

EVALUACIÓN DE LA FACTIBILIDAD DEL USO DE TECNOLOGÍA NTRIP CON ESTACIONES CORS PARA LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS URBANOS

M.Sc. Franklin Quispe Troche

Universidad Mayor de San Andrés

Correo Electrónico: franklinquispe@gmail.com

Resumen

El presente estudio tiene como objetivo evaluar la factibilidad del uso de la tecnología NTRIP (Networked Transport of RTCM via Internet Protocol) en levantamientos topográficos urbanos, como alternativa moderna y eficiente frente a los métodos tradicionales basados en Estaciones Totales. Para ello, se utilizó la Estación de Referencia de Operación Continua CORS GEO1, con opción NTRIP, ubicada en la ciudad de La Paz y operada por la empresa GeoBolivia SRL., considerando un radio de trabajo menor a 50 km. El levantamiento de campo se realizó en la urbanización “Villa Asunta”, del municipio de Viacha, provincia Ingavi del departamento de La Paz.

La metodología aplicada fue de tipo cuantitativo y comparativo, contrastando las coordenadas obtenidas mediante observaciones GNSS en tiempo real (NTRIP) con las derivadas de métodos convencionales. Se efectuó un análisis estadístico empleando la prueba t de Student para evaluar la precisión y confiabilidad de los resultados. Los valores obtenidos en la componente horizontal oscilaron entre ± 0.001 m y ± 0.014 m, evidenciando una alta precisión y consistencia en las mediciones. Los resultados permiten concluir que la tecnología NTRIP constituye una alternativa viable para la ejecución de levantamientos topográficos en entornos urbanos, proporcionando eficiencia operativa, reducción de tiempos de trabajo y niveles de exactitud comparables a los obtenidos con Estaciones Totales. En consecuencia, se ratifica su potencial aplicación en proyectos de cartografía, catastro y replanteo urbano.

Abstract

The present study aims to evaluate the feasibility of using NTRIP (Networked Transport of RTCM via Internet Protocol) technology in urban topographic surveys as a modern and efficient alternative to conventional methods based on Total Stations. The research employed the Continuously Operating Reference Station (CORS) GEO1, equipped with NTRIP capability, located in the city of La Paz and operated by GeoBolivia SRL., considering a working radius of less than 50 km. Field data were collected in the “Villa Asunta” urbanization, located in the municipality of Viacha, Ingavi Province, La Paz Department.

A quantitative and comparative methodology was applied, contrasting coordinates obtained through real-time GNSS observations (NTRIP) with those derived from traditional survey methods. Statistical analysis was performed using the Student’s t-test to assess measurement accuracy and reliability. The horizontal positioning results ranged between ± 0.001 m and ± 0.014 m, demonstrating high precision and consistency. The findings indicate that NTRIP technology represents a viable alternative for conducting urban topographic surveys, offering operational efficiency, reduced field time, and accuracy levels comparable to those achieved with Total Stations. Consequently, its application is recommended for cartography, cadastral, and urban layout projects.

Palabras clave

GNSS RTK, NTRIP, CORS, Topografía urbana, Posicionamiento en tiempo real

1. Introducción

En un contexto global caracterizado por la rápida evolución tecnológica, los profesionales en Topografía y Geodesia deben mantenerse actualizados en el uso de nuevas herramientas y metodologías que garanticen precisión, eficiencia y confiabilidad en sus productos finales. Los sistemas de posicionamiento global GNSS (Global Navigation Satellite System) han revolucionado las prácticas topográficas al permitir la obtención de coordenadas precisas en tiempo real. Entre las innovaciones más destacadas se encuentra el protocolo NTRIP (Networked Transport of RTCM via Internet Protocol), una técnica que transmite correcciones diferenciales GNSS mediante internet, posibilitando el acceso remoto a datos de estaciones de referencia continua (CORS) y optimizando el flujo de información entre receptores base y móviles.

A pesar de su amplia difusión internacional, en Bolivia su aplicación aún es limitada en instituciones públicas y gobiernos municipales, que disponen de equipos con opción NTRIP pero carecen de protocolos técnicos, parámetros de tolerancia y evidencia empírica sobre su desempeño en levantamientos topográficos urbanos. Esta situación plantea la necesidad de evaluar su factibilidad operativa y precisión en condiciones locales, frente a métodos convencionales como las Estaciones Totales.

Diversos estudios (Farjas, 2003; Hoyer, 2010) han demostrado la eficacia del GNSS en tiempo real para aumentar la productividad y precisión, reduciendo el personal y el tiempo de campo. No obstante, factores como la cobertura de señal, condiciones atmosféricas o interferencias urbanas pueden afectar la transmisión de datos y la exactitud de las mediciones.

En este contexto, la presente investigación tiene como objetivo determinar la factibilidad del uso de la tecnología NTRIP en levantamientos topográficos de predios urbanos, analizando su precisión y confiabilidad mediante pruebas experimentales en campo. La hipótesis que orienta el estudio sostiene que la tecnología NTRIP permite obtener coordenadas con precisión equivalente a los métodos tradicionales, con mayor eficiencia operativa y menor tiempo de ejecución.

2. Metodología y Desarrollo

2.1. Fundamentos del NTRIP

La técnica diferencial o relativa del GPS ofrece las mayores precisiones disponibles. Consiste en observaciones simultáneas entre una estación base, de coordenadas conocidas, y uno o varios receptores móviles.

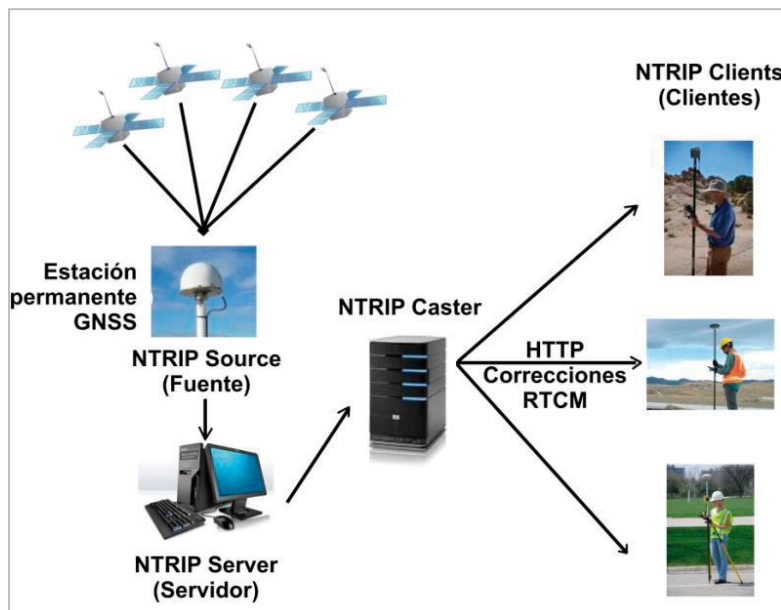
Cuando se incorporan tecnologías de telecomunicación, surgen las observaciones en tiempo real, en las que se transmiten correcciones diferenciales desde la estación base hacia los receptores móviles, generando coordenadas precisas instantáneamente.

El protocolo NTRIP (Networked Transport of RTCM vía Internet Protocol), desarrollado por la Agencia Federal de Cartografía y Geodesia de Alemania (BKG, 2004), permite la transmisión de correcciones GNSS en formato RTCM a través de Internet.

Los componentes del sistema NTRIP, que se muestran en la Figura 1, son:

- **Ntrip Sources**, receptor GNSS que genera y envía correcciones.
- **Ntrip Server**. servidor que distribuye las correcciones mediante HTTP.
- **Ntrip Caster**, corresponde al sistema de difusión y repartidor de flujos.
- **Ntrip Clients**: receptores móviles que recibe y aplica las correcciones para obtener posicionamientos en tiempo real.

Figura 1: Esquema NTRIP



Fuente: Berné, J. L., Anquela, A. B., & Garrido, N., 2014.

La principal diferencia con los métodos RTK tradicionales radica en el uso de Internet como medio de transmisión, lo que amplía el alcance y reduce la necesidad de equipos de radiocomunicación.

2.2. Operatividad del método GNSS NTRIP

Los receptores GNSS modernos soportan el protocolo NTRIP mediante hardware y software integrados. El procedimiento requiere:

- Un receptor RTK con capacidad NTRIP.
- Acceso a Internet en el sitio de observación.
- Registro en el servicio IGS (<http://www.igs-ip.net/home>).
- Software de conexión (como GNSS Internet Radio o Field Genius).

Este método permite ejecutar levantamientos con un solo receptor móvil conectado a una estación CORS, optimizando recursos y manteniendo la precisión centimétrica.

Su principal limitación es la dependencia de la conectividad a Internet, especialmente en áreas rurales.

2.3. Tipo de investigación

La investigación es de tipo cuantitativo, aplicada y de diseño comparativo experimental.

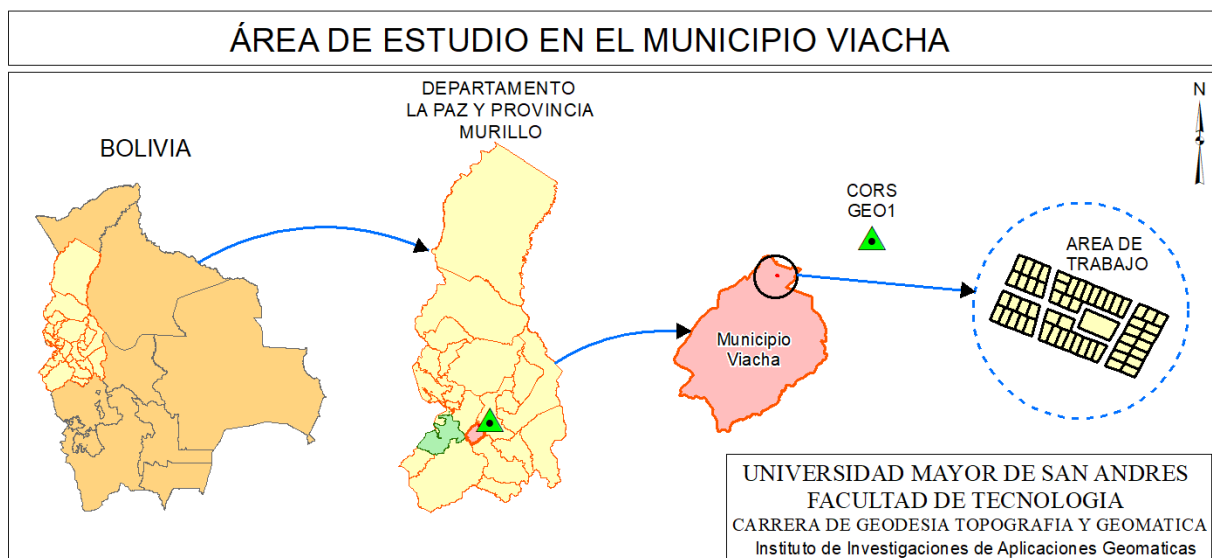
Materiales y equipos

- Receptores GNSS:
 - 1 Kólida K5 (doble frecuencia, opción RTK-NTRIP).
 - 2 South Galaxy G1 New Plus (doble frecuencia, opción RTK-NTRIP).
- Software: MicroSurvey Field Genius v10.0.27.1, ArcGIS 10.5 (ArcMap).
- Material de campo: cilindros de concreto, estacas, herramientas manuales.
- Transporte: vehículo particular.

Área de estudio

El levantamiento se realizó en la Urbanización Villa Asunta, municipio de Viacha, provincia Ingavi, departamento de La Paz, ubicada a una distancia lineal de 23.8 km desde la estación de referencia CORS GEO1 - NTRIP, perteneciente a la empresa GeoBolivia.

Figura 2: Ubicación geográfica del área de estudio.



2.4. Procedimiento metodológico

El desarrollo se organizó en cuatro fases principales:

- a) Revisión bibliográfica y diseño de lotes.
 - Elaboración de planos en AutoCAD Civil 3D y ArcGIS.
 - Generación de 56 lotes, 118 vértices internos y 18 vértices perimetrales.
- b) Planificación del trabajo de campo.
 - Definición de parámetros técnicos:
 - Datum WGS84, proyección UTM zona 19.
 - Máscara de elevación: 15°.

- PDOP/GDOP ≤ 4 .
 - RMSH $\leq \pm 0.010$ m; RMSV $\leq \pm 0.015$ cm.
 - Intervalo de registro: 1 s.
 - Selección de la estación CORS GEO1 como fuente NTRIP.
- c) Ejecución del levantamiento y replanteo.
- Configuración del colector y conexión a la estación GEO1.
 - Replanteo y estacado de vértices mediante RTK–NTRIP.
 - Levantamiento topográfico de los vértices estacados para verificar coordenadas.
- d) En el diseño experimental se consideraron los siguientes aspectos.
- ○ Número de observaciones de 118 vértices.
 - ○ Tiempo de ocupación por vértice 2 a 3 minutos.
 - ○ Número promedio de satélites 20.
 - ○ PDOP medio 1.3.
 - ○ Fecha y hora de observación, 05 de noviembre de 2020 en durante todo el día.
- e) Validación y control de calidad.
- Verificación por muestreo con RTK convencional (radio interno) enlazado a la red MARGEN ROC (BLPZ – IGM).
 - Evaluación de desviaciones estándar (HRMS ≤ 0.004 m; VRMS ≤ 0.009 m).
 - Comparación entre coordenadas replanteadas y medidas, obteniendo diferencias de ± 0.001 m a ± 0.015 m.

Para verificar la precisión y confiabilidad de los datos obtenidos, los resultados del levantamiento topográfico fueron contrastados con los vértices de los lotes previamente replanteados mediante la tecnología NTRIP. Cada vértice fue medido en tiempo real, recibiendo correcciones diferenciales desde la estación de referencia CORS GEO1, asegurando la aplicación consistente del método.

Adicionalmente, se realizó una comparación con posiciones obtenidas mediante observaciones RTK convencionales, utilizando un receptor base local con radio interno para correcciones diferenciales. Esta doble verificación permitió evaluar la exactitud de los métodos y controlar posibles desviaciones.

Los resultados mostraron una alta concordancia entre ambos métodos, con diferencias dentro de las tolerancias de $\pm 0,001$ m a $\pm 0,015$ m, considerando una línea base de 23,8 km entre la estación de referencia y el área de trabajo. Este análisis confirma que la tecnología NTRIP es viable y precisa para aplicaciones topográficas y catastrales en áreas urbanas, permitiendo obtener coordenadas confiables con tiempos de ocupación muy cortos por estación.

Se precisa que el análisis desarrollado se centra en la evaluación general de precisión, sin desagregar el componente planimétrico y altimétrico, ni contrastar los resultados con criterios normativos catastrales, aspectos que se proponen como líneas de investigación futura.

3. Resultados

Efectuado el trabajo de campo, que incluyó el replanteo y el levantamiento topográfico de los predios urbanos (lotes) utilizando equipos GPS con método RTK – NTRIP, se procede a realizar el siguiente análisis de resultados.

Análisis de resultados de la desviación estándar (RMS)

En el siguiente cuadro se presenta el análisis de los resultados obtenidos del levantamiento topográfico. Se observa que, luego de la aplicación de la tecnología NTRIP, la desviación estándar (RMS) presenta los siguientes valores promedio:

- Componente Este: 0,004 m
- Componente Norte: 0,004 m
- Elevación: 0,010 m

Estos resultados corroboran que la tecnología NTRIP proporciona una alta precisión en levantamientos topográficos de predios urbanos (lotes).

Tabla 1: Cuadro de resultados del RMS obtenidas con el Levantamiento Topográfico utilizando la tecnología RTK NTRIP.

PUNTO	COORDENADAS SEGÚN LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO			ERROR MEDIO CUADRÁTICO SEGÚN LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO		
	ESTE (m)	NORTE (m)	ALTURA ELIPSOIDAL	RMS North	RMS East	RMS Elev.
1	579167.417	8165922.930	3918.555	0.004	0.004	0.009
2	579176.457	8165942.844	3919.511	0.004	0.005	0.011
3	579178.027	8165918.716	3917.342	0.004	0.004	0.011
4	579184.021	8165959.507	3920.412	0.007	0.007	0.016
5	579186.285	8165938.820	3918.248	0.004	0.004	0.009
6	579188.223	8165968.634	3919.967	0.005	0.005	0.013
7	579188.329	8165914.604	3916.235	0.004	0.004	0.010
8	579188.908	8165937.711	3917.979	0.004	0.004	0.009
9	579195.853	8165954.750	3918.663	0.004	0.004	0.009
.						
.						
115	579380.023	8165902.195	3921.972	0.003	0.003	0.008
116	579381.614	8165932.861	3924.692	0.004	0.004	0.010

PUNTO	COORDENADAS SEGÚN LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO			ERROR MEDIO CUADRÁTICO SEGÚN LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO		
	ESTE (m)	NORTE (m)	ALTURA ELIPSOIDAL	RMS North	RMS East	RMS Elev.
117	579385.828	8165912.670	3922.846	0.003	0.004	0.009
118	579394.091	8165927.753	3923.552	0.003	0.003	0.008

Cálculo de distribución de F de Fisher

- Fischer Calculado " F_c " :

$$F_c = \frac{\text{Varianza } >}{\text{Varianza } <} = \frac{S_{AA}^2}{S_{BB}^2} \Rightarrow F_c = 1.013$$

- Fischer Tabulado " F_T " :

$$F_{T(GL_{AA}, GL_{BB})} = 1.357$$

$$\diamond F_c < F_T \Rightarrow 1.013 < 1.357$$

Prueba de "t" Student

- Cálculo de la Varianza Común " S^2 ":

$$s^2 = \frac{S_{AA}^2 + S_{BB}^2}{2} \Rightarrow s^2 = 0.077$$

- Cálculo de la Desviación de Promedios " S_d " :

$$S_d = \sqrt{\frac{2s^2}{n}} \Rightarrow S_d = 0.036$$

- " t_c " t calculado:

$$t_c = \frac{\bar{d}}{S_d} \Rightarrow t_c = -0.358$$

- " t_T " t Tabulado:

$$t_T(GL_{AA} + GL_{BB}) = t_{T(234GL)} = 1.980$$

$$\diamond t_c < t_T \Rightarrow -0.358 < 1.980$$

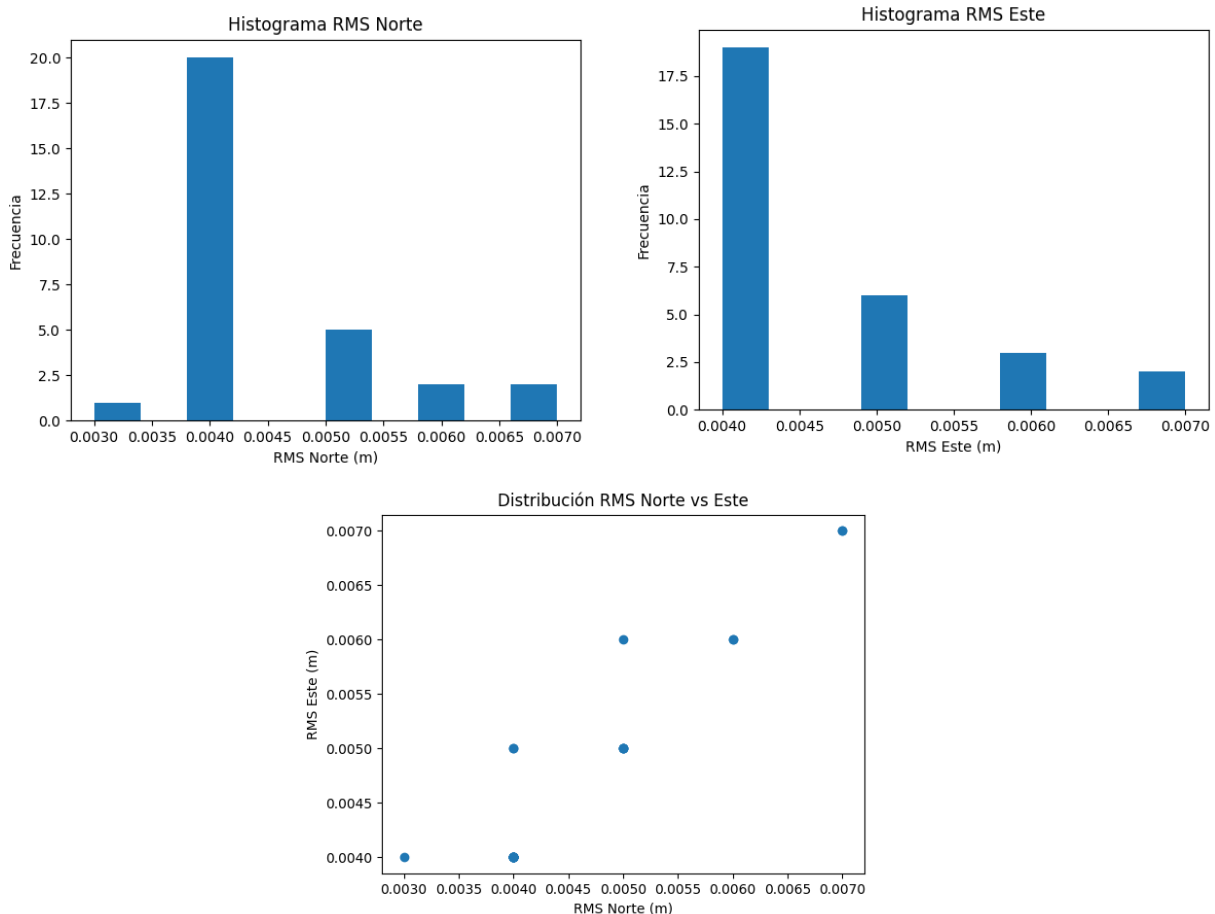
Siendo que “ t ” calculado es menor que “ t ” obtenido por tablas, y “ F ” calculado es menor que “ F ” por tablas, concluimos que el promedio de AA es igual al promedio de BB estadísticamente al 95% de confiabilidad, y las varianzas entre ambos resultados son homogéneas.

Histograma de errores (RMS)

Con la finalidad de analizar la distribución de los errores en las componentes horizontales, se elaboraron histogramas de frecuencia para los valores RMS en Norte y Este.

Los resultados muestran una alta concentración de valores en el rango de 0.003 m a 0.005 m, evidenciando una precisión centimétrica consistente, acorde a los parámetros establecidos en campo.

Gráficos: *Histogramas de errores (RMS).*



Distribución de RMS

La relación entre los errores RMS en las componentes Norte y Este fue analizada mediante un gráfico de dispersión, observándose una distribución homogénea y sin sesgos significativos, lo cual indica estabilidad en la solución GNSS en modo NTRIP.

No se identifican outliers relevantes, lo que confirma **la calidad del posicionamiento RTK** fijo durante el levantamiento.

El análisis del error en función de la distancia a la estación CORS muestra que, para una separación de **23.800 km**, los errores se mantienen en el orden centimétrico y no presentan incrementos significativos, evidenciando que la precisión del posicionamiento GNSS con tecnología NTRIP permanece estable dentro de este rango de operación.

El análisis del error GNSS evidencia que las diferencias entre coordenadas se mantienen en el orden centimétrico, confirmando la alta precisión del posicionamiento en modo RTK-NTRIP. En cuanto al efecto de la distancia base, para una separación de **23.800 km** respecto a la estación CORS GEO1, no se observan degradaciones significativas en la precisión, lo que indica estabilidad en la solución dentro del rango evaluado. Asimismo, los valores de **PDOP ≤ 4** registrados durante el trabajo de campo reflejan una geometría satelital favorable, contribuyendo directamente a la consistencia y confiabilidad de los resultados obtenidos.

4. Discusión

Los resultados obtenidos en este estudio confirman la alta precisión y eficiencia de la tecnología GPS NTRIP para levantamientos topográficos urbanos. Las diferencias totales en coordenadas, entre 0,003 m y 0,009 m. en plano y 0,016 m. en altura, se ubican dentro del orden centimétrico, lo que coincide con lo reportado por Rodríguez (2011) y con otras investigaciones previas sobre la precisión de estaciones CORS asistidas por NTRIP. Esto demuestra que el uso de correcciones diferenciales en tiempo real permite alcanzar niveles de exactitud adecuados para proyectos de urbanización y replanteo de lotes.

La comparación de los resultados obtenidos a diferentes distancias de la estación de referencia GEO1 muestra que hasta los 23,8 km la precisión se mantiene muy alta (RMS ± 3 mm en plano y ± 16 mm en altura), mientras que, para distancias mayores, aunque la exactitud disminuye ligeramente, sigue siendo suficiente para levantamientos topográficos que no requieren calidad subcentimétrica. Esto concuerda con estudios previos que indican que el alcance práctico de NTRIP puede extenderse hasta 50 km con receptores de doble frecuencia, aunque con un leve incremento de la desviación estándar.

Se evaluó la precisión del posicionamiento GNSS en tiempo real mediante tecnología NTRIP, comparando coordenadas obtenidas en 118 vértices con un levantamiento topográfico convencional dentro de un radio de 23.8 km respecto a la estación GEO1. Los resultados mostraron discrepancias entre ± 0.001 m y ± 0.015 m bajo condiciones óptimas de visibilidad satelital.

Sin embargo, la longitud de la línea base (23.8 km) se sitúa en un rango donde comienzan a manifestarse efectos de degradación en la solución RTK, debido a que los errores atmosféricos dejan de ser completamente correlacionados entre base y receptor. En particular, la ionosfera y la troposfera introducen sesgos residuales que afectan la resolución de ambigüedades, en concordancia con el límite práctico del RTK convencional (≈ 10 – 20 km).

En consecuencia, aunque se alcanzan precisiones centimétricas a distancias cercanas a 24 km, estos resultados dependen de condiciones favorables como baja perturbación ionosférica, mínima latencia

y adecuada geometría satelital. Se recomienda complementar el análisis con parámetros como PDOP y monitoreo de la actividad ionosférica para aplicaciones de alta precisión.

Desde el punto de vista operativo, se evidenció que la tecnología NTRIP reduce la complejidad del trabajo de campo, requiriendo menos personal y optimizando la entrega de resultados en tiempo real, lo que representa una ventaja significativa frente a métodos tradicionales de RTK sin acceso a internet. Sin embargo, se identificaron limitaciones importantes, principalmente relacionadas con la disponibilidad de señal de Internet y la cobertura celular, que condicionan la recepción de correcciones en tiempo real. Además, es fundamental planificar la ubicación de la estación de referencia, la antena CORS y los vértices del levantamiento para evitar obstrucciones en la señal GPS.

Los análisis estadísticos, mediante las pruebas de Fisher y T Student, confirmaron que las diferencias entre coordenadas obtenidas en levantamiento y replanteo son estadísticamente homogéneas, sin valores atípicos y con un nivel de confianza del 95 %. Esto respalda la fiabilidad de los datos y demuestra que la metodología aplicada es consistente y reproducible.

En términos de utilidad práctica, la experiencia adquirida en la urbanización “Villa Asunta” muestra que la tecnología NTRIP cumple con los objetivos de precisión, productividad y costo, permitiendo consolidar los lotes ante la autoridad municipal con información confiable de sus vértices.

En resumen, los resultados confirman que la tecnología NTRIP, combinada con estaciones de referencia CORS y receptores GPS de doble frecuencia, es una herramienta confiable y eficiente para levantamientos topográficos urbanos, con limitaciones menores vinculadas a la infraestructura de internet y la planificación del área de trabajo.

5. Conclusiones

El presente estudio demuestra la alta precisión, eficiencia y versatilidad de la tecnología GPS NTRIP para el levantamiento topográfico de predios urbanos.

Se identificaron como factores críticos la disponibilidad de Internet, la planificación de la zona de trabajo y la correcta ubicación de los vértices y antenas, mientras que como limitante principal se destaca la cobertura celular para recibir correcciones en tiempo real. Los análisis estadísticos, mediante pruebas de Fisher y T Student, demostraron la homogeneidad y consistencia de los datos obtenidos, con diferencias estadísticamente insignificantes entre los levantamientos y replanteos realizados.

Desde el punto de vista práctico, los datos obtenidos fueron útiles para la aprobación y consolidación de lotes urbanos por parte del Gobierno Autónomo Municipal de Viacha, mostrando la aplicabilidad directa de la tecnología en proyectos urbanos.

Para aplicaciones futuras, se sugiere:

- Extender estudios a distancias mayores de 50 km y evaluar su utilidad en levantamientos donde la exactitud centimétrica no sea crítica.

- Integrar otras tecnologías GNSS para mejorar la redundancia y confiabilidad en zonas con cobertura limitada de Internet.
- Explorar el uso de NTRIP en proyectos de planificación urbana y obras civiles que requieran entrega de resultados en tiempo real.

En definitiva, el trabajo confirma que la tecnología NTRIP representa un avance significativo en geodesia y topografía, optimizando precisión, eficiencia y tiempo de ejecución en levantamientos urbanos.

Referencias

- Alejandro, B., & Sebastián, K. (2011). Posicionamiento GPS en tiempo real utilizando NTRIP. Escuela de Agrimensura, Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura, Universidad Nacional de Rosario.
- Barragán Zaque, L. A. (2016). Metodología para el análisis y verificación de levantamientos topográficos mediante la tecnología NTRIP. Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Briceño, A., Mass I Rubí, L., Cioce, V., Royero, G., Bacaicoa, L., Wildermann, E., Hoyer, M., & Barrios, M. (s.f.). Mediciones GPS NTRIP: una nueva alternativa para el posicionamiento preciso en Venezuela.
- Cardozo Rojas, J. S. (2016). Metodología para levantamientos topográficos planimétricos de predios rurales.
- Copa Hermo, H. (2019). Determinación de coordenadas UTM obtenidas mediante el posicionamiento puntual preciso (PPP) en línea y su variación con coordenadas obtenidas mediante post-proceso de datos GNSS.
- García, H. S. R. (s.f.). Implementación y evaluación del método NTRIP desde la academia, en la ciudad de Bogotá. Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Gorgas G., J., Cardiel L., N., & Zamorano C., L. J. (2011). Estadística básica para estudiantes de ciencias. Universidad Complutense de Madrid.
- Hoyer, M., Weber, G., Rodino, R., Da Costa, S., Cioce, V., Cimbaro, S., Noguera, G., & Rezza, R. (2010). Avance en la materialización del Marco de Referencia SIRGAS en tiempo real mediante NTRIP.
- Hoyer, M. (s.f.). Conceptos básicos del posicionamiento GNSS en tiempo real NTRIP y tópicos relacionados con el tema.
- Instituto Nacional de Reforma Agraria. (2008). Normas técnicas para el saneamiento de la propiedad agraria, conformación del catastro y registro predial. La Paz, Bolivia.
- Irías B., R., & Valderrama C., D. (2019). Metodología para la transmisión de datos GNSS a través del NTRIP para las Estaciones de Referencia de Operación Continua pertenecientes a la Red Geodésica Nacional de Referencia Horizontal de Costa Rica.
- Márquez, A. (s.f.). NTRIP: herramienta indispensable para la cartografía y catastro.
- Proyecto de acondicionamiento de la C.P. HU-8111 (N-435 a los Romeros). (s.f.). Cartografía, topografía y replanteo. Gobierno de España.
- Rincón García, H. S. (s.f.). Implementación y evaluación del método NTRIP desde la academia, en la ciudad de Bogotá.
- SIRGAS. (2011). Aplicaciones NTRIP en Argentina: ventajas e inconvenientes encontrados. Heredia, Costa Rica.
- SIRGAS. (2017). Taller sobre posicionamiento GNSS en tiempo real.
- Universidad Autónoma Municipal de La Paz UATG. (2015). Guía técnica para levantamientos topográficos.
- Abreco. (s.f.). Guía práctica del GPS. Recuperado el 21 de octubre de 2025, de <https://www.abreco.com.mx>
- Universidad Politécnica de Cataluña. (s.f.). Tabla T-Student. Recuperado el 21 de octubre de 2025, de <http://www-eio.upc.edu/teaching/estad/MC/taules/TStud.pdf>