AutoCAD Civil 3D es un software de diseño y documentación para proyectos de ingeniería civil. Desarrollado por Autodesk, se especializa en la creación de modelos de superficies, diseño de carreteras, gestión de redes de tuberías y otras tareas relacionadas con la ingeniería civil. El software utiliza tecnología de modelado de información para facilitar el diseño y la documentación de proyectos de infraestructura.

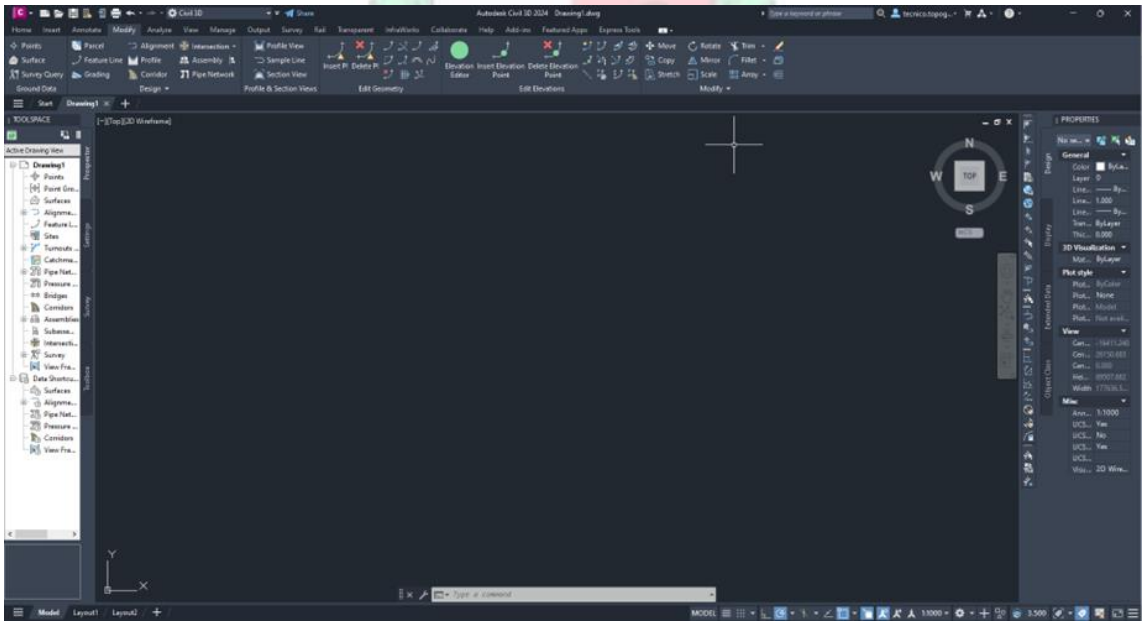


Ilustración 8. Interfaz Civil 3D.

Características Principales:

- Modelado de Superficies: Permite la creación y análisis de modelos digitales de terreno y superficies.
- Diseño de Carreteras: Facilita la planificación y diseño de carreteras y sistemas de transporte.
- Gestión de Tuberías y Redes: Herramientas para el diseño y análisis de sistemas de alcantarillado, agua y otros servicios públicos.
- Documentación: Generación automática de planos y documentación técnica basada en el modelo.

5.4 CARACTERIZACIÓN DEL AREA DE TRABAJO

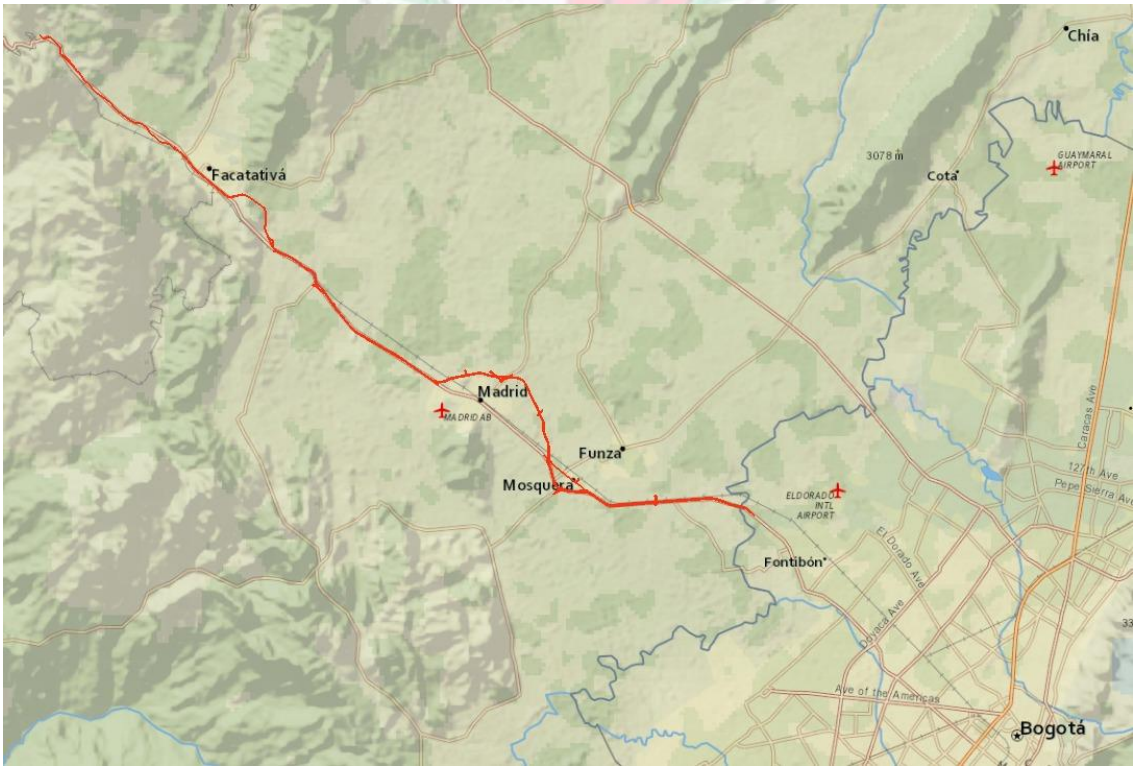


Ilustración 9. Localización de la zona de toma de datos.

La zona de estudio de este proyecto abarca el área comprendida entre Bogotá y Facatativá. Los datos utilizados corresponden a un levantamiento realizado por la empresa OCA GLOBAL COLOMBIA S.A.S en el corredor vial que conecta la salida por la calle 13 de Bogotá con el municipio de Facatativá, durante el año 2022. En este trabajo, se llevaron a cabo mediciones a lo largo de 82.385 kilómetros de una carretera convencional utilizando un Sistema de Mapeo Móvil (MMS).

6. METODOLOGÍA

En este segmento, se detalla la metodología aplicada para la transformación de la información LiDAR, en el proceso de pasantía, destacando el conjunto de herramientas y el procesamiento de datos destinados a la obtención de información geoespacial práctica y aplicable.

La ejecución de estas tareas se ha llevado a cabo empleando de manera integral las capacidades de ORBIT 3DM, ArcGIS y CIVIL 3D, donde se han personalizado diversas características de cada herramienta para asegurar la consecución de los resultados previstos.

UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

6.1 PROCESOS EN ORBIT 3DM - Edición 22.4

6.1.1 Creación de Proyecto Orbit

Inicialmente, se procede a copiar los recursos producidos por el equipo encargado del postproceso, los cuales siguen una disposición organizativa específica:

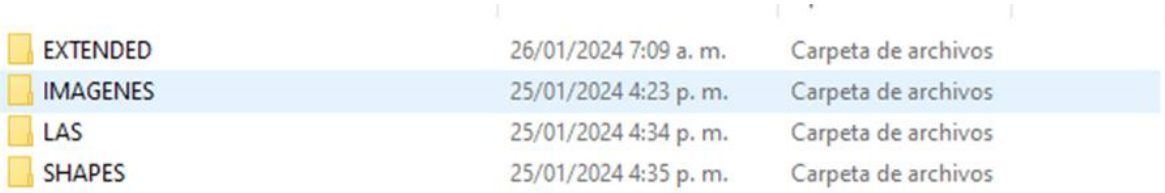


Ilustración 10. insumos para crear el proyecto Orbit.

El archivo "*Extended*" se refiere a la ubicación de las imágenes en relación con el trayecto del Sistema de Mapeo Móvil (MMS). El archivo "*Imágenes*" contiene las imágenes de 360° capturadas durante el recorrido del MMS. El archivo "*LAS*" corresponde a los archivos LAS utilizados en la generación de proyectos en Orbit, representando la nube de puntos derivada del levantamiento con MMS y finalmente el archivo "*Shapes*" representa la trayectoria seguida durante el levantamiento MMS, proporcionando las directrices del alcance del proyecto a ser generado en Orbit.

Nos dirigimos a la pestaña "Procedures", seleccionamos la opción "MOBILE MAPPING" y, finalmente, elegimos "Import Run". Aparecerá una ventana donde se solicita especificar la ruta para crear el proyecto, asignarle un nombre y, en la pestaña "Template", seleccionar el tipo de equipo utilizado para el levantamiento, en este caso, Leica Pegasus. También se establece el sistema de coordenadas y, finalmente, hacemos clic en "Crear".

UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

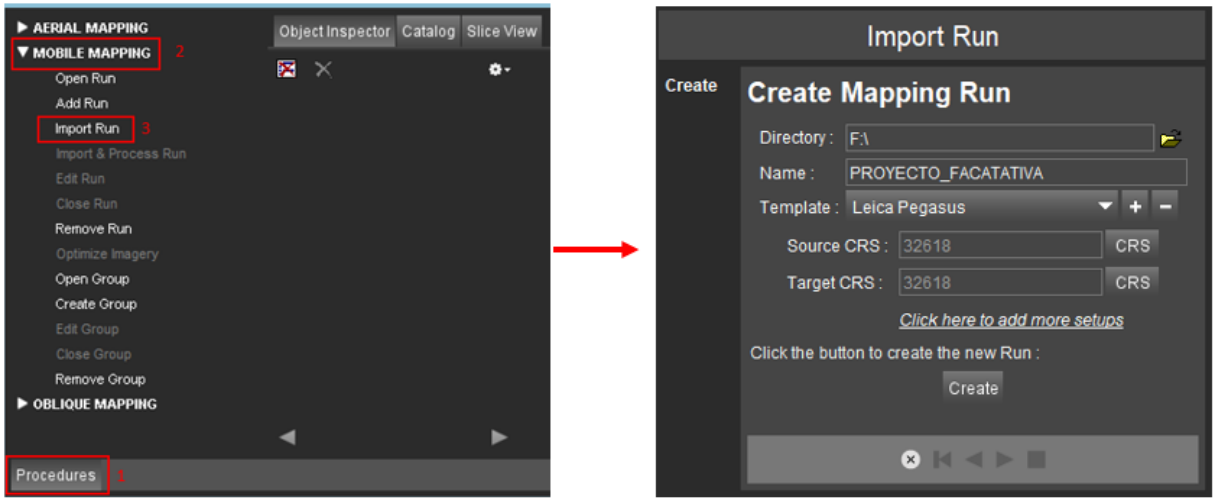


Ilustración 11. Pasos creación proyecto Orbit.

Luego, nos dirigimos a la ventana para crear la trayectoria del levantamiento. En la sección "Panorama 1", cargamos el archivo "Extended" desde "Select File". Este archivo, en formato .csv, contiene la posición de las imágenes capturadas durante el recorrido. Es importante destacar que el archivo debe presentar la información en columnas y no delimitada por comas.

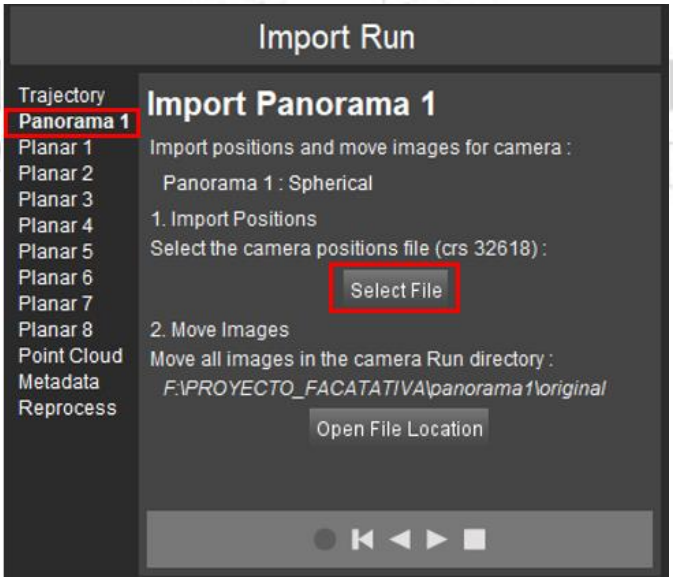


Ilustración 12.Crear trayectoria de levantamiento en ORBIT 3DM.

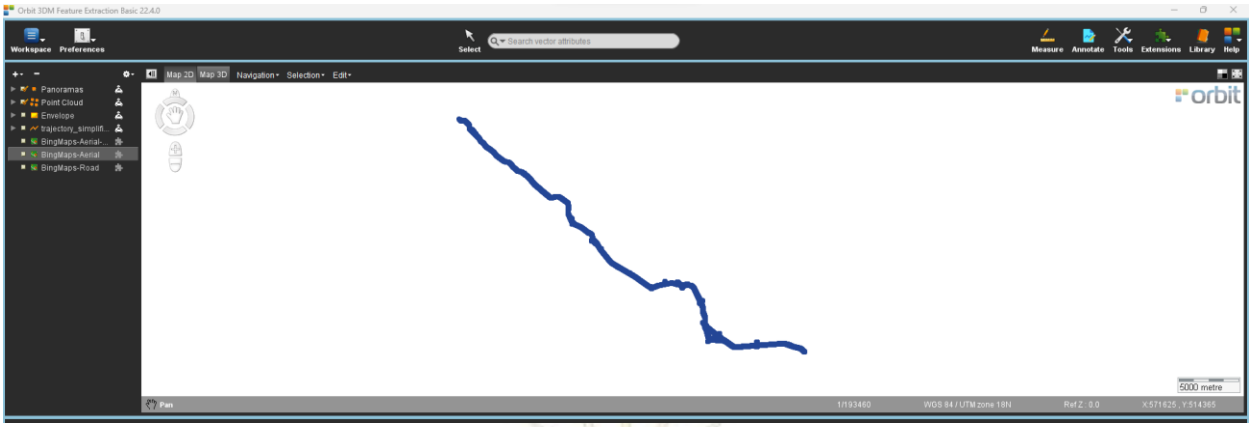


Ilustración 13.Trayectoria levantamiento Facatativá.

Finalmente, nos dirigimos a la pestaña "Point Cloud" para generar la nube de puntos del proyecto. Cargamos los archivos .LAS desde la opción "Select File", los cuales representan los tracks resultantes del levantamiento.

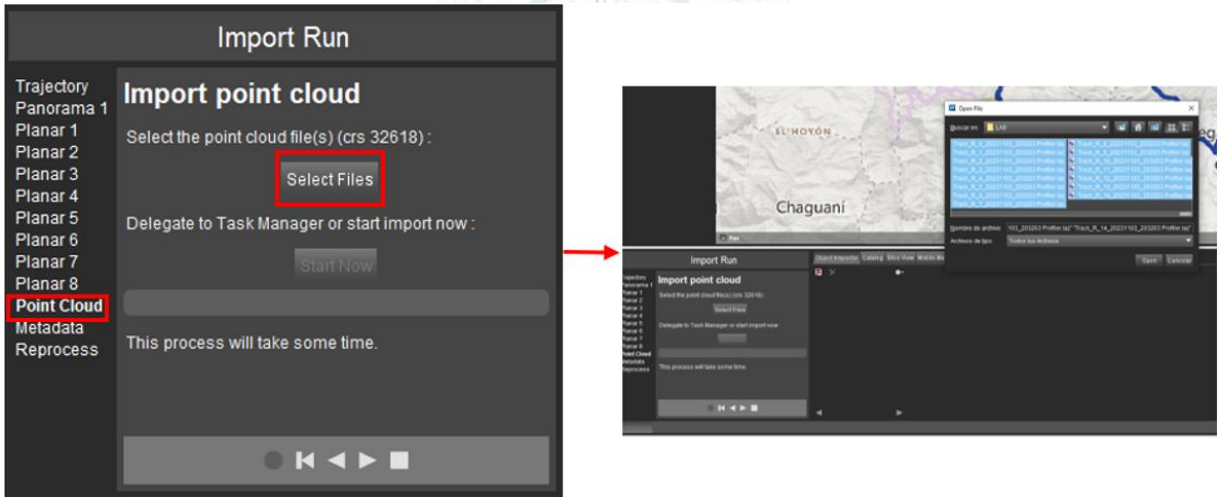


Ilustración 14.Crear nube de puntos en ORBIT 3DM.

6.1.2 Cargue de Nube de Puntos

Para enrutar el proyecto previamente creado se selecciona la pestaña “Procedures” enseguida seleccionamos la opción “MOBILE MAPPING” y finalmente, “Add Run” donde se busca la ubicación del proyecto.

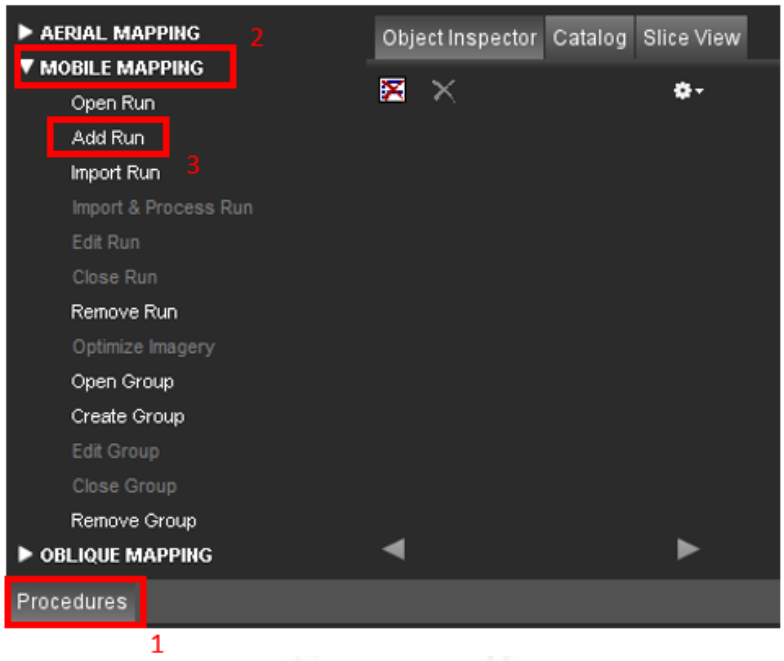


Ilustración 15. Pasos para enrutar proyecto Orbit.

UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

Con la disponibilidad de la nube de puntos LIDAR previamente generada, se inicia el proceso de digitalización en el software ORBIT 3DM, centrándose en la identificación y captura de todos los elementos visibles en el corredor vial.

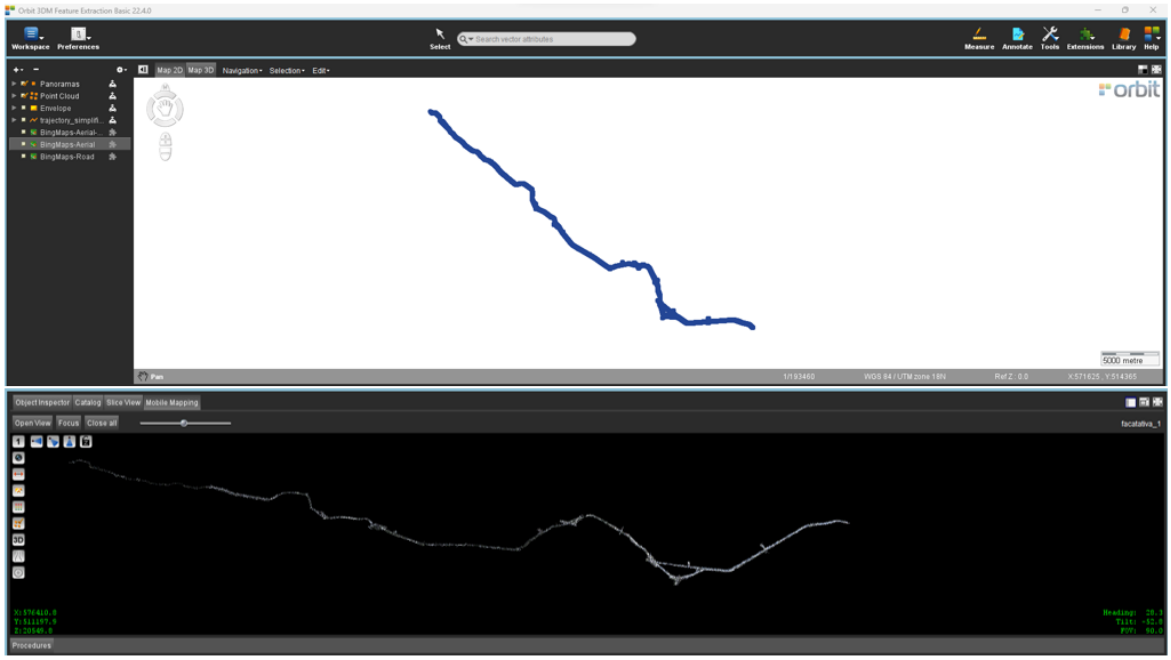


Ilustración 16.Nube de puntos, levantamiento Facatativá.

