UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA

Optimización de procesos para la elaboración de PMT a partir de SIG

Ana María Sánchez Vásquez

Informe de práctica presentado para optar al título de Ingeniera Civil

Modalidad de Práctica

Semestre de Industria

Asesora

Diana Patricia Moreno Palacio, Magíster (MSc) en Ingeniería Civil

Universidad de Antioquia

Facultad de Ingeniería

Ingeniería Civil

Medellín, Antioquia, Colombia

2025

Cita	(Sánchez Vásquez, 2025)
Referencia **Estilo APA 7 (2020)**	Sánchez Vásquez, A. (2025). *Optimización de procesos para la elaboración de PMT a partir de sistemas de información geográfica* [Informe de práctica]. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.



Centro de Documentación Ingeniería (CENDOI)

Repositorio Institucional: http://bibliotecadigital.udea.edu.co

Universidad de Antioquia - www.udea.edu.co

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

Dedicatoria

A mi esposo, mi mamá, familia y amigos, por su apoyo incondicional, y a todas las personas que creyeron en mí durante este proceso académico.

Agradecimientos

Primeramente, a Dios por permitirme llegar hasta aquí, por cada día darme las fuerzas y los medios para no rendirme. A mi esposo por su apoyo y motivación constante desde el primer día, a mi familia, por su apoyo incondicional, lo que he logrado es la suma de los esfuerzos de ellos.

Agradezco a la Universidad de Antioquia por brindarme las herramientas necesarias para llevar a cabo este proyecto y a Simétrica Diseño Estructural S.A.S por acogerme en su equipo de trabajo.

Tabla de contenido

Resumen 8

Abstract 9

1. Introducción 10

2. Objetivos 12

2.1 Objetivo general 12

2.2 Objetivos específicos 12

3. Marco teórico 13

4. Metodología 15

4.1 Enfoque metodológico 15

4.2 Técnicas utilizadas 15

4.3 Procedimiento de elaboración en AutoCAD 15

4.4 Procedimiento de elaboración en QGIS (propuesto) 21

5. Análisis de resultados 31

5.1 Tiempo de elaboración 31

5.2 Generación de rutas alternas en QGIS 32

5.3 Validación de los resultados 32

5.4 Comparación general 33

6. Conclusiones y recomendaciones 34

Referencias 35

Lista de tablas

Tabla 1 Tiempo de identificación de rutas de TPC que interfieren con el evento - AutoCAD vs. QGis 32

Lista de figuras

Figura 1 Cartografía de Medellín en AutoCAD. 16

Figura 2 Plano depurado con el recorrido del evento (Línea Magenta) 17

Figura 3 Rutas de Transporte público que transitan por el municipio de Medellín 18

Figura 4 Rutas alternas de los diferentes recorridos de rutas TPC. 19

Figura 5 Ejemplo de plano final. 20

Figura 6 Mapa base OSM 21

Figura 7 Mapa Base con el recorrido del evento Antioquia Te Reta 2025 22

Figura 8 Sentido Vial del Municipio de Medellín. 23

Figura 9 Tabla de atributos de la capa extraída del visor de la alcaldía de Medellín. 24

Figura 10 Leyenda del Visor de la Alcaldía De Medellín. 25

Figura 11 Proceso para encontrar las rutas TPC que interfieren con el evento 26

Figura 12 Rutas TPC afectadas por el recorrido del evento. 27

Figura 13 Información añadida para el análisis espacial. 28

Figura 14 Ruta alterna de TPC generada por el complemento QNEAT3. 29

Siglas, acrónimos y abreviaturas

AMVA	Área Metropolitana del Valle de Aburrá
MinTransporte	Ministerio de Transporte
PMT	Plan de Manejo de Tránsito
OSM	Open Street Map
SIG	Sistema de Información Geográfica
TPC	Transporte Público Colectivo
UdeA	Universidad de Antioquia

Resumen

Este informe presenta una propuesta de optimización del proceso de elaboración de Planes de Manejo de Tránsito (PMT) mediante el uso del software libre QGIS. La metodología actual, basada en AutoCAD, requiere trazados manuales que consumen tiempo y dificultan la integración de análisis espaciales. El proyecto, desarrollado en el contexto del semestre de industria en una empresa de consultoría vial, aplica un enfoque metodológico mixto para explorar y validar la eficiencia del uso de QGIS en el diseño de rutas alternas. Se implementó un estudio de caso para comparar tiempos, precisión y representación visual entre ambos métodos. Los resultados indican que el uso de QGIS puede reducir los tiempos operativos y mejorar la toma de decisiones basadas en datos geoespaciales para proyectos pequeños, ya que para eventos más grandes que abarcan recorridos a nivel departamental, las vías por donde circula el evento deben estar debidamente programadas con el sentido vial lo que hace más largo el proceso. Se presentan recomendaciones técnicas para facilitar la adopción de SIG en proyectos de planificación vial.

Palabras clave: plan de manejo de tránsito, QGIS, SIG, movilidad urbana, rutas alternas

Abstract

This report presents a proposal to optimize the process of developing Traffic Management Plans (TMPs) through the use of the open-source software QGIS. The current methodology, based on AutoCAD, requires manual drafting that is time-consuming and makes it difficult to integrate spatial analyses. The project, developed within the context of an industry semester at a road consulting firm, applies a mixed-methods approach to explore and validate the efficiency of using QGIS in designing alternative routes. A case study was implemented to compare time, accuracy, and visual representation between the two methods. The results indicate that using QGIS can reduce operational times and improve decision-making based on geospatial data for small-scale projects. However, for larger events that span departmental-level routes, the roads used for the event must be properly programmed with traffic direction, which makes the process longer. Technical recommendations are provided to facilitate the adoption of GIS in road planning projects.

Keywords: traffic management plan, QGIS, GIS, urban mobility, alternate routes

1. Introducción

La creciente complejidad de la movilidad urbana, especialmente en ciudades como Medellín, ha hecho evidente la necesidad de optimizar los procesos asociados a la planificación vial. Una de las herramientas más importantes en este contexto es el Plan de Manejo de Tránsito (PMT), instrumento técnico requerido para mitigar los efectos que las obras civiles o eventos especiales generan sobre el flujo vehicular y peatonal. Tradicionalmente, la elaboración de los PMT se ha realizado mediante software como AutoCAD, lo cual implica procedimientos manuales, especialmente en el diseño de rutas alternas para el desvío de rutas de transporte público colectivo (TPC). Esto incrementa los tiempos de trabajo, dificulta la validación espacial de las propuestas y limita la exploración de escenarios alternativos.

Simétrica Diseño Estructural S.A.S., empresa en la cual se desarrolló esta práctica, fue fundada en el año 2013 en Medellín con el objetivo de ofrecer soluciones de diseño estructural y vial. En su línea de movilidad, la empresa elabora constantemente PMT para proyectos de urbanismo y eventos masivos. La experiencia acumulada en este campo ha permitido identificar una oportunidad de mejora: la necesidad de sistematizar procesos manuales y aumentar la eficiencia en la elaboración de PMT. Ante esta situación, surge la inquietud sobre si es viable incorporar herramientas de análisis espacial basadas en Sistemas de Información Geográfica (SIG), como el software libre QGIS, para apoyar o complementar las actividades técnicas actualmente desarrolladas en AutoCAD.

En cuanto a los antecedentes, si bien existen estudios que han aplicado SIG en planificación urbana o en el análisis de redes viales, son escasos los trabajos que exploren específicamente su aplicación en la elaboración de PMT en el contexto colombiano. De allí que esta propuesta represente una contribución novedosa y potencialmente replicable en otras consultoras o entidades territoriales. El propósito fundamental de esta práctica consiste, entonces, en analizar la viabilidad de integrar QGIS en el flujo de trabajo del diseño de PMT, con especial énfasis en la etapa de diseño de rutas alternas, empleando herramientas de análisis de red, georreferenciación y simbología vial estandarizada.

La metodología implementada incluyó tanto la revisión de documentos previos como el aprendizaje derivado de la experiencia de profesionales con trayectoria en la elaboración de PMT. Este intercambio de conocimientos permitió generar un contexto sobre cómo se perciben y ejecutan

las tareas en los diferentes softwares utilizados, identificando sus principales ventajas y limitaciones. Adicionalmente, se realizó observación directa del proceso actual de diseño en AutoCAD, lo que facilitó contrastar dichas percepciones con la práctica real. En complemento, se midieron los tiempos de elaboración en AutoCAD y en QGIS, y se analizaron variables técnicas como la longitud de los desvíos y el número de intersecciones afectadas. Para consolidar este análisis, se seleccionó un caso real —el evento deportivo Antioquia Te Reta 2025— sobre el cual se aplicó el modelo propuesto, comparando los resultados obtenidos en ambos métodos.

A modo de avance, se anticipa que el uso de QGIS no solo permite reducir tiempos de elaboración, sino que también mejora la representación visual del PMT, la posibilidad de validar rutas con mayor precisión espacial y la sistematización de las capas temáticas. En consecuencia, este trabajo tiene el potencial de aportar significativamente a la ingeniería civil, al fomentar la adopción de herramientas de análisis espacial que optimicen procesos rutinarios en la planificación de tránsito urbano.

