

Uso de la triangulación en la delimitación de espacios para proyectos de infraestructura vial.**Use of triangulation in the delimitation of spaces for road infrastructure projects.***Nancy Jordán Buenaño, Dorian Sánchez, Christian Torres, Mike Orozco, Luis Tigse.***INNOVACIÓN Y CONVERGENCIA:
IMPACTO MULTIDISCIPLINAR**

Enero - marzo, V°6 - N°1; 2025

- ✓ Recibido: 22/02/2025
- ✓ Aceptado: 28/02/2025
- ✓ Publicado: 30/06/2025

PAÍS

- Ecuador-Ambato.
- Ecuador-Ambato.
- Ecuador-Ambato.
- Ecuador-Ambato.
- Ecuador-Ambato.

INSTITUCIÓN

- Universidad Indoamérica.
- Universidad Indoamérica
- Universidad Indoamérica
- Universidad Indoamérica
- Universidad Indoamérica

CORREO:

- ✉ nancyjordan@indoamerica.edu.ec
- ✉ dsanchez50@indoamerica.edu.ec
- ✉ xavic_236@yahoo.es
- ✉ orozcomike63@gmail.com
- ✉ ltigse@indoamerica.edu.ec

ORCID:

- 🌐 <https://orcid.org/0000-0002-1807-4839>
- 🌐 <https://orcid.org/0009-0004-7461-6307>
- 🌐 <https://orcid.org/0009-0008-3626-7379>
- 🌐 <https://orcid.org/0009-0001-3888-6367>
- 🌐 <https://orcid.org/0009-0009-8980-7276>

FORMATO DE CITA APA.

Jordán, N. Sánchez, D. Torres, C. Orozco, M. Tigse, L. (2025). Uso de la triangulación en la delimitación de espacios para proyectos de infraestructura vial. Revista G-ner@ndo, V°6 (N°1.). 2128 – 2150.

Resumen

La limitación precisa de espacios es fundamental en la infraestructura vial, donde la triangulación geodésica ha sido historialmente un método clave para certificar cálculos exactos. Sin embargo, con el auge de tecnologías avanzadas como GNSS y Ortofotografía aérea, surge la interrogante sobre la eficacia de la triangulación en la planificación vial innovadora. Mientras que los sistemas satelitales han perfeccionado la recolección de datos, las limitaciones en la cobertura y las condiciones del terreno evidencian la necesidad de metodologías complementarias. Este estudio, basado en un enfoque cualitativo y un análisis de caso en Lebrija, Santander, demuestra que la triangulación sigue siendo una técnica esencial. Su composición con herramientas tecnológicas modernas admite perfeccionar la precisión en la localización de carreteras, disminuyendo errores en el diseño y cumplimiento de proyectos viales. Los hallazgos indican que la triangulación no es un método obsoleto, sino un recurso que, integrado con nuevas tecnologías, optimiza la planificación territorial. Así, más que suplantar, la triangulación debe concebirse como un método complementario, fortificando la ingeniería civil mediante su unificación con innovaciones digitales. Su aplicación estratégica certifica mayor precisión y eficiencia, favoreciendo al progreso de infraestructura vial más sostenible y técnicamente confiable.

Palabras clave: Triangulación, infraestructura vial, GNSS, estación total, delimitación espacial

Abstract

The precise limitation of spaces is fundamental in road infrastructure, where geodetic triangulation has historically been a key method for certifying exact calculations. However, with the rise of advanced technologies such as GNSS and aerial orthophotography, the question arises regarding the effectiveness of triangulation in innovative road planning. While satellite systems have refined data collection, limitations in coverage and terrain conditions highlight the need for complementary methodologies. This study, based on a qualitative approach and a case analysis in Lebrija, Santander, demonstrates that triangulation remains an essential technique. Its integration with modern technological tools enhances accuracy in road location, reducing errors in the design and execution of road projects. The findings indicate that triangulation is not an obsolete method but rather a resource that, when combined with new technologies, optimizes territorial planning. Thus, rather than being replaced, triangulation should be conceived as a complementary method, strengthening civil engineering through its unification with digital innovations. Its strategic application ensures greater precision and efficiency, contributing to the development of more sustainable and technically reliable road infrastructure.

Keywords: Triangulation, road infrastructure, GNSS, total station, spatial delimitation.

Introducción

La frontera espacial es el proceso básico de planificación y ejecución de proyectos de infraestructura vial, ya que garantiza la precisión de la ubicación de las carreteras, puentes y otras estructuras. El aislamiento adecuado permite optimizar el uso de tierras al reducir los conflictos legales debido a las expropiaciones y garantizar que obras estén en línea con las reglas urbanas y ambientales. Además, la precisión de la demarcación espacial mejora de la distribución de los recursos y reduce los costos asociados con nuevas correcciones en el trabajo. Actualmente, la infraestructura vial enfrenta desafíos relacionados con la creciente demanda de conexión y movilidad. Para cumplir con estos requisitos, es importante tener métodos de delimitación espacial que permitan información geodésica precisa y, por lo tanto, faciliten la toma de decisiones en diferentes etapas del proyecto de la carrera.

El triangular geodésico ha sido tradicionalmente la principal herramienta en el proceso, y su combinación con la tecnología moderna, como GNSS (sistema satelital global -industrial) y la fotogrametría de aire, permite mejorar la precisión de la carretera y optimizar la nueva planificación de infraestructura. AL-Mateneh y Mansour (2020). El límite de espacio es el proceso básico de planificación y ejecución de proyectos de infraestructura vial, ya que garantiza la precisión de la ubicación de las carreteras, puentes y otras estructuras.