Dentro de la interfaz del software, se aprovechan diversas vistas de trabajo, destacando la vista en planta, que facilita la orientación dentro de la nube de puntos y proporciona una perspectiva integral de la trayectoria. Además, se exploran otras vistas en "*MOBILE MAPPING – OPEN VIEW*" donde se pueden visualizar las imágenes 360 y permiten la rotación alrededor de la nube, optimizando la comodidad durante la digitalización.

UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

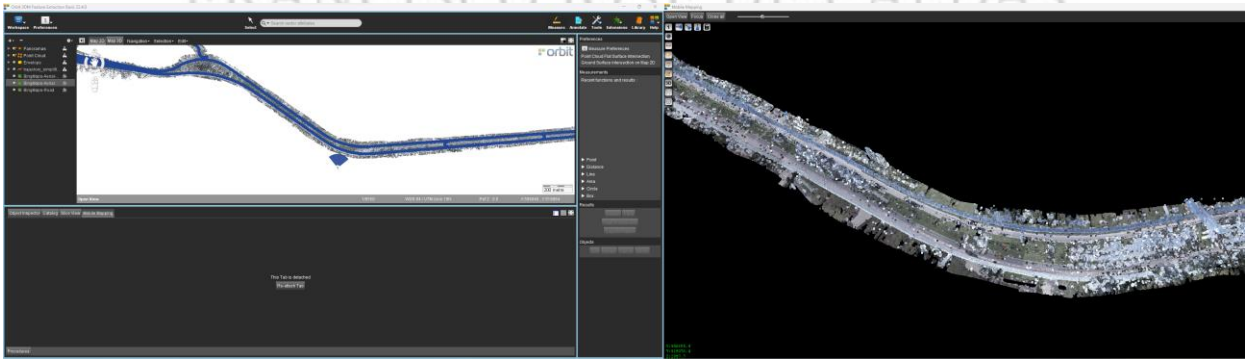


Ilustración 17. Vista en planta y vista móvil ORBIT 3DM.

Para mejorar la calidad de la representación, la nube de puntos se visualiza en modo RGB, y se selecciona un tamaño de píxel de 5, buscando incrementar la densidad de puntos para evitar pérdidas de información significativas. Este enfoque técnico garantiza una digitalización precisa y detallada de los elementos identificables en el entorno del corredor vial.

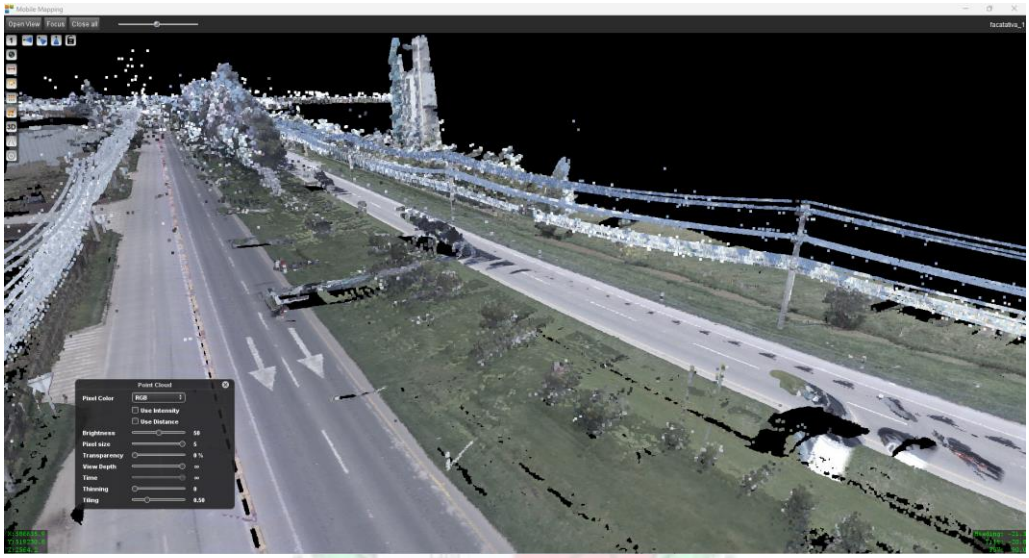


Ilustración 18. Nube de puntos modo RGB y tamaño de pixel número 5.

Después de la carga inicial y previo al inicio de la vectorización, se realiza una verificación del sistema de referencia de coordenadas de la zona de trabajo.

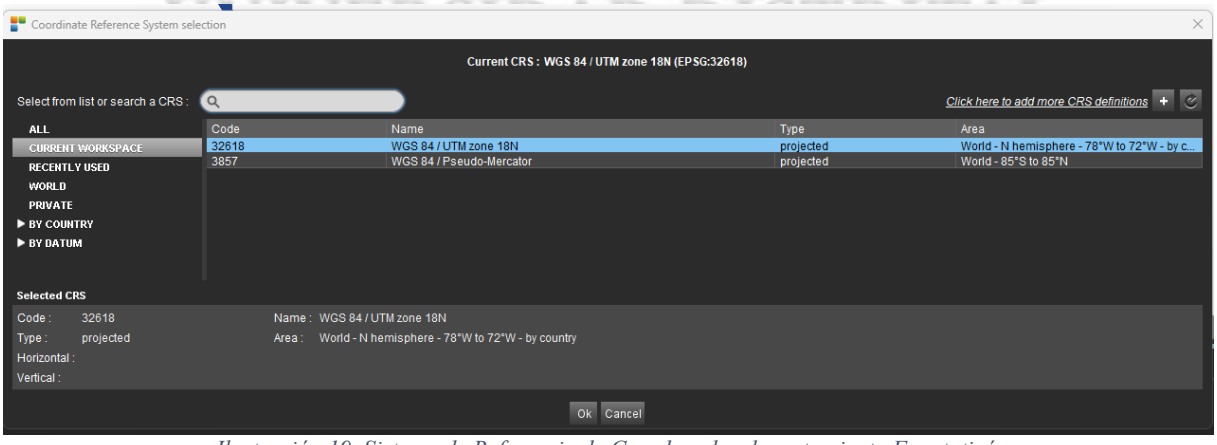


Ilustración 19. Sistema de Referencia de Coordenadas, levantamiento Facatativá.

6.1.3 Identificación de Elementos

Los elementos identificables en la nube de puntos del corredor vial se categorizan según su geometría, siendo clasificados como líneas, polígonos o puntos, con el propósito de facilitar y dirigir de manera precisa su proceso de vectorización. A continuación, se presenta la clasificación correspondiente de estos elementos.

TIPO DE GEOMETRÍA						
ELEMENTO	POLI LÍNEA		LÍNEA		PUNTO	
	NOMBRE	ABREVIATURA	NOMBRE	ABREVIATURA	NOMBRE	ABREVIATURA
	ALCANTARILLA	AL	AFLUENTES HÍDRICOS	AH	ÁRBOL	AR
	ANDÉN	AND	BERMA	BR	MOBILIARIO	MB
	BAHÍA	BH	CRUCES ELEVADOS	CE	MEDIDORES	MD
	BORDE VÍA	BV	CERCAS	CR	PUNTOS DE INTERÉS	PI
	CICLO RUTA	CIC	EJE VIAL	EJE_VIAL	POSTES DE REFERENCIA	PR
	CAJAS	CJ	EJE CICLORUTA	EJE_CICL	SEÑALES DE TRÁNSITO	SN
	CUNETAS	CN	LÍNEA FERREA	LINEA_FERREA	SEMÁFORO	SEM
	CAJAS CIRCULARES	CJC	PUENTES PEATONALES	PUENTES_PEA		
	CONTENEDORES DE RAÍCES	CONT	PUENTES VEHICULARES	PUENTES_VEH		
	ISLA	ISL	CONSTRUCCIONES	CONSTRUCIONES_L		
	MÓDULO	MOD	MUROS ESTRUCTURALES	MUROS ESTRUCTURALES_L		
	RAMPAS/ACCESOS	RM				
	REDUCTOR DE VELOCIDAD	RV				
	SARDINEL/BORDILLO	SR				
	PUENTE	PTE				
	PREDIO	PD				
	SEPARADOR	SP				
	ZONA VERDE	ZV				
	TALUD	TALUD				
	MUROS ESTRUCTURALES	MR				
	GRUPO DE ÁRBOLES	GA				
	TÚNEL	TUNEL				

Tabla 1.Clasificación del tipo de geometría de los elementos del corredor vial.

Se establecieron bases que albergan archivos. OVF compatibles con el software ORBIT 3DM correspondientes a cada elemento y tipo de geometría. Estos archivos se importan en el software, facilitando la digitalización individual de cada elemento.

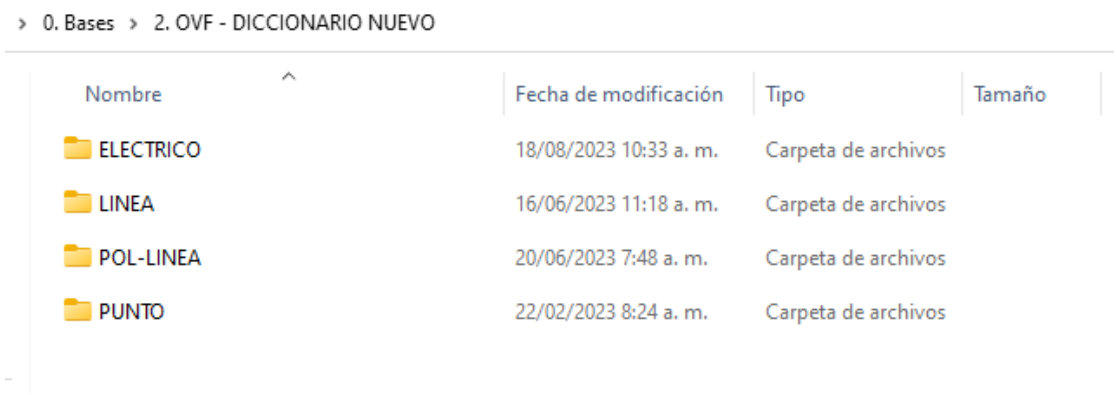


Ilustración 20. OVF bases para la digitalización de los elementos en ORBIT 3DM.



Ilustración 21. OVF elemento borde vía.

6.1.4 Digitalización de Elementos

UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

Para la digitalización de los elementos, se implementó un método secuencial de dibujo con el objetivo de optimizar el tiempo y prevenir posibles errores. Inicialmente, se procedió a dibujar los elementos clasificados como polígonos, asignándoles un orden específico de dibujo y prioridad. Esta elección se fundamentó en la estructura jerárquica del modelo diseñado para la generación de polígonos en ArcGIS. Se procuró mantener coherencia entre el proceso de dibujo en ORBIT y la lógica jerárquica del modelo en ArcGIS para evitar fallas al ejecutar el modelo y garantizar la correcta generación de todos los polígonos.

ORDEN DE DIBUJO		
PRIORIDAD	ELEMENTO	OBSERVACION
1	TNEL	Debe cerrar solo
2	PTE	Debe cerrar solo
3	BV	Se cierra solo, con pte y tnel
4	ISL	Cierra con los anteriores elementos
5	BR	Cierra con los anteriores elementos
6	BH	Cierra con los anteriores elementos
7	CN	Cierra con los anteriores elementos
8	SR	Cierra con los anteriores elementos
9	AND	Cierra con los anteriores elementos
10	RM	Cierra con los anteriores elementos
11	ZV	Cierra con los anteriores elementos
12	MOD	Puede cerrar solo o con elementos anteriores
13	AL	Debe cerrar solo
14	CJ	Debe cerrar solo
15	CE	Debe cerrar solo
16	CJC	Debe cerrar solo
17	CONT	Debe cerrar solo
18	SP	Caso especial (Marcar lineas de referencia)
19	CIC	Dependiendo el caso, se puede digitalizar en anden o via

Tabla 2.Orden de dibujo para elementos tipo polígono.

Una vez completada la digitalización de todos los elementos categorizados como polígonos, se procedió con la digitalización de los elementos tipo línea. Finalmente, se llevó a cabo la digitalización de los elementos tipo punto. Este enfoque secuencial facilitó un flujo de trabajo ordenado y eficiente, contribuyendo a la integridad del proceso y minimizando posibles inconvenientes en la generación de resultados en el modelo de ArcGIS.

UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

ORDEN DE DIBUJO EN ORBIT 3DM	
1	ELEMENTOS TIPO POLIGONO
2	ELEMENTO TIPO LÍNEA
3	ELEMENTOS TIPO PUNTO

Tabla 3.Orden de dibujo general en ORBIT 3DM.

Durante la fase de vectorización en ORBIT 3DM, se emplearon tres herramientas esenciales: línea, punto y círculo. La herramienta de círculo se limitó a la creación de cajas circulares. La elección de la herramienta se realizó en la esquina superior derecha de la interfaz del software, donde se accede a la herramienta "Measure". Al hacer clic, se despliega un menú con las opciones de dibujo disponibles.

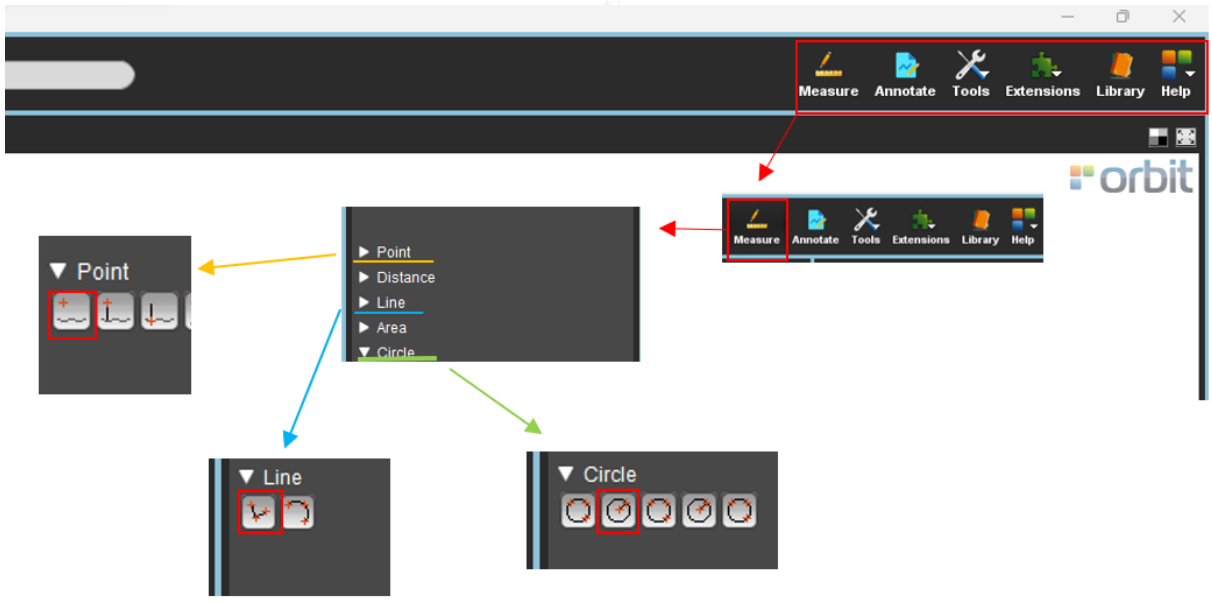


Ilustración 22. Herramientas de dibujo en ORBIT 3DM.

UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

Una vez seleccionada la herramienta, este proceso se repitió para cada una de las capas correspondientes a los distintos elementos a dibujar. Se habilitó y configuró cada capa de manera individual para asegurar que todas las vectorizaciones quedaran registradas de manera organizada y específica en sus respectivas capas.

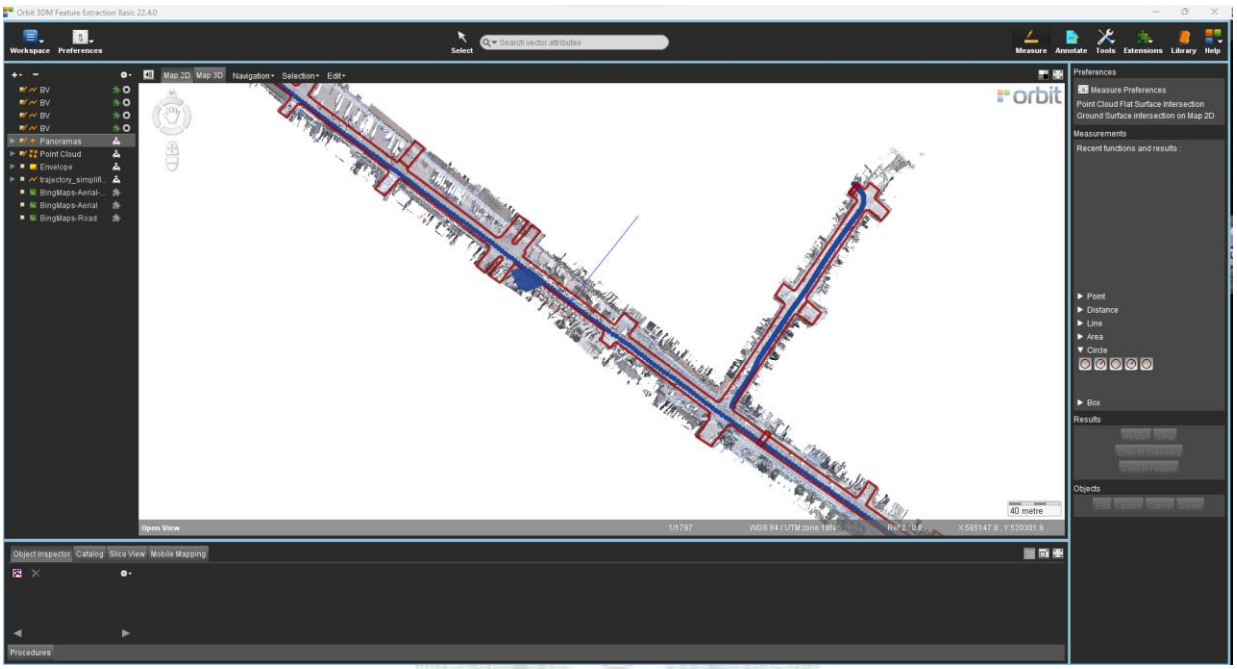


Ilustración 23.Vista en planta, digitalización de borde vía.

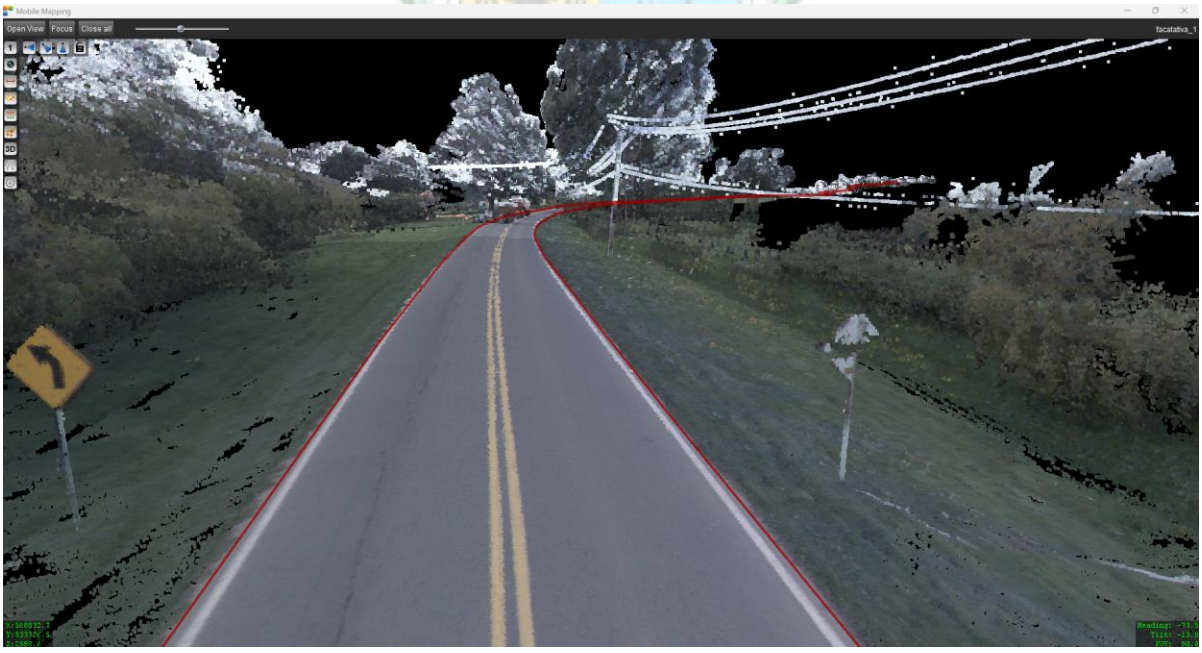


Ilustración 24. Vista de digitalización de borde vía sobre la nube de puntos en zona rural.