2. Objetivos

2.1 Objetivo general

Estudiar la viabilidad de optimizar los procesos de diseño de Planes de Manejo de Tránsito (PMT) mediante la implementación de herramientas de análisis espacial en QGIS, con el fin de reducir tiempos de elaboración y mejorar la representación de rutas alternas en contextos urbanos.

2.2 Objetivos específicos

- Analizar el proceso tradicional de elaboración de PMT y sus limitaciones técnicas.
- Explorar el uso de herramientas SIG básicas para la visualización y diseño de rutas alternas.
- Validar la propuesta con un estudio de caso real o simulado.
- Evaluar el potencial de QGIS para reducir tiempos operativos y facilitar la toma de decisiones basadas en datos geoespaciales.

3. Marco teórico

Los PMT son instrumentos técnicos obligatorios que tienen como finalidad prever, mitigar y controlar los impactos que generan las obras civiles, las intervenciones sobre la vía o los eventos especiales en la movilidad vehicular y peatonal. Su diseño se encuentra regulado por el Capítulo 7 del Manual de Señalización Vial 2024 y por lo dispuesto en el Código Nacional de Tránsito (Ley 769 de 2002).

De acuerdo con la normativa, un PMT debe estructurarse de manera sistemática y contener, como mínimo, los siguientes elementos principales (Agencia Nacional de Seguridad Vial, 2024):

- ✓ Descripción del proyecto y del área de influencia: delimitación geográfica de la obra o evento, tipo de intervención y duración estimada.
- ✓ Diagnóstico de la situación actual de tránsito: incluye levantamiento de información sobre volúmenes vehiculares, flujos peatonales, rutas de transporte público, accesos a predios y servicios esenciales.
- ✓ Definición de rutas alternas: diseño de desvíos vehiculares y peatonales que garanticen continuidad en la movilidad, priorizando corredores principales y el transporte público colectivo.
- ✓ Señalización temporal: selección, ubicación y diseño de señales preventivas, reglamentarias e informativas según lo estipulado en el Manual de Señalización Vial.
- ✓ Medidas de seguridad vial: dispositivos de control como barricadas, delineadores, conos, cintas reflectivas y personal de apoyo (paleteros o controladores de tránsito).
- ✓ Cronograma de implementación: programación de las fases de la obra o evento y la temporalidad del PMT, indicando horarios de cierre y reapertura de vías.
- ✓ Plan de contingencia y atención a emergencias: estrategias para garantizar el acceso de vehículos de emergencia, manejo de incidentes y comunicación a la comunidad.
- ✓ Plan de divulgación: socialización del PMT con residentes, comerciantes, autoridades de tránsito y usuarios del transporte público.

En cuanto a los pasos para su formulación, el Manual de Señalización Vial (MinTransporte, 2024) establece la siguiente secuencia metodológica:

- ✓ Recolección de información de campo (aforos vehiculares y peatonales, rutas TPC, equipamientos).

- ✓ Identificación de los impactos que generará la obra o evento sobre la movilidad.
- ✓ Diseño de las medidas de manejo de tránsito: desvíos, señalización temporal y control operativo.
- ✓ Elaboración de planos y memorias técnicas con simbología estandarizada.
- ✓ Revisión, aprobación y validación por parte de la autoridad competente.
- ✓ Implementación en terreno con supervisión de la autoridad de tránsito.
- ✓ Monitoreo y ajustes durante la ejecución del proyecto.

En síntesis, los PMT constituyen una herramienta esencial para garantizar la seguridad vial, la movilidad eficiente y la reducción de riesgos durante la ejecución de obras o la realización de eventos especiales, al tiempo que aseguran el cumplimiento de la normatividad vigente (MinTransporte, 2024).

- Sistemas de Información Geográfica (SIG): Los SIG permiten capturar, almacenar, analizar y presentar datos espacialmente referenciados, facilitando la toma de decisiones sobre fenómenos geográficos (Esri, s.f.). En el caso del tránsito, los SIG permiten modelar redes viales, evaluar rutas y simular escenarios de movilidad.
- QGIS: es una herramienta SIG libre y de código abierto que proporciona funciones de análisis espacial, edición geográfica y representación cartográfica (QGIS Development Team, 2024). Su potencial para reemplazar métodos tradicionales se ha reconocido por su facilidad de acceso, versatilidad y comunidad activa.

Normativa nacional aplicable para la elaboración de PMT´s:

Ley 769 de 2002 – Código Nacional de Tránsito Terrestre, artículos 101 y 102 y se apoyan en las disposiciones técnicas presentadas en el Capítulo 7 del Manual de Señalización Vial del 2024.

En el código se da una descripción de la normativa que aplica a la hora de realizar trabajos sobre las vías o en sus zonas aledañas, incluyendo todo lo relacionado con las licencias, la señalización, los desvíos y el manejo de los escombros, y en el manual de señalización vial, se dan todas las disposiciones técnicas que tienen que ver con la señalización y con los dispositivos de control para las obras, precisando los parámetros que define los PMT’s.

4. Metodología

4.1 Enfoque metodológico

Este trabajo se desarrolló mediante la integración de técnicas cualitativas y cuantitativas, lo que permitió, por un lado, comprender el proceso actual de elaboración de PMT a partir de la revisión documental y observación directa, y por otro, medir las mejoras alcanzadas con QGIS a través del registro de tiempos y el análisis de variables técnicas.

4.2 Técnicas utilizadas

Como insumo inicial se realizó la revisión del Plan de Manejo de Tránsito de Antioquia Te Reta 205 elaborado en la empresa donde se realizó las practicas (Simétrica Diseño estructural y movilidad), el cual describe el evento que se llevara a cabo en la ciudad de Medellín como parte del calendario de la Liga de Atletismo de Antioquia, el cual se compone de 3 categorías de 3K, 5K y 10K, con una participación aproximada de 2.000 corredores. Este documento permitió comprender la estructura normativa y técnica que debe cumplir un PMT en Colombia, según el Manual de Señalización Vial (MinTransporte, 2024*)*. A partir de su análisis, se identificaron componentes claves como la descripción del área de intervención, la propuesta de desvíos vehiculares y peatonales, la señalización temporal, la gestión de accesos a predios y la planeación de dispositivos de seguridad vial. La revisión documental sirvió como punto de referencia para estructurar el diseño de rutas alternas, dado que ambos escenarios comparten la necesidad de gestionar interrupciones viales temporales y garantizar la continuidad de la movilidad urbana

4.3 Procedimiento de elaboración en AutoCAD

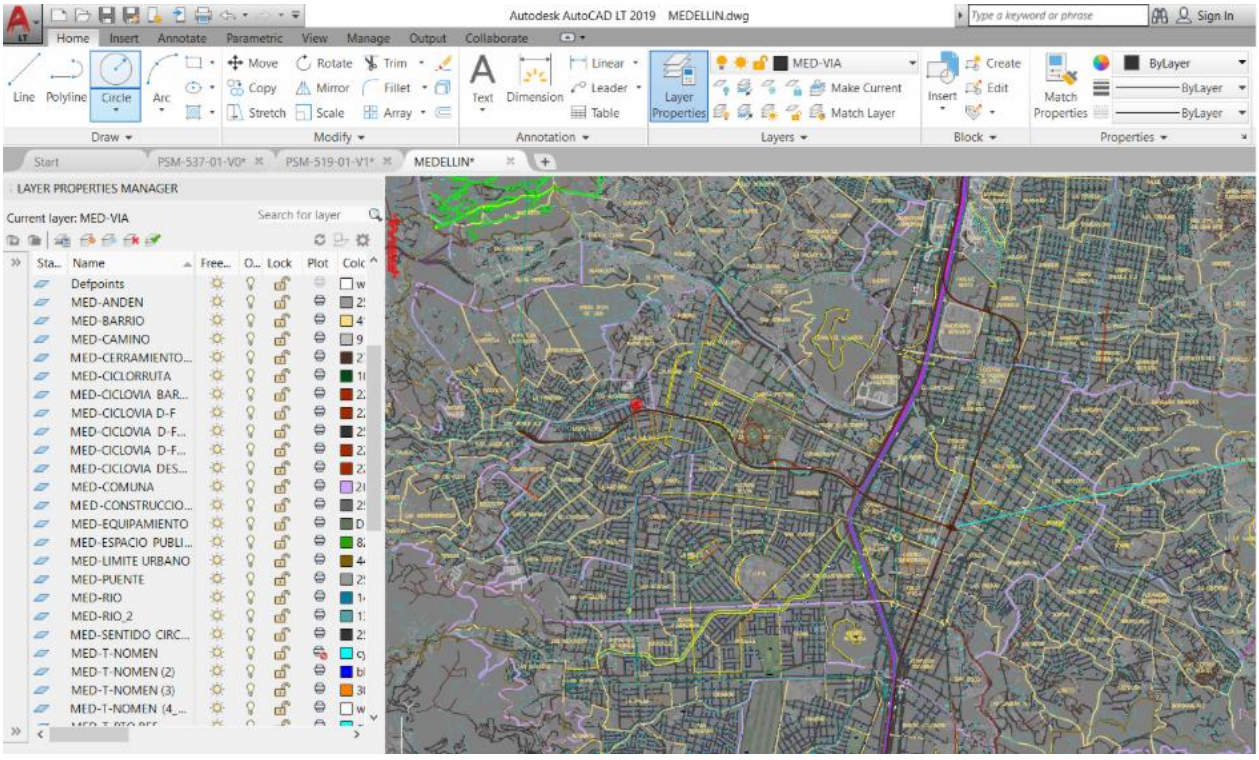
Se llevó a cabo la observación del proceso de diseño de PMT en AutoCAD, herramienta utilizada tradicionalmente por consultoras y entidades de tránsito en Medellín. En el PMT del evento Antioquia te reta, se evidenció que gran parte de las tareas, como el trazado de rutas alternas, la ubicación de señales y la edición de planos, se realizan manualmente. Este método, aunque preciso en el dibujo, limita la validación automática de restricciones viales (sentidos de circulación,