El aislamiento adecuado permite optimizar el uso de la tierra al reducir los conflictos legales debido a la expropiación y garantizar que el trabajo esté de acuerdo con la ciudad y las reglas ambientales. Además, la precisión del recinto espacial mejora la eficiencia de distribución de recursos y reduce los costos asociados con las nuevas correcciones en el trabajo. Actualmente, la infraestructura vial enfrenta desafíos relacionados con la creciente demanda de conexión y movilidad. Para cumplir con estos requisitos, es importante tener un método de límite espacial que permitan información geopática precisa y, por lo tanto, faciliten la decisión de crear diferentes etapas del proyecto de carretera Zheng et al. (2021) quien coincide

con Juparez-Montiel et al. (2022) La geodesía triangular ha sido tradicionalmente la herramienta más importante en el proceso, y su combinación con la tecnología moderna, como el roce (sistema satelital industrial global) y la fotografía aérea, permite mejorar la precisión de la carretera y optimizar la nueva planificación de infraestructura. En el mismo contexto, se dice que la La triangulación ha sido históricamente la técnica básica de geodesia y topografía, lo que permite determinar las coordenadas exactas de los ángulos y distancias entre los puntos principales. Su uso en la infraestructura vial es importante para definir el diseño de la carretera, determinar el nivel de pendiente y garantizar un ajuste adecuado de la carretera con su entorno natural y urbano.

Aunque la introducción de GNSS ha modernizado las coordenadas geodéticas, el triangular todavía juega un papel crucial en un contexto donde la señal satelital es insuficiente o donde se requieren mediciones de prueba de alta precisión. Zamora (2022). A este respecto, el triángulo metodológico también se ha convertido en una estrategia válida para confirmar los datos obtenidos a través de varios enfoques reduciendo el borde espacial. Además, la triangulación es particularmente útil para procesar expropiaciones y tiras de rodilla, ya que solo permite los límites del espacio destinado a la infraestructura.

Esto ayuda a evitar disputas legales y a garantizar que los territorios necesarios para la construcción se obtengan y se manejen de manera efectiva. El enfoque cualitativo de este estudio es importante para comprender el impacto y la utilidad de la triangulación en el aislamiento espacial de los proyectos viales. A diferencia de los estudios cuantitativos que se centran en la medición numérica de las coordenadas y los márgenes de fallas, el enfoque cualitativo brinda la oportunidad de analizar los aspectos como el perceptor de profesionales en topografía y técnica sobre la triangulación, Cara cara a cara en su implementación y estrategias que pueden usarse para mejorar su uso. El propósito de este estudio es estudiar cómo la

triangulación sigue siendo una técnica esencial en la infraestructura vial y cómo su integración con nuevas tecnologías puede mejorar la precisión del borde del espacio.

Utilizando la recopilación de información a través de entrevistas, observaciones de campo y análisis documentales, está destinada a ofrecer una visión integral de la importancia de este método en el desarrollo de proyectos viales. El enfoque cualitativo también facilita la identificación de factores, que pueden afectar la eficiencia triangular, como la capacitación del personal, los instrumentos tecnológicos y las condiciones del suelo. De esta manera, el estudio promueve no solo la comprensión teórica de la triangulación en la infraestructura vial, sino también la generación de recomendaciones prácticas para su mejor implementación en proyectos futuros.

La triangulación en el aislamiento del espacio de infraestructura vial no es solo un método topográfico, sino también un enfoque metodológico que le permite confirmar y mejorar la precisión de los datos obtenidos en estudio geoespacial. Zamora (2022b) Este respecto, es importante comprender los tipos de triangulares utilizados en los diversos estudios y mejorar la triangular metodológica, triangulación teórica y triángulo de datos cada uno de ellos contribuye a una visión más completa del fenómeno estudiado, lo que le permite reducir los errores y los prejuicios en el análisis de proyectos viales. Además, el triangular metodológico es una toma de decisión clave, ya que facilita la identificación de la falta de comisión entre los métodos de medición y permite un ajuste oportuno de carreteras o zonas de expropiación.

Al integrar varios enfoques, esta estrategia reduce la probabilidad de errores y mejora la confiabilidad de los resultados, lo que significa proyectos viales más eficientes y sostenibles. La triangulación de datos en el contexto de la ingeniería civil se refiere a una técnica empleada en la investigación y el análisis donde se utilizan múltiples métodos, fuentes de datos o perspectivas para verificar de manera cruzada hallazgos o datos con el fin de garantizar el rigor y la solidez de las conclusiones obtenidas (Reyes G. A., 2024).

Esta metodología se utiliza en numerosas ramas de la ciencia, como la topografía, la geodesia y el monitoreo estructural, áreas que requieren un gran nivel de precisión en su recolección y procesamiento de datos para que las obras civiles se desarrollen correctamente. Hasta la fecha, tecnologías como el GNSS (Sistema de Navegación por Satélite Global), estaciones totales y los sistemas de información geográfica (SIG) han mejorado en gran medida los procesos de triangulación de datos en proyectos de planificación y ejecución de carreteras y urbanismo (Avalle, 2022).