6.1.5 Atributación de Elementos

En el proceso de atribución llevado a cabo en ORBIT, se implementó la asociación de información detallada sobre las características físicas y espaciales de cada elemento identificado durante la etapa de digitalización. Los archivos. OVF específicos de cada elemento se estructuraron de manera que, al registrar las líneas de cada elemento, se desplegara un formato predefinido. Este formato permitió la introducción de información como tipo de material, estado del material, ubicación, entre otros, facilitando así la atribución de cada elemento en el entorno digital.



Ilustración 25. Estructura OVF del elemento borde vía.

DICCIONARIO DE DATOS ATRIBUTACIÓN ORBIT 3DM						
ELEMENTO	**ATRIBUTO**	**SELECCIÓN**				
AFLUENTES_HIDRICOS_LIN	DESCRIPCIO	AH (AFLUENTE HIDRICO)				
	TIPO_AFLUE	CANO	QUEBRADA	RIO	OTRO	
BORDE_BERMA	DESCRIPCIO	BR (BERMA)				
	TIPO_MATER	ASFALTO	CONCRETO	ADOQUIN	AFIRMADO	OTRO
	ESTADO	BUENO	DETERIORADO	DANADO		
BORDE_VIA	ELEMENTO	BORDE_VIA				
CERCO	DESCRIPCIO	CR (CERRAMIENTO)				
	TIPO_CERRA	CERCA	CERCA VIVA			
	TIPO_MATER	MADERA	METAL	PUAS	VEGETACION	OTRO
CONSTRUCCIONES_L	TIPO	ENTRADA	LOTE	CONSTRUCCION		
CRUCES_ELEVADOS	DESCRIPCIO	TUB (TUBERIA)				
	TIPO_CRUCE	GASODUCTO	OLEODUCTO	SIN IDENTIFICAR		
	TIPO_MATER	METAL	CONCRETO	OTRO		
EJE_CICL	CLASE	EJE_CICL				
EJE_VIAL	CLASE	EJE_VIAL				
LINEA_FERREA	CLASE	LINEA_FERREA				
MUROS_ESTRUCTURALES_LIN	DESCRIPCIO	MR (MURO)				
	TIPO_MURO	GAVION	SOPORTE PUENTE	CONTENCION	OTRO	
	TIPO_MATER	CONCRETO	PIEDRA	OTRO		
	ESTADO	BUENO	DETERIORADO	DANADO		
PUENTES_PEA	CLASE	PUENTES_PEA				
PUENTES_VEH	CLASE	PUENTES_VEH				

Tabla 4. Diccionario de datos para atributación de elementos en Orbit 3DM (1).

DICCIONARIO DE DATOS ATRIBUTACIÓN ORBIT 3DM						
ELEMENTO	**ATRIBUTO**	**SELECCIÓN**				
ALCANTARILLAS	DESCRIPCIO	AL (ALCANTARILLA)				
	TIPO_ESTRU	ALCANTARILLAS	SUMIDEROS	OTRO		
	TIPO_MATER	CONCRETO	HIERRO	OTRO		
	ESTADO	BUENO	DETERIORADO	DANADO		
AREAS_VERDES	DESCRIPCIO	ZV (ZONA VERDE)				
	UBICACION	ANDEN	SENDERO	AREA DE RECREACION	SEPARADORES	OTRO
MUROS_ESTRUCTURALES_POL	DESCRIPCIO	MR (MURO)				
	TIPO_MURO	GAVION	SOPORTE PUENTE	CONTENCION	OTRO	
	TIPO_MATER	CONCRETO	PIEDRA	OTRO		
	ESTADO	BUENO	DETERIORADO	DANADO		
CONSTRUCCIONES_P	DESCRIPCIO	ENT (ENTRADA)	LOT (LOTE)	CONS (CONSTRUCCION)		
	TIPO_PREDI	ENTRADA	LOTE	CONSTRUCCION		
	ACTIVIDAD	RESIDENCIAL	COMERCIAL	INDUSTRIAL	OFICIAL	OTRO
ANDENES	DESCRIPCIO	AND (ANDEN)	ZD (ZONA DURA)			
	UBICACION	PUBLICA	PRIVADA	CESION	MIXTA	SIN DETERMINAR
	TIPO_MATER	CONCRETO	ADOQUIN	ASFALTO	AFIRMADO	OTRO
	ESTADO	BUENO	DETERIORADO	DANADO		
BORDILLO_SARDINEL	DESCRIPCIO	SR (SARDINEL)				
	TIPO_MATER	CONCRETO	PREFABRICADO	OTRO		
	ESTADO	BUENO	DETERIORADO	DANADO		
PUENTES_VEH_POLIGONO	DESCRIPCIO	PTE (PUENTE)				
	TIPO_PUENT	PEATONAL	VEHICULAR	OTRO		
RAMPAS	DESCRIPCIO	AC (ACCESO)	RM (RAMPA)			
	TIPO_RAMPA	PEATONAL	VEHICULAR			
	TIPO_MATER	ASFALTO	CONCRETO	ADOQUIN	AFIRMADO	OTRO
	ESTADO	BUENO	DETERIORADO	DANADO		
REDUCTORES_VELOCIDAD	DESCRIPCIO	RV (REDUCTORES DE VELOCIDAD)				
	TIPO_MATER	CONCRETO	OTRO			
	ESTADO	BUENO	DETERIORADO	DANADO		
VIAS	DESCRIPCIO	BV (VIA)				
	TIPO_MATER	ASFALTO	CONCRETO	ADOQUIN	AFIRMADO	OTRO
	ESTADO	BUENO	DETERIORADO	DANADO		
	SENT_VIA	DOBLE SENTIDO	DESDE-HACIA	HACIA-DESDE	SIN DEFINIR	
ISLAS	DESCRIPCIO	ISL (ISLA)				
	TIPO_ISLA	ELEVADA	DEMARCADA	TOPELLANTAS		
	TIPO_MATER	CONCRETO	POLIPROPILENO	PINTURA	OTRA	
	ESTADO	BUENO	DETERIORADO	DANADO		
BAHIAS	DESCRIPCIO	BH (BAHIA)				
	USO_VEHICU	SI	NO			
	TIPO_MATER	ASFALTO	CONCRETO	ADOQUIN	AFIRMADO	OTRO
	ESTADO	BUENO	DETERIORADO	DANADO		
CONTENEDORES_RAIZ	DESCRIPCIO	CONT (CONTENEDOR DE RAIZ)				
	TIPO_MATER	CONCRETO	ADOQUIN	OTRO		
	ESTADO	BUENO	DETERIORADO	DANADO		
	UBICACION	ZONA DURA	ZONA VERDE			
CICLORUTA	DESCRIPCIO	CIC (CICLORUTA)				
	UBICACION	VIA	ANDEN	SEPARADOR	SENDERO	OTRO
	TIPO_MATER	ASFALTO	CONCRETO	ADOQUIN	AFIRMADO	OTRO
	ESTADO	BUENO	DETERIORADO	DANADO		
TUNELES	DESCRIPCIO	PTE (PUENTE)				
SEPARADORES	DESCRIPCIO	SP (SEPARADOR)				
	TIPO_SEPAR	ZONA VERDE	TOPELLANTAS	VALLA METALICA	POSTES PVC O HORMIGON	BARRERA PLASTICA O DE HORMIGON
	ESTADO	BUENO	DETERIORADO	DANADO		

Tabla 5.Diccionario de datos para atributación de elementos en Orbit 3DM (2).

ELEMENTO	ATRIBUTO	SELECCIÓN				
MOBILIARIO_POLIGONO	DESCRIPCIO	MOD (MODULO)				
	UBICACION	VIA	ANDEN	SEPARADOR	AREA VERDE	OTRA
	TIPO_CONST	PARADERO	KIOSCO	CAI	PUESTOS DE INFORMACION	OTROS
CAJAS	DESCRIPCIO	CJ (CAJAS)				
	UBICACION	VIA	ANDEN	ZONAS VERDES	SEPARADORES	OTRO
	EMPRESA	CODENSA	EEC	ETB	EAAB	OTRA
	TIPO_MATER	CONCRETO	HIERRO	OTRA		
	TIPO	SENCILLA	DOBLE	TRIPLE		
	ESTADO	BUENO	DETERIORADO	DANADO		
CAJAS_CIRCULARES	DESCRIPCIO	CJC (CAJAS CIRCULARES)				
	UBICACION	VIA	ANDEN	ZONAS VERDES	SEPARADORES	OTRO
	EMPRESA	CODENSA	EEC	ETB	EAAB	OTRA
	TIPO_MATER	CONCRETO	HIERRO	PLASTICA	OTRO	
	TIPO	VEHICULAR	PEATONAL	OTRA		
	ESTADO	BUENO	DETERIORADO	DANADO		
CUNETAS	DESCRIPCIO	CN (CUNETAS)				
	UBICACION	DERECHA	IZQUIERDA	MIXTO		
	TIPO_MATER	CONCRETO	PREFABRICADO			
	ESTADO	BUENO	DETERIORADO	DANADO		
GRUPO_ARBOLES	DESCRIPCIO	GA (GRUPO DE ARBOLES)				
	UBICACION	ANDEN	SENDERO	AREA DE RECREACION	SEPARADORES	OTRO
ARBOLADO	DESCRIPCIO	AR (ARBOL)				
	UBICACION	VIA	ANDEN	ZONAS VERDES	SEPARADORES	OTRO
POSTES _REFERENCIA	DESCRIPCIO	PR (POSTE DE REFERENCIA)				
	KM_PR	NO APLICA				
	UBICACION	VIA	ANDEN	SEPARADOR	AREA VERDE	OTRA
SEMAFORIZACION	DESCRIPCIO	SEM (SEMAFORO)				
	TIPO_INTER	VEHICULAR	VEHICULAR_PEATONAL	VEHICULAR_BICIUSUARIO	EXCLUSIVA_PEATONAL	VEHICULAR_PEATONAL_BICIUSUARIO
	IMPLEMENTA	DEFINITIVA	PROVISIONAL_PMT	PROVISIONAL_DEFINITIVA		
SENALES_VERTICALES	DESCRIPCIO	SN (SENAL)				
	UBICACION	VIA	ANDEN	SEPARADOR	AREA VERDE	OTRA
	TIPO_DE_SE	PREVENTIVAS	REGLAMENTARIAS	INFORMATIVAS	TRANSITORIAS	OTRA
PUNTOS_INTERES	DESCRIPCIO	PI (PUNTO DE INTERES)				
	ELEMENTO	ESTACION DE SERVICIO	PEAJE	TUNEL	OTRO	
MOBILIARIO_PUNTOS	DESCRIPCIO	MB(MOBILIARIO)				
	TIPO_MOBIL	BOLARDOS	CANECAS	BICICLETARIO	BANCAS	JUEGOS DE RECREACION
MEDIDORES	DESCRIPCIO	MD (MEDIDORES)				
	UBICACION	VERTICAL	HORIZONTAL			
	EMPRESA	CODENSA	EAAB	GAS NATURAL	CAJAS ETB	VALVULAS DE GAS

Tabla 6.Diccionario de datos para atributación de elementos en Orbit 3DM (3).

6.1.6 Exportación de Capas

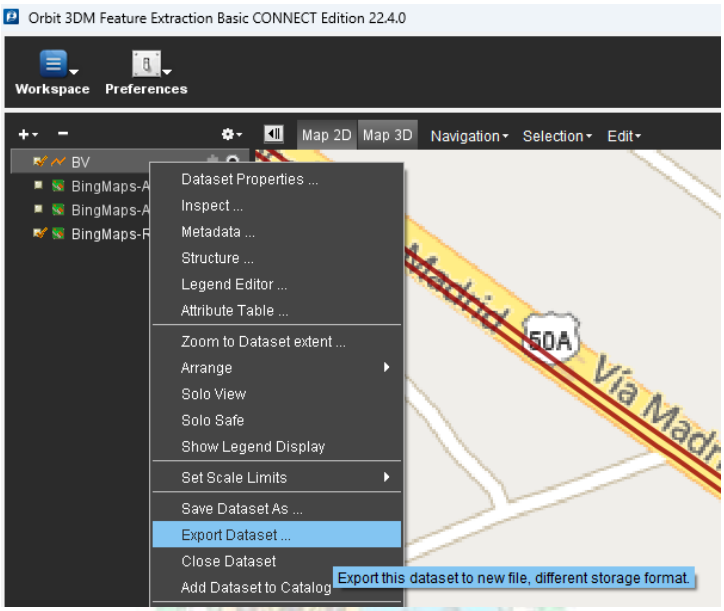


Ilustración 26. Exportar dataset en ORBIT 3DM.

Una vez completada la fase de vectorización y atribución, el siguiente paso implica exportar cada una de las capas para su posterior procesamiento en ArcGIS. Este proceso se realiza seleccionando la capa deseada, haciendo clic derecho y eligiendo la opción "Export Dataset".

Se desplegará un menú con diversas opciones de exportación. Es crucial asignar la ruta de almacenamiento deseada y seleccionar el formato de archivo, siendo fundamental optar por el formato Shape para garantizar la compatibilidad con ArcGIS. Finalmente, la exportación se ejecuta al hacer clic en el botón "Start".

UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

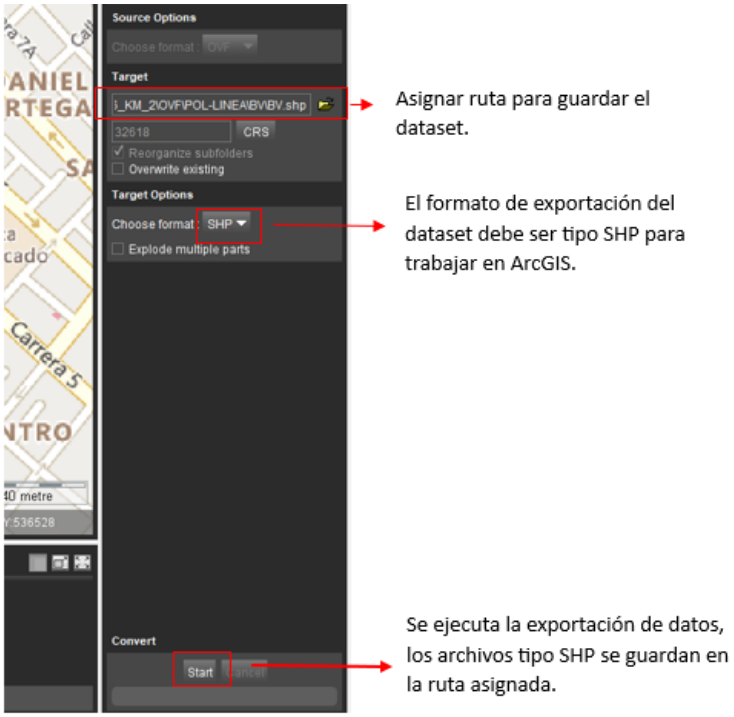


Ilustración 27. Proceso para la exportación de dataset en ORBIT 3DM.

6.2 PROCESOS EN ArcGIS - ArcMap10.8

6.2.1 Cargue de Datos Vectorizados

Luego de exportar los datasets desde ORBIT en formato Shape, se procede a su importación en ArcGIS, incorporando así la información vectorizada junto con sus respectivas características. Es importante llevar a cabo una revisión detallada de los dibujos para asegurarse de que todas las líneas estén cerradas. Este paso es crucial, ya que garantiza que, al ejecutar el modelo de generación de polígonos, todos los elementos se generen correctamente. Este proceso de verificación contribuye a la coherencia y la precisión en la representación de la información geoespacial en el entorno de ArcGIS.

UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

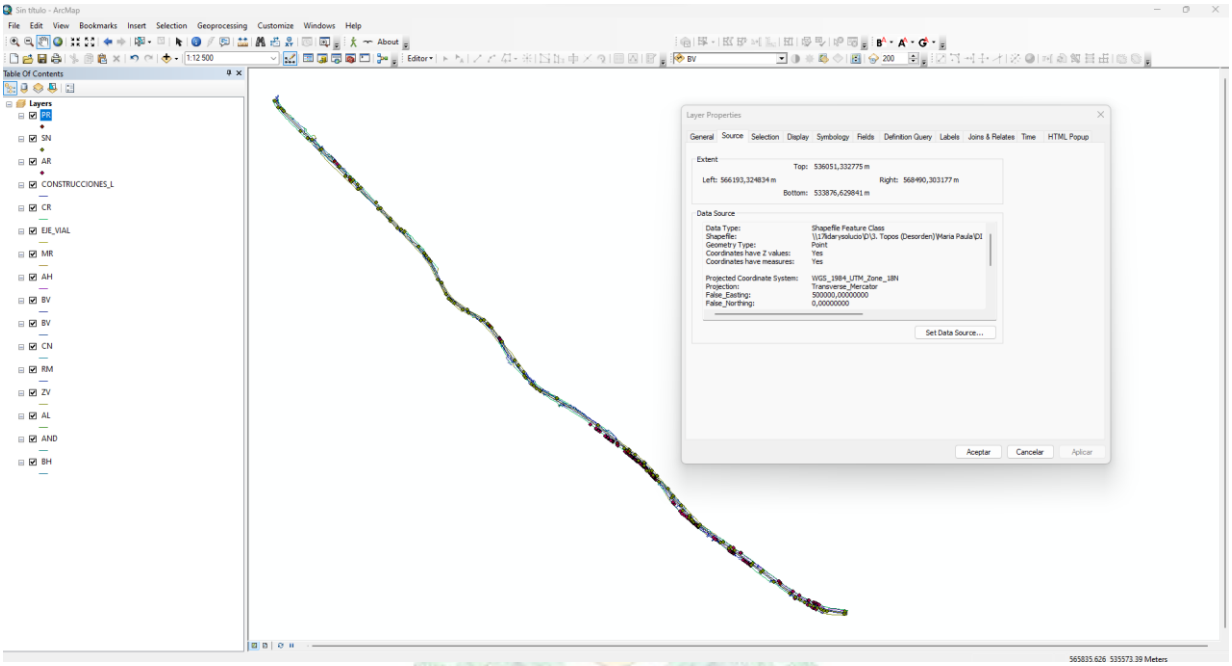


Ilustración 28. Datos crudos tipo Shape visualizados en ArcMap 10.8.

6.2.2 Generación de Polígonos

Para el proceso de generación de polígonos, se requiere que los datos crudos provenientes de las líneas vectorizadas se ubiquen en una capa designada como "Datos_Entrada". Esta nomenclatura específica es esencial para asegurar el correcto funcionamiento del modelo y la consecuente generación de polígonos. Esta organización previa de datos es crucial, ya que el modelo sigue una estructura específica que demanda una disposición ordenada de las capas. Este paso estructural garantiza la coherencia y precisión en la ejecución del proceso, asegurando que los datos pertinentes sean reconocidos y procesados adecuadamente por el sistema de modelado.

UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

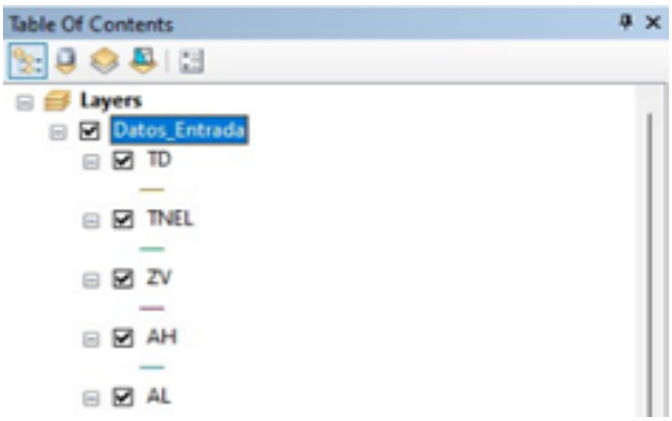


Ilustración 29. Estructura de los datos crudos para la generación de polígonos.

