

---

## **PLANTILLA DE TEXTO PARA EL ENVÍO DE ARTÍCULOS**

TÉCNICAS DE POSICIONAMIENTO GNSS APLICADAS A LA INGENIERÍA.  
GNSS POSITIONING TECHNIQUES APPLIED TO ENGINEERING.

Guillermina S. Santecchia

Departamento de Ingeniería, Universidad Nacional del Sur (UNS), Bahía Blanca, Argentina.  
Departamento de Ingeniería Eléctrica y de computadoras, Universidad Nacional del Sur (UNS),  
CONICET, Bahía Blanca, Argentina.

Email: guillermina.santecchia@uns.edu.ar

Juan Manuel Span

Departamento de Ingeniería, Universidad Nacional del Sur (UNS), Bahía Blanca, Argentina.

E-mail: jmspan@hotmail.com

### **RESUMEN:**

La utilización de un VANT (vehículo aéreo no tripulado) para la adquisición de datos de una determinada zona geográfica permite su posterior tratamiento en distintos software de procesamiento y su integración en un SIG (sistemas de información geográfica), como la confección de distintos productos como ortofotos, DEM (modelos digitales del terreno), perfiles topográficos, etc. Para obtener resultados con precisión planialtimétrica óptima será necesario contar con puntos de apoyo en el terreno referidos a algún sistema de coordenadas, además de los puntos de control para la verificación de los resultados obtenidos.

El relevamiento de puntos con coordenadas tridimensionales se puede obtener con distintos métodos e instrumentales. En este trabajo utilizamos técnicas GNSS, en el que se comparan mediciones tomadas con un mismo equipo de medición GPS, utilizando el método de medición RTK (Real Time Kinematic) y el método NTRIP (Networked Transport of RTCM vía Internet Protocol). El objetivo es realizar un análisis comparativo de las coordenadas obtenidas en diez puntos fijos, con los dos métodos de medición, y suministrar información sobre sus ventajas y desventajas, para su utilidad en el procesamiento de datos obtenidos con un VANT.

**PALABRAS CLAVE:** GPS, medición satelital, GNSS, NTRIP, RTK, VANT.

### **ABSTRACT:**

The use of VANT (unmanned aerial vehicles) for the acquisition of data from a specific geographical area allows its processing in different processing software and its integration into GIS (geographic information systems), allows to obtain different products such as orthophotos, DEM (digital elevation models), topographic profiles, etc. In order to obtain results with planimetric and altimetric accuracy, it will be necessary to have ground control points in some coordinate system, and the control points for the verification of the results obtained.

The survey of points with three-dimensional coordinates can be obtained with different methods and instruments, but in this work we use GNSS techniques. Measurements taken with the same GPS measurement equipment are compared, using the RTK (Real Time Kinematic) measurement method and the NTRIP (Networked Transport of RTCM method via Internet Protocol). The objective is to carry out a comparative analysis of the coordinates obtained in ten fixed points, with the two measurement methods, and to provide information

---

on their advantages and disadvantages, for their usefulness in the processing of data obtained with a VANT.

**KEYWORDS:** GPS, satellite measurement, GNSS, NTRIP, RTK, VANT.

---

## TEXTO DEL ARTÍCULO

### 1. INTRODUCCIÓN

El advenimiento de la tecnología satelital junto al desarrollo informático y tecnológico, y la aparición de los VANTs en las últimas décadas, marcaron un nuevo rumbo en la adquisición de datos del terreno y en las mediciones de coordenadas tridimensionales de puntos. En la actualidad se utiliza el GPS (sistema de posicionamiento global) para realizar estudios del terreno y realizar posicionamientos precisos, y se complementa con relevamientos obtenidos con VANTs.

Las técnicas fotogramétricas han evolucionado con el pasar de los años y se han adaptado a las nuevas tecnologías revolucionando la topografía. Entre las ventajas adquiridas podemos mencionar una mayor precisión en los datos obtenidos, el tratamiento digital de los resultados, la integración a los SIG y una reducción en los tiempos de trabajo. (Ruiz Sabina et al., 2015).

En las obras de ingeniería es necesario el relevamiento previo del terreno y de hechos físicos existentes para realizar el proyecto de la obra. Luego deben realizarse mediciones topográficas (relevamientos y replanteos) durante la ejecución de la misma. Finalizado el trabajo se realiza el relevamiento para obtener el conforme a obra. Además suelen ser necesarios cálculos volumétricos de distintos materiales como áridos, toscas, tierra, etc. Para alcanzar resultados óptimos utilizando técnicas fotogramétricas debemos contar con puntos de control en el terreno. Los relevamientos pueden ser realizados utilizando diferentes instrumentos topográficos, para lo cual se busca una adecuada precisión y minimizar el tiempo de trabajo. (Sergio Arriola Valverde et al., 2018).

La medición con un receptor GPS no requiere línea visual directa entre los puntos de estudio, esto logra aumentar la productividad, pudiendo tomar tramos de largas distancias. Se necesita tener como mínimo cuatro satélites visibles por encima del horizonte en cualquier punto de la superficie y en cualquier altura. Este sistema de relevamiento por satélite representa un gran avance respecto a los métodos convencionales que datan desde los orígenes<sup>1</sup>.

El objetivo de este trabajo es evaluar la diferencia obtenida en las mediciones de coordenadas de puntos utilizando dos métodos de medición: RTK y NTRIP, con un equipo GNSS. Para ello se relevaron 10 puntos en el terreno, el cual uno de ellos es de coordenadas conocidas.

Los sistemas de navegación por satélite global (GNSS) ofrecen varios tipos de soluciones de posicionamiento como el GPS diferencial (DGPS) y soluciones cinemáticas en tiempo real (RTK). Estas soluciones se obtienen con diferentes

---

<sup>1</sup> <https://www.gps.gov/spanish.php>

---

receptores que sirven para diferentes tipos de usuarios y distintas tareas de campaña. (Parkins, 2011).

### **1.1 PRINCIPIOS BASICOS**

El instrumento de medición GPS es un sistema electrónico de información creado por el ejército norteamericano. Es un sistema de radionavegación basado en satélites que permite a cualquier usuario saber su localización, velocidad y altura, durante todo del día, bajo cualquier condición atmosférica y en cualquier punto de la superficie terrestre. Sin dudas muchos ajustes fueron necesarios antes de llegar a la versión actual de estos equipos<sup>2</sup>.

Está compuesto por tres componentes: el espacial, el de control y el de usuario. El componente espacial está constituido por una constelación de satélites en órbita terrestre aproximadamente a 20200 km. El componente de control está constituido por estaciones de rastreo distribuidas a lo largo del planeta y una estación de control principal (MCS - Master Control Station). Este componente rastrea los satélites, actualiza sus posiciones orbitales y calibra y sincroniza sus relojes. Otra función importante es determinar las órbitas de cada satélite y prever su trayectoria durante las 24 horas siguientes. Esta información es enviada a cada satélite para después ser transmitida por éste, informando al receptor local donde es posible encontrar el satélite. El componente del usuario incluye todos aquellos que usan un receptor GPS para recibir y convertir la señal GPS en posición, velocidad y tiempo. Incluye además todos los elementos necesarios en este proceso, como las antenas y el software de procesamiento<sup>3</sup>.

El fundamento del GPS se basa en poder determinar la distancia entre un punto, donde se encuentra el receptor, a los satélites. Se necesitan como mínimo cuatro satélites para poder determinar la posición correctamente. Cada satélite transmite una señal que es recibida por el receptor. Luego éste por su parte mide el tiempo que las señales tardan en llegar hasta él. Multiplicando el tiempo medido por la velocidad de la señal (la velocidad de la luz) obtenemos la distancia receptor-satélite<sup>4</sup>.

### **1.2 MÉTODOS DE MEDICIÓN**

Podemos clasificar a las mediciones según el movimiento de los receptores. El método estático es aquel en el que el receptor permanece quieto durante un intervalo de tiempo. El método cinemático se caracteriza porque el receptor está en movimiento continuo. En este caso los valores de las coordenadas tridimensionales podemos obtenerlas con posproceso y en tiempo real.

El método posproceso tiene la característica de que la obtención de coordenadas sucede después de la observación, operación que se realiza en gabinete. La obtención de las coordenadas en tiempo real (RTK) sucede porque se corrige el tiempo que tarda la señal emitida por el satélite en llegar al receptor y se obtienen las coordenadas corregidas en el momento de observación. Cuando se utiliza NTRIP se obtienen las correcciones mediante una estación permanente GNSS que actúa como base. Las

---

<sup>2</sup> <https://www.gps.gov/spanish.php>

<sup>3</sup> [https://www.academia.edu/24121365/El\\_posicionamiento\\_por\\_sat%C3%A9lite\\_y\\_sus\\_aplicaciones\\_civiles\\_GPS\\_y\\_GALILEO?email\\_work\\_card=title](https://www.academia.edu/24121365/El_posicionamiento_por_sat%C3%A9lite_y_sus_aplicaciones_civiles_GPS_y_GALILEO?email_work_card=title)

<sup>4</sup> [https://es.wikipedia.org/wiki/RTK\\_\(navegaci%C3%B3n\)](https://es.wikipedia.org/wiki/RTK_(navegaci%C3%B3n))

---

correcciones DGPS se realizan a través de internet y redes IP móviles. (Cintra et al., 2011)

## 2. MATERIAL Y MÉTODO

Para este trabajo se empleó un instrumento de medición GPS South Galaxy G1 Plus de 220 canales que permite obtener mejor precisión en las coordenadas planialtimétricas. Para realizar la medición se materializaron en el terreno diez puntos utilizando estacas de hierro. Se ubicaron de forma que no haya interferencia entre receptor y satélites, es decir, se escogió una zona que no cuenta con cortinas de árboles o edificios de gran altura que puedan obstruir la señal.

El relevamiento se realizó en dos etapas. En una primera instancia se realizó el relevamiento de los puntos con el método RTK. Para este caso se necesitó el equipo de medición compuesto por la antena base y la antena móvil con radio interna G1 plus, una controladora South X11 provista del programa fildgenius, y dos trípodes con bases nivelantes (uno por cada receptor).

Posteriormente se realizó la medición en modo NTRIP. Para este caso el equipo de medición estaba compuesto por la antena móvil con radio interna G1 plus, una controladora South X11 provista del programa fildgenius, un trípode con base nivelante y un chip de telefonía celular.

Para ambos método de medición se utilizó trípode cuando se obtenían datos con la antena móvil. No se utilizó bastón, como suele suceder cuando se realizan estos relevamientos, para no introducir error por el movimiento del éste.



Figura 1. GPS South G1 Plus.



Figura 2. Puntos en el terreno materializados con estacas de hierro.

### 3. RESULTADOS

Luego de realizadas las mediciones se descargaron los archivos obteniendo las tablas con las coordenadas de los puntos obtenidos. El sistema de referencia utilizado es POSGAR 2007, argentina faja 4, con Datum WGS84. Los valores de las cotas están referidos al modelo de geoide AR-16 del Instituto Geográfico Nacional<sup>5</sup>.

Tabla 1: resultados de la medición RTK.

Total	Este	Norte	Posición Z
1	4561832,703	5716283,061	22,333
2	4561833,980	5716259,603	22,421
3	4561836,480	5716303,285	21,354
4	4561855,721	5716256,151	22,431
5	4561871,602	5716307,106	22,206
6	4561872,701	5716263,399	22,388
7	4561883,124	5716278,683	22,423
8	4561892,824	5716292,461	22,381
9	4561893,991	5716322,538	22,219
10	4561900,489	5716305,279	22,207

Tabla 2: resultados de la medición NTRIP.

Total	Este	Norte	Posición Z
1	4561832,706	5716283,057	22,334
2	4561833,988	5716259,602	22,412
3	4561836,480	5716303,285	21,355
4	4561855,720	5716256,151	22,435
5	4561871,609	5716307,118	22,204
6	4561872,704	5716263,396	22,386

<sup>5</sup> <https://www.ign.gov.ar/NuestrasActividades/Geodesia/Geoide-Ar16>

7	4561883,133	5716278,686	22,417
8	4561892,834	5716292,459	22,386
9	4561893,994	5716322,520	22,235
10	4561900,499	5716305,281	22,218

Tabla 3: resultados de los desvíos.

	Este	Norte	Z
1	0,003	-0,004	0,002
2	0,008	-0,001	-0,009
3	0,000	0,000	0,001
4	0,000	0,000	0,004
5	0,007	0,012	-0,002
6	0,002	-0,003	-0,002
7	0,009	0,002	-0,006
8	0,010	-0,002	0,005
9	0,002	-0,018	0,016
10	0,010	0,002	0,011

Se analizaron los datos obtenidos y se calcularon las desviaciones promedio y estándar y la varianza. Se puede observar en la siguiente tabla que no existen diferencias, entre ambos métodos de medición, superiores a los 12mm. Las desviaciones producidas en las coordenadas no alcanzan el valor de 1cm y la varianza no supera los 57mm.

Tabla 4: medidas estadísticas.

	Este	Norte	Z
Varianza (mm)	16,84	55,43	56,54
Desv. Prom. (m)	0,004	0,005	0,006
Desv. Est. (m)	0,004	0,007	0,008
Promedio (m)	0,005	-0,001	0,002

#### 4. CONCLUSIONES

NTRIP es una nueva tecnología para transferir datos GNSS a través de Internet y redes IP móviles. Las pruebas de mediciones en el terreno, sobre diferentes puntos, no muestran una disminución de la calidad de la medición en comparación con el uso de otros métodos de medición. Podemos anunciar que NTRIP es el método de transmisión del futuro. Este método de medición no requiere que existan puntos de coordenadas conocidas en el terreno. Además presenta la ventaja que sólo se usa la antena móvil por lo que la medición la realiza un solo operador, es decir no se necesita el cuidado de la base sobre un punto de coordenadas conocidas. Es un medio seguro, rápido y rentable para obtener precisión en las mediciones.

---

## REFERENCIAS

- Ruiz Sabina Juan Ángel, Valle David Gallego, Peña Ruiz Cristina, Molero García Jesús Manuel y Gómez Laguna Antonio. (2015). Fotogrametría aérea por dron en yacimientos con grandes estructuras. Propuesta metodológica y aplicación práctica en los castillos medievales del Campo de Montiel. *Virtual Archaeology Review*, 6 (13), 5-19.
- Sergio Arriola Valverde, Amit Ferencz Appel y Renato Rimolo-Donadio. (2018). Fotogrametría terrestre con sistemas aéreos autónomos no tripulados. *Investiga. TEC*, 11 (31), 9-12.
- GPS: The Global Positioning System. A global public service brought to you by the U.S. government. (2020). Recuperado de <https://www.gps.gov/>.
- Parkins, A. (2011). *GPS Solution*, 15 (4), 391-402. <https://doi.org/10.1007/s10291-010-0198-0>.
- Introducción al sistema GPS: principios de funcionamiento. (2020). Recuperado de [https://www.academia.edu/24121365/El\\_posicionamiento\\_por\\_sat%C3%A9lite\\_y\\_sus\\_aplicaciones\\_civiles\\_GPS\\_y\\_GALILEO?email\\_work\\_card=title](https://www.academia.edu/24121365/El_posicionamiento_por_sat%C3%A9lite_y_sus_aplicaciones_civiles_GPS_y_GALILEO?email_work_card=title).
- RTK (Navegación). (2020). Recuperado de [https://es.wikipedia.org/wiki/RTK\\_\(navegaci%C3%B3n\)](https://es.wikipedia.org/wiki/RTK_(navegaci%C3%B3n)).
- Cintra, Jorge Pimentel, Nero, Marcelo Antonio, & Rodrigues, Danilo. (2011). GNSS/NTRIP service and technique: accuracy tests. *Boletim de Ciências Geodésicas*, 17(2), 257-271. <https://dx.doi.org/10.1590/S1982-21702011000200006>.

## SOBRE LOS AUTORES

Guillermina S. Santecchia. Ingeniera Agrimensora. Graduada de la Universidad Nacional del Sur (UNS), Bahía Blanca, Buenos Aires, Argentina. Desde 2018 es alumna del doctorado en Ingeniería del departamento de Ingeniería de la UNS, en el cual trabaja con técnicas fotogramétricas y de teledetección. Profesora interina en las cátedras de 'Fotogrametría' y 'Fotointerpretación y Teledetección' de la UNS desde 2019. Ayudante de la cátedra de 'Topografía y Geodesia' desde 2014.

Juan Manuel Span. Agrimensor. Graduado de la Universidad Nacional del Sur (UNS), Bahía Blanca, Buenos Aires, Argentina. Desde 2017 es ayudante de la cátedra de 'Topografía y Geodesia' de la UNS. Realiza trabajos de topografía desde 2009 utilizando variado instrumental topográfico y realiza trabajo profesional independiente.