La triangulación teórica radica en el uso de incomparables marcos conceptuales para analizar un mismo fenómeno, consintiendo una mayor profundidad en la interpretación de los datos. En el contexto de la delimitación espacial en infraestructura vial, esta estrategia permite comparar distintos enfoques sobre la forma en que se establecen los límites y coordenadas en proyectos de construcción de carreteras

Tabla 1

Triangulación teórica en delimitación espacial

Enfoque	Descripción
Geodésico clásico	Basado en la triangulación tradicional mediante la medición de ángulos y distancias entre puntos fijos en el terreno. Método histórico clave en la planificación de redes viales.
Geoespacial moderno	Uso de GNSS y modelos digitales del terreno para obtener coordenadas precisas y optimizar la planificación. Se enfoca en automatización y tecnologías avanzadas.
Ambiental o normativo	Incluye el impacto ambiental y regulaciones legales en la delimitación. Es esencial para proyectos en áreas protegidas o con restricciones urbanísticas.
Social y comunitario	Considera la afectación a comunidades, reasignación de terrenos y acceso a servicios, asegurando integración de la infraestructura en el entorno social

Nota La tabla compara distintos enfoques de triangulación teórica en la delimitación espacial de infraestructura vial, analizando su aplicación desde perspectivas geodésicas, tecnológicas, normativas y sociales para optimizar la planificación y ejecución de proyectos.

La combinación de estos métodos le permite reducir los errores de su habitación y mejorar la calidad de la investigación topográfica. Además, la triangulación de datos facilita la información de cruce, asegurando que las mediciones sean precisas y consistentemente en todas las etapas del proyecto de carretera

La triangulación de datos es una habilidad que consiste en la compilación y comparación de información originaria de diferentes fuentes para garantizar la precisión de los resultados. En el ámbito de la ingeniería vial, esta técnica es esencial para reducir errores en la delimitación de espacios y mejorar la fiabilidad de los datos derivados en estudios topográficos. Para la localización de espacios en infraestructura vial, la triangulación de datos se basa en la integración de tres fuentes principales de información:

Tabla 2.

La integración de las fuentes principales en la delimitación espacial.

Fuentes de datos	Aspectos evaluados	Descripción
Topografía tradicional	Método de medición	Utiliza estación total y nivelación geométrica para determinar coordenadas y altitudes con alta
	Precisión	Alta precisión en terrenos con referencias topográficas fijas, pero puede verse afectada pero puede verse afectada por errores humanos

Aplicaciones		Útil en carreteras con pendientes pronunciadas o terrenos irregulares donde se requiere alta precisión.
GNSS	Método de medición	Se basa en señales satelitales para obtener coordenadas con margen de error centimétrico
	Precisión	Muy alta precisión en grandes extensiones, pero susceptible a interferencias atmosféricas
	Aplicaciones	Es clave en la planificación de proyectos viales de gran escala con cobertura satelital adecuada
Fotografía aéreas y LIDAR	Método de medición	Usa drones y sensores láser para generar modelos digitales del terreno y ortofotografías.
	Precisión	Alta precisión en la captura de datos geoespaciales, ideal para áreas de difícil acceso

Aplicaciones

Permite generar mapas detallados y ortofotos de alta resolución para la delimitación de carreteras.

Nota: El cuadro muestra la integración de tres fuentes clave en la delimitación espacial de infraestructura vial, comparando sus métodos, precisión y aplicaciones para optimizar la planificación y reducir errores en proyectos viales.

La triangulación es un método fundamental en la topografía y la geodesia que permite obtener ubicaciones precisas de puntos en la superficie terrestre mediante la medición de ángulos y distancias entre puntos estratégicos. Este procedimiento se basa en la formación de una red de triángulos interconectados que facilitan el mapeo del terreno con alta precisión (Garrido-Villén, 2015). De la misma forma Rodríguez (2023), indica que, la triangulación ha sido una de las técnicas más confiables en la determinación de coordenadas geográficas antes del uso extendido del GPS. Aunque los sistemas GNSS (Global Navigation Satellite System) han modernizado los levantamientos geodésicos, la triangulación sigue siendo relevante en áreas con cobertura satelital limitada y en proyectos que requieren verificaciones de alta precisión

La triangulación es una herramienta clave en la planificación y ejecución de proyectos viales, ya que permite definir con gran precisión los límites de las carreteras y las áreas destinadas a expropiaciones. Al aplicar esta técnica, se minimizan los errores en la construcción y se previenen posibles conflictos legales, asegurando que las obras cumplan con las normativas técnicas y regulatorias vigentes (Mendoza, 2019).

Para garantizar un uso eficiente del espacio en proyectos de infraestructura vial, es imprescindible recurrir a métodos topográficos confiables. En este sentido, la triangulación ha demostrado ser una de las estrategias más efectivas, ya que permite establecer puntos de

referencia con gran exactitud, lo que reduce errores en el trazado de rutas y facilita la planificación del terreno (American Society of Civil Engineers [ASCE], 2021).

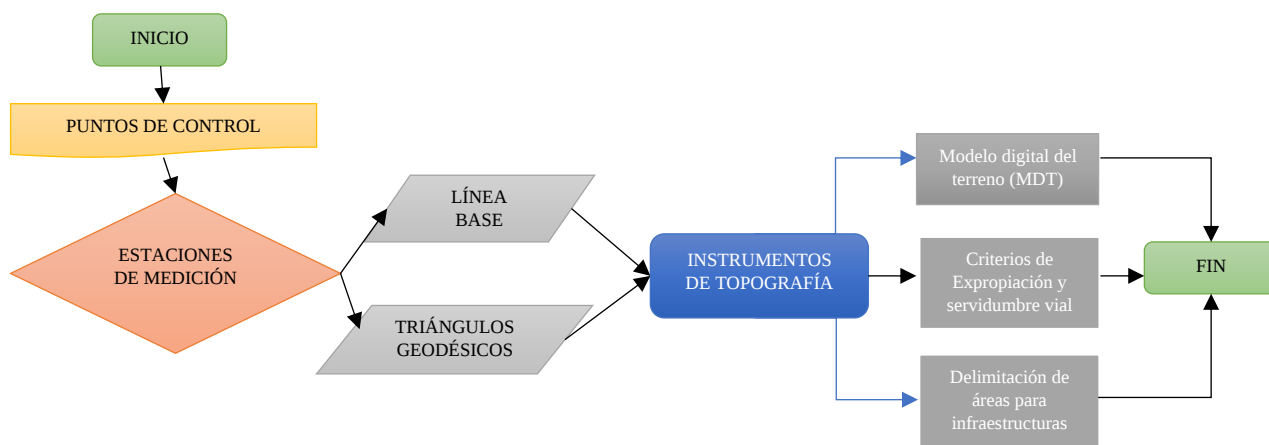
Esta técnica, ampliamente utilizada en topografía y geodesia, es fundamental para asegurar la correcta delimitación y ejecución de obras viales. Su aplicación consiste en la creación de una red de triángulos interconectados, los cuales permiten determinar coordenadas exactas en el terreno. Esto garantiza que el diseño de las vías se ajuste a los estándares geométricos y normativos requeridos (Al-Bayari, 2019).

Uno de los aspectos más relevantes de la triangulación es su papel en la determinación del eje vial. Establecer con precisión la línea central de una carretera o autopista es crucial para evitar desviaciones durante la construcción, asegurando que la vía se alinee correctamente con el relieve del terreno y las proyecciones cartográficas. Gracias a esta técnica, se puede verificar que el diseño cumpla con los parámetros establecidos en la etapa de planificación, reduciendo al mínimo los errores durante la ejecución de la obra (García, 2016).

Además, la triangulación desempeña un papel clave en la gestión de expropiaciones y la delimitación de franjas viales. Definir con exactitud los espacios destinados a la infraestructura no solo ayuda a evitar disputas legales, sino que también optimiza el uso del suelo disponible. A través de esta técnica, se pueden identificar con claridad las áreas que requieren intervención, garantizando que las adquisiciones de terrenos se realicen conforme a los criterios establecidos en el proyecto. Esto es especialmente importante en la ampliación de carreteras, donde es fundamental respetar los derechos de propiedad y planificar adecuadamente las zonas de servidumbre vial.

Figura 1.

Diagrama de Flujo de la red de triangulación



Nota: La imagen muestra un esquema de triangulación topográfica con vértices, lados y áreas interconectadas. Destaca la nomenclatura de puntos y elementos geométricos esenciales para la obtención precisa de coordenadas en proyectos topográficos e ingenieriles.

En conjunto, estos procesos aseguran la correcta ejecución de proyectos de infraestructura vial, reduciendo los márgenes de error y optimizando los recursos destinados a la construcción, dado que la triangulación, combinada con tecnologías avanzadas como el GPS y sistemas de teledetección, permite mejorar la eficiencia en el levantamiento y replanteo de obras, contribuyendo al desarrollo de redes viales más seguras y funcionales.

La triangulación sigue siendo un procedimiento válido cuando se requiere establecer una red de control geodésico confiable en proyectos de gran escala, especialmente en zonas donde los métodos satelitales presentan limitaciones debido a obstrucciones en la señal o falta de acceso a referencias geodésicas preexistentes, Sin embargo, su aplicación exige condiciones óptimas de visibilidad y una correcta selección de estaciones, ya que errores en la medición de ángulos pueden generar distorsiones en la red de coordenadas.

A pesar de sus limitaciones, la triangulación no debe ser descartada, sino vista como un suplemento a las herramientas topográficas disponibles. Al combinarla con tecnologías avanzadas en proyectos de infraestructura vial, tanto la precisión del levantamiento como la redundancia de verificación de coordenadas críticas pueden optimizarse a un grado más alto. Su uso sigue siendo pertinente en situaciones donde se requiere un sistema de referencia confiable, pero los métodos satelitales son imprácticos.

Para poder evaluar la ejecución adecuada de la triangulación se estudió el documento “Levantamiento Topográfico para el mejoramiento de las Vías Rurales en el Municipio de Lebrija, mediante la construcción De Placa Huella en el Departamento de Santander” realizado por Serrano (2024). Durante la ejecución del proyecto, se trabajó sobre cuatro tramos diferentes en la vereda "La Puente", enfocándose inicialmente en un tramo con una longitud total de 146 metros lineales, siendo el escenario ideal para integrar conocimientos académicos y habilidades prácticas adquiridas previamente en aula.

Figura 2. Georreferenciación Vértice GPS4



Nota: El

esquema representa la triangulación topográfica, mostrando vértices, lados y áreas interconectadas. Ilustra la distribución geométrica utilizada en proyectos topográficos e

ingenieriles para obtener coordenadas precisas, facilitando la planificación y delimitación de infraestructuras viales

En el proyecto, se aplicó la triangulación de manera práctica mediante un levantamiento topográfico detallado, empleando receptores GNSS para la georreferenciación precisa y una estación total para el registro detallado de datos espaciales. Esto permitió definir con claridad puntos estratégicos de referencia en el campo. Durante la fase inicial, se utilizaron puntos georreferenciados (GPS-S-T-84 IGAC), los cuales fueron densificados en cuatro vértices adicionales denominados GPS1, GPS2, GPS3 y GPS4. Esta estrategia aseguró una triangulación efectiva, garantizando la precisión en la delimitación del área de trabajo (Serrano, 2024).

La triangulación no solo constituye una herramienta técnica indispensable para asegurar un alto grado de precisión en la planificación de proyectos de infraestructura vial, sino que también desempeña un papel fundamental en el desarrollo de competencias profesionales clave, tales como la adaptabilidad, la resolución eficaz de problemas en tiempo real y la colaboración en equipos multidisciplinarios. Diversos estudios respaldan la utilidad de la triangulación en la delimitación espacial de proyectos viales, subrayando su rol esencial para alcanzar la precisión requerida en dichos proyectos. En consecuencia, el presente documento analiza diversos aspectos de proyectos de ingeniería civil y levantamientos topográficos relacionados con este enfoque, destacando cómo la aplicación de técnicas de triangulación no solo mejora la precisión en la ejecución de proyectos de infraestructura vial, sino que además contribuye a la formación de profesionales altamente capacitados en ingeniería civil y topografía.

En conclusión, la triangulación es un método basado en sólidos principios científicos con una larga historia en la ingeniería civil. No obstante, su aplicación debe ser evaluada desde el punto de vista del proyecto específico. La incorporación de metodologías modernas ha aumentado la eficiencia en la recopilación de datos, pero la triangulación aún juega un papel

importante para verificar y calibrar modelos geodésicos, especialmente en proyectos de infraestructura de precisión.

Método y materiales

Este estudio utiliza un enfoque cualitativo basado en la triangulación geodésica como una técnica clave para el aislamiento de la precisión de los proyectos de infraestructura de la tierra. Para Molina y Rodríguez (2023), la triangulación geodésica es importante en la topografía moderna, ya que permite definir la ubicación de los puntos estratégicos con acceso difícil.

El proceso comenzó con el punto de georreferenciar de punto de control utilizando los receptores GNSS de doble frecuencia y la estación electrónica común después del sistema de referenciación Magna-Sirga, que garantiza la precisión de las altas mediciones geodésicas (IGAC, 2021) Serrano (2024), estas herramientas le permiten detectar datos con daños en los bordes de $\pm 1-5$ cm horizontal y $\pm 2-10$ cm verticalmente, dependiendo de las condiciones de alivio.

Para estructurar la red triangular, se crearon cuatro puntos de control principales (GPS1, GPS2, GPS3 y GPS4), refiriéndose al certificado IGAC GPS-S-T-84, que proporcionó confiabilidad de medición y errores sistemáticos reducidos asociados con la difusión de las señales GNSS (Álvarez et al., 2020) Estación electrónica común, que complementa los triángulos con mediciones de ángulo y lineal (Garrido y Mendoza, 2019).

Los datos recolectados fueron procesados mediante software especializado, incluyendo:

SGO (Sistema de Gestión de Observaciones Geodésicas), para el ajuste de coordenadas y validación de mediciones redundantes (Rodríguez et al., 2021).

AutoCAD Civil 3D, empleado para la representación gráfica de la delimitación espacial, permitiendo visualizar las características topográficas del terreno y prever posibles conflictos antes de la ejecución de la obra (Sociedad Americana de Ingenieros Civiles [ASCE], 2021).

Para garantizar el contexto interno de los datos, se realizó un análisis de coordinadores comparativos entre los sistemas Gauss-Krüger y elipsoidales en Magna-Sirzi para verificar si no hay una deformación geométrica significativa en el caso triangular (Al-Bayari, 2019)

El método utilizado se reconoció como una planificación de infraestructura vial estable y eficiente en el entorno rural, ya que permitió una delimitación precisa de las instalaciones de construcción y errores reducidos en la interpretación topográfica del país (Mendoza, 2019). La integración de los métodos triangulares tradicionales con tecnologías geodésicas modernas garantizó una reducción en la incertidumbre en el diseño de carreteras, que promueve una planificación de infraestructura más eficiente y más sostenible en el municipio de Lebrija, Santander.

La metodología empleada en este estudio se basó en un enfoque cualitativo sustentado en la triangulación geodésica, aplicada a la delimitación precisa de terrenos para proyectos de infraestructura vial en vías rurales del municipio de Lebrija, Santander. Según Serrano (2024), el proceso inició con la georreferenciación de puntos estratégicos utilizando receptores GNSS de doble frecuencia y una estación total electrónica, bajo el sistema de referencia MAGNA-SIRGAS. Estos instrumentos permitieron capturar datos con alta precisión, tanto en coordenadas geográficas (latitud, longitud y altitud) como en mediciones de distancias, ángulos y elevaciones, reduciendo errores a márgenes de $\pm 1-5$ cm en horizontal y $\pm 2-10$ cm en vertical, dependiendo de las condiciones del terreno. La triangulación se realizó mediante la creación de redes entre puntos geodésicos (GPS1, GPS2, GPS3 y GPS4), referenciados al vértice certificado IGAC GPS-S-T-84, lo que aseguró la fiabilidad de las mediciones. En áreas de difícil acceso o con obstrucción satelital, la estación total complementó las mediciones, reforzando la precisión de la

red de triangulación. Los datos recolectados se procesaron con software especializado como SGO y AutoCAD Civil 3D, herramientas fundamentales para ajustar coordenadas, reducir ambigüedades y representar gráficamente los resultados. Este proceso permitió validar la coherencia interna de los datos mediante el análisis comparativo de coordenadas planas Gauss-Krüger y elipsoides en el sistema MAGNA. Finalmente, la representación gráfica en AutoCAD Civil 3D facilitó la visualización detallada de la delimitación espacial, identificando posibles conflictos antes de la ejecución de las obras. Así, la metodología demostró ser robusta y eficaz, garantizando la precisión y fiabilidad necesarias para la planificación de infraestructura vial en entornos rurales complejos.

Análisis de resultados

Se identificó que la triangulación no solo es una herramienta técnica esencial para garantizar precisión en la delimitación espacial de proyectos de infraestructura vial, sino que también contribuye significativamente al desarrollo de competencias profesionales clave. Su aplicación en el levantamiento topográfico permite mejorar la adaptabilidad, la resolución de problemas en tiempo real y la colaboración efectiva en equipos multidisciplinarios. Además, los resultados obtenidos evidencian que la triangulación, al integrarse con metodologías avanzadas de georreferenciación, optimiza la planificación y ejecución de proyectos viales, asegurando un uso eficiente del terreno y reduciendo errores en el diseño y construcción. Estos hallazgos subrayan la importancia de continuar explorando la combinación de técnicas tradicionales y tecnologías modernas en la ingeniería civil y la topografía. De la misma forma, en el análisis bibliográfico forma la fase básica de la metodología del estudio, ya que permite la contextualización del estudio en el sistema teórico existente y decisiones metodológicas de apoyo basadas en evidencia académica previa.

En este caso, el uso de la triangulación geodésica en la habitación aislada en proyectos de infraestructura vial, se basa en una descripción general de los autores exhaustivos y fuentes

especializadas, que han visto el problema desde diferentes aspectos. Autores como Garrido (2015), Rodríguez (2023), Mendoza (2019), la Sociedad Americana de Ingenieros Civiles (AS, 2021) y Al-Bayari (2019) han hecho una contribución significativa a la efectividad de esta técnica en Topografía y Geodesia, especialmente en el entorno rural y satélite. Este análisis no solo enriquece la comprensión del sujeto, sino que también justifica la elección de herramientas y procedimientos utilizados en el estudio, asegurando que el método utilizado sea estable, preciso y de acuerdo con los estándares internacionales. Por lo tanto, el análisis bibliográfico se convierte en un pilar importante para garantizar la estabilidad teórica y práctica del estudio.

Tabla 3.

Análisis Bibliográfico como Parte de la Metodología

Autor(es)	Fiabilidad	Objetivo	Aporte al proyecto o metodología
Garrido (2015)	Destaca la triangulación como técnica fundamental en topografía y geodesia.	Resaltar la importancia de la triangulación para obtener ubicaciones precisas.	Proporciona fundamentos teóricos para el uso de la triangulación en mediciones de ángulos y distancias.
Rodríguez (2023)	Señala que la triangulación sigue siendo relevante en áreas con cobertura satelital limitada.	Demostrar la confiabilidad de la triangulación en proyectos de alta precisión.	Justifica el uso de la triangulación en zonas rurales con limitaciones de señal satelital.
Mendoza (2019)	Resalta la importancia de la triangulación en la delimitación de espacios para infraestructura vial.	Garantizar mediciones precisas en proyectos de carreteras, puentes y túneles.	Refuerza la necesidad de coordenadas exactas para el diseño y construcción de infraestructura vial.
American Society of Civil Engineers (ASCE, 2021)	Indica que la triangulación es ampliamente utilizada en la planificación de redes viales.	Minimizar errores en el trazado de rutas y la planificación de terrenos.	Respalda la eficiencia de la triangulación en la planificación y ejecución de proyectos viales.
Al-Bayari (2019)	Afirma que la triangulación es fundamental en topografía y geodesia.	Garantizar precisión en la planificación, delimitación y ejecución de obras.	Subraya la importancia de la triangulación como técnica complementaria en proyectos de infraestructura.

Nota: La tabla resume los aportes clave de los autores consultados, destacando su relevancia en la fundamentación teórica y metodológica del proyecto de infraestructura vial.

El método utilizado en este estudio permitió que el suelo fuera preciso con el suelo con triángulos geodésicos, lo que garantizaba la alta confiabilidad en los proyectos de carreteras rurales. La combinación de frecuencias dobles GNSS las estaciones comunes y el software especializado optimizaron la precisión de las mediciones, reduciendo los defectos al límite mínimo. La validación a través del sistema Magna-Sale y la representación 3D civil de AutoCAD proporcionó la coherencia de los datos y facilitó la identificación de posibles conflictos antes del trabajo. Estos descubrimientos destacan la eficiencia de la triangulación en la planificación de la carretera, lo que promueve un desarrollo más eficiente y más seguro.

Conclusiones

Se concluye que la triangulación geodésicos respaldados por herramientas como frecuencias dobles, GNN y estaciones comunes, provocadas para ser una técnica muy efectiva para garantizar la precisión en los proyectos de infraestructura vial. La integración de estas tecnologías, así como el uso de software especializado (SGO y AutoCAD Civil 3D), se permitió reducir la reserva de errores a menos de 5 centímetros y cumplir con los estándares de precisión necesarios. A pesar de los desafíos de las condiciones del terreno, como la inaccesibilidad y el obstáculo para las señales satelitales, la intersección triangular aseguró la confiabilidad de los resultados.

Los resultados enfatizan que la triangulación no solo mejora la precisión de la investigación topográfica, sino que también optimiza la planificación y ejecución del proyecto vial, asegurando el uso eficiente del suelo y la reducción del diseño de diseño y construcción. La combinación de métodos tradicionales y tecnologías avanzadas también fortalece a los profesionales en ingeniería y topografía, lo que promueve soluciones más eficientes y sostenibles.

Estos descubrimientos refuerzan la importancia de combinar métodos tradicionales y modernos en la topografía, lo que enfatiza que la triangulación sigue siendo una herramienta indispensable para proyectos que requieren alta precisión, especialmente en el entorno rural y complejo. Por lo tanto, la metodología no solo confirmó su efectividad, sino que también estableció un precedente para otros proyectos de infraestructura vial en circunstancias similares.

Finalmente, el estudio confirma la importancia de continuar estudiando el uso triangular en varios escenarios de infraestructura vial, teniendo en cuenta su impacto positivo en la confiabilidad de las mediciones y la optimización de la planificación y ejecución del proceso. Estos resultados establecen un precedente para el uso de este método en proyectos futuros que promueven la precisión y la eficiencia en el edificio de ingeniería.

Referencias bibliograficas

- Al-Bayari, O. (2019). Mobile mapping systems in civil engineering projects (case studies). *Appl Geomat*, 11, 1-13. doi:10.1007/s12518-018-0222-6
- American Society of Civil Engineers (ASCE). (2021). *Topographic and Geodetic Surveying Methods in Road Infrastructure*. ASCE Publications. Obtenido de <https://www.asce.org/publications-and-news/civil-engineering-source/article/2025/01/14/as-surveying-advances-civil-engineers-reap-benefits>
- Avalle, G. (2022). El estudio de caso sociológico, una estrategia de análisis de los datos. *Revista mexicana de ciencias políticas y sociales*, 67(245), 461-470. doi:10.22201/fcpys.2448492xe.2022.245.77473
- Garrido, J. (2015). Las Comisiones del Mapa de España en la década de 1850. *Anales de Geografía de la Universidad Complutense*, 35(2), 35-58. https://doi.org/10.5209/rev_AGUC.2015.v35.n2.50438
- Rodríguez, P. (2023). Triangulation and mixed methods in contemporary social sciences. *Revista de Ciencias Sociales*, 29(3), 45-60. <https://doi.org/10.1590/rcs.v29n3.2023.345774443>
- Mendoza, L. (2019). Evaluación y modelado de sistemas de transporte en AMBA Sur mediante aplicaciones geomáticas. *Geograficando*, 15(8), e158. <https://doi.org/10.24215/2346898Xe158>
- American Society of Civil Engineers (ASCE). (2021). Geodetic Triangulation in Modern Infrastructure Projects. *Journal of Surveying Engineering*, 147(2), 04021002. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)SU.1943-5428.0000356](https://doi.org/10.1061/(ASCE)SU.1943-5428.0000356)
- Al-Bayari, O. (2019). El enlace geodésico de las Islas Baleares con el continente (1867-1885). *Revista de Historia Geográfica*, 12(1), 45-67. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.37074.80251>
-

- Benavides, M. O., & Gómez-Restrepo, C. (2005). Métodos en investigación cualitativa: triangulación. *Revista colombiana de psiquiatría*, 34(1), 118-124. Obtenido de <https://biblat.unam.mx/es/revista/revista-colombiana-de-psiquiatria/articulo/metodos-en-investigacion-cualitativa-triangulacion>
- Carvajal, B., Freddy, M. G., & Luis, I. M. (2023). Triangulación de métodos en ciencias sociales como fundamento en la investigación universitaria en Latinoamérica. *Zenodo* , 11(2), 43-58. doi:10.5281/zenodo.8140907
- Chapman, A., & Wiecezoreck, J. (2020). *Guía de buenas prácticas de georreferenciación*. Copenhague: Secretariado de GBIF. doi:10.15468/doc-gg7h-s853
- Charres, H., Villalaz, J., & Martínez, J. A. (2018). Triangulación: Una herramienta adecuada para las investigaciones en las ciencias administrativas y contables. *Revista FAECO sapiens*, 1(1). Obtenido de <https://portal.amelica.org/ameli/jatsRepo/221/2211026002/2211026002.pdf>
- Chaves, V. E. (2021). Triangulación metodológica cualitativa y cuantitativa. *Revista Sobre Estudios E Investigaciones del Saber Académico*(14), 76-81. doi:10.70833/rseisa14item276
- Colanzi, I. C. (2024). *Ficha de cátedra: Triangulación: estrategias posibles para investigaciones en el campo de la psicología y la salud mental*. Universidad Nacional de La Plata. Obtenido de <https://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/162463>
- Al-Matarneh, R., & Mansour, A. (2020). Procesamiento eficiente de datos geoespaciales de mHealth utilizando una plataforma escalable de crowdsensing. *Architecture And Planning Journal (APJ)*, 23(2). <https://doi.org/10.54729/2789-8547.1088>
- Cruz, D. (2024). *Torre Reforma / LBR&A*. Obtenido de <https://www.archdaily.cl/cl/792716/torre-reforma-lbr-plus-a>
-

- Forni, P., & De Grande, P. (2019). Triangulación y métodos mixtos en las ciencias sociales contemporáneas. *Revista Mexicana de Sociología*, 82(1), 159-189. doi:10.22201/iis.01882503p.2020.1.58064
- García, P. L. (2016). *Aplicación de redes topográficas de control sobre proyectos de infraestructura vial*. Universidad Militar Nueva Granada. Obtenido de <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstreams/a23e24ce-a502-49fe-8c87-b0859ca1f12c/download>
- Zamora, J. M. (2022). Procesamiento GNSS en el Marco Geodésico CR-SIRGAS: influencia de las épocas de observación y referencia. *Ingeniería*, 32(2), 48-85. <https://doi.org/10.15517/ri.v32i2.50181>
- Garrido-Villén, N. (2015). *Triangulación topográfica. Prácticas de Métodos Topográficos*. Researching GNSS and Real Estate delimitation. Obtenido de <https://nagarvil.webs.upv.es/triangulacion-topografica/>
- Gómez Pineda, J., Bejarano, O., Roda, P., & Perdomo, F. (2022). *Hacia el desarrollo de infraestructuras eficientes y sostenibles en América Latina*. CAF Banco de Desarrollo de América Latina. Obtenido de <https://scioteca.caf.com/handle/123456789/1894>
- González, M. D. (2024). *La importancia de la triangulación de datos en los estudios sobre desarrollo de competencias interculturales*. Dialnet. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9858738>
- Huarcaya, W. V., Monzón, J. A., Saldaña, E. o., & Driver, C. R. (2022). Impacto de la COVID-19 en la mortalidad en Perú mediante la triangulación de múltiples fuentes de datos. *Revista Panamericana de Salud Pública*, 46(1), 1-6. doi:10.26633/rpsp.2022.53
- Maza Vázquez, F. (2010). técnicas cartográficas para la ordenación del territorio y su desarrollo urbanístico: aplicación en la planificación de guadalajara-españa y tegucigalpa-honduras. *Revista Geográfica de América Central*, 1, 61-99. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/4517/451744661003.pdf>
-

- Mendoza, J. (2019). *Topografía y Geodesia*. Obtenido de <https://ingnovando.com/wp-content/uploads/2019/01/MUESTRA-LIBRO-DE-TOPOGRAF%C3%8DA.pdf>
- Ministerio de Transporte y Obras Públicas de Colombia. (2022). *Implementación de modelos SIG y GNSS en redes viales rurales*. Obtenido de <https://www.mintransporte.gov.co/>.
- Nina, J. J. (2022). *Topografía y geodesia aplicadas al saneamiento físico legal de predios del proyecto*. Universidad Continental. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12394/12351>
- Reyes, G. A. (2024). Historical structuring and technological evolution of the national geodetic network of Chile - horizontal. *Revista Geográfica de Chile Terra Australis*, 60(1), 49-68. doi:10.23854/07199562.2024601.aguilera
- Robalino, J. (2016). *La Infraestructura Vial En El Sector Teligote San Francisco Mazabacho De La Parroquia Benítez, Cantón Pelileo, Provincia De Tungurahua Y Su Incidencia En El Desarrollo Local*. Universidad Técnica de Ambato. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/server/api/core/bitstreams/eed42bd-7959-4741-a7e1-25585e053a44/content>
- Rodríguez, E. (2023). Necesidad De Una Transformación Rigurosa De Coordenadas Durante La Mapificación Topográfica A Grandes Escalas. *Revista Cubana de Geomática*, 2(1), 1-12. Obtenido de <https://geomatica.geocuba.cu/rcg/article/view/72>
- Zheng, X., Feng, Z., Li, L., Li, B., Jiang, T., Li, X., Li, X., & Chen, S. (2021). Estimación simultánea de la humedad superficial del suelo y la rugosidad de los suelos desnudos mediante la combinación de datos ópticos y de radar. *International Journal Of Applied Earth Observation And Geoinformation*, 100, 102345. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2021.102345>
- Juárez-Montiel, A., Díaz-Jiménez, M., Uribe-Alcántara, E. M., Casas, J. C. E., Ortiz-Hernández, L. E., & Montiel-Palma, S. (2022). Cartografía geológica asistida por dron: cerro de san cristóbal, Hidalgo. *PÄDI Boletín Científico de Ciencias Básicas E Ingenierías del ICBI*. <https://doi.org/10.29057/icbi.v10i19.8871>
-

- Serrano, K. (2024). *levantamiento topográfico para el mejoramiento de las vías rurales en el municipio de lebrija, mediante la construcción de placa huella en el departamento de santander*. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Obtenido de <https://repository.udistrital.edu.co/server/api/core/bitstreams/140e9535-92f1-4323-b4bf-8d90b7d95bf0/content>
- Soto, R. M. (2022). La triangulación metodológica como herramienta para el análisis de las estrategias de comunicación en las webs universitarias latinoamericanas. *Communication & Methods*, 4(2), 55-67. doi:10.35951/v4i2.169
- Tobar-Insuasty, C. A. (2024). Impacto De La Inversión En Infraestructura Vial Sobre El Crecimiento Económico Del Departamento De Nariño. *Ciencia Latina*, 8(5), 1254-1274. doi:10.37811/cl_rcm.v8i5.13550
-