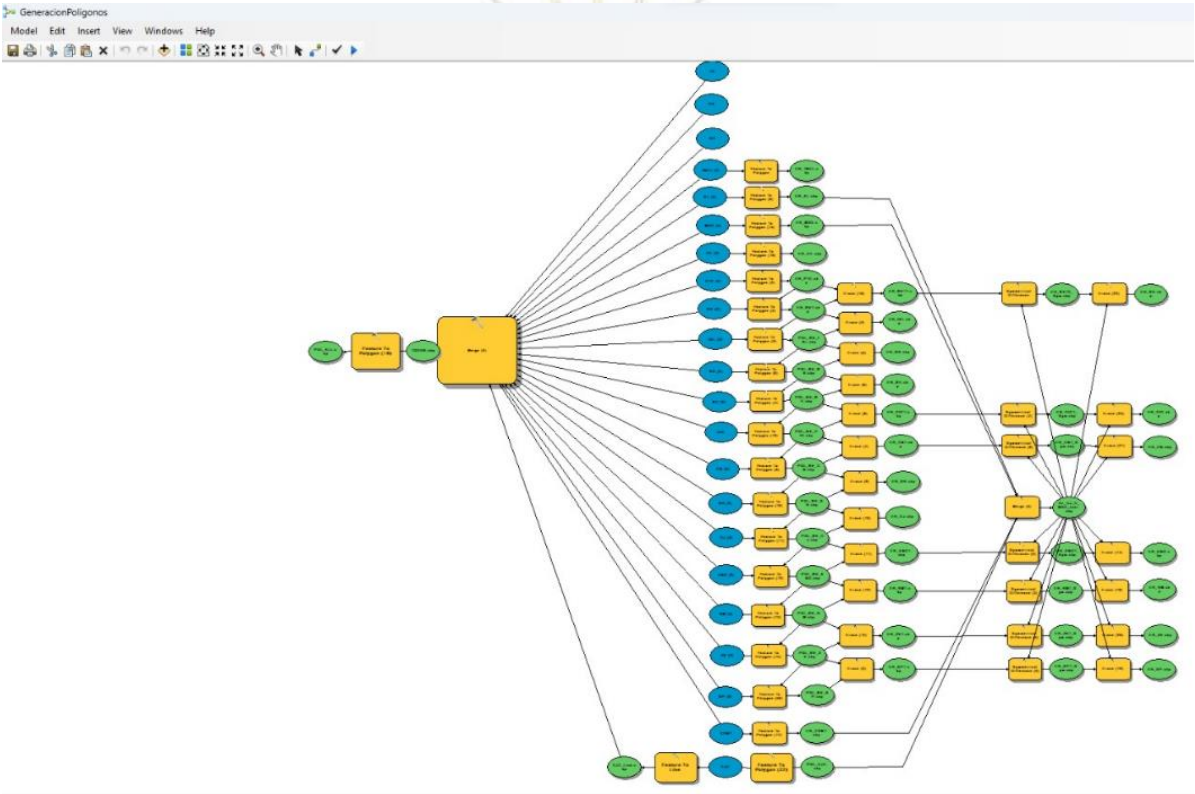


Ilustración 30. Modelo ArcGIS para la generación de polígonos a partir de poli líneas.

6.2.3 Topología

Una vez se han generado los polígonos y se verifica la correcta creación de todos ellos, se procede a ejecutar la topología correspondiente.

En el primer paso, se inicia creando una geodatabase. Para ello, se accede a la pestaña de “Catálogo”, se selecciona la ruta donde se encuentran los polígonos, y haciendo clic derecho, se elige la opción "New", seguido de la selección de "File Geodatabase".

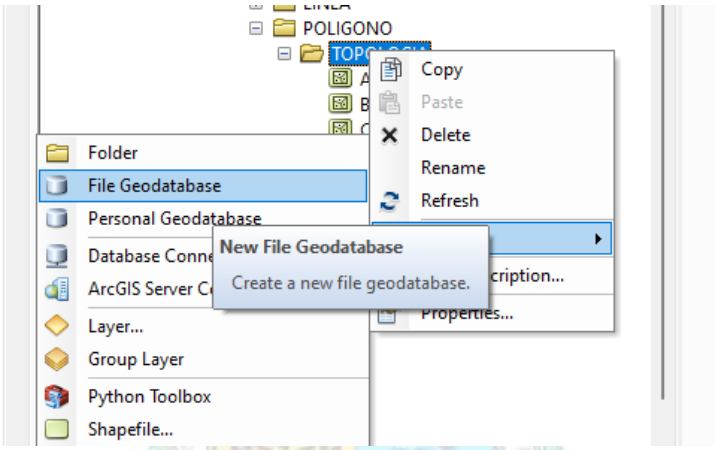


Ilustración 31. File Geodatabase. ArcMap 10.8

Después de haber creado la Geodatabase, se procede a realizar clic derecho y seleccionar la opción "New", para posteriormente elegir "Feature Dataset".

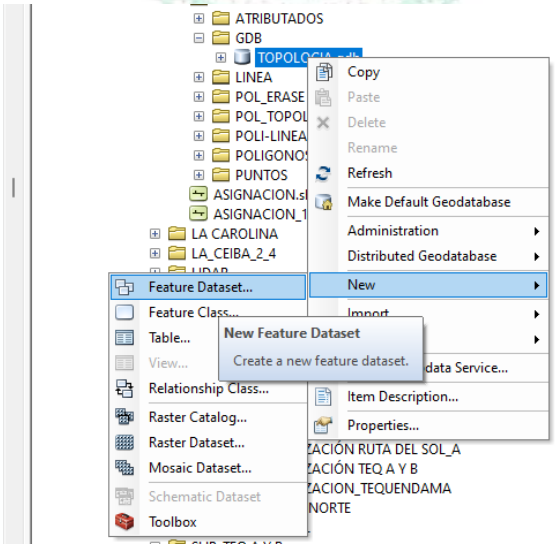


Ilustración 32. Creación de Feature Dataset. ArcMap 10.8

En la ventana inicial, se asigna un nombre al "Feature Dataset", y luego se elige el sistema de coordenadas con el cual se trabajará, en este caso, WGS_1984_UTM_Zone_18N. En las ventanas posteriores se deja la configuración por defecto y se da finalizada la creación del conjunto de entidades.

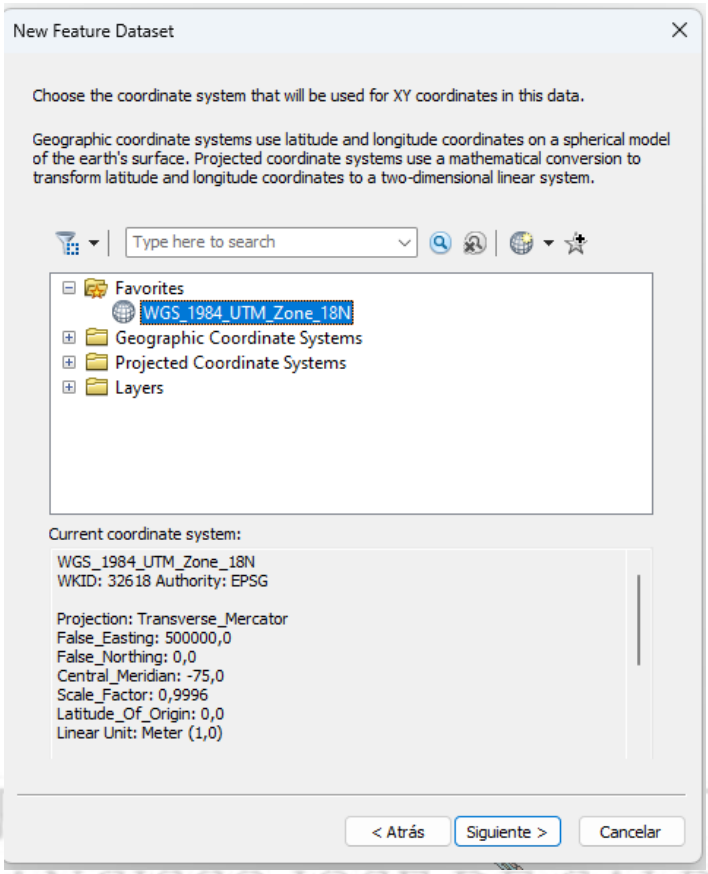


Ilustración 33. Sistema de coordenadas. ArcMap 10.8

UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

Después de haber creado el Conjunto de Entidades, se procede haciendo clic derecho y eligiendo la opción "Import", luego se selecciona "Feature Class (múltiple)".

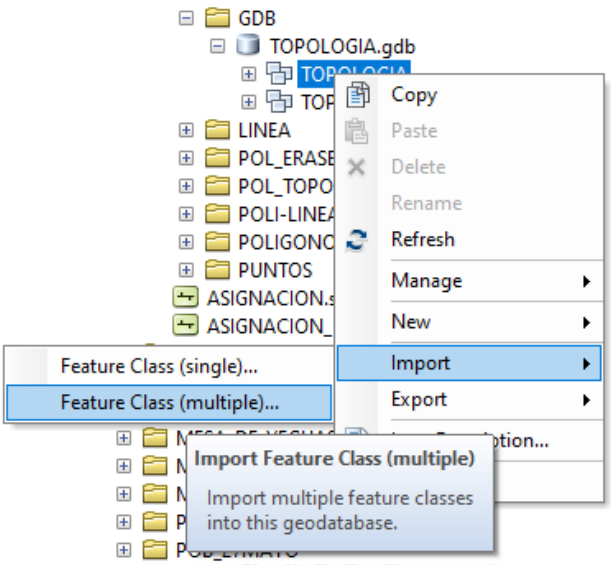


Ilustración 34. Creación Feature Class (múltiple). ArcMap 10.8

En la ventana emergente, se importan todos los archivos shapefile de los polígonos generados de los elementos que se someterán a topología y se confirma haciendo clic en "OK".

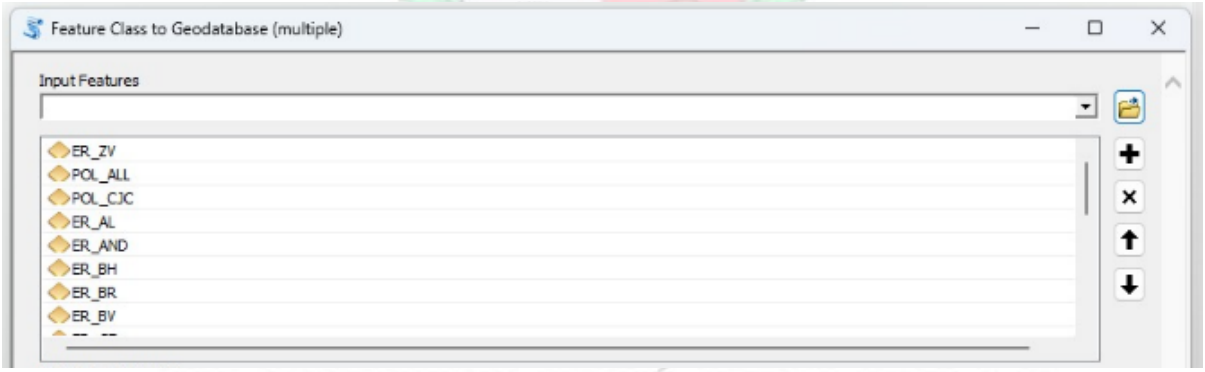


Ilustración 35.Feature Class to Geodatabase (múltiple). ArcMap 10.8

FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

Después de importar todos los polígonos, se realiza clic derecho nuevamente sobre la Feature Dataset y se elige la opción "New", para seleccionar la creación de una topología.

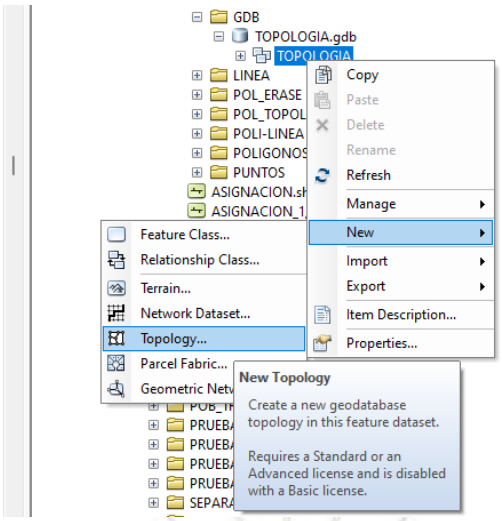


Ilustración 36. Creación de nueva Topología en ArcMap 10.8.

En las dos primeras ventanas emergentes, se elige la opción "siguiente" manteniendo la configuración por defecto. En la tercera ventana, se seleccionan todos los elementos importados anteriormente en "Feature Class (múltiple)".

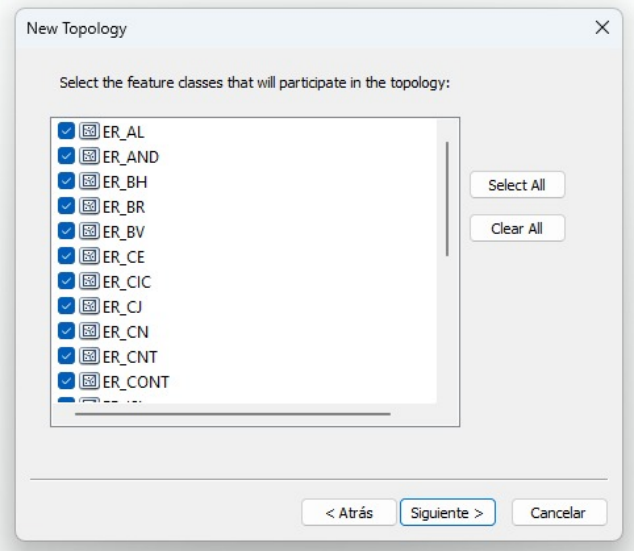


Ilustración 37. Selección de los elementos del Feature Class (múltiple).

En la fase siguiente, se incorporan las reglas de topología para todos los elementos mediante la opción "Add Rule". Entre las reglas fundamentales de topología implementadas se encuentran: "Must Not Overlap" (No debe superponerse) y "Must Not Overlap With" (No debe

superponerse con). Estas reglas son esenciales para garantizar la coherencia y la consistencia espacial de los datos geoespaciales, asegurando que los polígonos cumplan con restricciones específicas, como evitar superposiciones no permitidas o establecer relaciones espaciales precisas con otras capas.

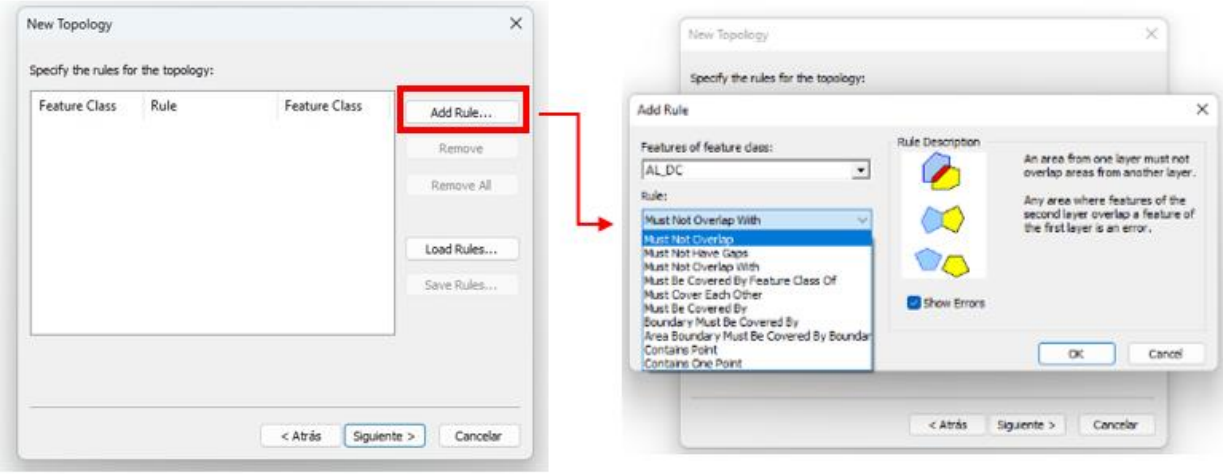


Ilustración 38. Adición de reglas topológicas.

Must Not Overlap: Esta regla establece que dos o más polígonos en la capa no deben superponerse espacialmente. Es decir, no puede haber áreas en el mapa donde dos polígonos compartan la misma ubicación o se crucen entre sí. Esta regla es esencial para evitar inconsistencias en la representación geoespacial de entidades.

Must Not Overlap With: Esta regla es similar a la anterior, pero permite especificar con qué capa o capas no debe superponerse un polígono dado. Es útil cuando se necesita controlar la relación espacial entre entidades en capas diferentes. Por ejemplo, un tipo de polígono no debe superponerse con otro tipo específico en otra capa.

Una vez se hayan añadido todas las reglas de topología, se procede a hacer clic en "Siguiente" y finalmente en "Finalizar". Este paso concluye la configuración de la topología, asegurando que las restricciones y relaciones espaciales definidas sean aplicadas de manera efectiva a los elementos geoespaciales.

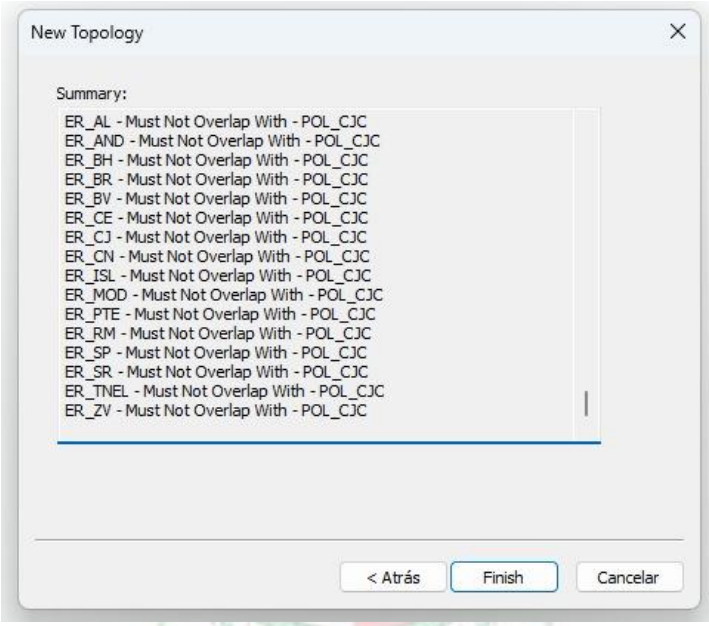


Ilustración 39.Reglas topológicos.

UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

Una vez completada la configuración inicial, se procede a arrastrar el archivo de topología al Data Frame de ArcMap para visualizar todos los elementos que serán sujetos a topología y comenzar a realizar correcciones en caso de ser necesario.

Para iniciar la edición topológica de todos los elementos poligonales, se hace clic en "Start Editing", seguido por la apertura de la ventana de inspección de errores. Este paso habilita la detección y corrección de posibles errores o incumplimientos de reglas topológicas en los elementos geoespaciales.

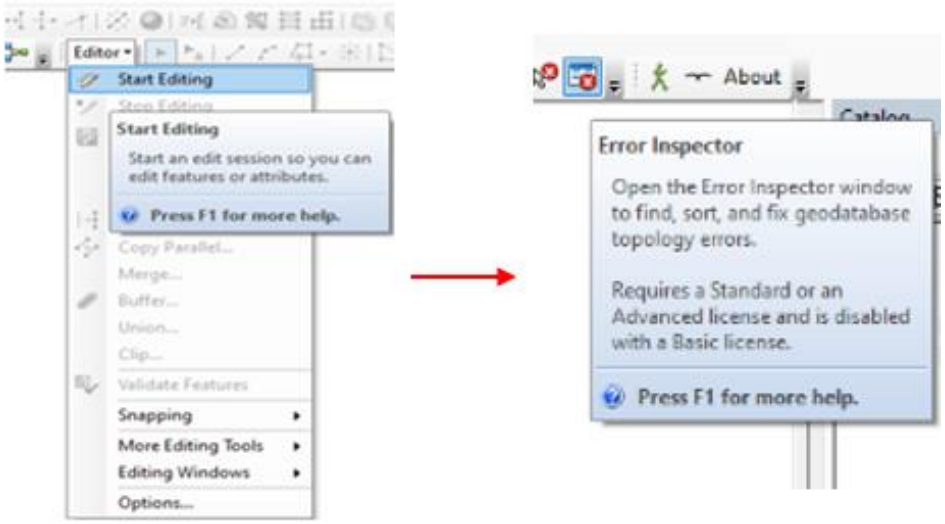


Ilustración 40.Habilitación de edición de la topología.

Dentro de la ventana del "Error Inspector" se pueden visualizar todos los errores topológicos presentes en los polígonos. Utilizando la herramienta "Zoom To", es posible navegar a cada error específico para realizar las correcciones pertinentes. Una vez completada la corrección topológica en cada elemento, se procede a validar la topología para asegurar la ausencia de errores.