giros prohibidos o zonas escolares). Durante la práctica para el evento deportivo, se constató que el uso de AutoCAD implicaba un alto nivel de intervención manual para redibujar 63 rutas de transporte público colectivo (TPC), lo cual resultó en un tiempo prolongado de ejecución y en la necesidad de recurrir a otras plataformas externas (Google Maps, Street View) para verificar la conectividad de las vías.

A continuación, se describe el flujo de trabajo que generalmente se implementa en AutoCAD para la elaboración de un Plan de Manejo de Tránsito (PMT) aplicado al evento Antioquia Te Reta en Medellín.

1. Se parte de la cartografía oficial del municipio (en este caso, Medellín), la cual puede provenir del Sistema de Información Territorial (SIT), del Departamento Administrativo de Planeación o del Área Metropolitana del Valle de Aburrá (AMVA).

Figura 1
Cartografía de Medellín en AutoCAD.



Nota. Elaboración propia en AutoCAD 2026 (Autodesk, 2025).

2. Una vez cargada en AutoCAD, se eliminan elementos innecesarios y se conserva únicamente la red vial y los componentes relevantes (calles principales, intersecciones, zonas escolares y puntos de interés). Posteriormente, se incorpora el recorrido oficial del evento deportivo.

Figura 2

Plano depurado con el recorrido del evento (Línea Magenta)

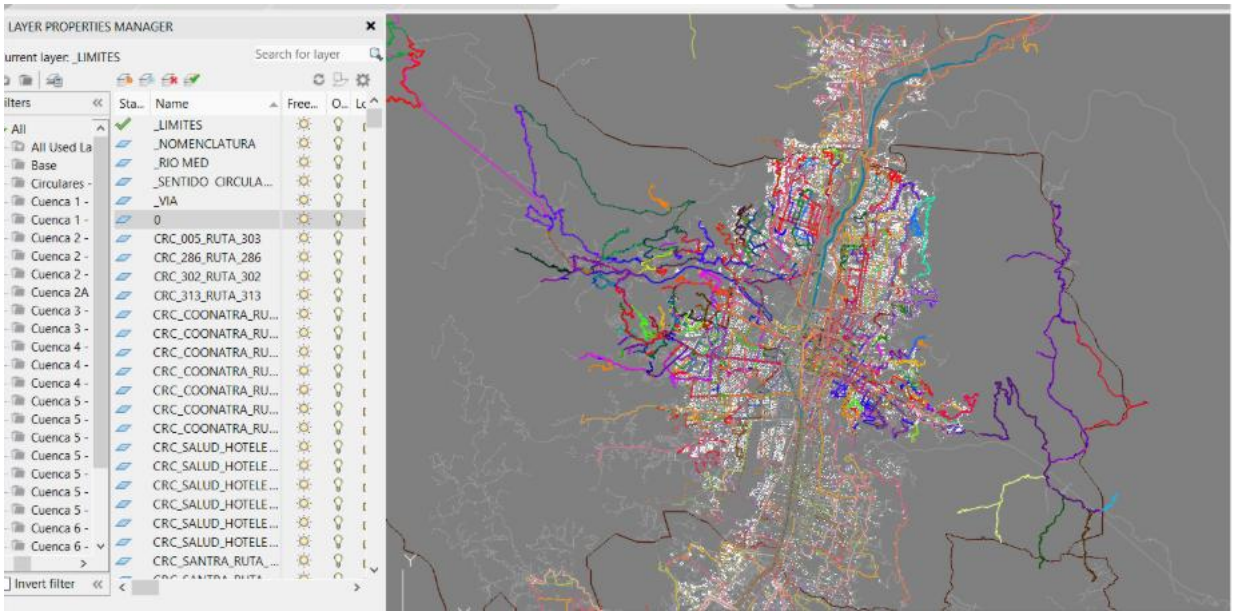


Nota. Elaboración propia en AutoCAD 2026 (Autodesk, 2025).

3. Se contrastan las rutas del evento con el inventario de rutas TPC que dispone la empresa Simétrica Diseño Estructural S.A.S., organizadas por cuencas de transporte definidas por el AMVA. De esta manera, se determina cuáles rutas habituales cruzan el recorrido y se verán afectadas el día del evento.

Figura 3

Rutas de Transporte público que transitan por el municipio de Medellín

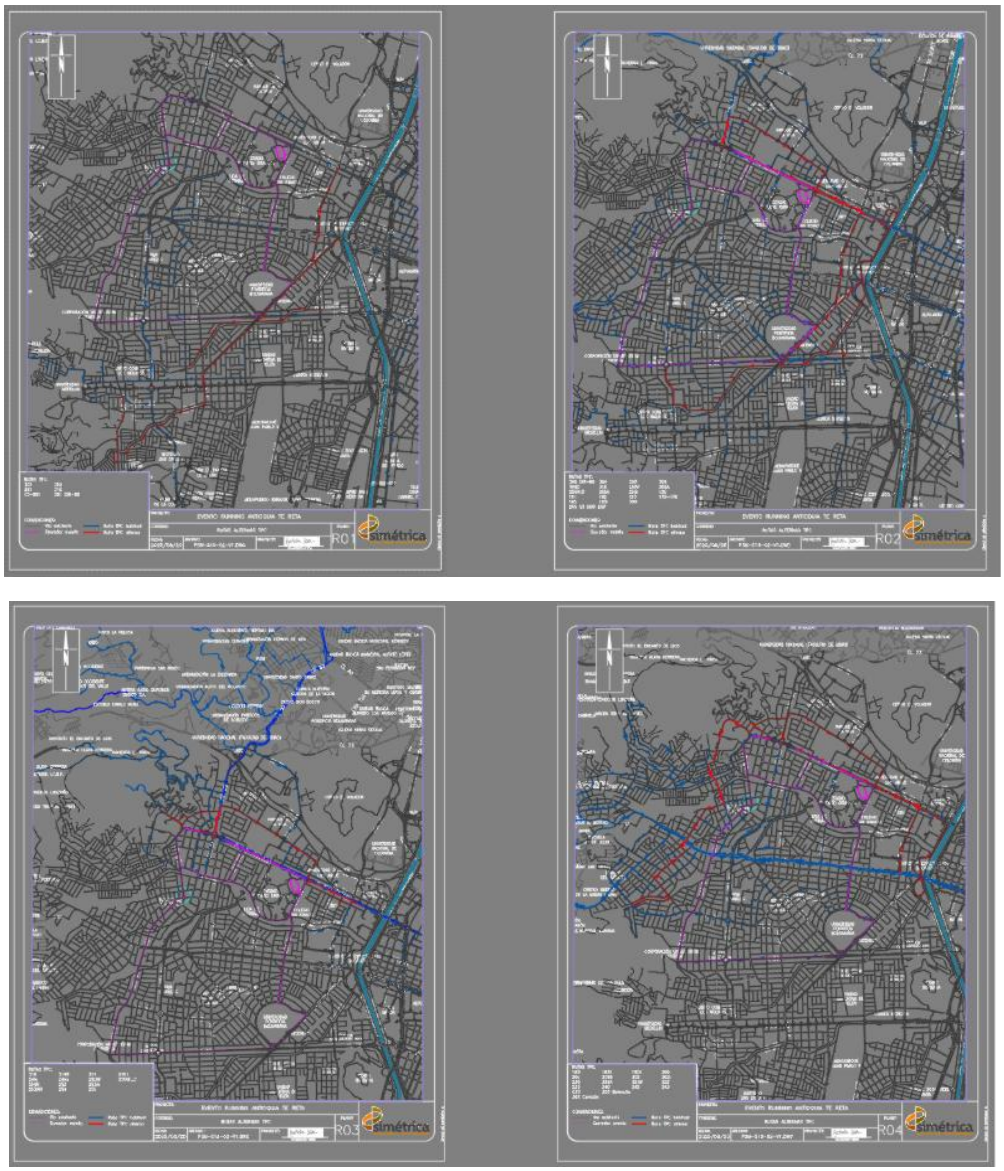


Nota. Elaboración propia en AutoCAD 2026 (Autodesk, 2025).