Error Inspector

Show: <Errors from all rules> 128 errors Search Now Errors Exceptions Visible Extent only

Rule Type	Class 1	Class 2	Shape	Feature 1	Feature 2	Exception
Must Not Have Gaps	VIA_DC		Polyline	0	0	False
Must Not Have Gaps	VIA_DC		Polyline	0	0	False
Must Not Have Gaps	VIA_DC		Polyline	0	0	False
Must Not Have Gaps	VIA_DC		Polyline	0	0	False
Must Not Have Gaps	VIA_DC		Polyline	0	0	False
Must Not Have Gaps	BR_DC		Polyline	0	0	False
Must Not Have Gaps	BR_DC		Polyline	0	0	False
Must Not Have Gaps	BR_DC		Polyline	0	0	False
Must Not Have Gaps	BR_DC		Polyline	0	0	False
Must Not Have Gaps	BR_DC		Polyline	0	0	False
Must Not Have Gaps	BR_DC		Polyline	0	0	False
Must Not Have Gaps	CN_DC		Polyline	0	0	False
Must Not Have Gaps	CN_DC		Polyline	0	0	False

Ilustración 41. Inspección de errores ArcMap 10.8

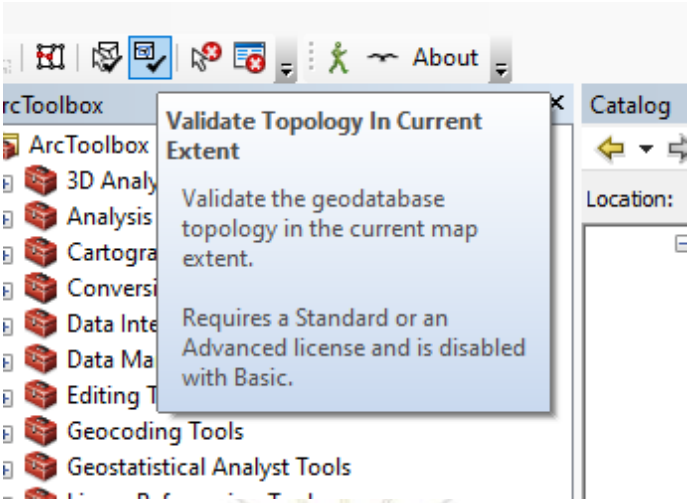


Ilustración 42. Validación de topología

Finalmente, se guardan los cambios realizados y se exportan los polígonos desde la Geodatabase donde se creó la topología, asegurándose de utilizar la extensión .SHP para el archivo resultante.

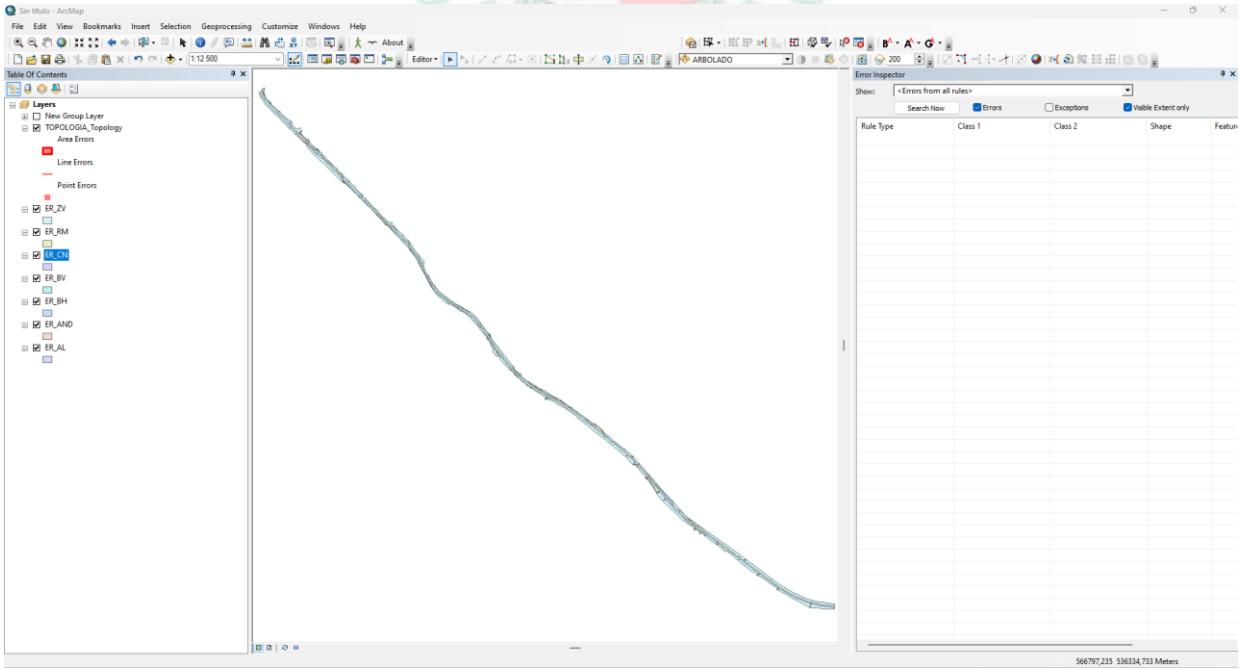


Ilustración 43.Polígonos con topología realizada.

6.2.4 Atributación

Después de establecer y realizar la corrección topológica de los polígonos, la siguiente fase implica atribuir información geográfica a los elementos de tipo polígono, línea y punto. Este proceso de atribución abarca datos significativos como el nombre de la vía, el departamento, el municipio, la dirección y la nomenclatura. Es importante destacar que la nomenclatura proporciona la ubicación específica del elemento en relación con los kilómetros de la vía, brindando así un conjunto completo de datos geoespaciales que enriquecen la caracterización y comprensión del entorno mapeado.

ATRIBUTACIÓN DE ELEMENTOS EN ArcGIS
NOMBRE VÍA
DEPARTAMENTO
MUNICIPIO
DIRECCIÓN
NOMENCLATURA

Tabla 7. Atributos de elementos en ArcGIS.

Polígonos.

Al igual que el modelo de generación de polígonos, los modelos para la atribución de polígonos, líneas y puntos siguen una estructura organizacional específica en cuanto a la organización de grupos de capas.

UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSE DE CALDAS

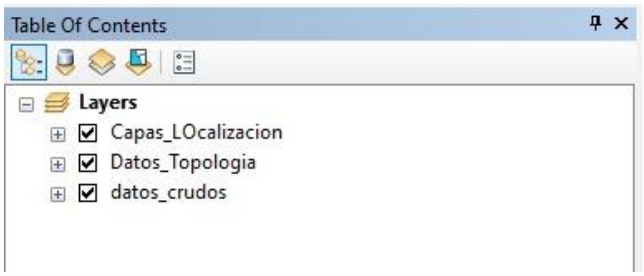


Ilustración 44. Organización grupo de capas para modelo de atributación de polígonos.

Dentro de la capa "Capas_Localizacion" se aloja la información geográfica destinada a la atribución de los elementos. La capa "Datos_Topologia" contiene los polígonos que han sido sometidos al proceso topológico, mientras que la capa "Datos_Crudos" almacena las polilíneas digitalizadas en el software Orbit.

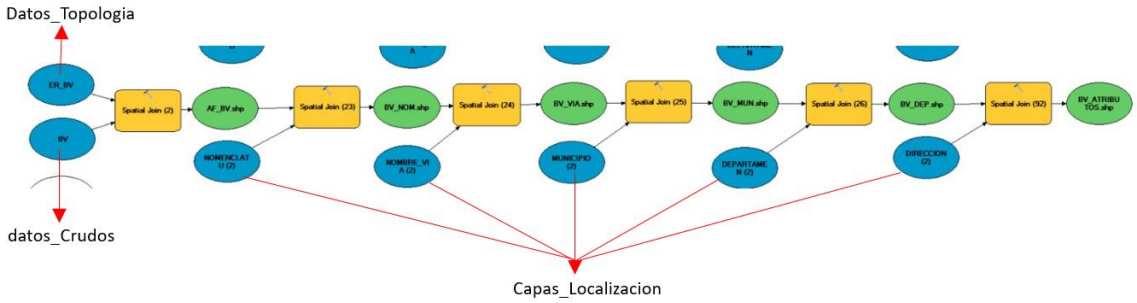


Ilustración 45. Estructura del modelo ArcGIS de atributación para elementos tipo polígono.

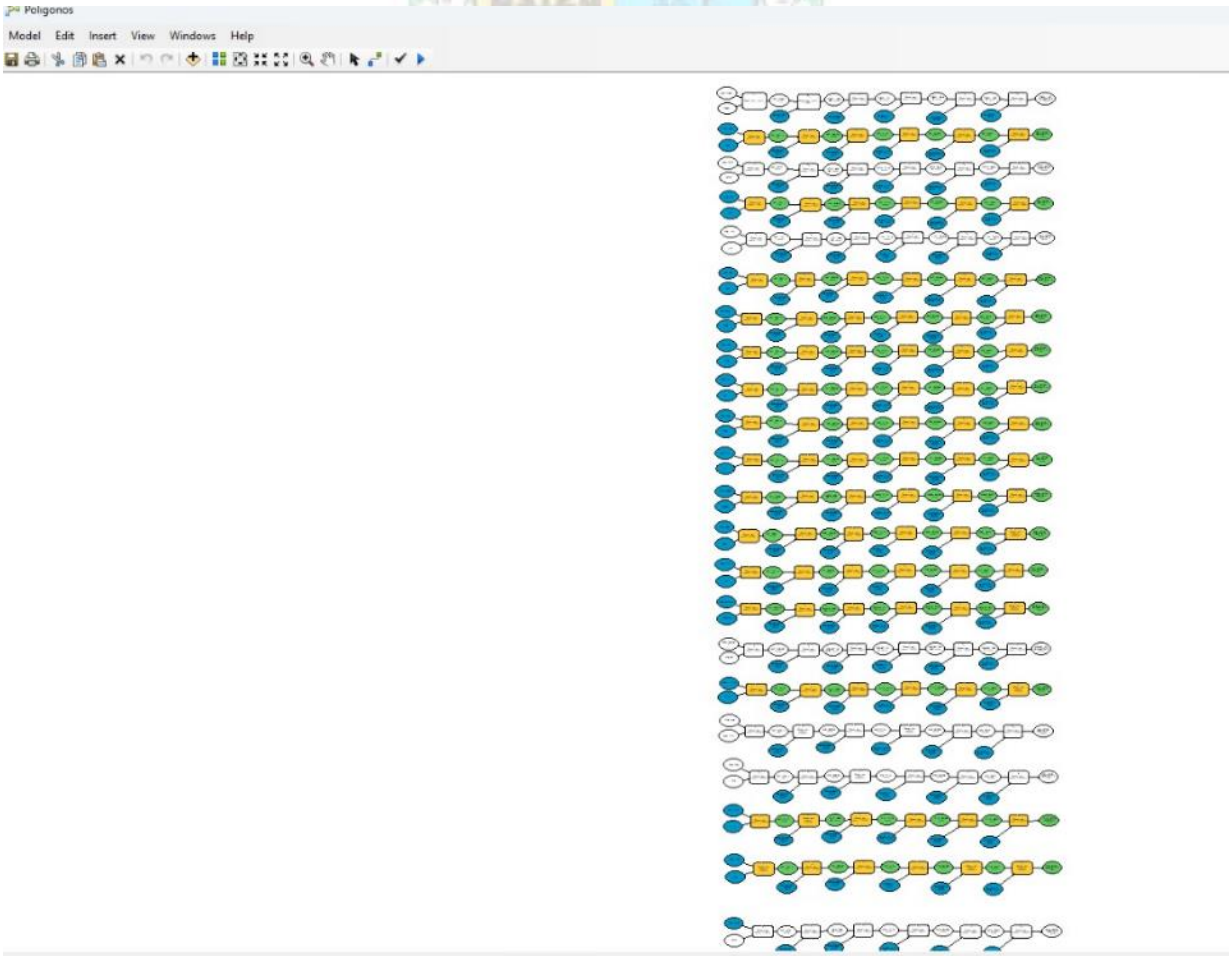


Ilustración 46.Modelo ArcGIS de atributación para elementos tipo polígono.

Líneas.

Dentro de la capa "Capas_Localizacion", se almacena la información geográfica destinada a la atribución de los elementos. La capa "Datos_Topologia" incluye los elementos tipo línea exportados del software Orbit.

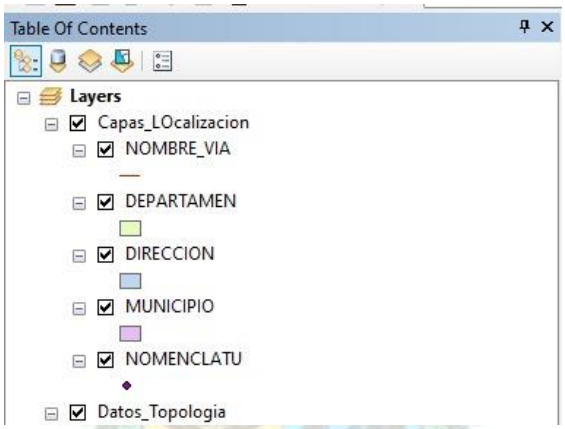


Ilustración 47.Organización grupo de capas para modelo de atributación de líneas.

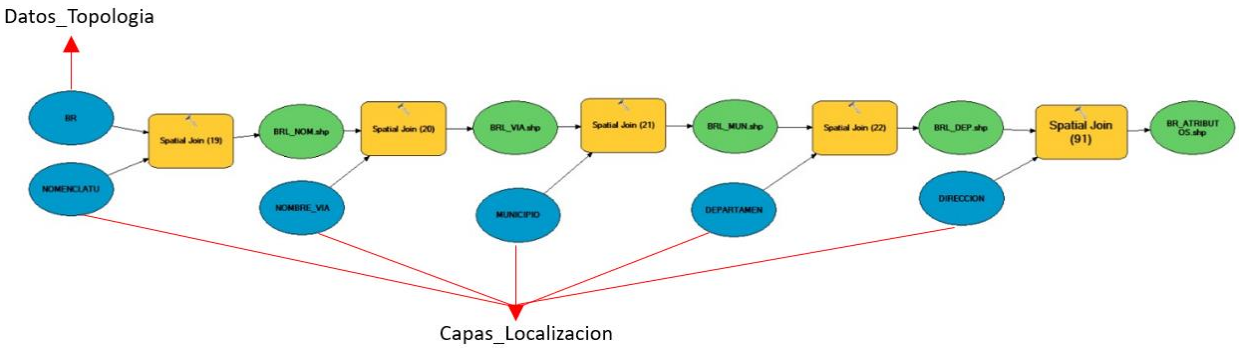


Ilustración 48.Estructura del modelo ArcGIS de atributación para elementos tipo línea.

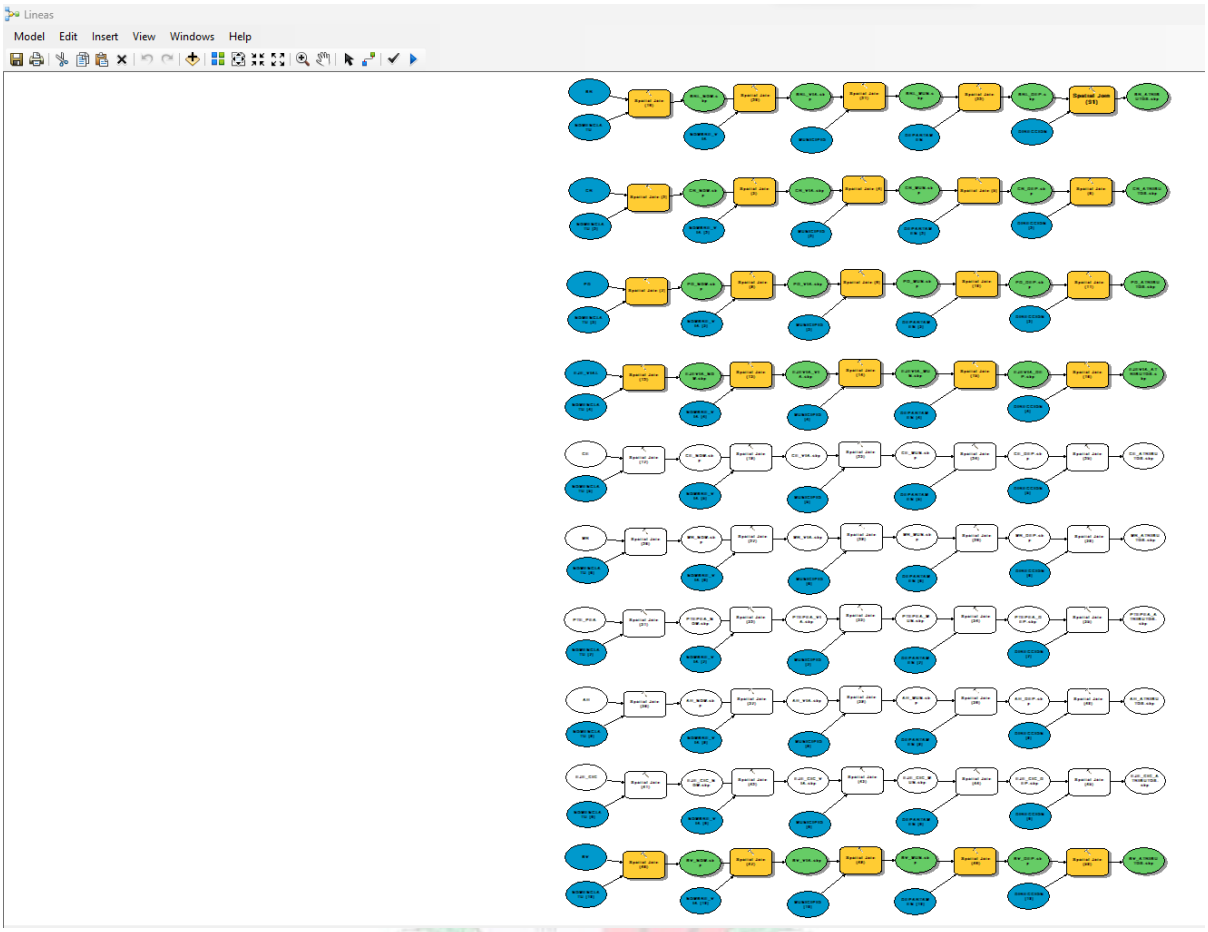


Ilustración 49.Modelo ArcGIS de atributación para elementos tipo línea.

Puntos.

UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

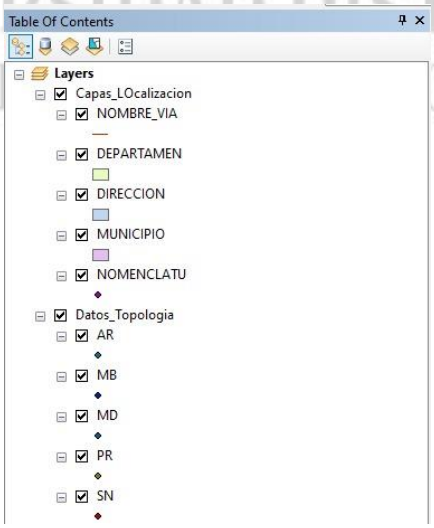


Ilustración 50.Organización grupo de capas para modelo de atributación de puntos.

Dentro de la capa "Capas_Localizacion", se almacena la información geográfica destinada a la atribución de los elementos. La capa "Datos_Topologia" incluye los elementos tipo punto exportados del software Orbit.

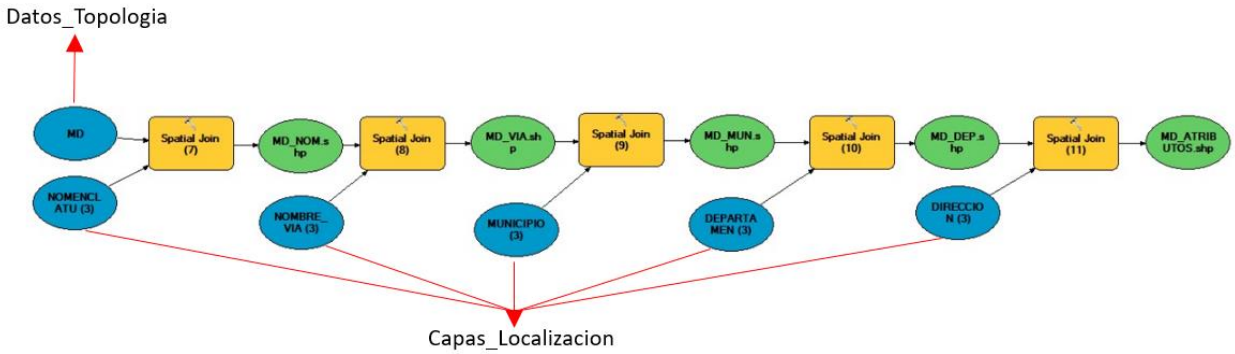


Ilustración 51.Estructura del modelo ArcGIS de atributación para elementos tipo punto.

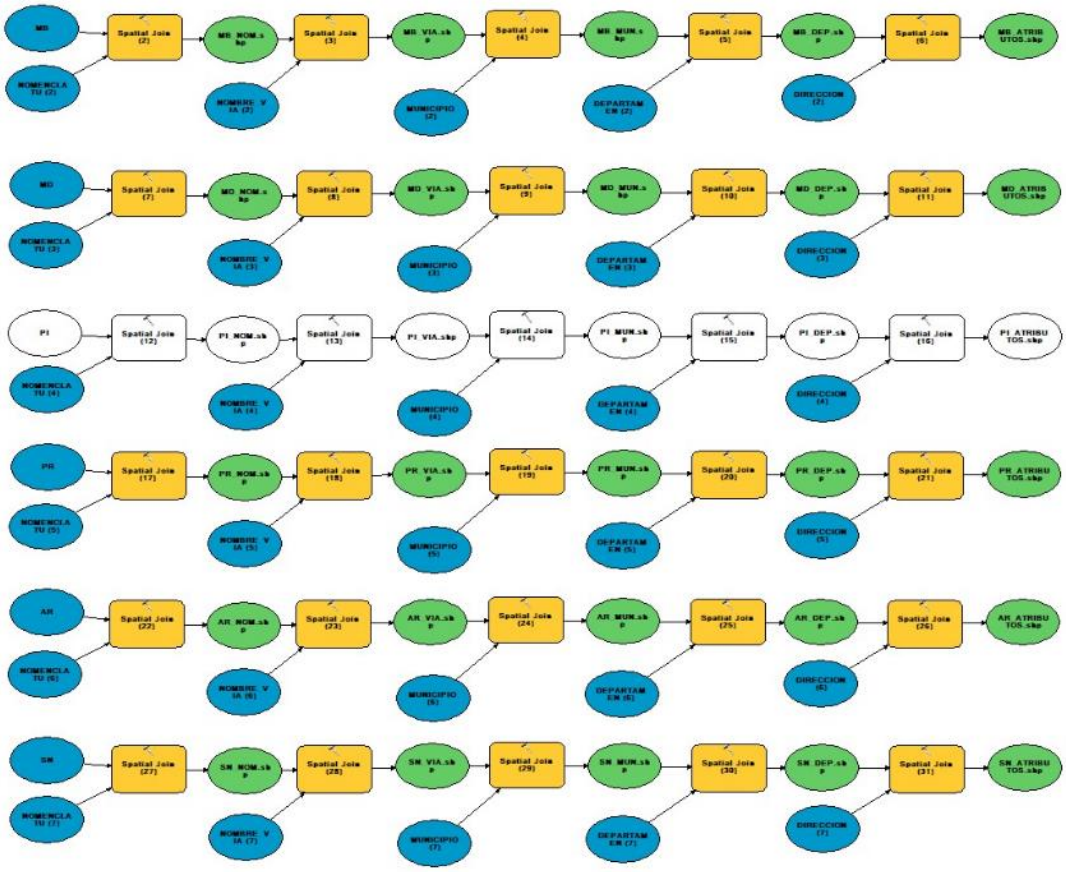


Ilustración 52.Modelo ArcGIS de atributación para elementos tipo punto.

6.2.5 Creación GDB

Con todos los elementos debidamente atributados con sus características físicas y geográficas, se procede a crear una base de datos que permita almacenar la información de manera más organizada, siguiendo una estructura específica.

Se define una ubicación específica para crear una carpeta denominada "GDB", en la cual se generará la "File Geodatabase". En esta "File Geodatabase", se establecen cuatro "Feature Dataset" identificados como Arbolado, Cuerpos de Agua, Planimetría y Redes respectivamente. Esta estructura jerárquica facilita la organización y clasificación de la información, asignando a cada "Feature Dataset" un propósito específico en la gestión de datos. Los elementos incluidos en cada uno de los conjuntos de entidades se cargan en orden alfabético.

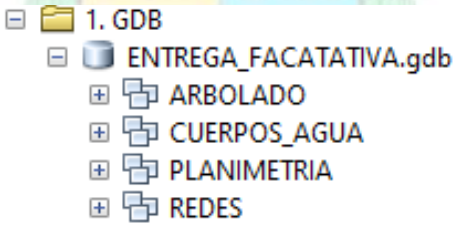


Ilustración 53. Estructura GDB

Arbolado.

UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

En este conjunto de entidades, se incorporan las capas que albergan la información digitalizada y caracterizada de zonas verdes, árboles y grupos de árboles.

CONJUNTO DE ENTIDADES EN GDB	
ARBOLADO	
ELEMENTO	TIPO DE GEOMETRÍA
ARBOLES	PUNTO
ÁREAS VERDES	POLÍGONO
GRUPO DE ARBOLES	POLÍGONO

Tabla 8. Elementos incluidos en el dataset de arbolad

Cuerpos De Agua.

En este conjunto de entidades se importan las capas que contienen la información de todos los afluentes hídricos.

CONJUNTO DE ENTIDADES EN GDB	
CUERPOS DE AGUA	
ELEMENTO	TIPO DE GEOMETRÍA
AFLUENTE HÍDRICO	LÍNEA
AFLUENTE HÍDRICO	POLÍGONO

Tabla 9. Elementos incluidos en el dataset de cuerpos de agua.

Redes.

En este conjunto de entidades, se incorporan las capas que albergan la información digitalizada y caracterizada de alcantarillas, cunetas, cajas eléctricas, pozos, medidores de servicios, apoyos y demás elementos eléctricos.

CONJUNTO DE ENTIDADES EN GDB	
REDES	
ELEMENTO	TIPO DE GEOMETRÍA
ALCANTARILLAS	POLÍGONO
APOYOS	PUNTO
CAJAS	POLÍGONO
CAJAS CIRCULARES	POLÍGONO
CD	PUNTO
CRUCES ELEVADOS	LÍNEA
CUNETAS	POLÍGONO
DISMAN	PUNTO
MEDIDORES	PUNTO
PARARRAYOS	PUNTO
PUESTA A TIERRA	PUNTO
TMAT	LÍNEA
TMBT	LÍNEA
TM CRUZADOS	LÍNEA
TMMT	LÍNEA

Tabla 10.Elementos incluidos en el dataset de redes

UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

Planimetría.

En este conjunto de entidades, se incorporan las capas que albergan la información digitalizada y caracterizada de borde vía, eje vial, andenes, sardineles, predios, puentes, cercas, señales de tránsito, separadores y puntos de interés.

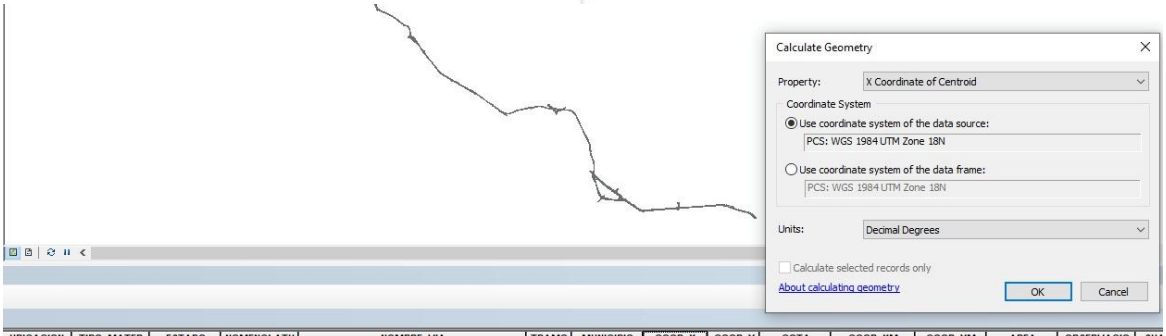
CONJUNTO DE ENTIDADES EN GDB	
PLANIMETRÍA	
ELEMENTO	TIPO DE GEOMETRÍA
ANDENES	POLÍGONO
BAHÍAS	POLÍGONO
BORDE BERMA	LÍNEA
BORDE VÍA	LÍNEA
BORDILLO-SARDINEL	POLÍGONO
CERCO	LÍNEA
CICLORUTA	POLÍGONO
CONSTRUCIONES	LÍNEA
CONSTRUCCIONES	POLÍGONO
CONTENEDORES DE RAÍZ	POLÍGONO
EJE CICLO RUTA	LÍNEA
EJE VIAL	LÍNEA
ISLAS	POLÍGONO
MOBILIARIO	POLÍGONO
MOBILIARIO	PUNTO
MUROS ESTRUCTURALES	LÍNEA
MUROS ESTRUCTURALES	POLÍGONO
POSTES DE REFERENCIA	PUNTO
PUENTES PEATONALES	LÍNEA
PUENTES VEHICULARES	LÍNEA
PUENTES VEHICULARES	POLÍGONO
RAMPAS-ACCESOS	POLÍGONO
REDUCTORES DE VELOCIDAD	POLÍGONO
SEMAFORIZACIÓN	PUNTO
SEÑALES VERTICALES	PUNTO
SEPARADORES	POLÍGONO
TALUDES	POLÍGONO
TUNELES	POLÍGONO
VÍAS	POLÍGONO

Tabla 11.Elementos incluidos en el dataset de planimetría.

UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

6.2.6 Cálculo coordenadas y cotas

El cálculo de coordenadas de los elementos digitalizados y atributados se lleva a cabo para coordenadas geográficas (latitud y longitud), en grados decimales y en metros, con la herramienta “calcular geometría”.



UBICACION	TIPO_MATER	ESTADO	NOMENCLATU	NOMBRE_VIA	TRAMO	MUNICIPIO	COOR_X	COOR_Y	COTA	COOR_XM	COOR_YM	AREA	OBSERVACIO	SHA
PUBLICA	CONCRETO	DETERIORADO	K40+000	VIAFACATATIVA - ALBAN		FACATATIVA	-74.401014	4.847502	2653.756958	566416.598258	26.015966	26.015966		
PUBLICA	CONCRETO	BUENO	K40+000	VIAFACATATIVA - ALBAN		FACATATIVA	-74.401081	4.848003	2654.491449	566408.899723	17.571927	17.571927		
PUBLICA	CONCRETO	DETERIORADO	K40+000	VIAFACATATIVA - ALBAN		FACATATIVA	-74.401831	4.848682	2656.54371	566324.845588	48.7958	48.7958		
PUBLICA	CONCRETO	DETERIORADO	K40+000	VIAFACATATIVA - ALBAN		FACATATIVA	-74.403618	4.850979	2662.399002	566127.295644	18.483916	18.483916		
PUBLICA	CONCRETO	DETERIORADO	K40+000	VIAFACATATIVA - ALBAN		FACATATIVA	-74.403851	4.851277	2663.387279	566100.283274	31.510297	31.510297		
PUBLICA	AFIRMADO	DETERIORADO	K40+000	VIAFACATATIVA - ALBAN		FACATATIVA	-74.404329	4.85153	2665.599829	566048.332974	2.886986	2.886986		
PUBLICA	AFIRMADO	DANADO	K39+000	VIAFACATATIVA - ALBAN		FACATATIVA	-74.405272	4.8518	2670.299635	565943.900267	20.965415	20.965415		
PUBLICA	AFIRMADO	DETERIORADO	K39+000	VIAFACATATIVA - ALBAN		FACATATIVA	-74.407232	4.856125	2689.748378	565729.482434	270.530666	270.530666		
PUBLICA	CONCRETO	BUENO	K38+000	VIAFACATATIVA - ALBAN		FACATATIVA	-74.412202	4.857999	2680.607224	565174.837137	5.515651	5.515651		
PUBLICA	CONCRETO	BUENO	K38+000	VIAFACATATIVA - ALBAN		FACATATIVA	-74.412129	4.8581	2680.679188	565183.009944	5.365988	5.365988		
PUBLICA	AFIRMADO	DETERIORADO	K39+000	VIAFACATATIVA - ALBAN		FACATATIVA	-74.409088	4.857483	2697.488013	565520.324129	53.112376	53.112376		
PUBLICA	CONCRETO	BUENO	K40+000	VIAFACATATIVA - ALBAN		FACATATIVA	-74.404949	4.851718	2668.547255	565979.348684	29.583136	29.583136		
PUBLICA	AFIRMADO	DETERIORADO	K40+000	VIAFACATATIVA - ALBAN		FACATATIVA	-74.404491	4.851609	2666.486423	566028.918682	62.18909	62.18909		
PUBLICA	CONCRETO	DETERIORADO	K40+000	VIAFACATATIVA - ALBAN		FACATATIVA	-74.403574	4.850927	2662.47926	566132.135204	11.147164	11.147164		
PUBLICA	CONCRETO	DETERIORADO	K40+000	VIAFACATATIVA - ALBAN		FACATATIVA	-74.403441	4.850775	2661.98179	566147.095197	84.338493	84.338493		
PUBLICA	CONCRETO	DETERIORADO	K40+000	VIAFACATATIVA - ALBAN		FACATATIVA	-74.40324	4.850563	2661.387444	566169.258675	38.55236	38.55236		
PUBLICA	CONCRETO	DETERIORADO	K40+000	VIAFACATATIVA - ALBAN		FACATATIVA	-74.403109	4.850424	2661.135893	566183.415622	45.099302	45.099302		
PUBLICA	CONCRETO	DETERIORADO	K40+000	VIAFACATATIVA - ALBAN		FACATATIVA	-74.402785	4.849966	2660.109222	566220.718619	177.418857	177.418857		
PUBLICA	CONCRETO	DETERIORADO	K40+000	VIAFACATATIVA - ALBAN		FACATATIVA	-74.402433	4.849292	2659.138112	566259.117412	107.874982	107.874982		

Ilustración 54. Cálculo de coordenadas en ArcGIS.

UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

En la generación de elevaciones (cotas) durante el proceso, se sigue una normativa específica. Los puntos tienen su elevación calculada de manera estándar, los polígonos se evalúan desde su centroide, y las líneas consideran la elevación de ambos extremos, inicial y final.

6.2.7 Exportación de Capas

Es imprescindible exportar todos los elementos de la Geodatabase en formato .DWG para garantizar la compatibilidad con Civil 3D. La exportación se realiza de manera segmentada, clasificando los elementos según su tipo de material. Esta práctica facilita la simplificación del achurado, asegurando una transición fluida y eficiente de la información entre las plataformas y optimizando el proceso de diseño en Civil 3D.

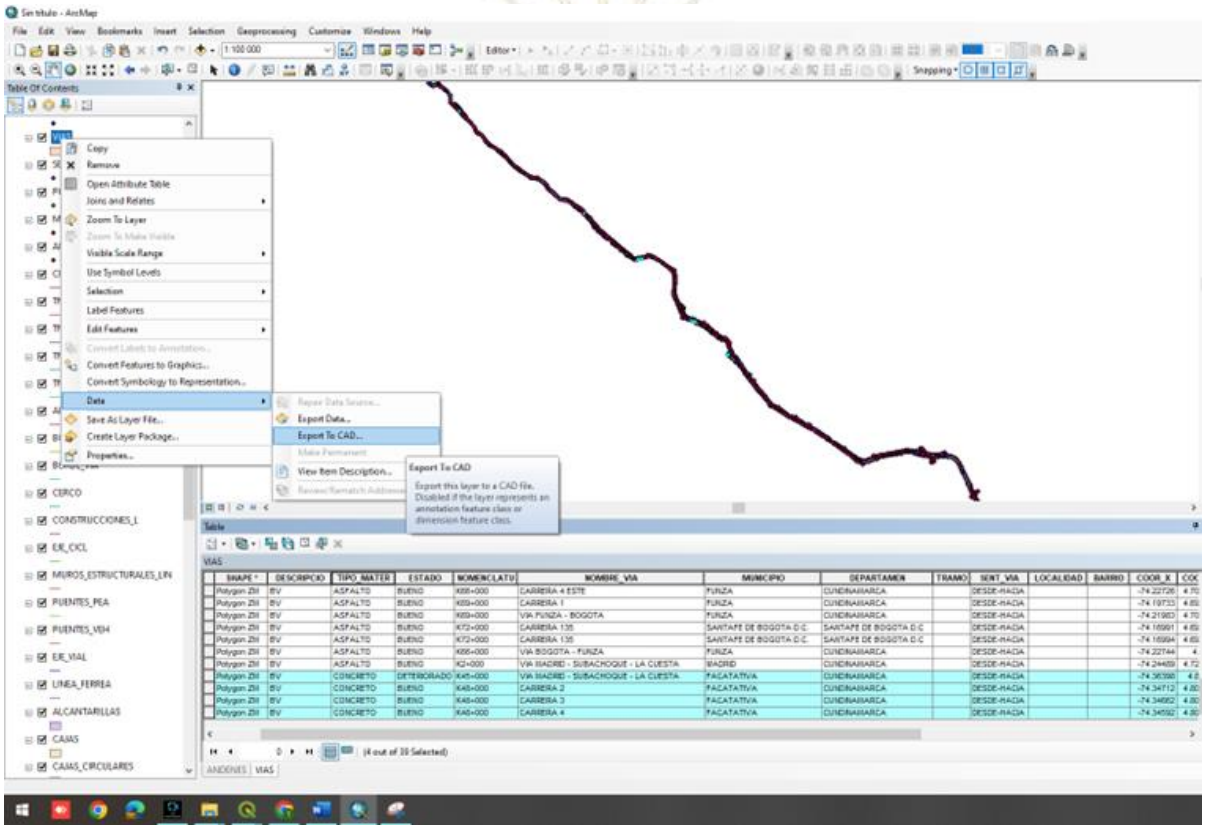


Ilustración 55.Exportar capas en formato DWG según material.

6.3 PROCESOS CIVIL 3D

Una vez que los archivos con extensión .DWG están disponibles, se procede a realizar el achurado de cada elemento utilizando Civil 3D 2023. En esta última fase, se establecieron convenciones específicas que abarcan todos los posibles materiales de cada elemento, ya sea polígono, línea o punto. Estas convenciones se han diseñado para asegurar una representación visual coherente y detallada de los diferentes materiales presentes en los elementos, facilitando así la interpretación y comprensión de la información.



Ilustración 56.Tabla de convenciones para achurado de elementos en Civil 3D.

Convenciones Polígonos



Ilustración 57.Convenciones para elementos tipo polígono (1).

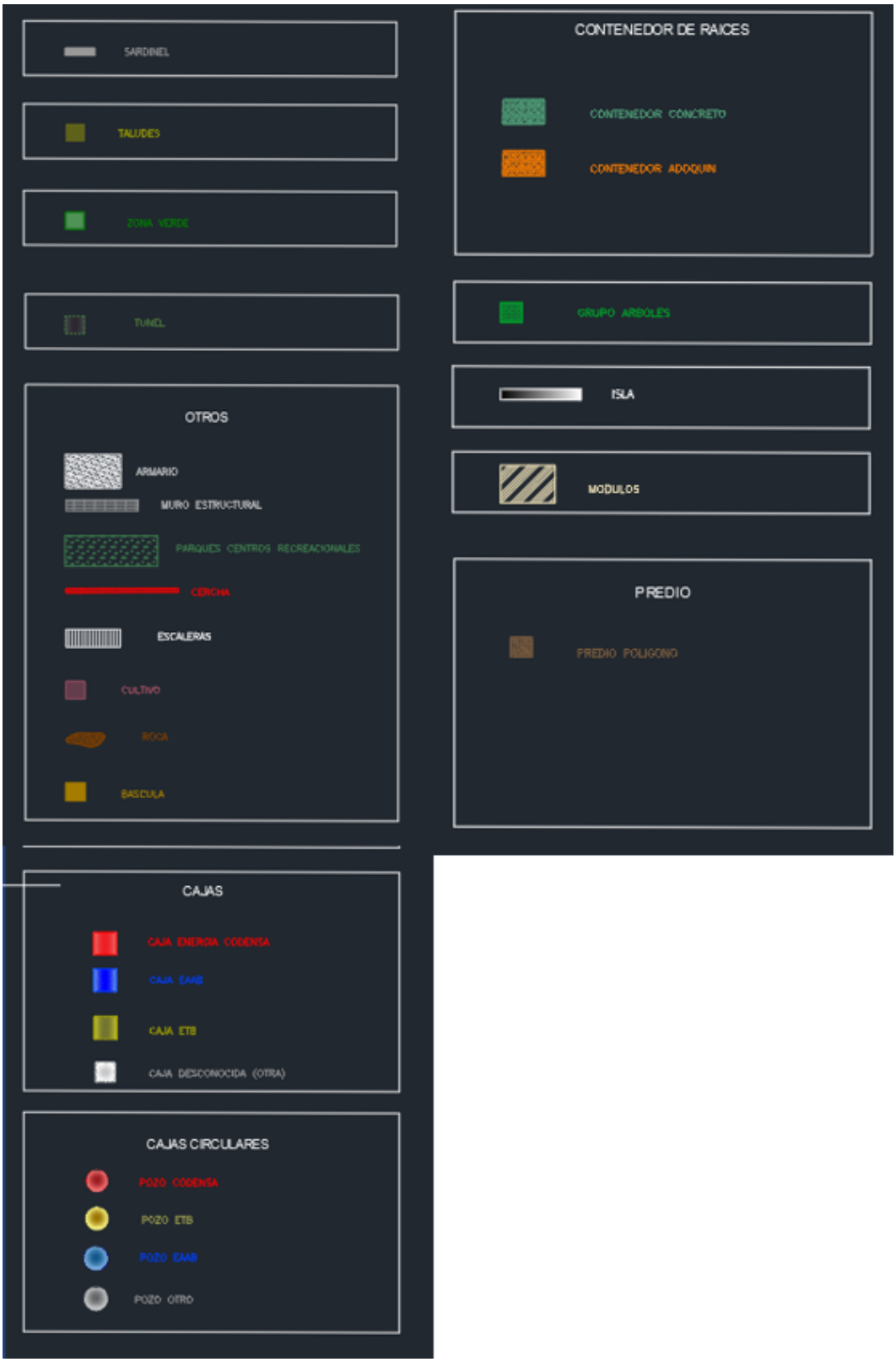


Ilustración 58.Convenciones para elementos tipo polígono (2).