4. Para cada ruta de TPC interferida se busca un recorrido alternativo que garantice la continuidad de la operación, evitando la interrupción del evento. Este proceso en AutoCAD es manual: se trazan las nuevas líneas de recorrido, cuidando la conectividad vial y procurando que el desvío no sea excesivamente largo. Estos planos son entregados con anticipación a las empresas transportadoras, con el fin de que puedan ajustar sus operaciones y comunicar los cambios a los usuarios.

Figura 4

Rutas alternas de los diferentes recorridos de rutas TPC.

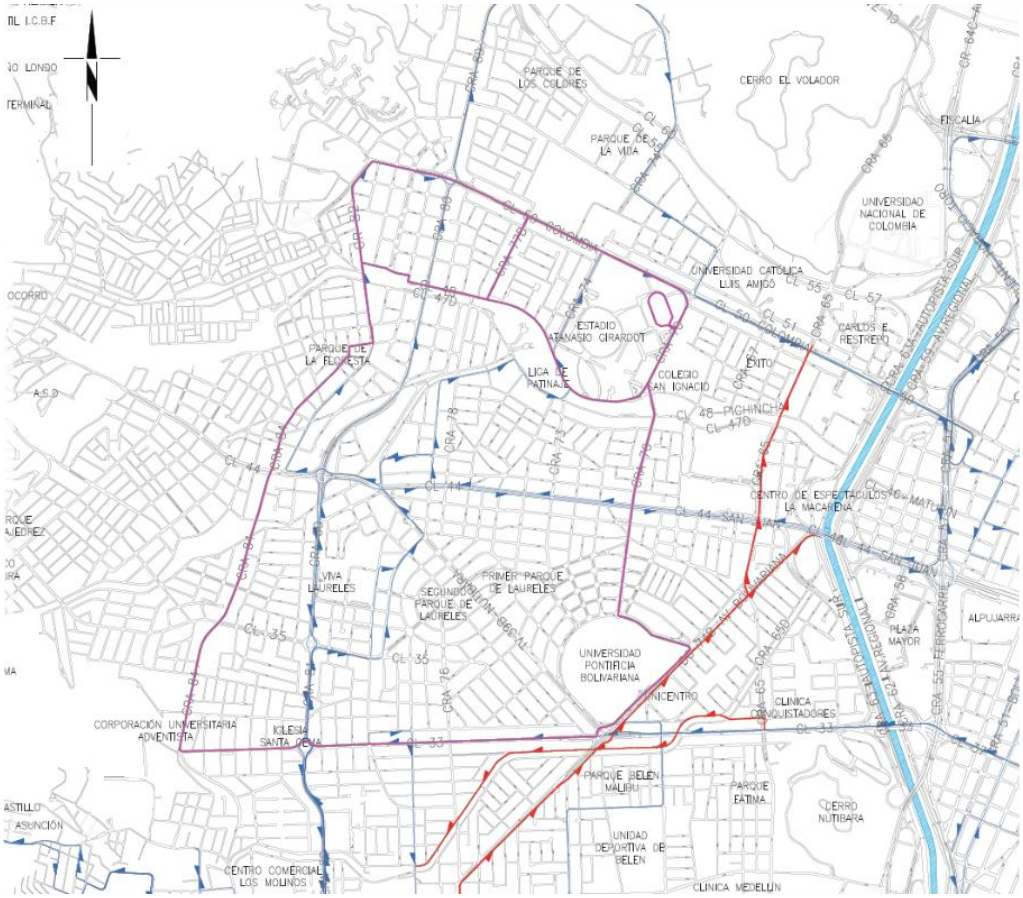


Nota. Elaboración propia en AutoCAD 2026 (Autodesk, 2025).

5. Se organizan las capas del plano (red vial, recorrido del evento, rutas alternas, señalización temporal, zonas restringidas) para asegurar la legibilidad. Se emplean colores y grosores de línea estandarizados para diferenciar los elementos principales.

Figura 5

Ejemplo de plano final.



En esta imagen las rutas alternas corresponden a las líneas de color rojo, las rutas de TPC a las líneas de color azul y el evento a la línea magenta.

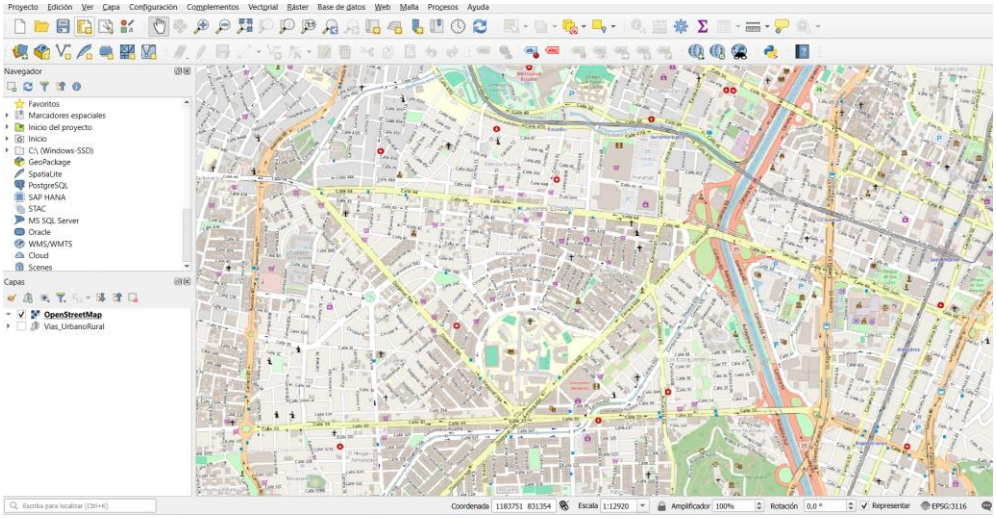
El plano es revisado por el equipo técnico de Simétrica y ajustado según observaciones, lo cual suele implicar modificaciones en la ubicación de señales o ajustes en desvíos que presenten conflictos. Una vez validados, los planos se exportan en formato PDF y se anexan a la memoria técnica del PMT, que incluye la justificación de los desvíos, los horarios de cierre y la descripción de los dispositivos de control. Finalmente, el documento completo se presenta ante la Secretaría de Movilidad de Medellín para su revisión, aprobación y posterior implementación el día del evento.

4.4 Procedimiento de elaboración en QGIS (propuesto)

A partir de la experiencia con AutoCAD y las limitaciones identificadas en cuanto a los tiempos de elaboración del PMT, se evidenció la necesidad de explorar alternativas más eficientes para el diseño de rutas alternas del transporte público colectivo (TPC). En este sentido, se optó por emplear el software QGIS, aprovechando sus capacidades de análisis espacial y los complementos disponibles que permiten automatizar procesos clave, como la generación de desvíos y la validación de sentidos de circulación. De esta manera, el flujo de trabajo en QGIS se estructuró con el objetivo de optimizar el tiempo de diseño y garantizar mayor precisión en este aspecto fundamental del PMT. A continuación, se describe el procedimiento propuesto para la construcción de rutas alternas en QGIS:

1. Importación de cartografía oficial: El primer paso consistió en cargar un mapa base en QGIS con el sistema de referencia EPSG:3116 (MAGNA-SIRGAS, sistema oficial de coordenadas en Colombia). Para ello se utilizó la capa de OpenStreetMap (OSM) como referencia cartográfica, lo que permitió ubicar el área de influencia del evento Antioquia Te Reta 2025 en la ciudad de Medellín. Este mapa base sirvió como guía para integrar capas adicionales (red vial, rutas de transporte público colectivo y demás elementos de interés), garantizando que todo el proyecto estuviera georreferenciado en un sistema de coordenadas oficial y compatible con las bases cartográficas utilizadas.

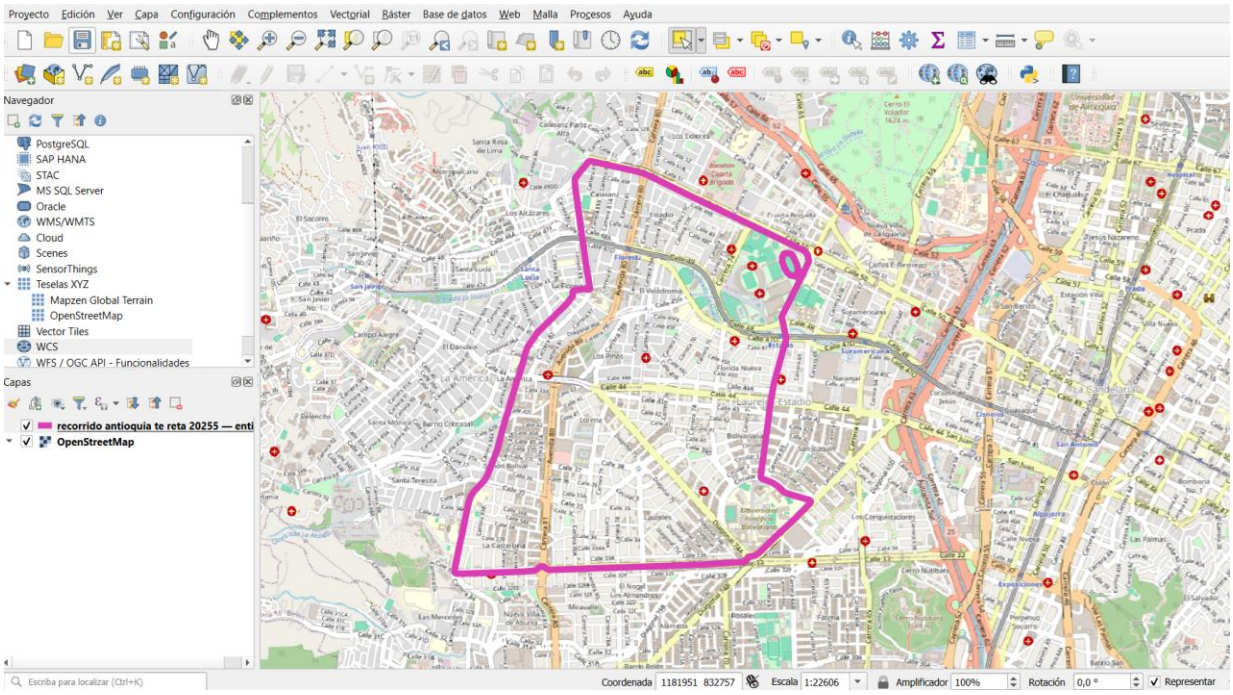
Figura 6
Mapa base OSM



2. Incorporación del recorrido del evento: Se importó el recorrido del evento en formato DXF y se añadió el trazado oficial de las categorías 3K, 5K y 10K, las cuales fueron unificadas en una sola capa polilínea dentro de QGIS mediante la herramienta “Añadir capa vectorial”. Esta capa se utilizó posteriormente como restricción espacial para identificar y excluir las vías comprometidas el día del evento.

Figura 7

Mapa Base con el recorrido del evento Antioquia Te Reta 2025

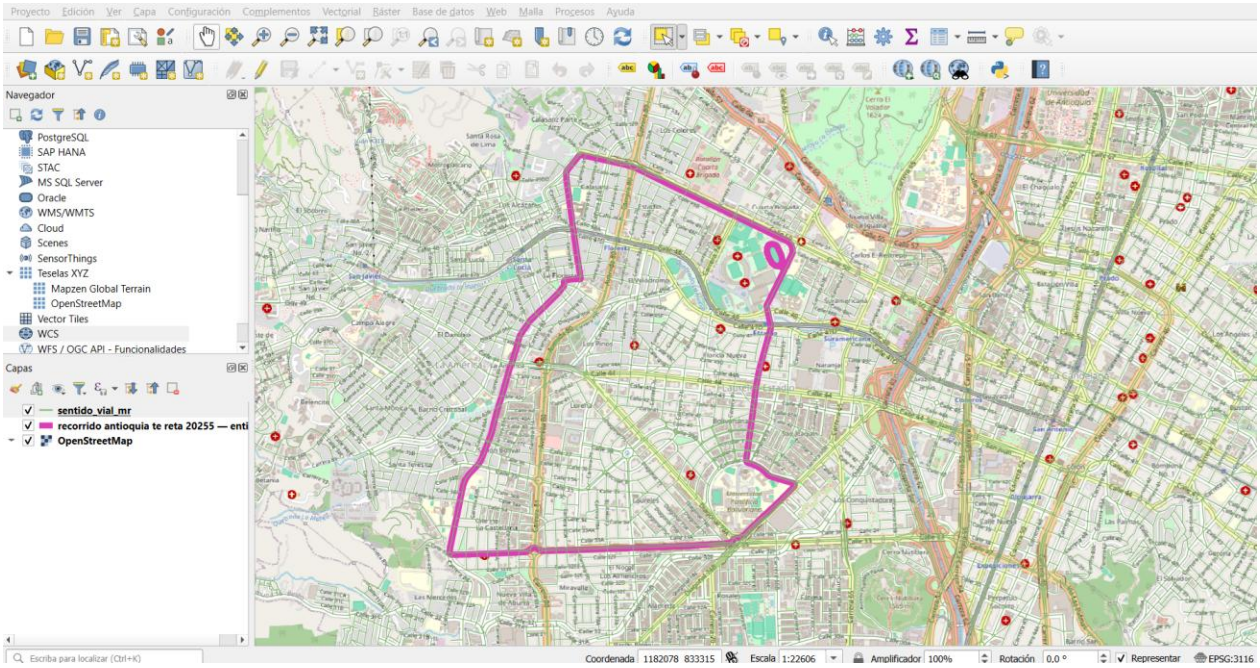


Nota. Elaboración propia en QGIS 3.40.9-Bratislava (2024), con datos de OpenStreetMap (2024).

3. Importación de red vial: Se cargaron en QGIS las capas de la red vial de Medellín, provenientes de fuentes oficiales suministradas por la Alcaldía de Medellín a través del visor MapGIS9. Estas capas fueron depuradas, conservando únicamente los elementos relevantes: calles, nomenclatura y sentidos de circulación. Es relevante señalar que la tabla de atributos incluye información de sentido vial, la cual resulta esencial en la ejecución de los complementos de análisis de QGIS, ya que permite establecer restricciones topológicas que garantizan que las rutas alternas generadas no presenten errores como el ingreso por calles en contravía.

Figura 8

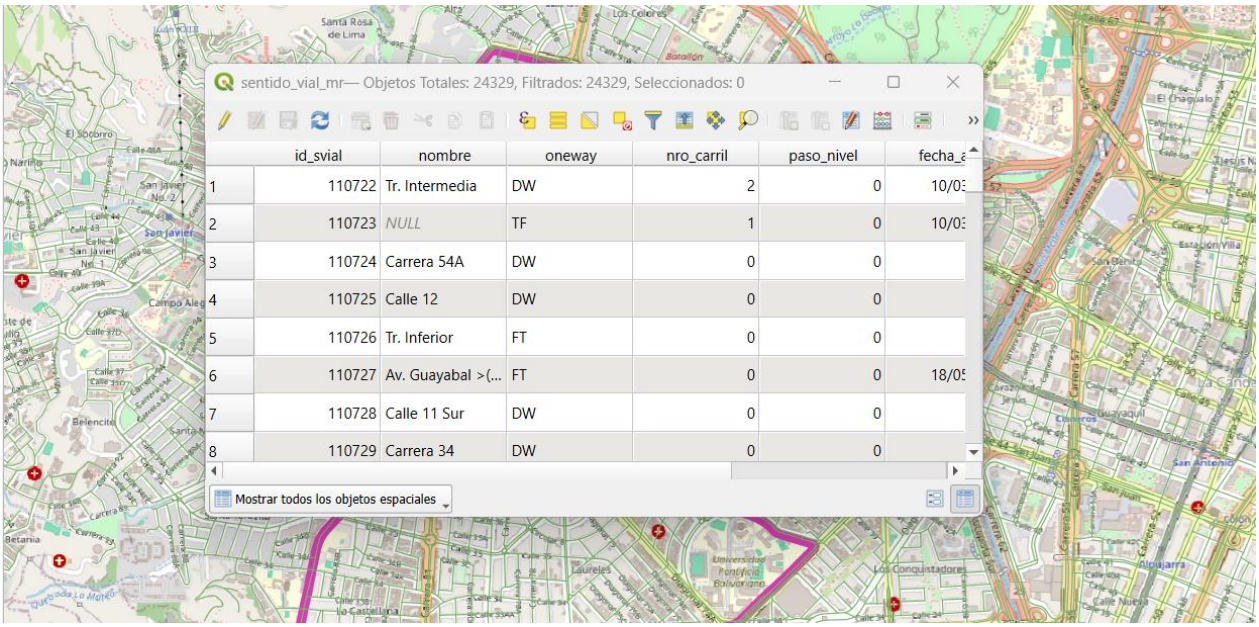
Sentido Vial del Municipio de Medellín.



Nota. Elaboración propia en QGIS 3.40.9-Bratislava (2024), con datos de OpenStreetMap (2024).

Figura 9

Tabla de atributos de la capa extraída del visor de la alcaldía de Medellín.



Es fundamental conocer e interpretar la información contenida en la tabla de atributos de la red vial, ya que de ella depende la correcta configuración de las restricciones de circulación. En particular, la columna “oneway” define el sentido de las vías y es utilizada por los complementos de análisis de red en QGIS para impedir que las rutas alternas se tracen en contravía. Según la leyenda del visor oficial de la Alcaldía de Medellín (MapGIS9), los valores que aparecen en esta columna corresponden a la codificación de sentidos viales, cuyo significado es el siguiente:

DW → Doble vía.

FT → Vía en un solo sentido, de la dirección “from” a la dirección “to”. (Sentido en qué se dibujó la red vial)

TF → Vía en un solo sentido, de la dirección “to” a la dirección “from”. (Sentido en qué se dibujó la red vial)

Esta clasificación constituye un insumo esencial para la etapa de análisis, ya que asegura que los desvíos generados en QGIS se ajusten a la normativa de circulación vigente y eviten inconsistencias en el diseño de rutas alternas.

Figura 10

Leyenda del Visor de la Alcaldía De Medellín.



Nota. Fuente: https://www.medellin.gov.co/mapgis9/mapa.jsp?aplicacion=1&css=css/app_mapas_medellin.css (Alcaldía de Medellín, s.f.)

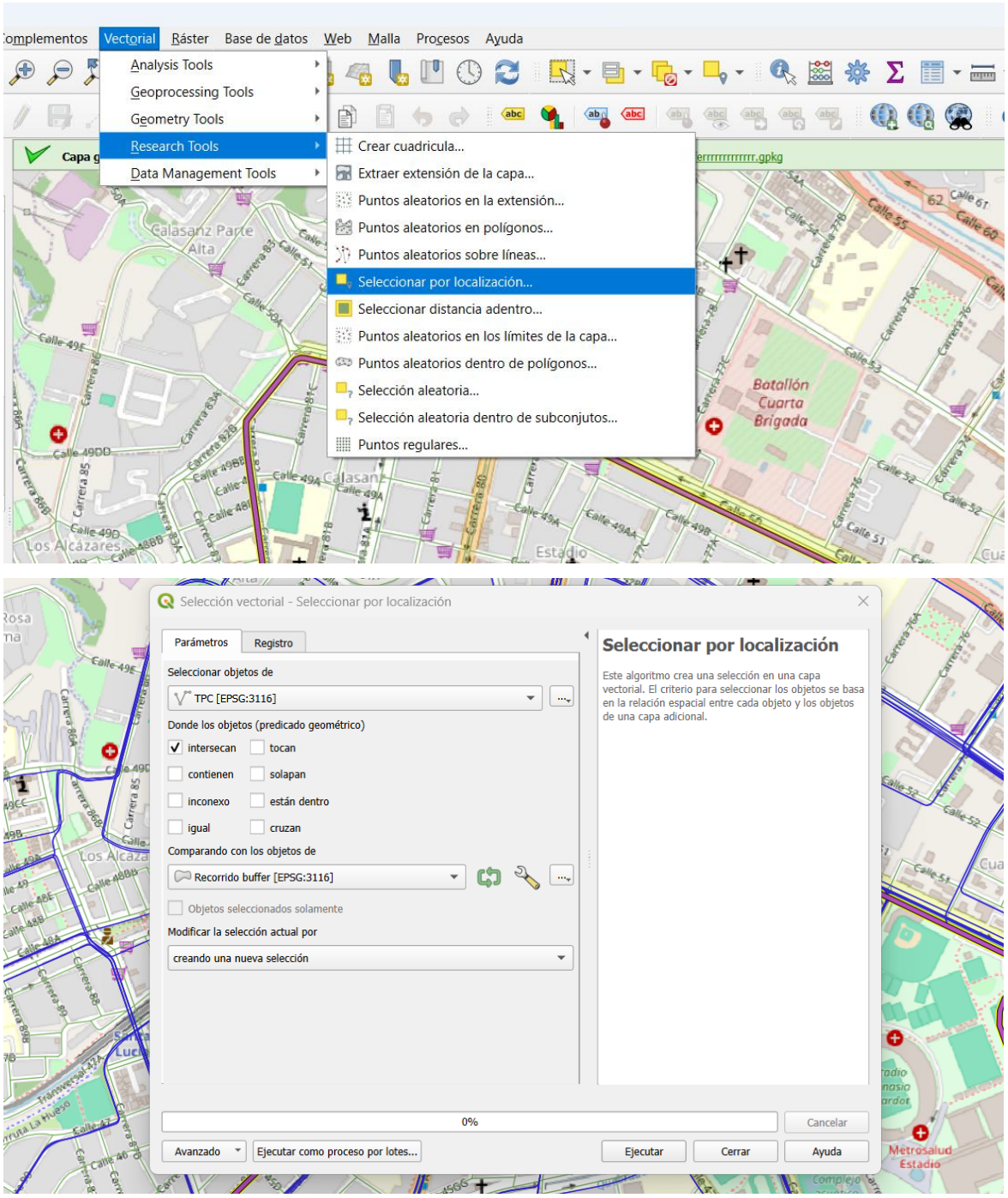
4. Identificación de rutas de TPC interferidas: Para identificar las rutas de transporte público colectivo (TPC) afectadas por el recorrido del evento, se recurrió al uso de herramientas de análisis espacial en QGIS. En primera instancia, se cargaron las capas vectoriales necesarias: por un lado, la red de rutas de TPC, información previamente disponible en la base de datos suministrada por la empresa Simétrica; y por otro, la capa correspondiente al trazado del evento.

Debido a ligeras discrepancias geométricas entre ambas capas, fue necesario generar un buffer de 5 metros alrededor de la línea del evento, de modo que se ampliara la zona de influencia del recorrido y se garantizaran intersecciones precisas con las rutas de transporte público. Un buffer, en términos sencillos, corresponde a una franja o zona de influencia que se crea alrededor de un elemento geográfico —en este caso, una línea— con el fin de ampliar su área de alcance. Gracias a esta operación, se pudieron identificar con mayor precisión las rutas de transporte público que cruzaban el recorrido, incluso en los casos donde las líneas no coincidían exactamente en la cartografía.

Posteriormente, se utilizó la herramienta “Seleccionar por ubicación” para identificar de manera automática aquellas rutas de TPC que intersecaban con el buffer del evento. Estas rutas fueron seleccionadas y exportadas a una nueva capa denominada “Rutas TPC afectadas”, lo cual permitió aislar únicamente los tramos que requerían ajustes o desvíos en su trazado.

Figura 11

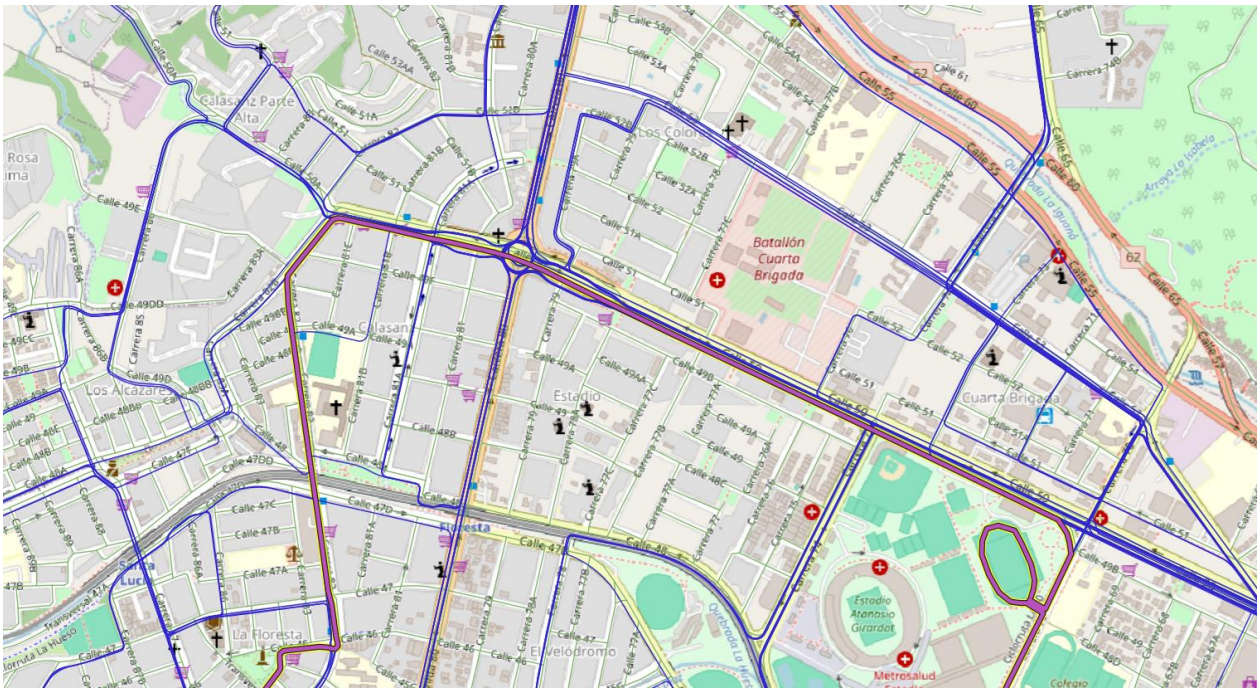
Proceso para encontrar las rutas TPC que interfieren con el evento



Una vez hecho esto, se extrae la capa con las rutas afectadas que en la siguiente figura corresponde a las líneas de color azul y estas son las que se utilizarán más adelante.

Figura 12

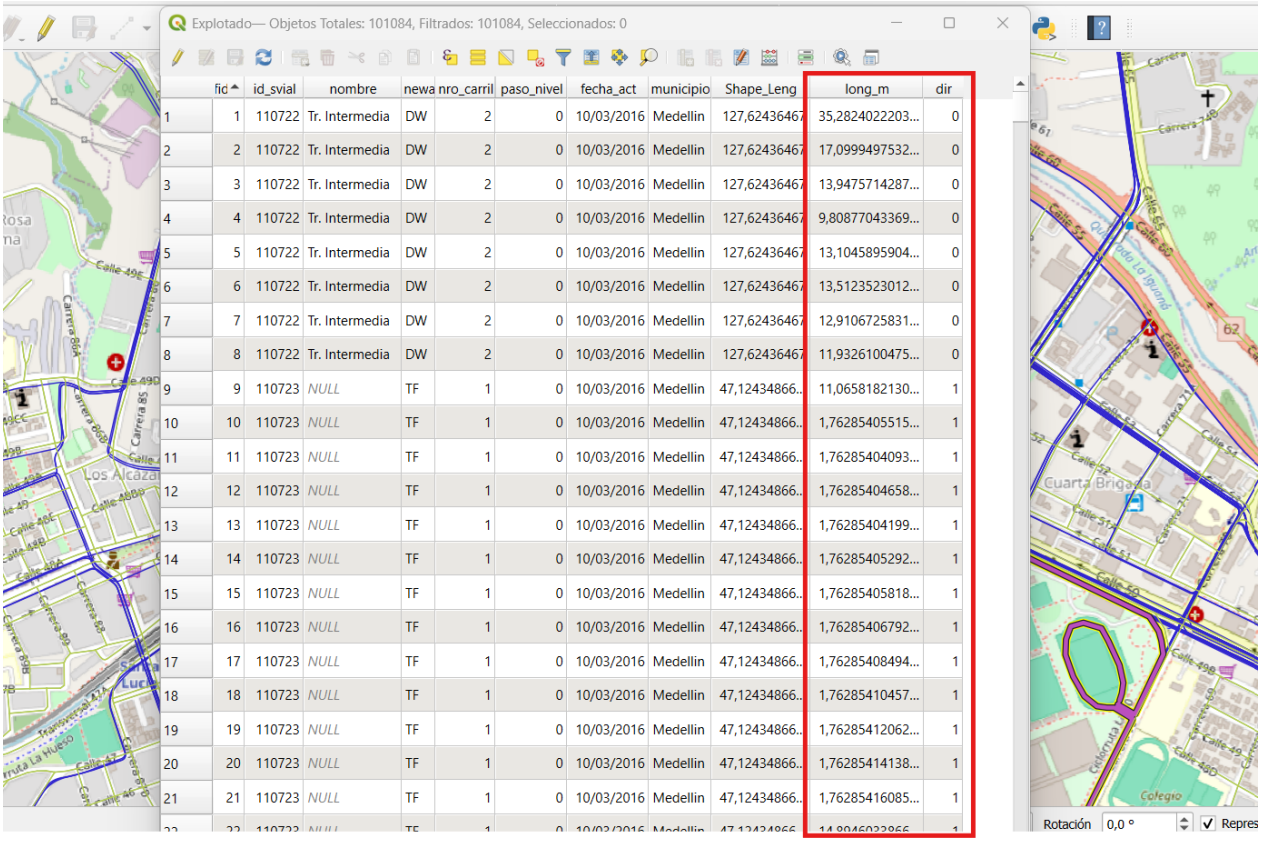
Rutas TPC afectadas por el recorrido del evento.



5. Configuración de la red vial: La primera tarea consistió en preparar la red vial de Medellín para ser utilizada como base en el análisis de rutas. Para ello se aplicó la herramienta "Explotar líneas", dividiendo la geometría en tramos entre vértices con el fin de que cada intersección funcionara como nodo. A la tabla de atributos se le añadieron campos específicos: long_m, con la longitud de cada tramo en metros calculada mediante $length, y dir, derivado del campo "oneway", en el que se codificaron valores de 1 para TF, -1 para FT y 0 para DW o bidireccionales. Este esquema de codificación buscaba que el software reconociera la direccionalidad real de las vías y evitara inconsistencias como recorridos en contravía. Si bien la construcción de la red fue técnicamente válida, se identificaron limitaciones derivadas de la necesidad de ajustes topológicos adicionales, lo que evidenció que la base de datos no estaba completamente optimizada para procesos de análisis de redes.

Figura 13

Información añadida para el análisis espacial.

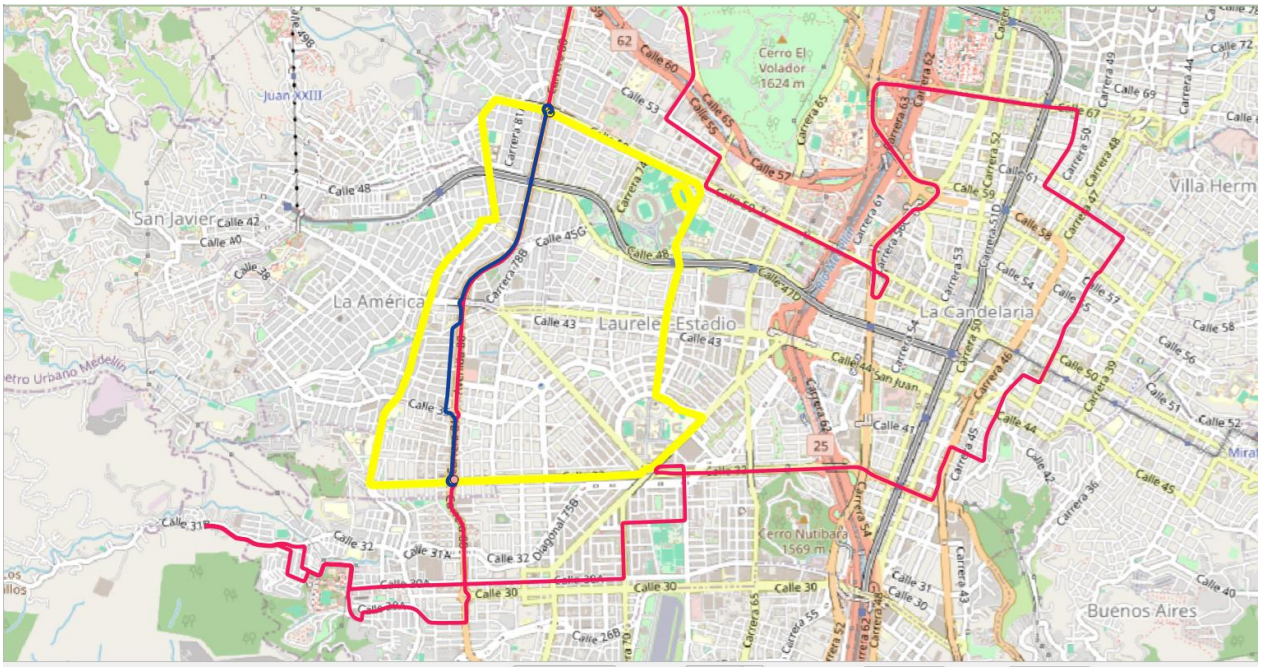


6. Generación de rutas alternas: Con la red estructurada y los campos de longitud y dirección configurados, se intentó aplicar el complemento QNEAT3 mediante el algoritmo “Ruta más corta (punto a punto)”. Aunque conceptualmente el modelo consideraba los sentidos de circulación y la distancia, en la práctica los resultados presentaron inconsistencias: en algunos casos las rutas alternas se generaron en contravía o volvían a atravesar el trazado del evento. Esto evidenció que la base de datos vial requería mayor depuración y ajustes topológicos para ser utilizada como insumo en cálculos de red. Si bien el procedimiento demostró potencial al producir trayectos válidos en pruebas puntuales, su aplicabilidad quedó restringida a escenarios con pocas rutas interferidas. En el caso de Antioquia Te Reta 2025, con 63 líneas de transporte público colectivo afectadas, el proceso manual de definir inicios y finales para cada desvío resultó impracticable en términos de tiempo y operatividad. En la figura siguiente se observa un ejemplo de prueba: la línea roja corresponde a una de las rutas de transporte público colectivo (TPC) que interfiere con el recorrido del evento, mientras que la línea azul representa la ruta alterna generada

automáticamente por el programa. No obstante, el resultado presenta inconsistencias, ya que la ruta alterna no respeta completamente los sentidos de circulación ni evita el cruce por el trazado del evento.

Figura 14

Ruta alterna de TPC generada por el complemento QNEAT3.



7. Validación de rutas: La validación de los desvíos obtenidos en QGIS se limitó a una verificación preliminar, consistente en comprobar visualmente la coherencia espacial de los resultados frente al recorrido del evento y los sentidos viales oficiales. En los pocos casos en que se logró obtener rutas alternas técnicamente válidas, estas confirmaron que QGIS tiene la capacidad de generar soluciones acordes con la realidad de la red vial. Sin embargo, las dificultades en la configuración de la red y la necesidad de procesar manualmente cada una de las 63 rutas impidieron escalar la validación al conjunto completo. En este sentido, la validación en QGIS resultó factible pero dependiente tanto de la calidad de los datos de entrada como de la magnitud del evento analizado.

8. Comparación con AutoCAD: La comparación entre QGIS y AutoCAD mostró un contraste claro en las fortalezas de cada herramienta. Con AutoCAD fue posible elaborar las 63

rutas alternas requeridas, aunque mediante un procedimiento manual y demandante en tiempo. Por su parte, QGIS permitió optimizar de manera significativa la etapa de diagnóstico, ya que la identificación y exclusión de las rutas de transporte público interferidas se realizó en un tiempo mucho menor respecto al método tradicional. No obstante, la incapacidad de QGIS para automatizar la generación de desvíos en un escenario de gran escala limitó su aporte en la fase de diseño de rutas alternas. En consecuencia, QGIS se posiciona como una herramienta de apoyo estratégico en la identificación de interferencias, mientras que AutoCAD mantiene su ventaja operativa para el diseño detallado de desvíos en eventos de alta complejidad.

5. Análisis de resultados

Durante el desarrollo de la práctica profesional se evaluó el proceso de elaboración de un Plan de Manejo de Tránsito (PMT) aplicado al evento deportivo Antioquia Te Reta 2025, con el propósito de comparar la eficiencia y precisión del método tradicional en AutoCAD frente a las herramientas de análisis espacial de QGIS.

5.1 Tiempo de elaboración

El flujo de trabajo en AutoCAD requirió aproximadamente entre 16 y 18 horas para completar el trazado de las 63 rutas alternas interferidas por el evento. Este tiempo comprendió la identificación manual de las rutas afectadas, el dibujo de los desvíos, la validación visual de sentidos de circulación apoyada en Google Maps y la organización final del plano. La complejidad del entramado vial de Medellín y el elevado número de rutas implicaron una carga operativa significativa, lo cual evidenció las limitaciones del método tradicional.

En contraste, QGIS permitió optimizar de manera considerable la etapa de diagnóstico. A través de la herramienta “Seleccionar por ubicación”, fue posible identificar en pocos minutos las rutas de transporte público colectivo (TPC) que intersecaban el recorrido del evento. Este procedimiento, que en AutoCAD exigía la revisión manual línea por línea, redujo drásticamente el tiempo invertido y disminuyó la probabilidad de error humano. No obstante, en la fase de diseño de rutas alternas, QGIS presentó limitaciones relacionadas con la configuración de la red vial y la necesidad de establecer manualmente los puntos de origen y destino, lo que impidió que la reducción de tiempos proyectada se materializara plenamente en la práctica.

En síntesis, aunque no se logró optimizar de manera integral toda la elaboración de rutas alternas, sí se evidenció una mejora significativa en parte del flujo de trabajo. De un total de 573 rutas de TPC disponibles en la base de datos, se identificaron automáticamente las 63 que se veían interferidas, lo que demuestra el valor de QGIS como herramienta estratégica para la etapa inicial de diagnóstico dentro de los PMT.

Tabla 1
Tiempo de identificación de rutas de TPC que interfieren con el evento - AutoCAD vs. QGis

Software	Rutas TPC	Tiempo (horas)
AutoCAD	573	3 - 4
QGis	573	0.5 - 1

Fuente: Elaboración propia.

5.2 Generación de rutas alternas en QGIS

El procedimiento con el complemento QNEAT3 demostró ser conceptualmente válido al integrar atributos de longitud y sentidos viales, pero en la práctica los resultados presentaron inconsistencias. Algunas rutas generadas ingresaban en contravía o volvían a atravesar el trazado del evento. Esto se explicó por la necesidad de depurar mejor la base de datos vial y realizar ajustes topológicos más avanzados.

Además, el hecho de que se tratara de 63 rutas interferidas obligaba a definir manualmente los puntos de inicio y fin de cada desvío, lo que hacía el proceso poco escalable. Por tanto, aunque se obtuvieron rutas alternas coherentes en pruebas puntuales, la herramienta no logró sustituir de manera eficiente el procedimiento manual de AutoCAD en un escenario de alta complejidad.

5.3 Validación de los resultados

En los casos donde se lograron generar rutas alternas válidas en QGIS, la validación visual confirmó que respetaban sentidos de circulación y eran técnicamente correctas. No obstante, este resultado no pudo extenderse al conjunto completo de rutas afectadas, ya que no fue posible automatizar la generación de desvíos en masa. En contraste, en AutoCAD se logró completar las 63 rutas, aunque con mayor inversión de tiempo y esfuerzo manual.

5.4 Comparación general

La comparación entre AutoCAD y QGIS evidencia un panorama complementario. AutoCAD continúa siendo más eficiente para asegurar la cobertura completa en escenarios complejos, aunque con altos costos en tiempo y esfuerzo. QGIS, por su parte, se mostró altamente eficiente en la identificación de rutas afectadas y en la sistematización del análisis espacial, reduciendo tiempos en la etapa diagnóstica y asegurando mayor precisión en la detección de interferencias. Sin embargo, sus limitaciones en la automatización de desvíos restringen su aplicabilidad para proyectos con gran número de rutas comprometidas.

En conclusión, QGIS constituye una herramienta prometedora para complementar el proceso actual de elaboración de PMT, especialmente en la fase de diagnóstico y análisis espacial. No obstante, para escenarios de gran complejidad como Antioquia Te Reta 2025, su uso requiere mejoras en la calidad de los datos de red y posiblemente la integración de soluciones más avanzadas de análisis, que permitan automatizar cálculos a gran escala.

6. Conclusiones y recomendaciones

La elaboración de rutas alternas para el transporte público colectivo (TPC) en AutoCAD, aunque efectiva, resultó altamente demandante en términos de tiempo y esfuerzo, especialmente cuando se manejaron más de 60 rutas como en el caso del evento Antioquia Te Reta 2025. Este método tradicional permitió garantizar la cobertura total de las rutas afectadas, pero implicó aproximadamente 18 horas de trabajo manual, además de depender de verificaciones externas para asegurar la coherencia vial de los trazados.

El uso de herramientas SIG como QGIS permitió optimizar significativamente la etapa de diagnóstico. A través de operaciones espaciales como “Seleccionar por ubicación”, fue posible identificar de manera rápida y precisa las 63 rutas interferidas, reduciendo en gran medida la carga operativa y la probabilidad de errores humanos. Esta eficiencia evidencia el potencial de QGIS para sistematizar procesos que en AutoCAD son estrictamente manuales.

No obstante, la generación de rutas alternas masivas en QGIS presentó limitaciones. El uso del complemento QNEAT3 permitió calcular desvíos válidos en casos puntuales, pero no resultó escalable al conjunto completo de rutas debido a la necesidad de definir manualmente los puntos de origen y destino y a la calidad de la base de datos vial. En consecuencia, el aporte de QGIS en la fase de diseño fue restringido, mostrando que su mayor fortaleza se encuentra en la identificación y análisis inicial de interferencias.

En este sentido, AutoCAD y QGIS no deben entenderse como herramientas excluyentes, sino como enfoques complementarios. AutoCAD asegura la completitud de los resultados en escenarios de alta complejidad, mientras que QGIS aporta eficiencia, trazabilidad y precisión en el diagnóstico, con potencial de convertirse en la herramienta principal si se integra con procesos de automatización más avanzados, o con bases de datos viales mejor depuradas.

El presente trabajo permitió demostrar la viabilidad de integrar QGIS como herramienta de apoyo en la elaboración de Planes de Manejo de Tránsito (PMT), con beneficios tangibles en la reducción de tiempos y en la representación espacial. Se concluye que QGIS es altamente recomendable para PMT de baja escala o con un número reducido de rutas TPC interferidas, mientras que en proyectos de mayor complejidad su uso debe complementarse con procesos de automatización y fortalecimiento de la información cartográfica.

Referencias

Agencia Nacional de Seguridad Vial. (2024). Guía para la elaboración de Planes de Manejo de Tránsito (PMT). Ministerio de Transporte de Colombia. https://www.mintransporte.gov.co

Alcaldía de Medellín. (s.f.). Mapa de Medellín – MapGIS9. Alcaldía de Medellín. https://www.medellin.gov.co/mapgis9/mapa.jsp?aplicacion=1&css=css/app_mapas_medellin.css

Autodesk. (2025). *AutoCAD 2026* (version W74.0.0) [Software]. Autodesk, Inc. https://www.autodesk.com/products/autocad/

Congreso de la República de Colombia. (2002). Ley 769 de 2002: Código Nacional de Tránsito Terrestre.

Esri. (s.f.). ¿Qué es un SIG? https://www.esri.com/es-es/what-is-gis/overview

Ministerio de Transporte. (2024). Manual de Señalización Vial – Versión 2024. https://www.mintransporte.gov.co

OpenStreetMap Contributors. (2024). Base de datos cartográfica colaborativa. https://www.openstreetmap.org

QGIS Development Team. (2024). QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project. https://qgis.org

QGIS Development Team. (2024). QGIS Geographic Information System (version 3.40.9-Bratislava) [Software de código abierto]. QGIS.org. https://qgis.org