Convenciones Línea

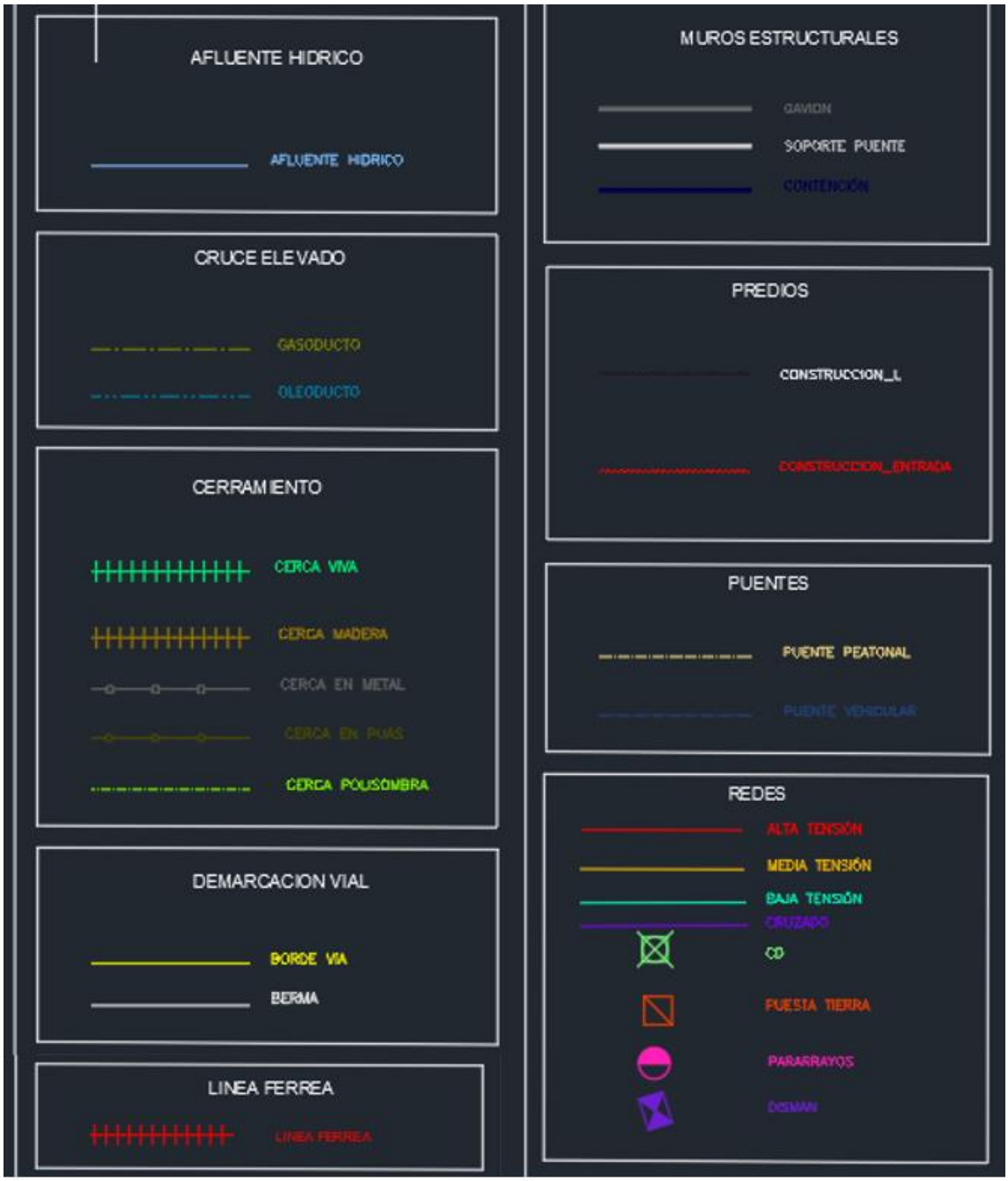


Ilustración 59.Convenciones para elementos tipo línea.

Convenciones Punto

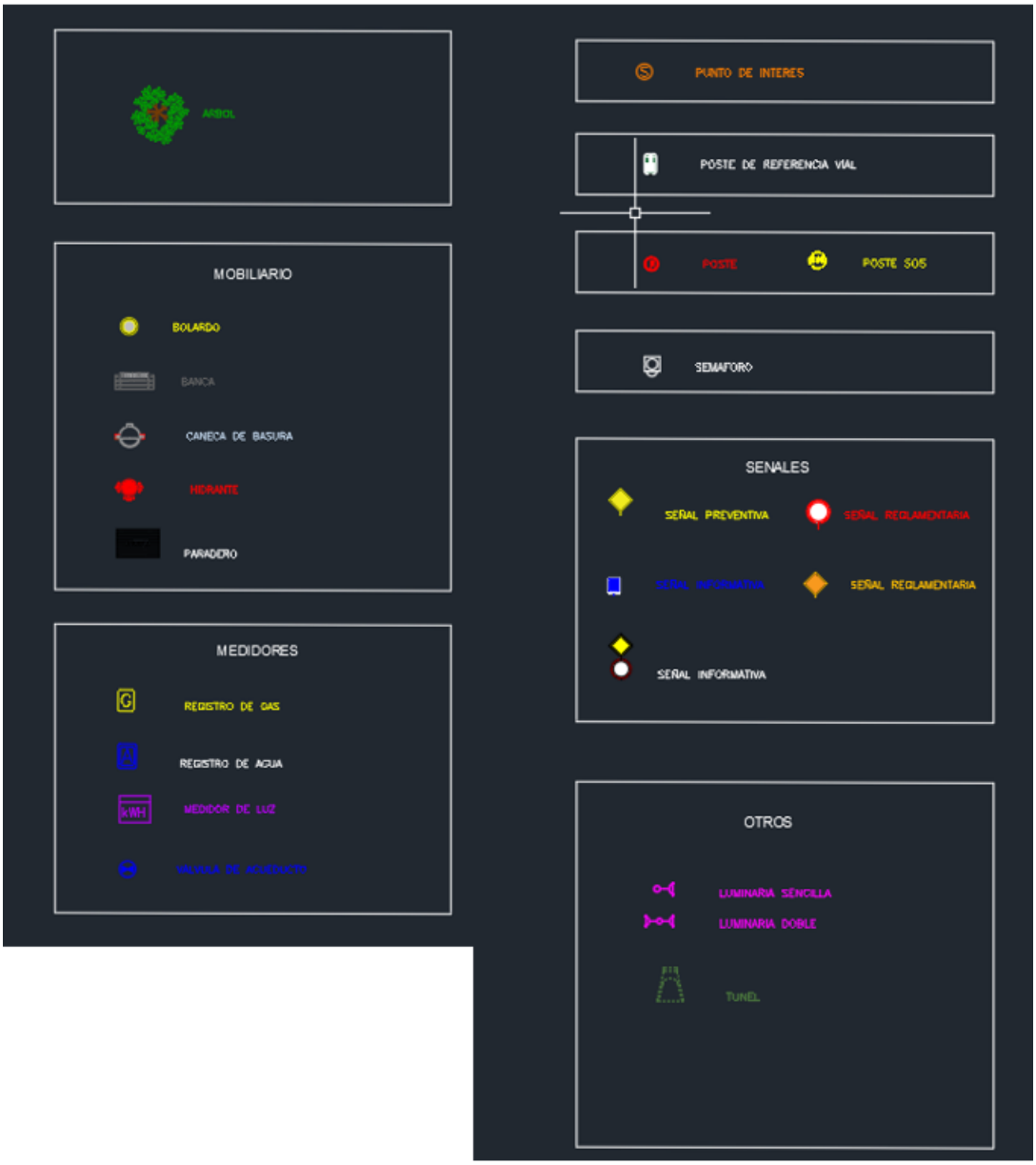


Ilustración 60.Convenciones para elementos tipo punto.

6.3.1 Achurado

Se realiza el achurado o sombreado de los elementos en Civil 3D importando los archivos con extensión DWG que fueron exportados previamente desde ArcGIS. Este proceso se lleva a cabo considerando el tipo de material de cada elemento, asegurando así una representación visual diferenciada según las características específicas de cada componente. Cada tipo de material se asocia con una convención de achurado predefinida, lo que facilita la interpretación y visualización de manera clara y organizada

Este enfoque de achurado no solo contribuye a la estética visual del plano, sino que también simplifica la comprensión y el análisis de la información. Al achurar por material, se logra una presentación ordenada y coherente de cada elemento en el plano.

Para achurar:

- Se carga el elemento específico que se va a achurar en el entorno de Civil 3D.

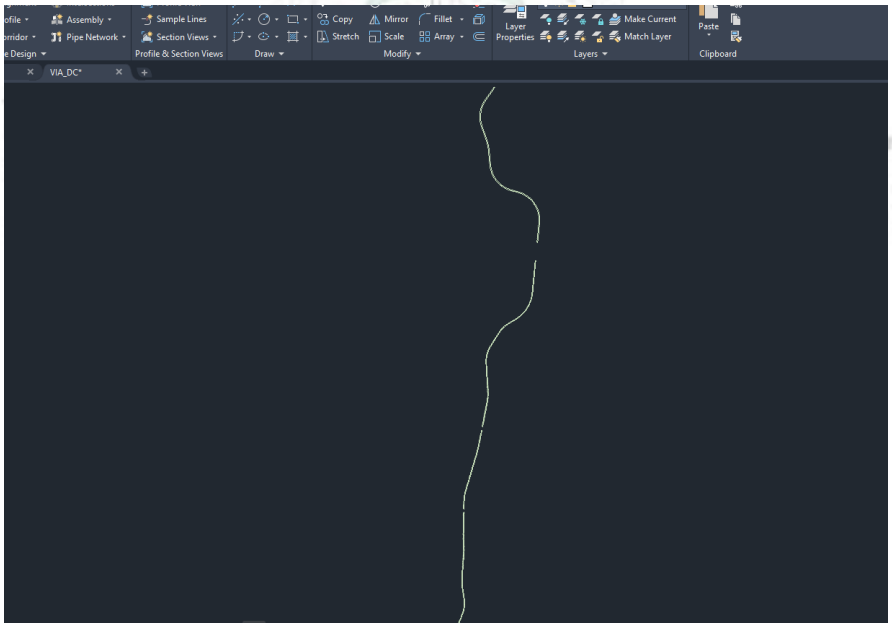


Ilustración 61.Polígono elemento Vía. Civil 3D 2021

- Se busca la convención correspondiente en la tabla de convenciones.
- Se copia la convención específica al material del elemento a achurar.
- Se seleccionan los polígonos que representan el elemento, y se les asigna la capa correspondiente según la convención.

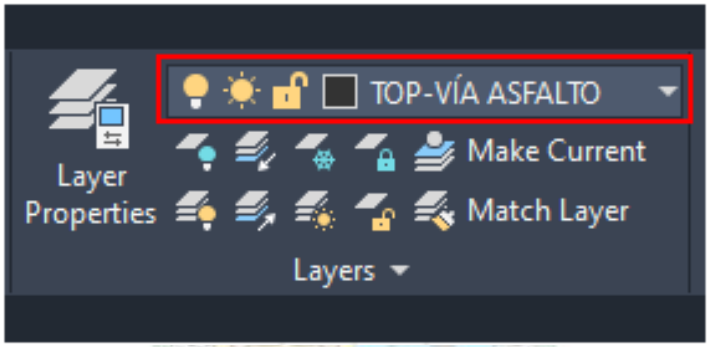


Ilustración 62.Layer convención elemento vía.

- Se accede a la herramienta de achurado en Civil 3D.

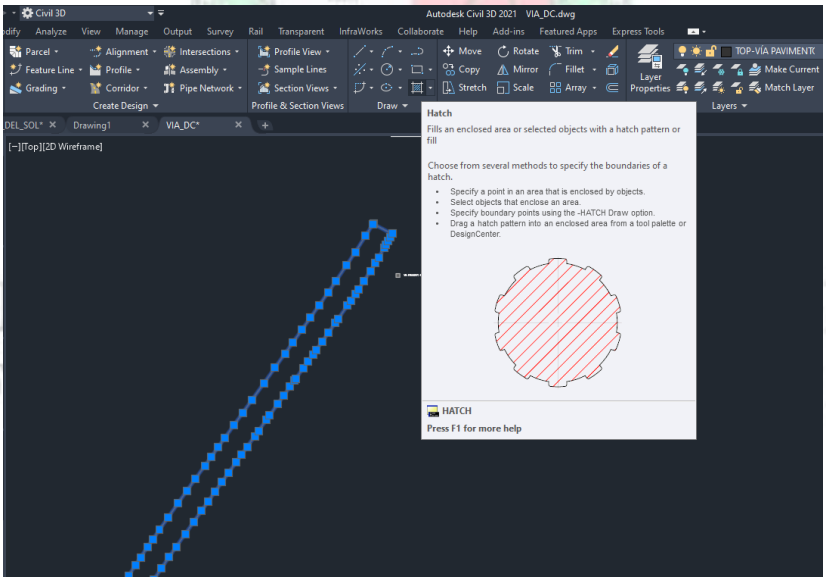


Ilustración 63.Herramienta Hatch.

- Se configuran los parámetros del achurado de acuerdo con la convención copiada.

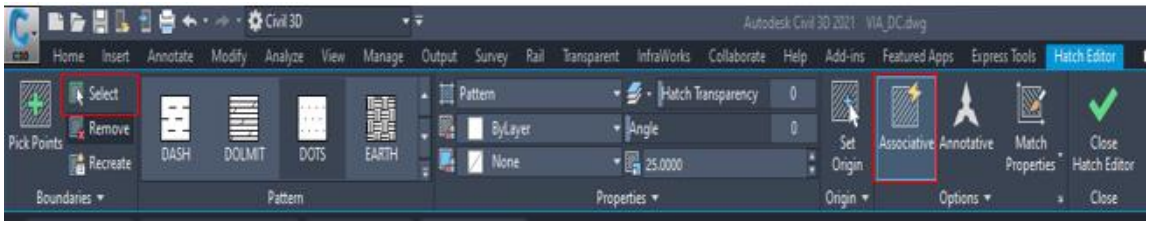


Ilustración 64.Configuración Hatch.

- Se seleccionan todos los polígonos que conforman el elemento a achurar.
- Se aplica la herramienta Hatch, presionando “Enter” para completar el proceso de achurado.

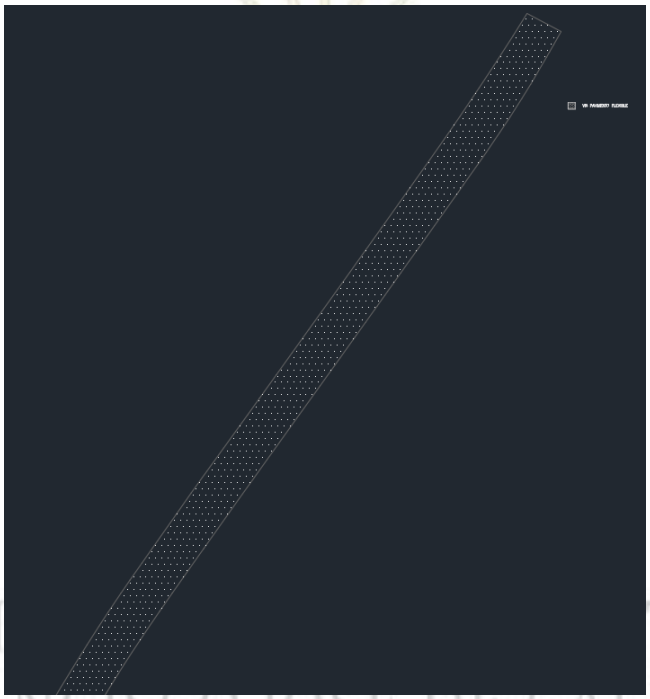


Ilustración 65.Polígono elemento vía achurado

UNI TAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

Para llevar a cabo la compilación de todos los elementos achurados y generar el producto final, se copian las líneas, puntos y polígonos previamente achurados. Con un clic derecho en un archivo unificado de Civil 3D, se selecciona la opción "Clipboard" y posteriormente se elige la función "Pegar a Coordenadas Originales". Este proceso garantiza que todos los elementos se ubiquen correctamente en su posición original, permitiendo una representación precisa.

7. RESULTADOS

7.1 GDB

GDB

DATASET - ARBOLADO

- 1. GDB
  - ENTREGA_FACATATIVA.gdb
    - ARBOLADO
      - ARBOLADO
      - AREAS_VERDES
      - GRUPO_ARBOLES

DATASET - CUERPOS DE AGUA

- 1. GDB
  - ENTREGA_FACATATIVA.gdb
    - ARBOLADO
    - CUERPOS_AGUA
      - AFLUENTES_HIDRICOS_LIN
      - AFLUENTES_HIDRICOS_POL

DATASET - REDES

- 1. GDB
  - ENTREGA_FACATATIVA.gdb
    - ARBOLADO
    - CUERPOS_AGUA
    - PLANIMETRIA
    - REDES
      - ALCANTARILLAS
      - APOYOS
      - CAJAS
      - CAJAS_CIRCULARES
      - CD
      - CRUCES_ELEVADOS
      - CUNETAS
      - DISMAN
      - MEDIDORES
      - PARARRAYOS
      - PUESTA_A_TIERRA
      - TMAT
      - TMBT
      - TMCRUZADOS
      - TMMT

DATASET - PLANIMETRÍA

- 1. GDB
  - ENTREGA_FACATATIVA.gdb
    - ARBOLADO
    - CUERPOS_AGUA
    - PLANIMETRIA
      - ANDENES
      - BAHIAS
      - BORDE_BERMA
      - BORDE_VIA
      - BORDILLO_SARDINEL
      - CERCO
      - CICLORUTA
      - CONSTRUCCIONES_L
      - CONSTRUCCIONES_P
      - CONTENEDORES_RAIZ
      - EJE_CICL
      - EJE_VIAL
      - ISLAS
      - LINEA_FERREA
      - MOBILIARIO_POLIGONO
      - MOBILIARIO_PUNTOS
      - MUROS_ESTRUCTURALES_LIN
      - MUROS_ESTRUCTURALES_POL
      - POSTES_REFERENCIA
      - PUENTES_PEA
      - PUENTES_VEH
      - PUENTES_VEH_POLIGONO
      - PUNTOS_INTERES
      - RAMPAS
      - REDUCTORES_VELOCIDAD
      - SEMAFORIZACION
      - SENALES_VERTICALES
      - SEPARADORES
      - TALUDES
      - TUNELES
      - VIAS

Ilustración 66.Datasets de la GDB final.

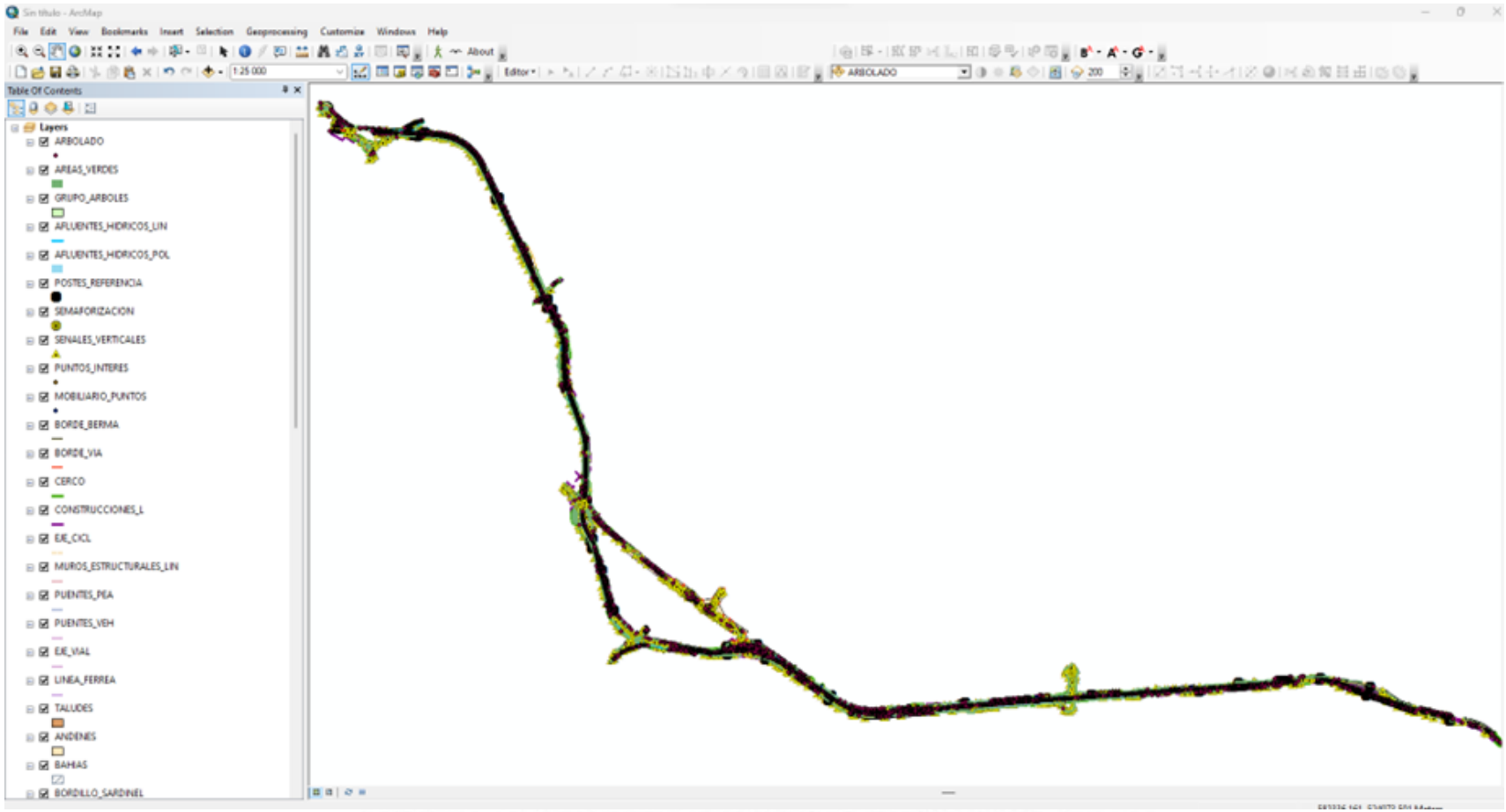


Ilustración 67. Visualización en ArcGIS de la información de la GDB final.

FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

7.2 CIVIL 3D

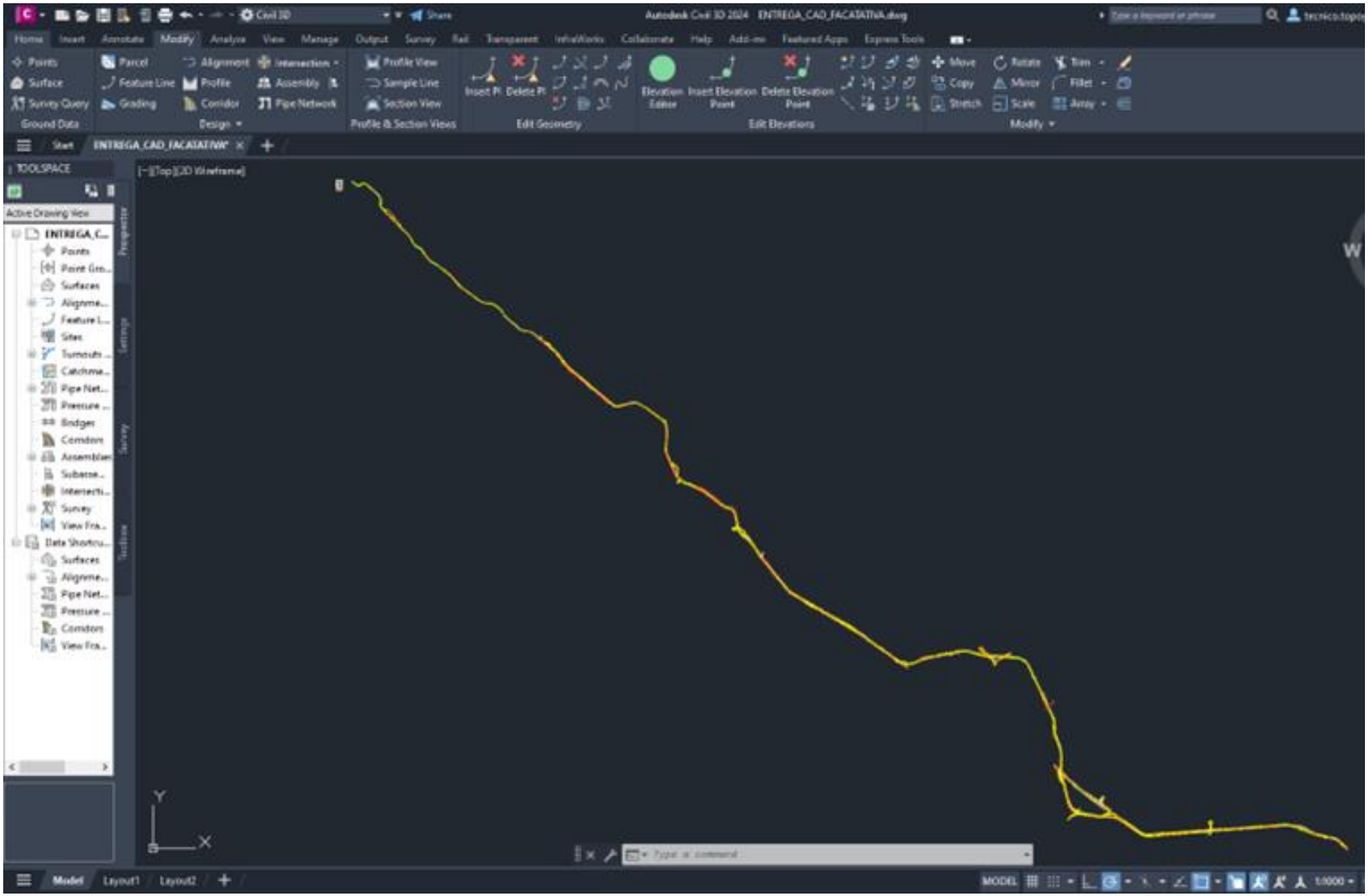


Ilustración 68. Producto final en Civil 3D

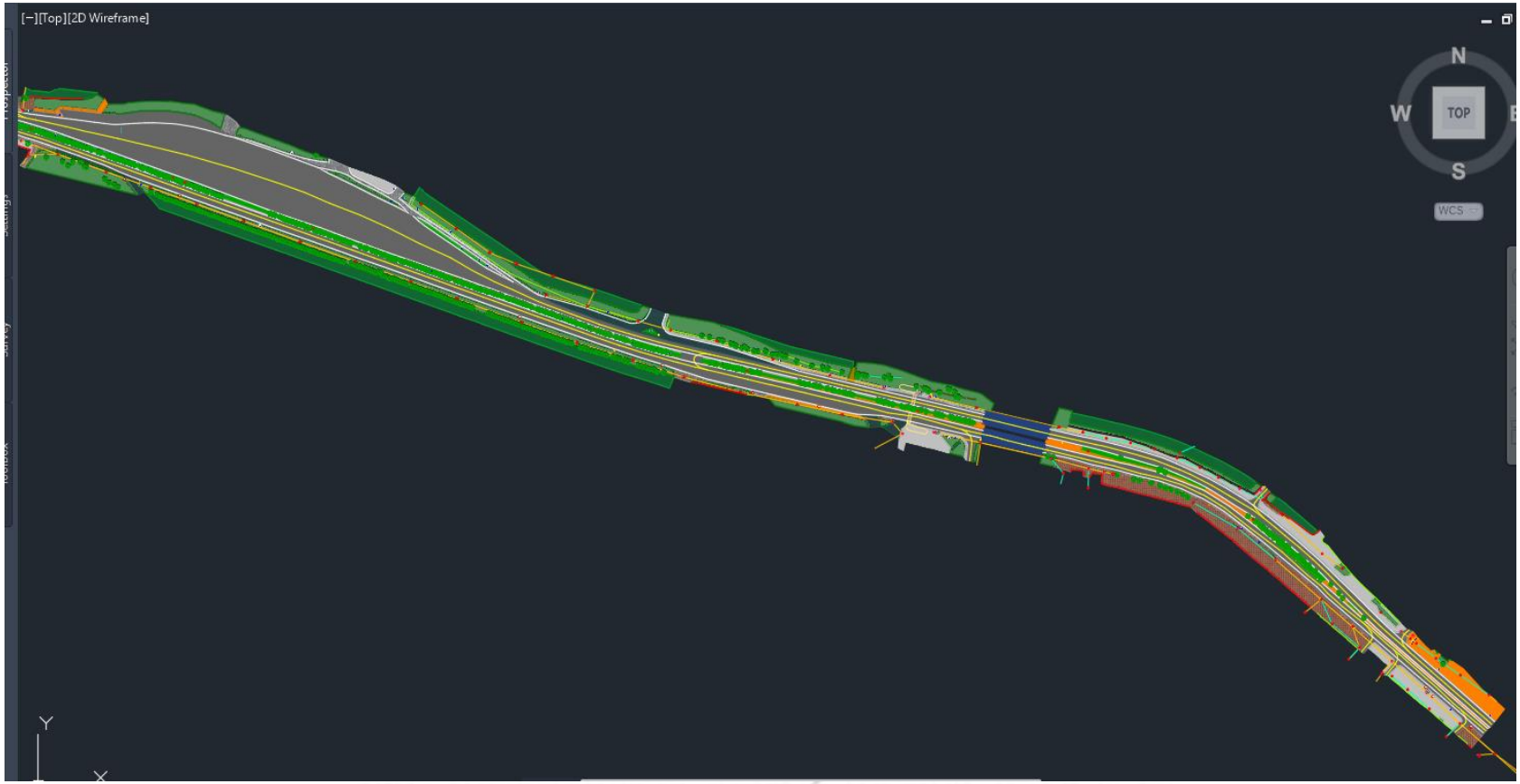


Ilustración 69.Visualización con acercamiento del producto final. (1).

FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

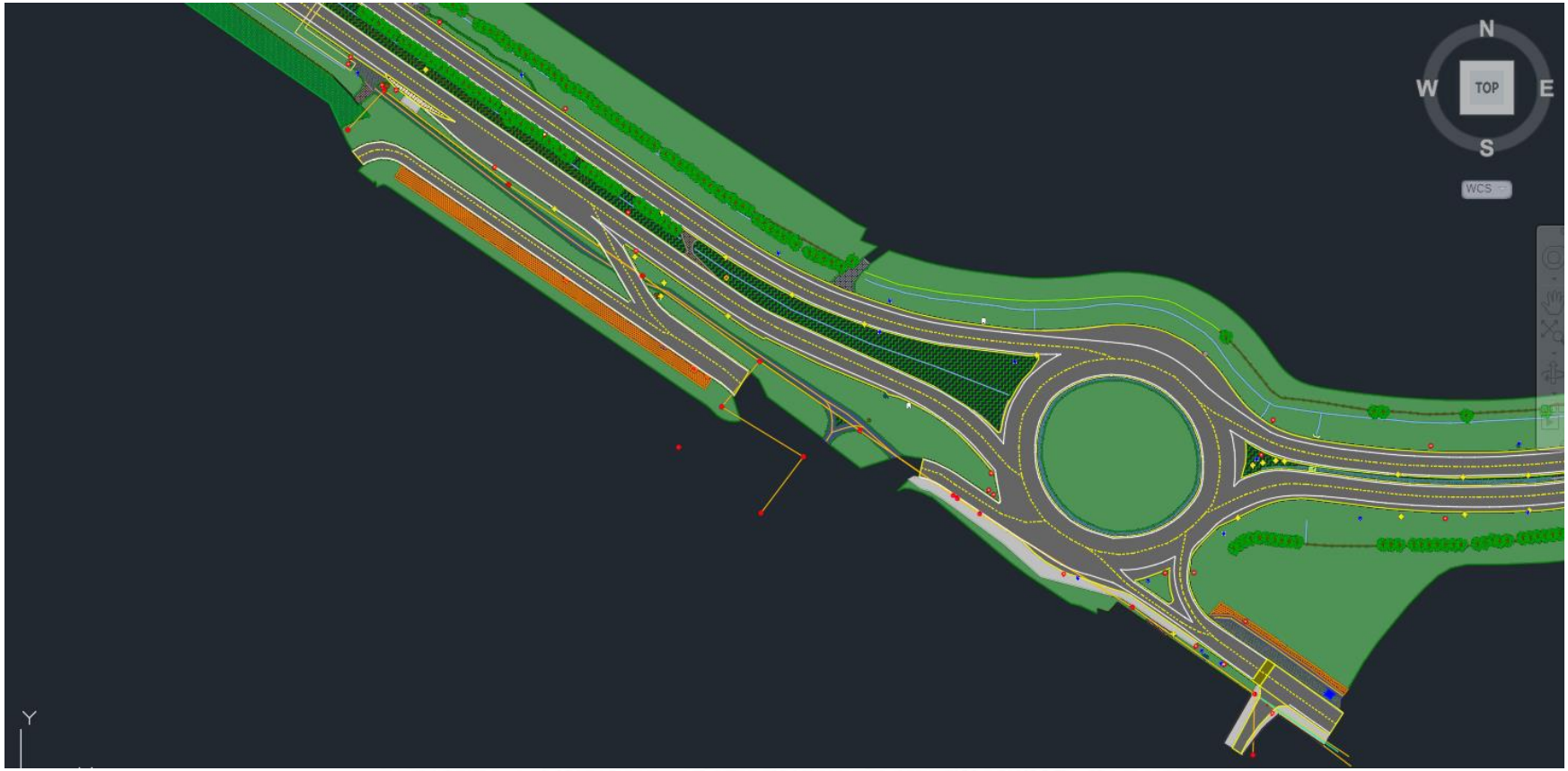


Ilustración 70 Visualización con acercamiento del producto final. (2).

FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

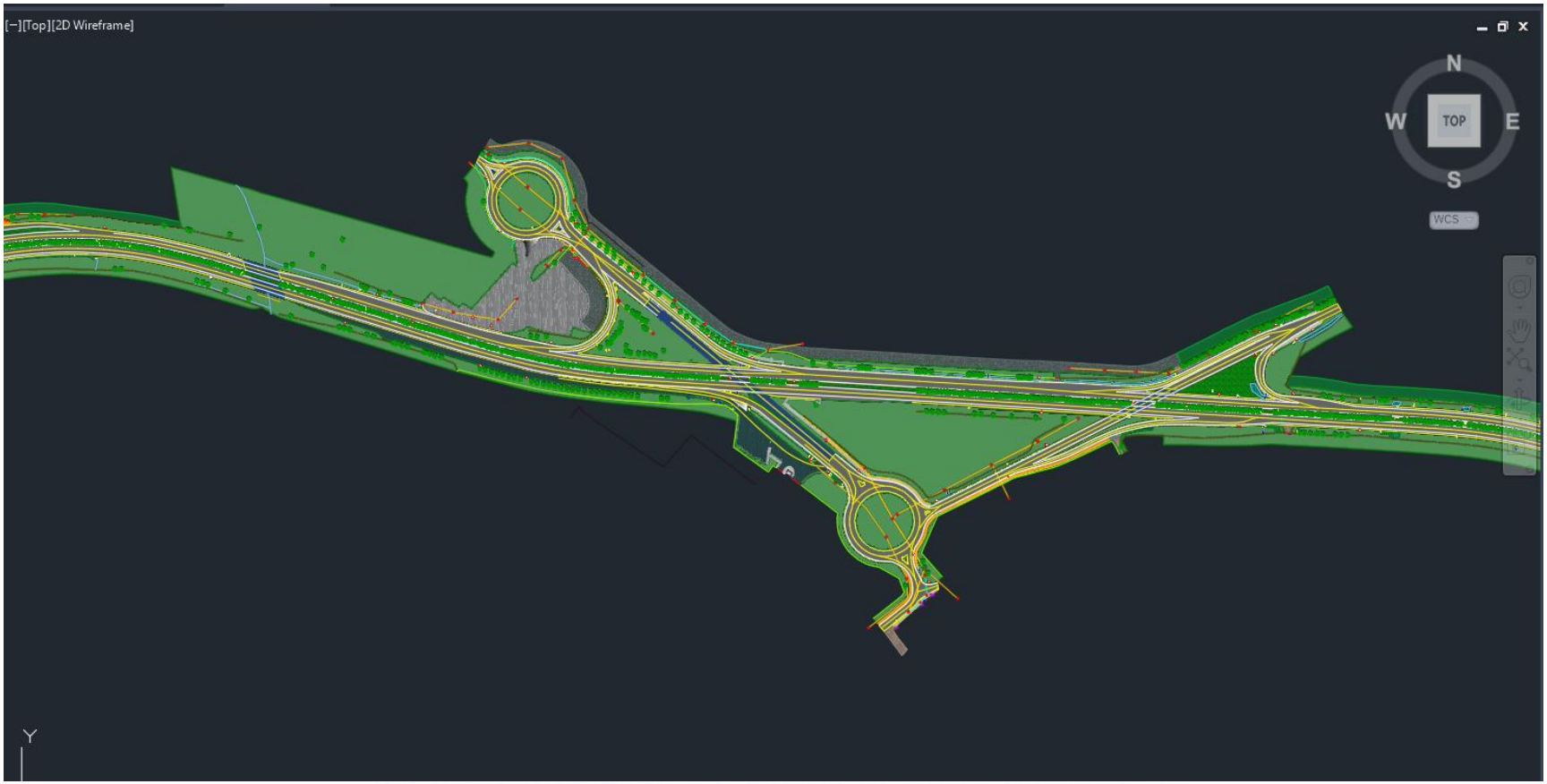


Ilustración 71. Visualización con acercamiento del producto final. (3).

FRANCISCO JOSE DE CALDAS

8. CONCLUSIONES

La aplicación de tecnologías como LIDAR y la utilización de herramientas especializadas como ORBIT 3DM han demostrado ser eficaces en el proceso de digitalización. Estas tecnologías permiten una captura minuciosa y precisa de la información geoespacial de manera eficiente.

La atributación de elementos con información geográfica y características físicas es fundamental para una gestión detallada de los datos y la incorporación de topología resulta fundamental para la identificación y corrección de errores espaciales. Este enfoque asegura la calidad y coherencia de los datos, evitando posibles complicaciones en análisis y aplicaciones futuras.

La etapa de achurado se presenta como crucial para la visualización clara de elementos, siguiendo convenciones específicas para cada tipo de material, y se destaca la importancia de organizar los datos en una base de datos para una gestión eficiente y clasificación estructurada.

Al contar con elementos digitalizados en un sistema de coordenadas, se habilita la realización de análisis geoespaciales en ArcGIS.

UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSE DE CALDAS

La pasantía se caracteriza por un enfoque en el manejo de datos geoespaciales, aprovechando tecnologías LiDAR y herramientas especializadas, Orbit 3DM, Civil 3D y ArcGIS. El proceso metodológico abarca desde la captura de datos en campo hasta un procesamiento en entornos GIS. La sinergia entre estos softwares ha demostrado ser esencial en todas las etapas del flujo de trabajo, desde la digitalización hasta la generación del producto final como archivo CAD. La interoperabilidad entre estas plataformas mejora significativamente la eficiencia y la precisión de los resultados obtenidos.

REFERENCIAS

ESRI. (2021). *Tipos de LiDAR*. Obtenido de https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/latest/manage-data/las-dataset/types-of-lidar.htm

Facatativá, A. d. (2021). Obtenido de https://www.facatativa-cundinamarca.gov.co

IBM. (21 de 07 de 2022). *¿Qué es LiDAR?* Obtenido de https://www.ibm.com/mx-es/topics/lidar

INVIAS. (25 de enero de 2018). *Glosario de manual de diseño geométrico de carreteras*. Obtenido de https://www.invias.gov.co/index.php/informacion-institucional/42-servicios-de-informacion-al-ciudadano/glosario#:~:text=Zona%20de%20la%20vía%20destinada%20a%20la%20circulación%20de%20vehículos.

PLANEACION, S. D. (s.f.). Obtenido de https://www.sdp.gov.co/transparencia/informacion-interes/glosario

Reutebuch, S. E., Andersen, H.-E., & McGaughey, R. J. (2005). Ligth Detection and Ranging (LIDAR): An emerging Tool for Multiple Resourse Inventory. *Journal of Forestry*, 286-287.

Sellers, C., Corbelle, E., Buján, S., & Miranda, D. (2015). MORFOLOGÍA INTERPRETATIVA DE ALTA RESOLUCIÓN CON DATOS LIDAR EN LA CUENCA DEL RÍO PAUTE - ECUADOR. *IERSE 30*, 131-180.

Shan, J., & Toth, C. K. (2018). *Topographic Laser Ranging and Scanning: Principles and Processing.* CRC PRESS.

UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS