



**Contribuciones al posicionamiento satelital diferencial  
aplicado a las tareas del Ingeniero Agrimensor y usuarios de  
la REGNA-ROU**

Ignacio Gelmini Rabelino  
Carlos Federico Modernel Nietto  
María José Pintos Moleda

Proyecto de grado presentado en Facultad de Ingeniería de la Universidad de la República.

En cumplimiento parcial de los requerimientos para la obtención del título de Ingeniero

Agrimensor

Tutora  
Dra. Ing. Agrim. Fernanda Camisay

Tribunal  
Ing. Agrim. Roberto Pérez Rodino  
Ing. Agrim. Esteban Striewe Dieste  
Msc. Ing. Agrim. Jorge Faure Valbi

Montevideo, Uruguay

2024

**Página de Aprobación**

FACULTAD DE INGENIERÍA

El tribunal docente integrado por los abajo firmantes aprueba la Tesis de Investigación:

Título

.....

Autor/s

.....

Tutor

.....

Carrera

.....

Puntaje

.....

Tribunal

Profesor.....(Nombre y firma)

Profesor.....(Nombre y firma)

Profesor.....(Nombre y firma)

Fecha

## **Agradecimientos**

*A nuestra tutora Fernanda Camisay, que con su experiencia y conocimiento, nos apoyó, animó, respaldó y guió constantemente, durante el largo camino recorrido en este proyecto de grado. A Roberto “Tito” Pérez, por brindar apoyo en cada una de las prácticas realizadas, con su amplia experiencia y trayectoria en lo referido a Sistemas Globales de Navegación por Satélite (GNSS). Quedarán en nuestras memorias los temas adyacentes, las risas, frustraciones y vivencias compartidas junto a estos dos grandes profesionales, docentes y mejores personas.*

*A Luis Calderón, excepcional docente que nos orientó en la elección de la temática a tratar en nuestro proyecto de fin de carrera, poniendo nuestros intereses por encima de su área de especialización y aún así aportando cuando lo necesitamos.*

*A María Virginia Mackern quien nos instruyó en el procesamiento de redes geodésicas utilizando el software científico Bernese, con la mejor disposición e ímpetu de enseñarnos.*

*Académicamente hablando, nos resta agradecer a cada uno de los excelentes docentes y compañeros de curso, con quienes compartimos innumerables momentos dentro y fuera del aula.*

*Finalmente, a nuestros queridos padres, hermanos, familiares y amigos por acompañarnos incondicionalmente, no solo durante el desarrollo de este trabajo, sino también desde el primer día que Julio Herrera y Reissig 565 se convirtió en nuestra segunda casa.*

*¡Muchas gracias a todos!*

## Tabla de Contenido

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Introducción.....</b>   | <b>1</b>  |
| <b>Justificación del tema.....</b>   | <b>4</b>  |
| <b>Objetivo general.....</b>   | <b>5</b>  |
| <b>Capítulo I. Marco Teórico.....</b>  | <b>6</b>  |
| <b>Sistemas Globales de Navegación por Satélite GNSS (Global Navigation Satellite Systems). 6</b>  |           |
| <b>Red de estaciones permanentes.....</b>  | <b>7</b>  |
| IGS. Servicio Internacional GNSS.....  | 8         |
| Servicio de difusión de datos GNSS.....  | 10        |
| SIRGAS. Sistema de Referencia Geodésico para las Américas.....   | 11        |
| Servicio de difusión de datos GNSS.....  | 13        |
| REGNA-ROU. Red Geodésica Nacional Activa de la República Oriental del Uruguay...14   |           |
| Marco de referencia estaciones REGNA-ROU.....  | 16        |
| Participación de estaciones permanentes en territorio uruguayo en redes geodésicas. 18   |           |
| Servicio de difusión de datos GNSS.....  | 22        |
| <b>Fuentes de error: La Tierra y GNSS.....</b>   | <b>23</b> |
| La Tierra.....   | 23        |
| Fenómenos que producen variación en las coordenadas.....   | 23        |
| GNSS.....  | 26        |
| <b>Métodos de observación y posicionamiento GNSS.....</b>  | <b>31</b> |
| El método diferencial o relativo.....  | 32        |
| Tiempo real y post proceso.....  | 33        |
| Soluciones de red.....   | 37        |
| <b>Capítulo II.....</b>  | <b>38</b> |
| <b>Estudio de la influencia de la desactualización del marco de referencia en el<br/>posicionamiento diferencial y la calidad de los datos GNSS emitidos por las estaciones de la<br/>red REGNA-ROU.....</b> | <b>38</b> |
| Introducción.....  | 38        |
| Metodología.....   | 40        |
| Cálculo de vectores y mapa de desplazamientos - estaciones REGNA-ROU<br>monitoreadas por SIRGAS.....   | 40        |
| Evaluación local del comportamiento de la Red Geodésica Nacional Activa.....   | 43        |
| 1er Ámbito de Aplicación.....  | 45        |
| 2do Ámbito de Aplicación.....  | 48        |
| Evaluación de la calidad de los datos GNSS generados y emitidos por las estaciones<br>permanentes de la Red Geodésica Nacional Activa.....   | 50        |

|   |            |
|---|------------|
| Resultados y discusión.....   | 62         |
| Cálculo de vectores y mapa de desplazamientos.....  | 62         |
| Evaluación local del comportamiento de la Red Geodésica Nacional Activa.....  | 67         |
| 1er Ámbito de Aplicación.....   | 67         |
| 2do Ámbito de Aplicación.....   | 70         |
| Evaluación de la calidad de los datos GNSS generados y emitidos por las estaciones permanentes de la Red Geodésica Nacional Activa..... | 72         |
| Conclusiones.....   | 78         |
| <b>Capítulo III.....</b>  | <b>80</b>  |
| <b>Evaluación de las soluciones obtenidas en tiempo real asociadas al posicionamiento satelital.</b>                                    | <b>80</b>  |
| Introducción.....   | 80         |
| Metodología.....  | 82         |
| 1º Caso de medición.....  | 82         |
| 2º Caso de medición.....  | 85         |
| Resultados y discusión.....   | 88         |
| 1º Caso de medición.....  | 88         |
| 2º Caso de medición.....  | 94         |
| Conclusiones.....   | 99         |
| <b>Capítulo IV.....</b>   | <b>101</b> |
| <b>Conclusiones generales.....</b>  | <b>101</b> |
| <b>Recomendaciones.....</b>   | <b>104</b> |
| <b>Conviviendo con los errores.....</b>   | <b>104</b> |
| <b>Bibliografía.....</b>  | <b>112</b> |
| <b>Anexos.....</b>  | <b>114</b> |

## Resumen

La Red Geodésica Nacional Activa de nuestro país, conocida como REGNA-ROU, se conforma por 27 Estaciones de Referencia de Observación Continua distribuidas en todo el país, cuyas coordenadas han sido ajustadas al Marco de Referencia Terrestre Internacional ITRF94 época 1995.4. Desde sus inicios hasta la actualidad, ha permitido atender un amplio número de aplicaciones, como relevamientos topográficos y geodésicos, cartografía, sistemas de información geográfica, agricultura de precisión, estudios geológicos y geofísicos, estudios atmosféricos, navegación de precisión, entre otros. Por otro lado, la Tierra, al ser un elemento vivo, formada por elementos físicos (sólido, líquido y gaseosos) sufre desplazamientos y deformaciones en la corteza terrestre, causando distorsiones en las coordenadas de los puntos sobre la superficie. Entonces, uno se podría cuestionar: *“Hoy en día, ¿Dónde se ubican aquellos puntos que en el año 1995 materializaban el marco de referencia?, ¿Las estaciones permanentes de la red se habrán desplazado de manera homogénea?, ¿La desactualización del marco de referencia es la responsable de que se obtengan diferentes coordenadas dependiendo de la estación permanente a la que me conecte?”* .

Estas interrogantes y muchas más son las que se irán respondiendo en el transcurso de la lectura, con el objetivo final de que el lector se lleve consigo cuáles son los recaudos necesarios a tener en cuenta cuando se utiliza posicionamiento satelital diferencial a tiempo real y post proceso.

**Palabras clave:** GNSS, Tiempo Real, NTRIP, Marco de Referencia, REGNA-ROU.

## Lista de Tablas

|   |    |
|---|----|
| Tabla 1. Información estación MTV100URY.....  | 8  |
| Tabla 2. Acceso a productos y servicios IGS.....  | 10 |
| Tabla 3. Acceso a productos SIRGAS.....   | 13 |
| Tabla 4. Participación de estaciones permanentes en redes geodésicas.....   | 18 |
| Tabla 5. Acceso a productos y servicios REGNA-ROU.....  | 22 |
| Tabla 6. Fenómenos y modo de corrección.....  | 24 |
| Tabla 7. Resumen de valores y razones de deformación de la Tierra.....  | 25 |
| Tabla 8. Errores tiempo real vs post proceso.....   | 35 |
| Tabla 9. Parámetros de transformación de coordenadas (ITRF 14 - ITRF 94). ....  | 41 |
| Tabla 10. Resumen modelos y parámetros - procesamiento Bernese 5.2.....   | 60 |
| Tabla 11. Residuos Norte, Este y Altura respecto a la coordenada oficial de UYCL utilizando como base UYRV.....   | 69 |
| Tabla 12. Residuos diarios correspondientes al ajuste libre semanal. Unidades: milímetros...72  |    |
| Tabla 13. Nuevos residuos diarios correspondientes al ajuste libre. Unidades: milímetros.....74   |    |
| Tabla 14. 1º Caso de medición - configuración de sesiones tiempo real.....  | 84 |
| Tabla 15. 2º Caso de medición.....  | 85 |
| Tabla 16. Coordenadas de control - Consorcio Constructor Ferrocarril Central (CCFC).....  | 87 |
| Tabla 17. Residuos medios del posicionamiento en tiempo real (estación base: UYMO).....   | 89 |
| Tabla 18. Residuos medios posicionamiento en tiempo real (estación base: UYIF).....   | 90 |
| Tabla 19. Comparación de coordenadas medias obtenidas a tiempo real entre ambas estaciones. Proyección UTM - Zona 21 Sur. Elipsoide de referencia WGS 84..... | 92 |
| Tabla 20. Resumen comparación de resultados receptor Emlid y receptor Leica.....  | 97 |

## Lista de Figuras

|   |    |
|---|----|
| Figura 1. REGNA-ROU. Estaciones permanentes.....  | 15 |
| Figura 2. REGNA-ROU. Ajuste Marco de referencia ITRF94 época 1995.4 .....   | 17 |
| Figura 3. Clasificación métodos de posicionamiento GNSS.....  | 31 |
| Figura 4. Post procesamiento de datos GNSS: 1er Ámbito de aplicación.....   | 46 |
| Figura 5. Post procesamiento de datos GNSS: 2do Ámbito de aplicación.....   | 48 |
| Figura 6. Evaluación de la calidad de los datos GNSS - software Bernese.....  | 59 |
| Figura 7. Módulos Desplazamientos Estaciones IGM (1995-2022).....   | 62 |
| Figura 8. Desplazamiento Estaciones IGM (1995-2022).....  | 63 |
| Figura 9. Serie temporal calculada por SIRGAS - Estación Florida (UYFD).....  | 65 |
| Figura 10. Residuos Norte, Este y Altura (respecto a la coordenada oficial de UYCL).....  | 67 |
| Figura 11. Residuos Norte, Este y Altura (respecto a la coordenada oficial de UYIF).....  | 70 |
| Figura 12. Correcciones a las coordenadas SIRGAS correspondientes a la solución semanal<br>2236.....  | 76 |
| Figura 13. 1º Caso de medición.....   | 83 |
| Figura 14. 2º Caso de medición.....   | 86 |
| Figura 15. Residuos Norte, Este y Altura del posicionamiento en tiempo real (respecto a la<br>coordenada de control post procesada UYMO - FING).....                          | 89 |
| Figura 16. Residuos Norte, Este y Altura del posicionamiento en tiempo real (respecto a la<br>coordenada de control post procesada UYIF - FING).....                          | 90 |
| Figura 17. Residuos Norte, Este y Altura del posicionamiento en tiempo real (respecto a la<br>coordenada de control post procesada UYMO - Mojón 1,2,...,5), Equipo Leica..... | 94 |

Figura 18. Entorno Mojón 3.....95

Figura 19. Residuos Norte y Este en tiempo real (respecto a la coordenada de control CCFC),  
Equipo Emlid.....96

## Introducción

La instalación de una estación permanente por parte del departamento de Geodesia del Servicio Geográfico Militar (SGM) en el año 2006, y la posterior incorporación de otras 26 estaciones a lo largo de los años dentro del territorio nacional, conforman lo que hoy conocemos como la Red Geodésica Nacional Activa de la República Oriental del Uruguay (REGNA-ROU), cuyas coordenadas han sido ajustadas al Marco de Referencia Terrestre Internacional ITRF94 época 1995.4. Durante estos años el servicio de post proceso y el servicio de difusión de correcciones en tiempo real vía internet, se ha convertido en el servicio de datos GNSS (Global Navigation Satellite Systems) más consultado en levantamientos topo-geodésicos de todo el país.

Hoy en día se está dando una situación particular la cual ha oficiado como motivación principal para abordar el presente proyecto de grado. En estos últimos meses conversando con colegas, amigos, compañeros de trabajo, se repiten comentarios como *“se tienen diferencias entre distintas sesiones (en un mismo día) conectado a una misma estación de referencia en tiempo real”*, o *“se obtienen diferencias centimétricas para un mismo punto cuando se lo mide o replantea desde dos estaciones de referencia distintas”*.

Teniendo en cuenta que la Tierra es un objeto dinámico que se encuentra en constante cambio por dentro y por fuera, no es descabellado pensar que la desactualización del marco de referencia de la REGNA-ROU esté afectando las soluciones en tiempo real obtenidas desde distintas estaciones permanentes.

Con ánimo de dar respuesta, encontrar el por qué de esta situación, se plantean tres objetivos específicos: estudiar la influencia de la desactualización del marco de referencia en el posicionamiento diferencial, analizar la calidad de los datos GNSS emitidos por las estaciones de

la red REGNA-ROU y evaluar las soluciones obtenidas en tiempo real asociadas al posicionamiento satelital.

Siguiendo la idea anterior, la metodología de trabajo ha sido la siguiente: en primer lugar se elaboró un mapa con vectores de desplazamiento de las estaciones de la REGNA-ROU, acompañado de procesamientos en el software libre RTKLIB (Takasu, 2013)<sup>1</sup> y en el software científico Bernese 5.2 (Dach et al, 2015)<sup>2</sup>. En segundo lugar, se estudió la variabilidad de las mediciones en tiempo real respecto de una coordenada de control a lo largo de un día y se evaluó la influencia de la distancia entre la estación base y el receptor móvil en la precisión final de las coordenadas, al utilizar diferentes equipos geodésicos, contrastando receptores de marcas reconocidas y de bajo costo (Leica y Emlid).

Finalmente, tras la ejecución de las prácticas mencionadas y el análisis de resultados, el presente proyecto pretende officar de guía o de recomendación acerca de los recaudos que se deben tener en cuenta cuando se utiliza posicionamiento diferencial a tiempo real o en post proceso.

## **Organización del trabajo**

Capítulo I: Concepto e introducción sobre los Sistemas Globales de Navegación por Satélite. Redes de estaciones permanentes. Fuentes de error y métodos de observación en el posicionamiento.

Capítulo II: Estudio de la influencia de la desactualización del marco de referencia en el posicionamiento diferencial y la calidad de los datos GNSS emitidos por las estaciones de la red REGNA - ROU.

---

<sup>1</sup> Takasu, T., 2013. RTKLIB: An Open Source Program Package for GNSS Positioning. From <<http://www.rtklib.com/>>.

<sup>2</sup> Dach, R., Lutz, S., Walser, P., Fridez, P. (2015) Bernese GNSS Software Version 5.2. Astronomical Institute, University of Bern, Bern. ISBN: 978-3-906813-05-9; Open Publishing. DOI: 10.7892/boris.72297.

Capítulo III: Evaluación de la calidad de las mediciones en tiempo real asociadas al posicionamiento satelital.

Capítulo IV: Conclusiones generales y recomendaciones para la vida profesional.

## Justificación del tema

Día a día múltiples usuarios se apoyan en el servicio de difusión de correcciones en tiempo real de la Red Geodésica Nacional Activa de la República Oriental del Uruguay (REGNA-ROU) para la resolución de infinidad de trabajos, como por ejemplo, mensuras rurales, relevamientos planialtimétricos, cartografía, sistemas de información geográfica, agricultura de precisión, entre otros, pero... *¿Tenemos certeza hoy en día de la exactitud posicional del posicionamiento satelital a tiempo real?*. Además, de acuerdo a las exigencias de los diferentes trabajos *¿Es suficiente utilizar el servicio de correcciones N-TRIP del Instituto Geográfico Militar para llevarlos a cabo?*.

De acuerdo a la evidente desactualización del marco de referencia de la Red Geodésica Nacional, resulta de gran importancia abordar y analizar cómo influye este fenómeno junto a los errores instrumentales, los errores propios del método de posicionamiento y las condiciones atmosféricas en la exactitud posicional a tiempo real. Se pretende estudiar y dar a conocer la situación en la que se encuentra nuestro país de acuerdo al posicionamiento satelital a tiempo real, con el objetivo final de darle al lector herramientas, advertencias y soluciones cuando se enfrente a un determinado trabajo donde el instrumental a utilizar sea un receptor GNSS.

## **Objetivo general**

Estudiar y analizar la exactitud del posicionamiento diferencial a tiempo real en nuestro país y contribuir exponiendo los recaudos necesarios a considerar, cuando se utiliza el servicio de post proceso o el servicio de difusión de correcciones en tiempo real vía internet de la Red Geodésica Nacional Activa de la República Oriental del Uruguay (REGNA-ROU).

## **Objetivos específicos**

1. Estudiar la influencia de la desactualización del marco de referencia en el posicionamiento diferencial.
  - a. Calcular los vectores de desplazamiento de cada una de las estaciones.
  - b. Evaluar el comportamiento local de la Red Geodésica Nacional.
2. Analizar la calidad de los datos GNSS emitidos y generados por las estaciones permanentes de la Red Geodésica Nacional Activa.
3. Evaluar las soluciones obtenidas en tiempo real asociadas al posicionamiento satelital.
  - a. Estudiar el comportamiento y/o variabilidad de las posiciones obtenidas en tiempo real respecto de una coordenada de control.
  - b. Estudiar cómo influye la distancia entre la estación base y el receptor remoto, en la precisión final de las coordenadas, al utilizar diferentes equipos geodésicos (Leica y Emlid).

## **Capítulo I. Marco Teórico**

### **Sistemas Globales de Navegación por Satélite GNSS (Global Navigation Satellite Systems)**

Los Sistemas Globales de Navegación por Satélite son un conjunto de tecnologías capaces de brindar en cualquier instante un posicionamiento geoespacial con cobertura global de cualquier punto situado sobre la Tierra. Son una herramienta fundamental en el estudio del nivel del mar, en deformaciones de la corteza terrestre por actividad sísmica y volcánica, aportan en investigaciones vinculadas al Cambio Climático, la Geodinámica, la Geología Estructural, el Ordenamiento Territorial, la Geomática, entre otros.

Hoy en día los sistemas GNSS plenamente operativos son: GPS, GLONASS, Beidou y GALILEO. De acuerdo a lo expuesto por el autor Valero, B. (2014), estos están compuestos por tres segmentos o sectores bien diferenciados: el segmento espacial, el segmento de control y el segmento usuario.

El segmento espacial se refiere al conjunto de satélites que integran la constelación, así como también a las diferentes señales que estos envían y reciben cada uno de los receptores. Las constelaciones se encuentran formadas por una red de satélites entre 21 y 30, a una altura de la superficie terrestre entre 21.000 y 25.000 km.

El segmento de control está integrado por un conjunto de estaciones terrestres las cuales dan seguimiento a los satélites. Son las encargadas de controlar y corregir las órbitas de los satélites del sector espacial, así como las de sus relojes u osciladores. La información recopilada es enviada a una “Estación Maestra”, la cual es la encargada de calcular las órbitas futuras de los satélites como una función en el tiempo.

El segmento usuario lo integran todos los equipos utilizados para la recepción de las señales emitidas por los satélites.

## Red de estaciones permanentes

Una red de estaciones permanentes GNSS, es un conjunto de receptores geodésicos instalados de forma fija y permanente, en puntos de coordenadas conocidas referidas a un marco y época de referencia<sup>3</sup> específico. El registro continuo de observaciones GNSS y su posterior procesamiento en softwares científicos, permite obtener coordenadas con precisión milimétrica que pueden ser utilizadas en el estudio del movimiento de las placas tectónicas a lo largo del tiempo y por ende la determinación del campo de velocidades, estudios atmosféricos de la Tropósfera e Ionósfera, entre otros. Son una fuente fundamental de información en la determinación y actualización de los marcos de referencia, determinación de parámetros de transformación y apoyo en trabajos topo-geográficos a través de la emisión de correcciones vía radio o vía internet NTRIP (Networked Transport of RTCM vía Internet protocol).

Existen diversas redes en el mundo, públicas y privadas, las cuales se clasifican en supranacionales, continentales, nacionales, regionales y comerciales, de acuerdo a su cobertura.

1. Redes supranacionales: Red IGS.
2. Redes continentales: EPN (Red europea de estaciones permanentes EUREF) y SIRGAS (Sistema de Referencia Geodésico para las Américas).
3. Redes nacionales:
  - a. En América: REGNA-ROU (Uruguay), RAMSAC (Argentina), RBMC (Brasil), CanNet (Canadá), CORS (EEUU), etc.
4. Redes comerciales: Trimble, Leica, Topcon.

---

<sup>3</sup> Marco de referencia es la materialización de un sistema de referencia. Se trata de un conjunto de puntos ubicados en la superficie terrestre con coordenadas y velocidades conocidas, cuyas observaciones se realizaron en determinado intervalo de tiempo (época).

## ***IGS. Servicio Internacional GNSS***

El Servicio GNSS Internacional (IGS) es una Federación de más de 300 agencias autofinanciadas, universidades e instituciones de investigación en más de 100 países/regiones de todo el mundo trabajando en conjunto para proporcionar productos gratuitos y libres de alta calidad, esenciales para la investigación en ciencias de la Tierra, aplicaciones multidisciplinarias de posicionamiento, navegación y educación.

La red comprende más de 500 estaciones permanentes GNSS de funcionamiento continuo distribuidas alrededor del mundo, las cuales se pueden visualizar en: <https://network.igs.org/>. Las mismas juegan un rol fundamental en el mejoramiento y ampliamiento del Marco de Referencia Terrestre Internacional (ITRF<sup>4</sup>) mantenido por el Servicio Internacional de Sistemas de Referencia y Rotación de la Tierra (IERS).

Nuestro país cuenta hoy en día con una estación IGS ubicada en la Embajada de Estados Unidos en el departamento de Montevideo, denominada MTV100URY.

### **Tabla 1**

#### *Información estación MTV100URY*

| <b>Latitud</b> | <b>Longitud</b> | <b>Elevación</b> | <b>Sistema Satelital</b> | <b>Marco de referencia</b> |
|----------------|-----------------|------------------|--------------------------|----------------------------|
| -34.9135884911 | 303.8236984406  | 40.73317 m       | GPS                      | ITRF20                     |

*Nota.* El cuadro fue elaborado en función de la información extraída de <https://www.sirgas.org/es/>. Solución semanal SIRGAS 2236.

---

<sup>4</sup> ITRF es la materialización del ITRS (Sistema de Referencia Terrestre Internacional). Es un marco tridimensional; su origen está centrado con respecto al centro de masas (incluyendo océanos y atmósfera) y el eje Z es paralelo al polo. Las coordenadas fueron estimadas utilizando diversas técnicas de geodesia satelital. La conversión de coordenadas geocéntricas a coordenadas geográficas se hace utilizando los parámetros del elipsoide GRS80.

Algunos productos de libre acceso son:

1. Observaciones GNSS de estaciones IGS.
2. Efemérides de satélites GNSS.
3. Parámetros de rotación de la Tierra.
4. Estimaciones del retraso troposférico cenital.
5. Mapas ionosféricos globales.
6. Información del reloj de la estación de rastreo y satélite.
7. Calibración de antenas.

**Servicio de difusión de datos GNSS.** Los diferentes productos y servicios se pueden acceder a través de los siguientes servidores.

**Tabla 2**

*Acceso a productos y servicios IGS*

| <b>Observaciones diarias</b>  |   |                                |  |  |                                    |
|---|---|--------------------------------|--|--|------------------------------------|
| <a href="https://cddis.nasa.gov/archive/gnss/data/daily/">https://cddis.nasa.gov/archive/gnss/data/daily/</a>       |   |                                |  |  |                                    |
|   | <b>GPS:<br/>Efemérides/<br/>Relojes</b> | <b>GLONASS:<br/>Efemérides</b> | <b>Coordenadas<br/>geocéntricas de<br/>estaciones de<br/>seguimiento</b> | <b>Parámetros<br/>de rotación<br/>de la Tierra</b> | <b>Parámetros<br/>atmosféricos</b> |
| <a href="https://cddis.gsfc.nasa.gov/archive/gnss/products/">https://cddis.gsfc.nasa.gov/archive/gnss/products/</a> | ✓                                       | ✓                              | ✓  | ✓  | ✓                                  |
| <a href="ftp://igs.ensg.ign.fr/pub/igs/products/">ftp://igs.ensg.ign.fr/pub/igs/products/</a>                       | ✓                                       | ✓                              | ✓  |  | ✓                                  |
| <a href="ftp://gssc.esa.int/gnss/products/">ftp://gssc.esa.int/gnss/products/</a>                                   | ✓                                       | ✓                              | ✓  |  | ✓                                  |
| <a href="ftp://lox.ucsd.edu/pub/products/">ftp://lox.ucsd.edu/pub/products/</a>                                     | ✓                                       | ✓                              | ✓  | ✓  |                                    |

*Nota.* El cuadro fue elaborado en función de la información extraída de <https://igs.org/products-access/>.

## ***SIRGAS. Sistema de Referencia Geodésico para las Américas***

SIRGAS, Sistema de Referencia Geodésica para las Américas, es una organización sin fines de lucro impulsada en el año 1993, por un conjunto de organizaciones científicas, agencias nacionales geodésicas y centros de investigación, que desarrollan actividades vinculadas con la geodesia y la geofísica. Entre sus objetivos principales<sup>5</sup> se encuentra:

1. Establecer y mantener un marco de referencia geocéntrico continental.
2. Definir, materializar y mantener un sistema de referencia vertical unificado mediante alturas físicas y geométricas consistentes a nivel global.
3. Desarrollar y actualizar un modelo de geoide gravimétrico de cobertura continental.
4. Establecer y mantener una red continental de gravedad absoluta.

La red SIRGAS-CON (red de estaciones GNSS de operación continua) está compuesta en la actualidad por cerca de 500 estaciones distribuidas en las Américas y el Caribe, cuya realización es la densificación regional del marco global de referencia terrestre ITRF.

Su operatividad es posible dada la contribución voluntaria de más de 50 entidades ubicadas en más de 20 países, que han instalado estaciones permanentes y ponen a disposición de los centros de análisis la información observada. Gracias a esto, SIRGAS, es capaz de producir y además publicar los siguientes productos:

1. Coordenadas semanales de las estaciones.
2. Soluciones semanales semilibres de las estaciones.
3. Soluciones multianuales de las estaciones.
4. Modelo de velocidades VEMOS.
5. Retrasos troposféricos.

---

<sup>5</sup> Información extraída de la página web: <https://sirgas.ipgh.org/organizacion/mision-y-objetivos/>.

Nuestro país es uno de los tantos países que pone a disposición los datos recabados por la red nacional uruguaya denominada REGNA-ROU.

**Servicio de difusión de datos GNSS.** Los diferentes productos se pueden acceder a través de los siguientes servidores.

**Tabla 3**

*Acceso a productos SIRGAS*

|   | <b>Coordenadas semanales</b> | <b>Soluciones semanales semilibres</b> | <b>Retrasos troposféricos</b> |
|---|------------------------------|--|-------------------------------|
| <a href="ftp://ftp.sirgas.org/pub/gps/SIRGAS/">ftp://ftp.sirgas.org/pub/gps/SIRGAS/</a>         | ✓                            | ✓                                      |                               |
| <a href="ftp://ftp.sirgas.org/pub/gps/SIRGAS-ZPD/">ftp://ftp.sirgas.org/pub/gps/SIRGAS-ZPD/</a> |                              |  | ✓                             |

*Nota.* El cuadro fue elaborado en función de la información extraída de <https://sirgas.ipgh.org/>.

## ***REGNA-ROU. Red Geodésica Nacional Activa de la República Oriental del Uruguay***

La Red Geodésica Nacional Activa de la República Oriental del Uruguay (REGNA-ROU) es desarrollada y administrada por el Instituto Geográfico Militar (IGM). Hoy en día se conforma por 27 Estaciones de Referencia de Observación Continua distribuidas en todo el país, las cuales integran el Sistema de Referencia Geodésico para las Américas (SIRGAS-CON) y a través de éste intervienen en el Marco de Referencia Terrestre Internacional (ITRF).

En el año 1994, la división de Geodesia del Instituto Geográfico Militar, en aquel momento Servicio Geográfico Militar (SGM), instaló una estación permanente en la azotea de la fortaleza del Cerro de Montevideo con el fin de poder servir de ayuda en trabajos de la institución.

En el año 1995, esta misma estación participó junto a 57 estaciones distribuidas en América del Sur en la primer campaña SIRGAS denominada SIRGAS95<sup>6</sup>, cuyas posiciones se encuentran referidas al marco ITRF94 época 1995.4.

En el año 2006, se instaló oficialmente la primer estación permanente próxima a la ciudad de Tacuarembó (UYTA) y a principios del 2007 se incorporaron dos nuevas estaciones, UYRO ubicada en Santa Teresa, departamento de Rocha y UYMO ubicada en la fortaleza del Cerro de Montevideo dando continuidad a aquella estación instalada en el año 1994.

En la actualidad, el servicio de post proceso y el servicio de difusión de correcciones en tiempo real vía internet, se ha convertido en el servicio de datos GNSS más consultado en levantamientos topo-geodésicos de todo el país.

---

<sup>6</sup> Mas información en <https://sirgas.ipgh.org/realizaciones/sirgas95/>

**Figura 1**

*REGNA-ROU. Estaciones permanentes.*



*Nota.* Figura elaborada en Google Earth Pro con la información extraída de <https://igm.gub.uy/geoportal/>.

**Marco de referencia estaciones REGNA-ROU.** La Red Geodésica Nacional se conforma por estaciones permanentes instaladas a partir del año 2006, cuyas coordenadas han sido ajustadas al Marco de Referencia Terrestre Internacional ITRF94 época 1995.4.

De acuerdo al artículo elaborado por el Instituto Geográfico Militar, “*Coordenadas Oficiales SIRGAS-ROU98 (época 1995.41) de las Estaciones de la REGNA-ROU*” elaborado en Agosto de 2015, el procedimiento de ajuste ha sido el siguiente:

**Datos:**

Se tomaron las observaciones correspondientes a la semana GPS 1854 (del 19 al 25 de julio de 2015) de las siguientes estaciones de la REGNA-ROU: UYAR, UYCL, UYCO, UYDU, UYFD, UYFS, UYLA, UYLP, UYMO, UYPA, UYPT, UYRI, UYRO, UYRV, UYSA, UYSG, UYSJ, UYSO, UYTA, UYTD, UYTT.<sup>7</sup>

Se utilizaron como estaciones de referencia las siguientes estaciones de la Red SIRGAS-CON: IMBT, SMAR, TUCU, MZAC, VBCA, UYMO, LPGS, ESQU.

**Proceso:**

- A. Se utilizó el Software Bernese 5.2.
- B. Se calcularon las soluciones diarias semilibres para los días 200 al 206 de la semana GPS 1854, época 2015.53, ITRF2008. Éstas se combinaron en una solución semanal y las coordenadas se ajustaron a los valores SIRGAS (semana 1853) de las estaciones seleccionadas como de referencia. La precisión de las coordenadas obtenidas se encuentra dentro de los rangos esperados de  $\sim 1.5$  mm en N y E y  $\sim 4.2$  mm en h.<sup>8</sup>
- C. Se trasladaron las coordenadas fiduciales desde la época calculada 2015.53, ITRF2008 a la época 1995.41, ITRF1994<sup>9</sup> correspondiente al Sistema de Referencia Geodésico para Uruguay SIRGAS-ROU98, de la siguiente manera:
  1. A partir de las coordenadas sexadecimales obtenidas en B., se realizó el cálculo de velocidades utilizando el Modelo de Velocidades de SIRGAS para Américas del Sur y el Caribe VEMOS2009 (<http://www.sirgas.org/index.php?id=54>) cuya precisión es de  $\sim \pm 1$  mm/año Norte y  $\sim \pm 1,5$  mm/año Este. Se estima una precisión de  $\sim \pm 6$  mm/año en h.
  2. Con las velocidades obtenidas en 1., se realizó el traslado de coordenadas desde la época 2015.53 a la época 1995.41, ITRF2008.
  3. Finalmente se realizó el cambio del marco de referencia ITRF 2008 al ITRF 1994 acorde a los procedimientos y parámetros oficiales de ITRF ([http://itrf.ensg.ign.fr/trans\\_para.php](http://itrf.ensg.ign.fr/trans_para.php)):

ITRF 2008 ---> ITRF 2005  
ITRF 2005 ---> ITRF 2000  
ITRF 2000 ---> ITRF 1994

---

<sup>7</sup> Observación: Las estaciones UYBU, UYIF, UYLM, UYMA, UYSC y UYRB no participaron en este proceso.

<sup>8</sup> Anexo I: Coordenadas SIRGAS (época 2015.53 - ITRF2008).

<sup>9</sup> Anexo II: Coordenadas SIRGAS-ROU98 (época 1995.41 - ITRF1994).

**Nota:** El grado de incertidumbre obtenido en la determinación de las coordenadas de las estaciones de la REGNA-ROU, en el Sistema de Referencia SIRGAS-ROU98 (SIRGAS época 1995.41) adoptado por Uruguay, obedece particularmente a las precisiones anuales del modelo de velocidades VEMOS2009 utilizado para el traslado a la época de referencia. Es importante aclarar que no se tuvieron en cuenta los efectos del sismo de Chile de 2010, dado que requiere un modelo de deformación cosísmica específico, el cual no se ha podido calcular por el reducido número de estaciones en la zona y la transformación resultaría muy imprecisa.

## Figura 2

*REGNA-ROU. Ajuste Marco de referencia ITRF94 época 1995.4.*



*Nota.* Figura elaborada con la información extraída del Artículo del Instituto Geográfico Militar.

**Participación de estaciones permanentes en territorio uruguayo en redes geodésicas.**

**Tabla 4**

*Participación de estaciones permanentes en redes geodésicas*

| <b>Nombre</b> | <b>Localidad</b>       | <b>Red</b> | <b>Marco/época de referencia</b> |
|---------------|------------------------|------------|----------------------------------|
| MTV1          | Montevideo             | IGS/SIRGAS | IGS20 (ITRF20)<br>2023.3         |
| UYAR          | Artigas                | REGNA-ROU  | ROU 98 (ITRF94)<br>1995.4        |
| UYAR          | Artigas                | SIRGAS     | IGS20 (ITRF20)<br>2023.3         |
| UYBU          | Bella Unión            | REGNA-ROU  | ROU 98 (ITRF94)<br>1995.4        |
| UYBU          | Bella Unión            | SIRGAS     | IGS20 (ITRF20)<br>2023.3         |
| UYCL          | Melo                   | REGNA-ROU  | ROU 98 (ITRF94)<br>1995.4        |
| UYCL          | Melo                   | SIRGAS     | IGS20 (ITRF20)<br>2023.3         |
| UYCO          | Colonia del Sacramento | REGNA-ROU  | ROU 98 (ITRF94)<br>1995.4        |
| UYCO          | Colonia del Sacramento | SIRGAS     | IGS20 (ITRF20)<br>2023.3         |
| UYDU          | Sarandí del Yí         | REGNA-ROU  | ROU 98 (ITRF94)<br>1995.4        |
| UYDU          | Sarandí del Yí         | SIRGAS     | IGS20 (ITRF20)<br>2023.3         |
| UYFD          | Florida                | REGNA-ROU  | ROU 98 (ITRF94)<br>1995.4        |
| UYFD          | Florida                | SIRGAS     | IGS20 (ITRF20)<br>2023.3         |
| UYFS          | Trinidad               | REGNA-ROU  | ROU 98 (ITRF94)<br>1995.4        |

|      |                   |           |                           |
|------|-------------------|-----------|---------------------------|
| UYFS | Trinidad          | SIRGAS    | IGS20 (ITRF20)<br>2023.3  |
| UYIF | Isla de Flores    | REGNA-ROU | ROU 98 (ITRF94)<br>1995.4 |
| UYIF | Isla de Flores    | SIRGAS    | IGS20 (ITRF20)<br>2023.3  |
| UYLA | Minas             | REGNA-ROU | ROU 98 (ITRF94)<br>1995.4 |
| UYLA | Minas             | SIRGAS    | IGS20 (ITRF20)<br>2023.3  |
| UYLM | La Montañesa      | REGNA-ROU | ROU 98 (ITRF94)<br>1995.4 |
| UYLP | La Paloma         | REGNA-ROU | ROU 98 (ITRF94)<br>1995.4 |
| UYLP | La Paloma         | SIRGAS    | IGS20 (ITRF20)<br>2023.3  |
| UYMA | Maldonado         | REGNA-ROU | ROU 98 (ITRF94)<br>1995.4 |
| UYMA | Maldonado         | SIRGAS    | IGS20 (ITRF20)<br>2023.3  |
| UYMO | Montevideo        | REGNA-ROU | ROU 98 (ITRF94)<br>1995.4 |
| UYMO | Montevideo        | SIRGAS    | IGS20 (ITRF20)<br>2023.3  |
| UYPA | Paysandú          | REGNA-ROU | ROU 98 (ITRF94)<br>1995.4 |
| UYPA | Paysandú          | SIRGAS    | IGS20 (ITRF20)<br>2023.3  |
| UYPT | Paso de los Toros | REGNA-ROU | ROU 98 (ITRF94)<br>1995.4 |
| UYPT | Paso de los Toros | SIRGAS    | IGS20 (ITRF20)<br>2023.3  |

|      |                         |           |                           |
|------|-------------------------|-----------|---------------------------|
| UYRB | Río Branco              | REGNA-ROU | ROU 98 (ITRF94)<br>1995.4 |
| UYRB | Río Branco              | SIRGAS    | IGS20 (ITRF20)<br>2023.3  |
| UYRI | Rivera                  | REGNA-ROU | ROU 98 (ITRF94)<br>1995.4 |
| UYRI | Rivera                  | SIRGAS    | IGS20 (ITRF20)<br>2023.3  |
| UYRO | Parque Santa Teresa     | REGNA-ROU | ROU 98 (ITRF94)<br>1995.4 |
| UYRO | Parque Santa Teresa     | SIRGAS    | IGS20 (ITRF20)<br>2023.3  |
| UYRV | Vichadero               | REGNA-ROU | ROU 98 (ITRF94)<br>1995.4 |
| UYRV | Vichadero               | SIRGAS    | IGS20 (ITRF20)<br>2023.3  |
| UYSA | Salto                   | REGNA-ROU | ROU 98 (ITRF94)<br>1995.4 |
| UYSA | Salto                   | SIRGAS    | IGS20 (ITRF20)<br>2023.3  |
| UYSC | Santa Clara de Olimar   | REGNA-ROU | ROU 98 (ITRF94)<br>1995.4 |
| UYSG | San Gregorio de Polanco | REGNA-ROU | ROU 98 (ITRF94)<br>1995.4 |
| UYSG | San Gregorio de Polanco | SIRGAS    | IGS20 (ITRF20)<br>2023.3  |
| UYSJ | San José de Mayo        | REGNA-ROU | ROU 98 (ITRF94)<br>1995.4 |
| UYSJ | San José de Mayo        | SIRGAS    | IGS20 (ITRF20)<br>2023.3  |
| UYSO | Mercedes                | REGNA-ROU | ROU 98 (ITRF94)<br>1995.4 |
| UYSO | Mercedes                | SIRGAS    | IGS20 (ITRF20)<br>2023.3  |

|      |                  |           |                           |
|------|------------------|-----------|---------------------------|
| UYTA | Tacuarembó       | REGNA-ROU | ROU 98 (ITRF94)<br>1995.4 |
| UYTA | Tacuarembó       | SIRGAS    | IGS20 (ITRF20)<br>2023.3  |
| UYTD | Terma del Arapey | REGNA-ROU | ROU 98 (ITRF94)<br>1995.4 |
| UYTD | Terma del Arapey | SIRGAS    | IGS20 (ITRF20)<br>2023.3  |
| UYTT | Treinta y Tres   | REGNA-ROU | ROU 98 (ITRF94)<br>1995.4 |
| UYTT | Treinta y Tres   | SIRGAS    | IGS20 (ITRF20)<br>2023.3  |

*Nota.* El cuadro fue elaborado en función de la información extraída de <https://sirgas.ipgh.org/> y <https://igm.gub.uy/geoportales/estaciones-3/> el día 07/02/2023.

**Servicio de difusión de datos GNSS.** Los diferentes productos y servicios se pueden acceder a través de los siguientes servidores.

**Tabla 5**

*Acceso a productos y servicios REGNA-ROU*

|                   | <b>Ntrip Streams</b>                               | <b>Observaciones año actual</b>                       | <b>Observaciones históricas</b>                             |
|-------------------|--|---|---|
| <b>Dirección</b>  | <a href="http://rtk.igm.gub.uy">rtk.igm.gub.uy</a> | <a href="ftp://pp.igm.gub.uy">ftp://pp.igm.gub.uy</a> | <a href="sftp://sftp.igm.gub.uy">sftp://sftp.igm.gub.uy</a> |
| <b>Puerto</b>     | 2101   | 21  | 22  |
| <b>Usuario</b>    | Se debe crear una cuenta <sup>10</sup>             | Anónimo   | regna   |
| <b>Contraseña</b> | Se debe crear una cuenta                           | Sin contraseña  | histórico   |

*Nota.* El cuadro fue elaborado en función de la información extraída de <https://igm.gub.uy/2016/05/20/servicios-regna-rou/>.

<sup>10</sup> Para hacer uso del servicio, el usuario se debe registrar en <https://rtk.igm.gub.uy/sbc/>

## **Fuentes de error: La Tierra y GNSS**

La determinación de coordenadas de un punto sobre la Tierra exige la definición de un sistema de referencia y su materialización a través de un marco de referencia.

En primer lugar, la Tierra, al ser un elemento vivo, formada por elementos físicos (sólido, líquido y gaseosos) sufre desplazamientos y deformaciones en la corteza terrestre, causando distorsiones en las coordenadas de los puntos de las redes geodésicas.

Por otro lado, los Sistemas de Navegación por Satélite se apoyan en la medición del tiempo que tarda en viajar la señal desde el centro de fase de la antena del satélite hasta el centro de fase de la antena del receptor para el cálculo de la distancia satélite-receptor. Esta metodología presenta diversos errores, los cuales se pueden clasificar en tres grupos según su procedencia: errores asociados al satélite, al medio de propagación y al receptor, además de los errores inherentes a los marcos de referencia.

### ***La Tierra***

**Fenómenos que producen variación en las coordenadas.** La Tierra al ser un planeta en formación, su corteza terrestre se encuentra en constante movimiento. Los principales fenómenos que causan variación en las coordenadas son:

1. Tectónica de placas
2. Mareas terrestres
3. Cargas oceánicas
4. Movimiento del polo

Las mareas terrestres, las cargas oceánicas y el movimiento del polo son producto del efecto gravitatorio producido por la Luna, el Sol y los planetas del Sistema Solar.

**Tabla 6**

*Fenómenos y modo de corrección*

| <b>Fenómenos</b>    | <b>Modo de corrección</b>   |
|---------------------|---|
| Mareas terrestres   | Se corrige durante el post proceso de datos GNSS introduciendo un modelo de marea terrestre (ejemplo IERS03).   |
| Cargas oceánicas    | Las correcciones son brindadas por el Observatorio Espacial de Onsala.<br><a href="http://holt.oso.chalmers.se/loading/">http://holt.oso.chalmers.se/loading/</a> |
| Movimiento del polo | Se corrige durante el post proceso de datos GNSS introduciendo los Parámetros de Rotación de la Tierra.   |

El movimiento de las placas tectónicas en la práctica es la principal fuente de variación en las coordenadas de un punto. En nuestro país según lo expuesto por Suárez, N. (2012)<sup>11</sup>:

A través de los datos colectados por la REGNA-ROU, en combinación con las demás estaciones de la red continental y global antes mencionadas, se ha venido observando un desplazamiento anual de la placa Sudamericana del orden de 1 cm en la dirección sur-norte. Particularmente, el 27 de febrero de 2010, en momentos en que sucedió el terremoto de magnitud 8,8 en la escala sismológica de Richter, con epicentro en la ciudad de Concepción-Chile, se pudo determinar que nuestro país tuvo un corrimiento del orden de los 2 cm en la dirección general este-oeste. (p. 23-28).

<sup>11</sup> Suárez, N. (2012). Red Geodésica Nacional Activa de la República Oriental del Uruguay (REGNA-ROU). Infraestructura al servicio del desarrollo de nuevas capacidades mediante el empleo de Tecnologías de la Información Geográfica (TIG). *Biblioteca Nacional, Cuaderno de Geografía, 1*, 23-28.

**Tabla 7***Resumen de valores y razones de deformación de la Tierra*

|                          | <b>Escala de Tiempo</b> | <b>Amplitud horizontal</b> | <b>Amplitud vertical</b> |
|--------------------------|-------------------------|----------------------------|--------------------------|
| <b>Marea terrestre</b>   | horas                   | 10 cm                      | 30 cm, incluso 1 m       |
| <b>Carga oceánica</b>    | horas                   | <3 cm                      | <10 cm                   |
| <b>Marea mov. polo</b>   | diaria                  | <1 cm                      | <2-3 cm                  |
| <b>Carga atmosférica</b> | semanal                 | <1 cm                      | <2-3 cm                  |
| <b>Tectónica</b>         | deriva                  | <10 cm/año                 | <1 cm/año                |
| <b>Terremotos</b>        | Segundos/años           | Varios metros              | Varios metros            |

*Nota.* El cuadro fue extraído de Valero, B., J. L., Anquela Julián, A. B., & Garrido Villén, N. (2014). GNSS. GPS: fundamentos y aplicaciones en Geomática. Colección Académica. Editorial UPV.

## **GNSS**

Los errores se pueden clasificar en tres grupos según su procedencia: errores asociados al satélite, al medio de propagación y al receptor.

### Errores asociados al satélite:

#### 1. Errores orbitales.

Los errores orbitales son producto de la variación del campo gravitatorio, efectos mareas producidos por el Sol y la Luna, y otros fenómenos que repercuten a la desviación de los satélites de su órbita teórica. La forma de disminuir este error es trabajar con efemérides precisas durante el procesamiento de datos GNSS.

#### 2. Errores en los relojes de los satélites.

El error total del reloj del satélite se divide en dos componentes: offset del reloj y error relativista.

$$\delta t_s = dt + \delta t_r$$

$\delta t_s$  : error total del reloj del satélite

$dt$ : offset del reloj

$\delta t_r$ : error relativista: relatividad general y relatividad especial.

El término de desviación u offset del reloj, refiere a la estabilidad y/o capacidad de un oscilador de mantener su frecuencia nominal por un período de un año.<sup>12</sup> La manera de eliminar este error es realizar observaciones de fase desde dos estaciones A y B a un mismo satélite j para un mismo instante.<sup>13</sup>

---

<sup>12</sup> Un oscilador de 10 MHz de frecuencia que al cabo de un año tenga 10.0001 MHz, habrá sufrido un incremento de 100 Hz, con lo que su estabilidad de largo período será de  $10^{-5}$ .

<sup>13</sup> “El observable de fase es la diferencia entre la fase de la portadora recibida del satélite y la fase generada internamente por el oscilador del receptor.” (Berné, 2014, p.157). Si planteamos la resta entre la ecuación de diferencia de fase  $\Phi_{L1}$  o  $\Phi_{L2}$  entre *receptor A - satélite j* y *receptor B - satélite j* se elimina el término de desviación del reloj del satélite.

El error relativista tiene una magnitud del orden de pocas partes por billón el cual se puede descomponer en dos partes: relatividad general y relatividad especial. Debido a la diferencia de potencial gravitatorio (relatividad general) entre los satélites y el lugar de observación, el ritmo de oscilación de los relojes en los satélites es más rápido, por lo cual es necesario disminuir la frecuencia fundamental del oscilador en fábrica.

La relatividad especial es una componente periódica (*rel*) causada por la velocidad relativa entre satélite - receptor y es responsabilidad del software del receptor corregirla.

$$rel = \frac{2(r \times v)}{c} \text{ metros}$$

Donde *r* y *v* son la posición geométrica y velocidad del satélite en un sistema inercial, y *c* velocidad de la luz en el vacío.

### 3. S/A-Disponibilidad selectiva.

El Departamento de Defensa de los Estados Unidos estableció una política de degradación intencional de la señal, la cual consistía en alterar la información del estado del reloj y de los parámetros orbitales. El presidente Bill Clinton en el año 2000 anunció el fin de la degradación, aunque, no obstante, la activación es una decisión unilateral del propio país. De todas maneras, este error se puede eliminar trabajando con posicionamiento relativo, el cual se desarrolla en la sección Métodos de observación y posicionamiento GNSS.

#### Errores asociados al medio de propagación:

La velocidad de propagación de las señales electromagnéticas en su recorrido desde el satélite hasta el receptor en Tierra se ve afectada por las características del medio que atraviesa. En el vacío, el retardo es inexistente, siendo la velocidad de propagación igual a la velocidad de la luz. La Ionosfera es un medio dispersivo, donde el índice de refracción va a depender de la frecuencia y por ende la velocidad podrá aumentar como disminuir. La Tropósfera, en cambio, no es un

medio dispersivo, pero es la capa donde se concentra prácticamente todo el vapor de agua cuyo retraso es muy difícil de modelar.

### 1. Refracción Ionosférica.

La Ionósfera es la capa de la atmósfera comprendida desde una altura de 80 km hasta los 1000 km aproximadamente. Como dice su nombre, es una capa muy ionizada producto de la radiación solar, donde la velocidad de propagación depende de la densidad de electrones. La unidad de medida para determinar el contenido de electrones es el TECU (Total Electron Content Unit), donde 100 TECU supone un retraso de 16 metros para la frecuencia L1 (1575,42 MHz) y de 26 metros para la frecuencia L2 (1227,60 MHz). En la práctica, estos valores son difíciles de predecir y por ende modelar, por lo cual, la manera de tratar o eliminar el efecto ionosférico en la propagación de la señal es:

- Utilizar modelos ionosféricos aunque suelen presentar baja resolución espacial y temporal.
- Utilizar receptores doble frecuencia. Estos son capaces de eliminar el error de primer orden por combinación de frecuencias (L1 y L2). Es importante tener presente que, al aplicar la combinación “libre de ionósfera” se cancela el término ionosférico y las ambigüedades resultantes ya no son enteras. El error resultante de la medición aumentará, por lo que, se recomienda hacer uso de la misma en vectores de longitud mayor de 30 km donde el efecto ionosférico diferencial no sea despreciable.

### 2. Refracción Troposférica.

A efectos de la propagación de las ondas se considera la troposfera y estratosfera como una única capa denominada troposfera, cuyo alcance así definido son los primeros 80-100km de altura. La señal, al momento de atravesar la troposfera, sufre un retraso producto de la presión atmosférica,

la temperatura y el vapor de agua, influenciado además, por el ángulo de elevación del satélite y la altitud del receptor. La presión como la temperatura son las responsables del 90% del error, mientras que el vapor de agua representa el 10% restante, sin embargo, las dos primeras son fáciles de modelar, no así el último factor. En la actualidad, se han desarrollado funciones de mapeo troposférico, como por ejemplo, Niell Mapping y Global Mapping, capaces de estimar el error de acuerdo al ángulo de elevación del satélite.

#### Errores asociados al receptor:

##### 1. Pérdidas de ciclo.

Los receptores GNSS se apoyan para el cálculo de distancias satélites - receptor en medidas de fase. La fase de la portadora es el número entero  $n$  de ciclos de portadora transcurridos desde que la señal parte del satélite hasta que es recibida por el receptor, más la fracción de ciclo medida. Las principales razones que pueden producir pérdidas de ciclos son la baja calidad de la señal producto de edificios y/o árboles cercanos, condiciones atmosféricas o un fallo del software del receptor. Los ciclos perdidos se pueden recuperar a través de combinaciones lineales de frecuencia L1 y L2<sup>14</sup>.

##### 2. Efecto multipath o trayectoria múltiple.

El error de multicamino se produce cuando la antena del receptor recibe además de la señal emitida por el satélite, varias reflejadas. Los objetos reflectantes más frecuentes son los edificios, árboles, antenas, superficie de agua, entre otros elementos. La manera de mitigar este error es elegir sitios de observación libres de superficies reflectantes, incrementar el tiempo de observación, o utilizar antenas GNSS del tipo Choke ring que eliminan o disminuyen este efecto.

---

<sup>14</sup> Los satélites emiten tres tipos de señales: portadora (L1 y L2), código y mensaje. Las ondas portadoras L1 y L2 son ondas electromagnéticas en la banda L que se utilizan para transmitir información. La frecuencia de L1 tiene un valor de 1575.42 MHz, mientras que la frecuencia L2 de 1227.60 MHz.

### 3. Estado del reloj del receptor.

El reloj del receptor se utiliza para calcular el tiempo transcurrido entre la señal recibida por el satélite y la réplica generada en el propio equipo. En el caso de que ambos relojes estén sincronizados, el tiempo que habrá que desplazar la réplica será igual al tiempo de propagación de la señal. En la práctica, esto no ocurre, los relojes no están sincronizados entre sí, existe una deriva respecto al tiempo del sistema, que añadido a otros errores, repercute directamente en el cálculo de la distancia satélite-receptor. La manera de mitigar o disminuir este error, es trabajar con posicionamiento relativo y con receptores geodésicos, debido a la mayor precisión de sus relojes.

### 4. Offset y variación del centro de fase de la antena.

La señal es recibida por el receptor en un punto conocido como centro de fase de la antena o centro eléctrico, el cual varía de acuerdo al azimut, la elevación y la frecuencia de la misma. La diferencia entre la posición media del centro eléctrico y el punto de referencia físico de la antena (antenna reference point – ARP) se conoce como offset del centro de fase de la antena (phase center offset – PCO). Las correcciones de fase para distintos modelos viene dado en un archivo conocido como ANTEX (Antenna exchange format), el cual se puede descargar de los siguientes organismos:

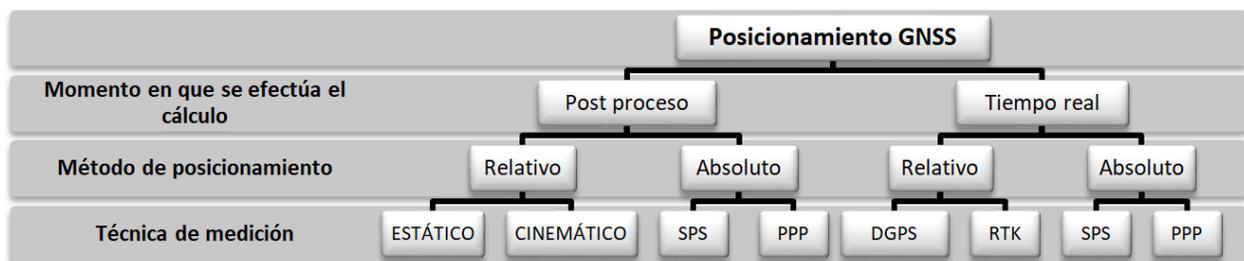
- <http://www.unavco.org>
- <http://igscb.jbl.nasa.gov>
- <https://www.ngs.noaa.gov/ANTCAL/>

## Métodos de observación y posicionamiento GNSS

La localización de un objeto en la Tierra a partir de los Sistemas de Navegación por Satélite, exige la utilización de diferentes métodos y técnicas de observación, los cuales se pueden clasificar en primer lugar, según la cantidad de receptores necesarios para el cálculo del posicionamiento. Si se utiliza un único receptor, el método se denomina absoluto y la posición del punto se obtiene utilizando técnicas PPP (Posicionamiento Puntual Preciso) o SPS (Standard Positioning Service). Si se utilizan dos o más receptores, el método se denomina relativo o diferencial y la posición se obtiene utilizando técnicas DGPS (Diferencial GPS) o RTK (Real Time Kinematic). Los distintos fenómenos y errores asociados al sistema GNSS, se pueden eliminar o disminuir en función del método de observación y en función del momento en que se efectúe el cálculo (tiempo real o en post proceso). En este caso solo se profundizará en el método diferencial tanto en modo post proceso como en tiempo real.

### Figura 3

*Clasificación métodos de posicionamiento GNSS*



*Nota.* Elaboración propia.

### ***El método diferencial o relativo***

En la actualidad, el método diferencial es el más utilizado por los usuarios, presentando una fuerte demanda en aplicaciones como GIS, agricultura de precisión, relevamientos topográficos, cartografía, geodesia, geofísica, entre otros.

El posicionamiento relativo requiere de observaciones simultáneas desde al menos dos receptores GNSS, donde uno es considerado base de coordenadas conocidas y el otro es considerado móvil/rover. En el posicionamiento a tiempo real, el receptor móvil cuyas coordenadas se desconocen debe recibir correcciones<sup>15</sup> a sus propias mediciones, generadas y emitidas por el receptor base, el cual puede ser un equipo propio del usuario, una estación permanente o una red de estaciones permanentes. Estas correcciones son enviadas desde el receptor base al receptor móvil a través de algún sistema de comunicación, como puede ser, vía radio-módem o vía internet.

El cálculo del posicionamiento se resuelve a través de un sistema de ecuaciones de simples diferencias, donde las incógnitas son las tres coordenadas de los puntos y el estado del oscilador de los receptores en cada época. Los algoritmos de cálculo de los programas comerciales de post proceso están incorporados en las controladoras de los receptores, y apoyados en las correcciones recibidas del receptor base, son capaces de calcular de forma inmediata las coordenadas de los puntos. De esta manera, los usuarios pueden posicionarse de forma precisa en el instante de medición o en post proceso y obtener coordenadas en el marco de referencia de la estación base.

---

<sup>15</sup> Se puede profundizar sobre el tema en la tesis doctoral de: Camisay Bande, M. F. (2021). *Aplicaciones innovativas del posicionamiento satelital a tiempo real*. Facultad de Ingeniería Universidad Nacional de Cuyo, Mendoza.

**Tiempo real y post proceso.** Esta clasificación atiende al momento en el que se efectúa el cálculo de las coordenadas en los puntos de interés.

Si bien es cierto que los Sistemas Globales de Navegación Satelital (GNSS) han sido diseñados para conocer la posición de los objetos en la Tierra en tiempo real, dicha posición no puede ser conocida con precisión en el instante de la observación. Cuando la precisión deseada supera los límites del tiempo real, surge otra alternativa.

El término post proceso está vinculado al cálculo tardío o a posteriori de las coordenadas de los puntos ocupados en campo. Se trata de un procedimiento que vincula los datos levantados en campo y las observaciones provenientes de una o varias estaciones permanentes, con el fin de resolver el sistema de ecuaciones propias del método diferencial. En ánimo de mitigar los errores expuestos en el capítulo anterior, es posible introducir o disponer, dependiendo del software de procesamiento, modelos matemáticos tales como modelos ionosféricos, troposféricos, cargas oceánicas, modelo de velocidades, parámetros de rotación de la Tierra, entre otros, que pretenden predecir el comportamiento de las distintas fuentes de error.

Hoy en día, existen numerosos softwares de procesamiento de datos GNSS, generalmente clasificados bajo dos criterios, según su aplicación o propósito, se clasifican en científicos o comerciales, y en cuanto a su costo y condiciones de uso, se clasifican en software libre o propietario. Entre los softwares comerciales y de propietario más populares se encuentran, Leica Geo Office, Leica Infinity, CHC Geomatic Office 2, Trimble Business Center, junto a otros, dedicados principalmente al procesamiento de datos GNSS con fines constructivos, catastrales y topográficos. Por otro lado, los programas científicos más relevantes son: Gamit-Globk, Department of Earth Atmospheric and Planetary Sciences (Massachusetts Institute of Technology), Gipsy-Oasis (Jet Propulsion Laboratory – NASA) y Bernese, Universidad de Berna. Como ítems diferenciados frente a un software comercial en el procesamiento, está el

cálculo de las velocidades de estaciones, parámetros de rotación del polo, correcciones por cargas oceánicas y correcciones por mareas terrestres.

Finalmente, el software de procesamiento libre RTKLIB, es una herramienta muy valiosa a tener en cuenta por los usuarios. Entre las prestaciones más importantes, se destaca la gran variedad de métodos de medición, diversas opciones de corrección ionosférica y troposférica, posibilidad de trabajar con modelo de cargas oceánicas, parámetros de rotación del polo, entre otros.

La siguiente tabla pretende ilustrar cuáles son los fenómenos, modelos o parámetros que corrigen los errores tenidos en cuenta para el cálculo de la posición, en mediciones en tiempo real y/o en post proceso. Los resultados expuestos, no representan el cien por cien de los casos, pero sí, gran parte de ellos.

**Tabla 8**  
*Errores tiempo real vs post proceso*

|   | Tiempo real | Post proceso<br>Software no científico | Post proceso<br>Software científico |
|---|-------------|--|-------------------------------------|
| <b>La Tierra</b>                        |             |  |                                     |
| Tectónica de placas                     |             |  | ✓                                   |
| Mareas terrestres                       |             |  | ✓                                   |
| Cargas oceánicas                        |             |  | ✓                                   |
| Movimiento del polo                     |             |  | ✓                                   |
| <b>GNSS</b>                             |             |  |                                     |
| Efemérides Precisas                     |             | ✓                                      | ✓                                   |
| Errores en los relojes de los satélites | *16         | *17                                    | ✓                                   |
| Modelo Ionosférico                      |             | ✓                                      | ✓                                   |
| Modelo Troposférico                     |             | ✓                                      | ✓                                   |
| Pérdidas de ciclo                       | *18         | ✓                                      | ✓                                   |
| Efecto multipath                        |             |  | *19                                 |

<sup>16</sup> Se aplican correcciones a partir de la efeméride transmitida.

<sup>17</sup> Si se utilizan efemérides precisas, se puede mitigar o disminuir este error. Se recomienda leer el manual del software de procesamiento.

<sup>18</sup> Depende del algoritmo de resolución del receptor utilizado. Profundizar sobre este ítem en el manual de cada equipo.

<sup>19</sup> Si bien los softwares de procesamiento no permiten eliminar este error, es posible detectar su presencia y luego eliminar las observaciones afectadas del procesamiento.

---

|                               |   |   |                  |
|-------------------------------|---|---|------------------|
| Estado del reloj del receptor | ✓ | ✓ | ✓* <sup>20</sup> |
|-------------------------------|---|---|------------------|

---

|  |   |   |   |
|--|---|---|---|
| Offset y variación del centro de fase de la antena | ✓ | ✓ | ✓ |
|--|---|---|---|

---

*Nota.* Elaboración propia.

---

<sup>20</sup> El software científico permite sincronizar relojes, detectar outliers y corregirlos antes de comenzar con el post procesamiento.

***Soluciones de red.*** La gran limitante del posicionamiento diferencial a tiempo real, es la distancia que separa el receptor base y el receptor móvil. Según recomendaciones del servicio RAMSAC-NTRIP, la estación base debe estar a una distancia inferior a los 50 kilómetros para receptores doble frecuencia, y 20 kilómetros para receptores simple frecuencia, buscando de esta manera un retraso de la señal GNSS similar entre el receptor base y el receptor móvil. En nuestro país, como en muchos países de la región, la distribución de las estaciones no satisface la primera condición, generando “vacíos” o “huecos” donde las correcciones diferenciales no son óptimas. Las soluciones de red amortiguan la no existencia de una estación permanente a una distancia menor de 50 kilómetros. A partir de un mínimo de tres estaciones, es posible construir dentro del espacio definido por la red, una solución de correcciones, logrando de esta manera, ampliar la distancia máxima recomendada entre la estación de referencia y el receptor móvil, propia del RTK convencional. Los primeros desarrollos de soluciones de red fueron la Estación de Referencia Virtual, VRS por sus siglas en inglés (Virtual Reference Station) y los Parámetros de Corrección por Planos, FKP, por sus siglas en alemán (Flächen Korrektur Parameter). Luego surgieron otras soluciones, como el Concepto Master-Auxiliar (MAX) o el i-MAX (Individual Master-Auxiliary Concept), entre otras.

Estación de Referencia Virtual. A partir de las correcciones emitidas por las estaciones de referencia que integran la celda, se crea una estación virtual (inexistente materialmente) situada a pocos metros del receptor móvil, con el fin de mejorar los resultados alcanzados con el posicionamiento RTK convencional. El receptor móvil interpreta y utiliza los datos de la estación de referencia virtual como si proviniera de una estación permanente real.

## Capítulo II.

### Estudio de la influencia de la desactualización del marco de referencia en el posicionamiento diferencial y la calidad de los datos GNSS emitidos por las estaciones de la red REGNA-ROU.

#### *Introducción*

En la búsqueda de respuestas a la principal interrogante y preocupación de numerosos colegas “¿Cómo es posible que al ocupar el mismo punto, se obtengan diferentes coordenadas dependiendo de la estación permanente a la que me conecte?”, se exploraron dos caminos posibles. El primero refiere al estudio de la influencia de la desactualización del marco de referencia (ROU 98) en el posicionamiento diferencial, mientras que el segundo al analizar la calidad de los datos GNSS emitidos y generados por las estaciones permanentes que integran la Red Geodésica Nacional Activa de nuestro país.

El primer camino se abordó teniendo en cuenta la disponibilidad de coordenadas calculadas semanalmente de las estaciones permanentes publicadas por la organización sin fines de lucro SIRGAS (Sistema de Referencia Geodésico para las Américas), para las cuales se calcularon y analizaron gráficamente sus desplazamientos a lo largo de los años. Como consecuencia del estudio, surgió la interrogante acerca de si los mismos han sido homogéneos o si las estaciones sufrieron corrimientos tales que hayan implicado una pérdida de consistencia en la red. En segunda instancia y analizando de manera numérica la consecuencia de dichos desplazamientos, se realizaron procesamientos con el software libre RTKLIB en dos regiones del país con el objetivo de evaluar finalmente el comportamiento de la red de forma local y obtener

de esta manera respuestas certeras sobre la posible influencia de la desactualización del marco en el posicionamiento diferencial.

Por último, en el segundo camino, se buscó la existencia de posibles errores internos en las observaciones generadas y emitidas por las estaciones permanentes a través de un procesamiento de redes geodésicas en el software científico Bernese 5.2 (Dach et al. 2015). Esto fue posible gracias a la colaboración y visita de la investigadora y docente argentina, Dra. Ing. Agrim. María Virginia Mackern.

## *Metodología*

**Cálculo de vectores y mapa de desplazamientos - estaciones REGNA-ROU monitoreadas por SIRGAS.** Para dar inicio a esta primera etapa se recabó información de las estaciones permanentes del Instituto Geográfico Militar (IGM) monitoreadas por SIRGAS a noviembre de 2022, con la finalidad de elaborar una planilla que contenga los siguientes datos:

- 1) Nombre de la estación.
- 2) Fecha de instalación.
- 3) Fecha en la que fue adoptada por SIRGAS y se obtiene una solución semanal.
- 4) Coordenadas en SIRGAS-ROU 98<sup>21</sup> (coordenadas geodésicas, marco de referencia ITRF94, época 1995.4).
- 5) Coordenadas provenientes de reprocesamiento SIRGAS, Sanchez (2022). (Coordenadas geocéntricas, marco de referencia ITRF14, época 2022.8767).

La planilla anterior se adjunta en el Anexo III: Cálculo de vectores desplazamiento.

La recopilación de datos se utilizó como insumo para evidenciar el desplazamiento de las estaciones con el transcurso del tiempo y representarlos de forma gráfica en un mapa.

Como se aprecia en el listado anterior, las coordenadas que se encuentran en el sistema de referencia SIRGAS-ROU 98 (ITRF 94) y las coordenadas provenientes de reprocesamiento (ITRF 14), no están asociadas al mismo marco de referencia, por lo que, para que sean comparables, es necesario efectuar una transformación de 7 parámetros y llevar una de ellas al marco de referencia de la otra.

---

<sup>21</sup> La información fue extraída del sitio web: <https://igm.gub.uy/geoportal/estaciones-3/>

Los parámetros de transformación entre las diferentes realizaciones del Sistema de Referencia Internacional (ITRF), son conocidos y públicos (<https://itrf.ign.fr/en/solutions>). En este caso se utilizaron los parámetros entre ITRF94 e ITRF14 (Tabla 9).

**Tabla 9**

*Parámetros de transformación de coordenadas (ITRF 14 - ITRF 94).*

| Parámetro | T1  | T2   | T3    | D                            | R1  | R2  | R3   |
|-----------|-----|------|-------|------------------------------|-----|-----|------|
| Unidad    | mm  | mm   | mm    | $1 \times 10^{-9} \text{ m}$ | mas | mas | mas  |
|           | 7.4 | -0.5 | -62.8 | 3.8                          | 0.0 | 0.0 | 0.26 |
| Rates     | 0.1 | -0.5 | -3.3  | 0.12                         | 0.0 | 0.0 | 0.02 |

*Nota.* Información extraída del sitio web <https://itrf.ign.fr/en/solutions>.

Teniendo en vista los parámetros se procedió a realizar la transformación de coordenadas utilizando la siguiente fórmula:

$$\begin{pmatrix} x_s \\ y_s \\ z_s \end{pmatrix}_{ITRF94} = \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix}_{ITRF14} + \begin{pmatrix} T_1 \\ T_2 \\ T_3 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} D & -R_3 & R_2 \\ R_3 & D & -R_1 \\ -R_2 & R_1 & D \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix}_{ITRF14}$$

Una vez realizada la transformación de coordenadas, se está en condiciones de calcular el desplazamiento aproximado que sufrió cada una de las estaciones permanentes, ya que tanto las coordenadas transformadas como las oficiales están asociadas al mismo marco de referencia.

Al vector diferencia se lo descompuso en tres componentes Norte, Este y Up. Para calcular las diferencias se trabajó con coordenadas geodésicas aplicando las siguientes ecuaciones:

$$\Delta N = (\varphi_B - \varphi_A) * R_M * \pi/180$$

$$\Delta E = (\lambda_B - \lambda_A) * R_M * \pi/180 * \cos(\varphi_A)$$

$$\Delta Up = h_B - h_A$$

Siendo:

$\varphi_B$  la latitud del punto transformado.

$\varphi_A$  la latitud del punto oficial (SIRGAS-ROU 98).

$\lambda_B$  la longitud del punto transformado.

$\lambda_A$  la longitud del punto oficial (SIRGAS-ROU 98).

$R_M$  el radio medio terrestre (6370 km).

Una vez obtenidas las diferencias en las tres componentes para cada estación, se procedió a calcular el módulo planimétrico y el áci mut de sus desplazamientos. Se elaboró un mapa con dichos vectores de manera de analizarlos gráficamente (Figura 8).

## **Evaluación local del comportamiento de la Red Geodésica Nacional Activa.**

Habiéndose calculado el desplazamiento experimentado por las estaciones pertenecientes a la REGNA-ROU, surge la necesidad de conocer el comportamiento de la red de forma local, con el fin de aproximarnos a lo que podría ser un escenario de trabajo convencional (más adelante ámbitos de aplicación 1 y 2). La reducción de la zona de estudio a un sector específico de la red favorece a que las conclusiones desprendidas del análisis efectuado puedan ser utilizadas como respuesta a las interrogantes existentes entre colegas y usuarios activos de la REGNA-ROU, siendo la principal de ellas: “¿Cómo es posible que al ocupar el mismo punto, se obtengan diferentes coordenadas dependiendo de la estación permanente a la que me conecte?”.

En principio, se procurará responder a la problemática planteada teniendo en cuenta el origen de las coordenadas emitidas por las estaciones pertenecientes a la red. Como consecuencia, se analiza lo expuesto en el artículo “*Coordenadas Oficiales SIRGAS-ROU98 (época 1995.41) de las estaciones de la REGNA-ROU*”, el cual detalla el procedimiento de ajuste de red efectuado para las estaciones pertenecientes a la red a la fecha del artículo, mes de Agosto del año 2015.

De este análisis se desprende, en primer lugar, que el grado de incertidumbre obtenido en la determinación de las coordenadas de las estaciones de la REGNA-ROU, obedece a precisiones anuales del modelo de velocidades VEMOS2009 y no contempla las discontinuidades ocasionadas por el efecto del sismo de Chile en el año 2010. En segundo lugar, cabe destacar la situación particular de la estación UYMO. Si bien las coordenadas resultantes de las estaciones partícipes obedecen a un procesamiento y ajuste con software científico, fueron llevadas a la época oficial (1995.4) con el modelo VEMOS2009. Las coordenadas oficiales de la estación de Montevideo no responden a tal procedimiento, sino que se conservaron las coordenadas calculadas en la campaña SIRGAS 95; por consecuencia, las coordenadas de la estación permanente UYMO podrían no tener correlación con las coordenadas de las restantes estaciones.

Por último, las estaciones UYBU, UYIF, UYLM, UYMA, UYSC y UYRB no participaron en este proceso ya que su instalación fue posterior a este proceso de ajuste, entonces... “*¿Qué ocurre con estas estaciones?, ¿Cómo se calcularon sus coordenadas?, ¿Esto puede tener repercusiones en la exactitud final de las coordenadas del posicionamiento diferencial?*.”

Finalmente, a continuación, se introducen los dos ámbitos de aplicación seleccionados donde se abordará el estudio sobre el comportamiento localizado de la REGNA-ROU.

***1er Ámbito de Aplicación.*** El caso de estudio planteado consiste en tomar una zona de la red geodésica activa del IGM que cumpla con ciertas restricciones, escoger una estación permanente como “rover” y utilizar las circundantes como base para calcular las coordenadas de la estación “rover”. A continuación se detallan las restricciones mencionadas anteriormente:

1. Tres de ellas deben estar aproximadamente equidistantes de una cuarta estación.
2. Por lo menos tres de las estaciones elegidas se encuentren monitoreadas por SIRGAS.
3. Hayan estado operativas en la semana GNSS 2236.
4. Dentro del conjunto de estaciones seleccionadas, que algunas hayan participado en el ajuste del 2015 y otras no.

Como se muestra a continuación, la zona elegida se ubica en la región Este del país, ya que cuenta con 3 estaciones permanentes “bases” (UYRV, UYRB, UYSC) casi equidistantes de una cuarta estación (UYCL) que cumplirá el rol de “rover” inicialmente. Es importante recordar que tanto las estaciones UYRB cómo UYSC no participaron del proceso de ajuste realizado por el IGM en 2015.

**Figura 4**

*Post procesamiento de datos GNSS: 1er Ámbito de aplicación.*



*Nota.* Figura elaborada en Google Earth Pro.

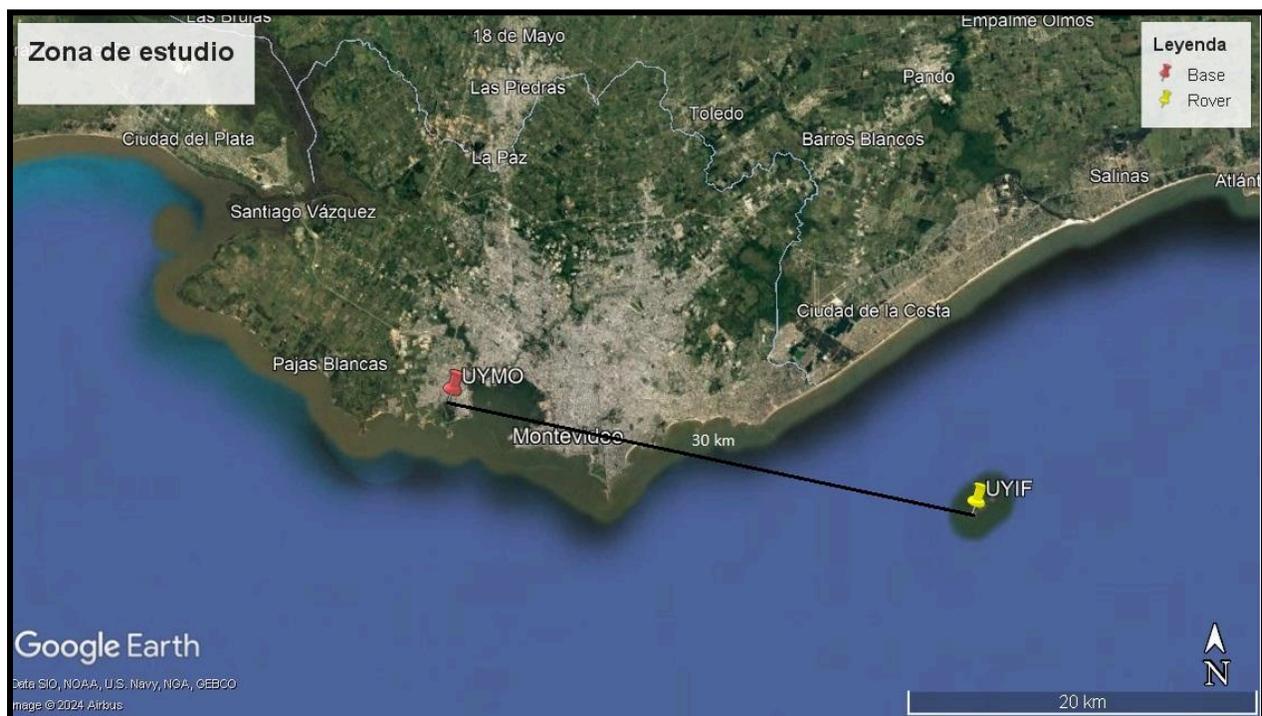
En primera instancia se descargaron datos en formato RINEX, publicados por el IGM en <ftp://pp.igm.gub.uy>, para la semana GNSS 2236, específicamente desde el 14/11 al 20/11 de 2022. Las efemérides utilizadas en esta primera parte fueron las precisas y el archivo de corrección de offset de antena o también conocido como corrección al centro de fase “igs14.atx”. Recordar que este archivo es de suma importancia tanto en post proceso como en tiempo real, para que nuestros receptores GNSS comprendan la diferencia de altura real existente entre el punto de referencia de la antena (al cual refieren las coordenadas) y el centro eléctrico de la misma (donde se recibe la señal).

Por día se realizaron 3 procesamientos diferenciales, variando la base y manteniendo a UYCL como móvil. Se calcularon las coordenadas en SIRGAS-ROU 98 utilizando la proyección UTM 21 Sur, con motivo de simplificar el análisis de los resultados obtenidos. Los parámetros utilizados en el procesamiento se detallan en el Anexo IV: Procesamiento diferencial en RTKLIB. Una vez obtenidas las coordenadas de UYCL utilizando cada una de las 3 “bases” para cada uno de los 7 días, se las comparó entre sí, y además con las coordenadas oficiales de UYCL emitidas por el IGM.

**2do *Ámbito de Aplicación.*** Hasta el momento se viene trabajando en torno a la estación permanente de Cerro Largo (UYCL). De aquí en más, se modifica el ámbito de aplicación, migrando a la zona sur del país para trabajar con las estaciones permanentes de Montevideo e Isla de Flores (UYMO y UYIF pertenecientes a la REGNA-ROU). En este caso, la estación UYMO jugó el rol de estación base, mientras que la estación UYIF de rover. Tener presente nuevamente que la estación ubicada en la Isla de Flores no intervino en el ajuste.

### Figura 5

*Post procesamiento de datos GNSS: 2do Ámbito de aplicación.*



*Nota.* Figura elaborada en Google Earth Pro.

El procesamiento de datos (conservando la semana GNSS 2236, pero solo para los días 14, 15 y 16 de Noviembre de 2022) fue realizado nuevamente en el software RTKLIB, utilizando efemérides precisas descargadas del servidor <ftp.aiub.unibe.ch>.

**Evaluación de la calidad de los datos GNSS generados y emitidos por las estaciones permanentes de la Red Geodésica Nacional Activa.** En este apartado se expone la práctica realizada con el software científico Bernese, el cual permite procesar varios vectores en simultáneo, realizar cálculo y ajuste de redes geodésicas, etc. El potencial de este software de procesamiento excede ampliamente el alcance de este proyecto de grado. Gracias a la colaboración de la Dra. Ing. Agrim. María Virginia Mackern se pudieron obtener resultados certeros sobre la calidad de los datos GNSS generados y emitidos por las estaciones permanentes que constituyen la REGNA-ROU.

Ahora bien, *“¿Cuál fue el motivo que nos llevó a utilizar tan avanzado software en un proyecto cuya finalidad es servir de apoyo al trabajo cotidiano del Ingeniero Agrimensor?”*. La respuesta está en la capacidad de corroborar la calidad de los datos GNSS provenientes de las estaciones que integran la REGNA-ROU, específicamente de los generados por las estaciones que intervienen en los “ámbitos de aplicación” detallados anteriormente. De los procesamientos aquí efectuados se obtendrán resultados parciales que serán utilizados como insumo a la hora de dar explicación a los errores en posición experimentados por los usuarios de la red.

Si bien Bernese es un software de procesamiento científico utilizado internacionalmente para procesar datos GNSS y alcanzar resultados de altísima precisión (del orden del milímetro), no deja de ser un software de procesamiento, entonces *“¿Cómo es posible verificar la calidad de los datos GNSS de la REGNA-ROU utilizando Bernese?”* El programa tiene funciones específicas que permiten evaluar la fiabilidad de los datos que le introducimos, y la calidad de los mismos. Dada la capacidad de customización que nos ofrece el software, se puede trabajar con los archivos de correcciones y modelos (ver tabla 10) más actuales, y es así que si las coordenadas obtenidas tras un riguroso procesamiento correctamente ejecutado difieren con las esperadas, podría desconfiarse de la calidad de los datos GNSS introducidos inicialmente.

Previo al desarrollo de lo realizado en la práctica, se intentará explicar de la forma más clara y sencilla posible el funcionamiento del software de origen Suizo, desarrollado por la universidad de Berna.

Parafraseando lo planteado por la autora Mateo, L. (2011) en su tesis doctoral<sup>22</sup>, la metodología de procesamiento es la siguiente:

El software utiliza como insumo principal coordenadas a priori de cada una de las estaciones permanentes para la estimación de diferentes parámetros y/o errores, como por ejemplo, para la detección de outliers, para la detección de ciclos perdidos, para la estimación de parámetros troposféricos y de posicionamiento, y para la resolución de ambigüedades. Mientras más precisas sean las coordenadas que se ingresen como valores a-priori en el cálculo diferencial, mejores serán las estimaciones de las nuevas coordenadas en cada semana de trabajo. En este caso se tomaron coordenadas SIRGAS correspondientes a la solución semanal 2236.

Una vez finalizado el procesamiento de las observaciones (cálculo relativo a la estimación de parámetros y/o errores), se realizan dos procedimientos para la obtención final de coordenadas: ajuste libre diario y ajuste libre semanal. En ambos casos los resultados se encuentran libres de deformaciones inducidas por los marcos de referencia. El tercer y último procedimiento se denomina ajuste semanal con la introducción del marco de referencia a nuestro sistema de ecuaciones normales.

A continuación, se explican con más detalle los diferentes procesos nombrados anteriormente y el camino por el cual se obtienen las coordenadas finales de las estaciones permanentes.

---

<sup>22</sup> Mateo, L. (2011). *Determinación Precisa de Velocidades en las Estaciones GNSS de Medición Continua de América Latina (Red SIRGAS)* (Doctoral dissertation, Tesis doctoral. Universidad Nacional de Cuyo. Argentina).

## Estimación de parámetros y/o errores:

### 1. Pre procesamiento de código - Sincronización de relojes.

Objetivo: sincronizar ambos relojes y detectar outliers.

Para poder trabajar en el posicionamiento diferencial con fase, es necesario asegurar que el reloj del receptor cuente con una precisión de 1 microsegundo al momento de realizar el procesamiento de fase. Dado que el error del reloj de algunos receptores puede llegar a un milisegundo es necesario definirlo y corregirlo antes de iniciar el procesamiento con fase. Por otro lado, al trabajar con efemérides precisas es posible extraer de las mismas las correcciones a los relojes de los satélites.

La combinación de códigos libres del efecto ionosférico permite la detección temprana de observaciones discordantes de código en los archivos de observación.

### 2. Conformación de vectores – Simples diferencias.

Objetivo: Construir vectores entre pares de estaciones.

Con el objeto de optimizar la estimación de parámetros eliminando la influencia de una cierta cantidad de sesgamientos que afectan la señal GNSS, se procesa en modo relativo es decir generando vectores entre pares de estaciones que tienen observaciones simultáneas. Estas combinaciones entre las mediciones de fase y código realizadas en cada estación son las denominadas simples diferencias. En una red de estaciones (más de dos estaciones de observación simultáneas) es posible realizar distintas combinaciones entre ellas tomando de dos en dos. Las estrategias más utilizadas para realizar estas combinaciones son:

- a. Máximas observaciones: se realizan todas las combinaciones posibles y sobre ellas se contabiliza la cantidad de observaciones utilizadas, seleccionando aquellas combinaciones linealmente independientes que

aprovechan la mayor cantidad de observaciones. En este caso es posible especificar un máximo y/o mínimo en la longitud del vector a seleccionar.

- b. Shortest: selecciona los vectores más cortos posibles, siempre que las observaciones de todas las estaciones cubran el mismo intervalo de tiempo.
- c. Star: todos los vectores a seleccionar parten de un mismo punto de referencia definido por el usuario.
- d. Definido: el vector debe ser definido completamente por el usuario, eligiendo el vector a crear, es decir debe elegirse las simples diferencias a generar.
- e. Manual: el vector debe ser definido seleccionando el comienzo y fin por el usuario, es decir deben elegirse las cero diferencias corregidas en el paso anterior.

En este caso se utilizó como estrategia para la conformación de vectores “Máximas observaciones”.

### 3. Pre procesamiento de fase – Triples diferencias.

Objetivo: Detectar ciclos perdidos.

Sobre los vectores conformados de simples diferencias de fase se realiza el denominado pre-procesamiento de fase. En el mismo se tratan de detectar los ciclos perdidos o bien la necesidad de resolver una nueva ambigüedad que serán luego estimadas como parámetros en el siguiente paso.

### 4. Estimación de parámetros de posicionamiento y troposféricos.

Objetivo: Estimar para cada vector independientemente los parámetros troposféricos y las correcciones a las coordenadas a priori de cada estación.

Consiste en estimar los valores de los parámetros troposféricos sin resolver ambigüedades ya que las mismas en la frecuencia L3 (combinación de las frecuencias fundamentales L1 y L2) son reales y no variables enteras. Se adopta como modelo troposférico a priori GMF (Böhm et al., 2007) y funciones de mapeo VMF + Grid VMF1 (Böhm et al., 2006) y sobre el mismo se estiman parámetros troposféricos que permitirían modelar la influencia sobre la señal debida a la parte húmeda de la tropósfera.

Al mismo tiempo se estiman los parámetros de posicionamiento, los cuales son correcciones a las coordenadas a priori de cada estación.

#### 5. Resolución de ambigüedades.

Objetivo: Estimar las ambigüedades correspondientes a cada estación.

Consiste en calcular y grabar las ambigüedades mediante alguna de las estrategias de procesamiento propuestas. En este caso se utilizó la estrategia QIF, (cuasilibre de ionósfera), la cual permite resolver ambigüedades en ambas frecuencias (L1 y L2) aún sobre líneas de grandes longitudes (hasta 1000/2000 Km.), sin usar el código como observable.

#### 6. Ajuste libre diario.

Objetivo: Estimar los parámetros troposféricos y las correcciones a las coordenadas pensando en una red de estaciones y no en vectores independientes.

Consiste en estimar las correcciones a las coordenadas y parámetros troposféricos a partir de las observaciones de una sesión completa, o día completo de observación, combinando la totalidad de los vectores que conforman la red en esa sesión. Se calculan las ecuaciones normales correspondiente a la red de vectores total de la sesión (día) y se estiman las coordenadas de los puntos de la misma. Estas coordenadas se estiman con una estrategia de ajuste cuasi-libre, es decir se aplica como estrategia para introducción del Datum

“Coordenadas constreñidas”, con un sigma a priori de 1 metro para todas las coordenadas. De esta forma se le da la libertad necesaria para que las coordenadas de la red de puntos varíen lo suficiente conforme a las observaciones y órbitas sin producir deformación en la red causada por marco de referencia alguno.

### Ajuste libre semanal.

El procesamiento diario de las observaciones ha permitido estimar todos los parámetros necesarios para eliminar la influencia de los fenómenos externos presentes en el momento de la observación, como por ejemplo los retardos ionosféricos y troposféricos. La tropósfera e ionósfera afectan a las señales en forma aleatoria, es decir que influyen de formas diferentes en distintos intervalos o días de observación. Si bien la precisión de la red obtenida en cada ajuste diario es muy buena, la influencia de estos fenómenos presentes en un lugar particular puede estar afectando al resto de la red diaria, y no sería fácil de detectar, para evitarlo se realiza un ajuste libre semanal, en el cual se analizan tanto los residuos semanales como los diarios, comparándolos con los restantes. De este modo se detectan residuos altos o fuera de tolerancia.

En este ajuste se combinan las ecuaciones normales obtenidas para cada uno de los siete días de la semana, en un único sistema de ecuaciones. De manera similar que en el ajuste diario se aplica como estrategia “Coordenadas constreñidas”, con un sigma a priori de 1 metro para todas las coordenadas. De modo tal que la red no se deforme y solo quede atada al marco establecido por las órbitas al momento de medición.

## Ajuste semanal - introducción de un datum.

Objetivo: Introducir el marco de referencia.

Las estrategias para introducir el datum se basan principalmente en la adhesión o no, al sistema de ecuaciones normales, de ecuaciones de coordenadas para los puntos fiduciales. Anexando a las mismas un peso apropiado para vincular en mayor o menor medida los vectores de la red a tales posiciones determinadas por los valores de dichas coordenadas.

El programa Bernese, propone para realizar el ajuste las siguientes cuatro estrategias:

- a. Free Network solution: la red es ajustada en forma libre. Esta opción permite estimar coordenadas de sitio sin aplicar ningún tipo de constreñimiento. No se introduce Datum alguno.
- b. Minimum constraint solution: este tipo de solución ajusta la red realizando una roto-traslación de la red medida y procesada hacia el marco de referencia que se desea utilizar como control o Datum, materializado en el grupo de coordenadas de CONTROL. Es decir intenta hacer coincidir la red a ajustar con el sistema de referencia al cual se desea vincular. En este caso es conveniente adoptar un sigma a priori para las coordenadas utilizadas como fiduciales.
- c. Coordinates constrained: esta opción permite constreñir las coordenadas de un grupo seleccionado de puntos a sus coordenadas a priori para definir el Datum geodésico. Puede especificarse un sigma a priori, que dependerá de la precisión que tenga la coordenada fiducial.
- d. Coordinates Fixed: con esta opción se pueden fijar (se admite que no tienen error alguno) las coordenadas de las estaciones seleccionadas como fiduciales a los valores especificados como a priori en el archivo de coordenadas de entrada. Estas coordenadas son fijadas totalmente sin darles ningún grado de libertad.

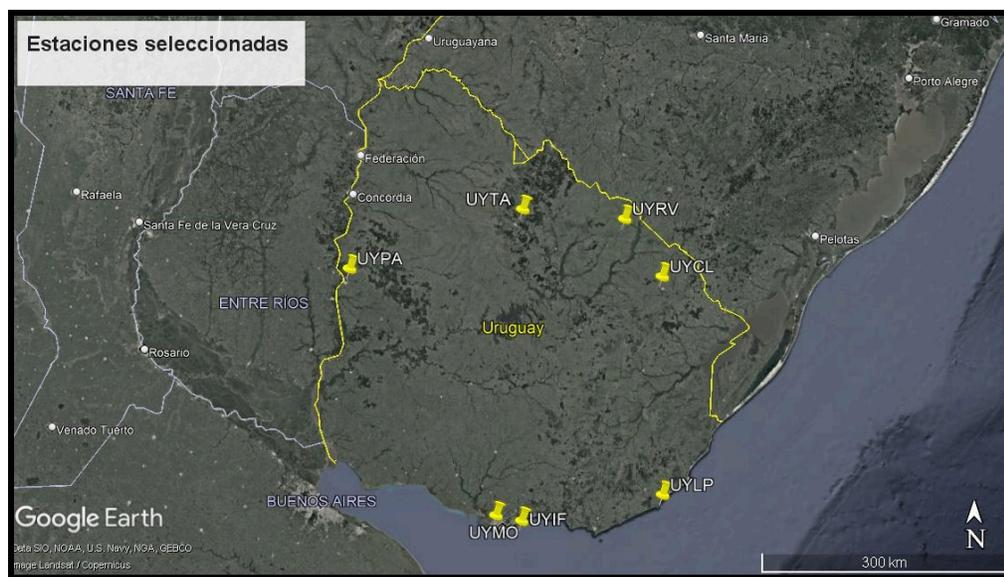
En este caso se utilizó como estrategia de ajuste “Coordinates constrained” utilizando un sigma de 1 mm. Las coordenadas utilizadas como fiduciales fueron las coordenadas SIRGAS correspondientes a la semana 2236.

Teniendo un panorama general del funcionamiento del Bernese, se está en posición de cuestionarnos: “¿En qué paso del procesamiento se obtienen resultados que nos permitan realizar inferencias sobre la calidad de los datos GNSS?”. Una posible respuesta a esta interrogante podría ser “al obtener las coordenadas finales, comparándolas con las introducidas a priori” (más adelante segundo bloque de resultados), y es válida, aunque ya desde el momento que se obtienen los residuales en el ajuste libre semanal (primer bloque de resultados) se podría inferir una respuesta al analizar sus magnitudes.

Estando en conocimiento del por qué se utilizó Bernese y cómo se pudo obtener información de los resultados alcanzados, se procede a detallar las estaciones que conforman la red calculada en la presente práctica. Las estaciones permanentes seleccionadas fueron: UYCL, UYIF, UYLP, UYMO, UYPA, UYRV y UYTA.

### Figura 6

*Evaluación de la calidad de los datos GNSS - software Bernese.*



*Nota.* Figura elaborada en Google Earth Pro.

A continuación se detallan los parámetros y modelos utilizados en la evaluación de la calidad de los datos de la Red Geodésica Nacional.

**Tabla 10**

*Resumen modelos y parámetros - procesamiento Bernese 5.2.*

|   |  |
|---|--|
| <b>Órbitas</b>  | IGS final - ITRF 14  |
| <b>EOP</b>  | EOP final week   |
| <b>Observaciones</b>  | Dobles diferencias   |
| <b>Intervalo de registro</b>  | 15 sec   |
| <b>Ángulo de elevación</b>  | 03°  |
| <b>Modelo geopotencial terrestre</b>                                | EGM2008  |
| <b>Modelo de carga oceánica</b>                                     | FES2014  |
| <b>Carga atmosférica</b>  | van Dam, T. and R. Ray, 2010   |
| <b>Modelo de mareas terrestres</b>                                  | IERS2000   |
| <b>Correcciones centro de fases de antenas, receptor y satélite</b> | Correcciones absolutas por offset del centro de fase y variación del centro de fase de la antena basadas en el modelo IGS14        |
| <b>Modelo Troposférico a priori</b>                                 | VMF  |
| <b>Reloj de satélites</b>   | Los sesgos del reloj del satélite no se estiman, sino que se usan los de las efemérides finales, además se usan dobles diferencias |
| <b>Reloj de receptor</b>  | Las correcciones del reloj del receptor se estiman durante pre proceso utilizando mediciones de código                             |
| <b>Coordenadas y velocidades</b>                                    | Solución SIRGAS semanal 2236 (sin velocidades)   |
| <b>Estrategias de líneas bases</b>                                  | MAX - OBS (máximas observaciones)  |
| <b>Datum</b>  | GRS80  |
| <b>Ajuste</b>   | Algoritmo de mínimos cuadrados ponderados  |
| <b>Ambigüedades</b>   | Estrategia QIF, aplicando modelo libre de  |

---

|                           |  |
|---------------------------|--|
|                           | ionósfera  |
| <b>Soluciones diarias</b> | Archivos NEQ (normal equation), Solución de red libre ( $s=\pm 1m$ ) |
| <b>Solución semanal</b>   | Archivo SINEX, Solución de red libre ( $s=\pm 1m$ )                  |

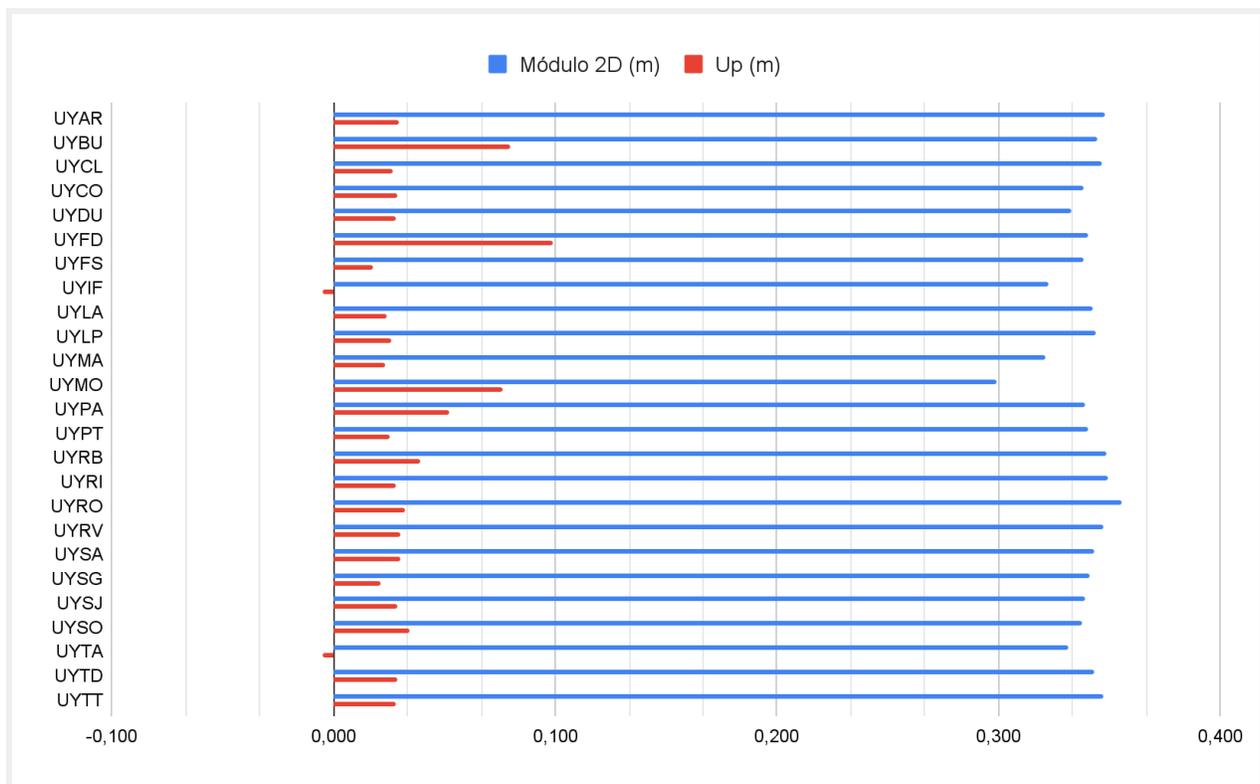
---

## Resultados y discusión

**Cálculo de vectores y mapa de desplazamientos.** A continuación se ilustran los desplazamientos calculados para cada una de las estaciones permanentes de la REGNA-ROU incorporadas en la red SIRGAS-CON al mes de Noviembre del año 2022. Como se menciona en la metodología, los mismos se calcularon comparando las coordenadas provenientes de reprocesamiento SIRGAS, Sanchez (2022) respecto a las coordenadas oficiales (época 1995.4). Luego se calcularon las componentes de los vectores desplazamiento Norte, Este y Up, así como también sus módulos planimétricos y ácimuts (Ver Anexo V y VI).

### Figura 7

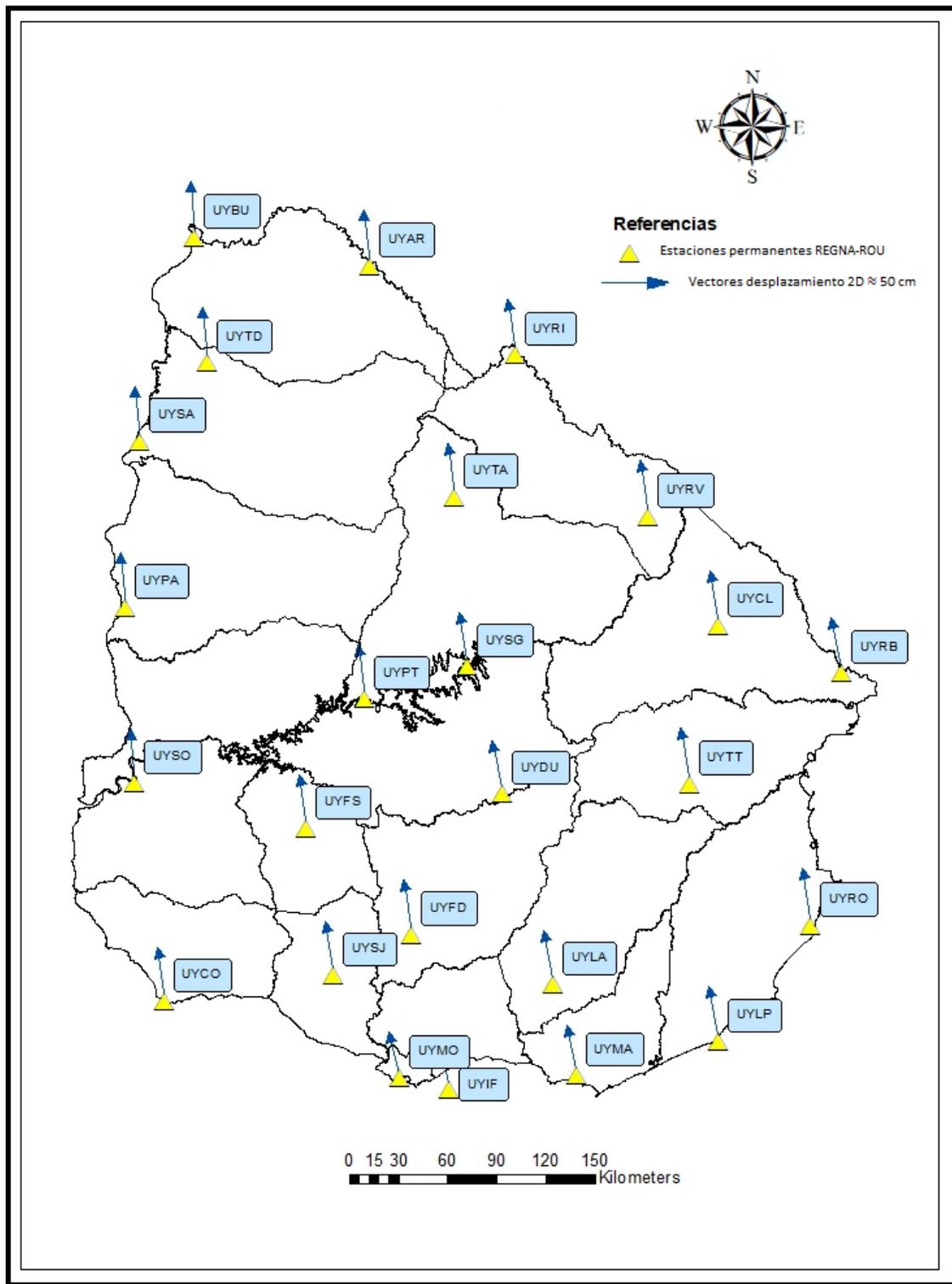
*Módulos Desplazamientos Estaciones IGM (1995-2022).*



*Nota.* Las estaciones se desplazaron en el correr de estos 27 años un promedio de 34 cm.

**Figura 8**

*Desplazamiento Estaciones IGM (1995-2022).*



*Nota.* Figura elaborada en ArcMap.

Los vectores revelan un movimiento anual a nivel país del orden de 1.2 cm en la dirección Nor-Noroeste. Este fenómeno concuerda con lo expuesto por Suárez, N, acerca de la magnitud y dirección del movimiento que viene viviendo período a período la placa Sudamericana<sup>23</sup>. Por otro lado es común encontrarse con casos atípicos o casos que se apartan del promedio como es el hecho de la estación de Montevideo (menor módulo de desplazamiento) y la estación de Rocha (mayor módulo de desplazamiento). De acuerdo a lo anticipado en páginas anteriores no es ninguna sorpresa el hecho que la estación UYMO se haya desplazado de manera distinta, sino todo lo contrario. Las coordenadas oficiales de la misma fueron calculadas en la campaña SIRGAS 95 mientras que las coordenadas de las estaciones restantes obedecen a un procesamiento y ajuste de red en software científico. Por consecuencia, las coordenadas de la estación permanente ubicada en la Fortaleza del Cerro de Montevideo no guardan relación respecto a las demás y se podría llegar a pensar que tal vez su desplazamiento sea la representación más fiel de lo que ha ocurrido con la placa Sudamericana. En cuanto a la situación de la estación de Rocha se intentó relacionar la magnitud del desplazamiento con el modelo de velocidades VEMOS09, precisamente con el valor del modelo aplicable a las coordenadas geodésicas de UYRO. La velocidad de UYRO con respecto a UYMO fue muy similar<sup>24</sup>, por lo cual no es posible dar respuesta a este acontecimiento desde el modelo de velocidades utilizado.

En lo que respecta a la altimetría se observa en líneas generales un aumento en la componente altura del orden de unos 3 cm con casos excepcionales como es el de las estaciones permanentes UYBU, UYFD y UYMO. En relación a la estación de Florida se observa en la serie temporal calculada por SIRGAS<sup>25</sup> una discontinuidad altimétrica de 6.7 cm vinculada a un

---

<sup>23</sup> Suárez, N. (2012). Red Geodésica Nacional Activa de la República Oriental del Uruguay (REGNA-ROU). Infraestructura al servicio del desarrollo de nuevas capacidades mediante el empleo de Tecnologías de la Información Geográfica (TIG). *Biblioteca Nacional, Cuaderno de Geografía, 1*, 23-28.

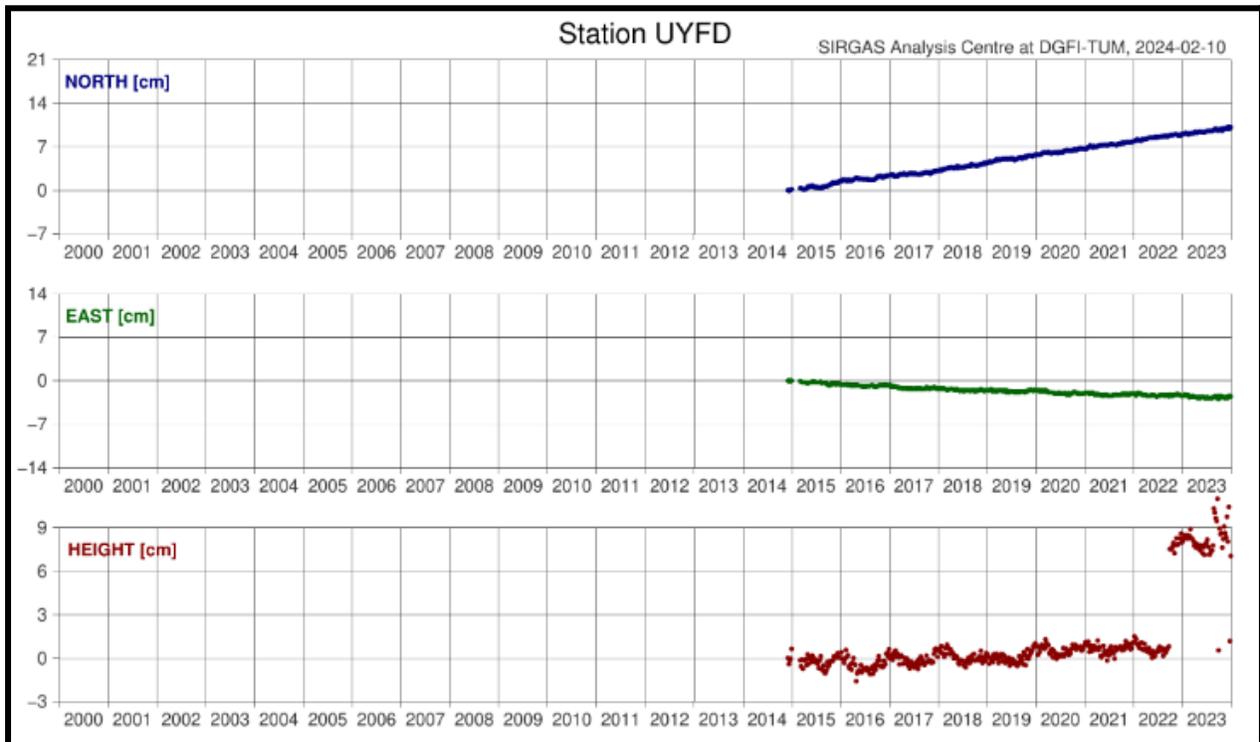
<sup>24</sup> Velocidad UYRO: 1. Vx: 0.0017 metros/año Vy: -0.0067 metros/año Vz: 0.0096 metros/año.  
Velocidad UYMO: 1. Vx: 0.0018 metros/año Vy: -0.0066 metros/año Vz: 0.0093 metros/año.

<sup>25</sup> Serie temporal estación UYFD: <https://www.sirgas.org/es/stations/>

cambio de antena con fecha del 23/9/2022<sup>26</sup> que podría estar afectando el desplazamiento altimétrico calculado y presentado en la Figura 7.

### Figura 9

*Serie temporal calculada por SIRGAS - Estación Florida (UYFD).*



*Nota.* Imagen extraída del sitio web de SIRGAS <https://www.sirgas.org/es/stations/> el día 20/3/2024.

Por otro lado, la estación de Montevideo vuelve a aparecer como excepción a la regla y su justificación se debe a lo explicado anteriormente. Finalmente, el caso de Bella Unión (UYBU) es difícil de explicar; se trata de una estación instalada en el año 2021 de la cual se desconoce el origen de sus coordenadas y a priori no pareciera haber un error altimétrico relacionado a un cambio de antena.

<sup>26</sup> Cambio de antena - estación UYFD reportado por SIRGAS. [https://www.sirgas.org/fileadmin/docs/SIRGAS\\_TS/UYFD.dsc](https://www.sirgas.org/fileadmin/docs/SIRGAS_TS/UYFD.dsc)

Con estos resultados en mente cobran gran sentido aquellas preocupaciones planteadas en la introducción del presente trabajo acerca de las diferencias obtenidas para un mismo punto, cuando se lo mide o replantea desde dos estaciones de referencia distintas.

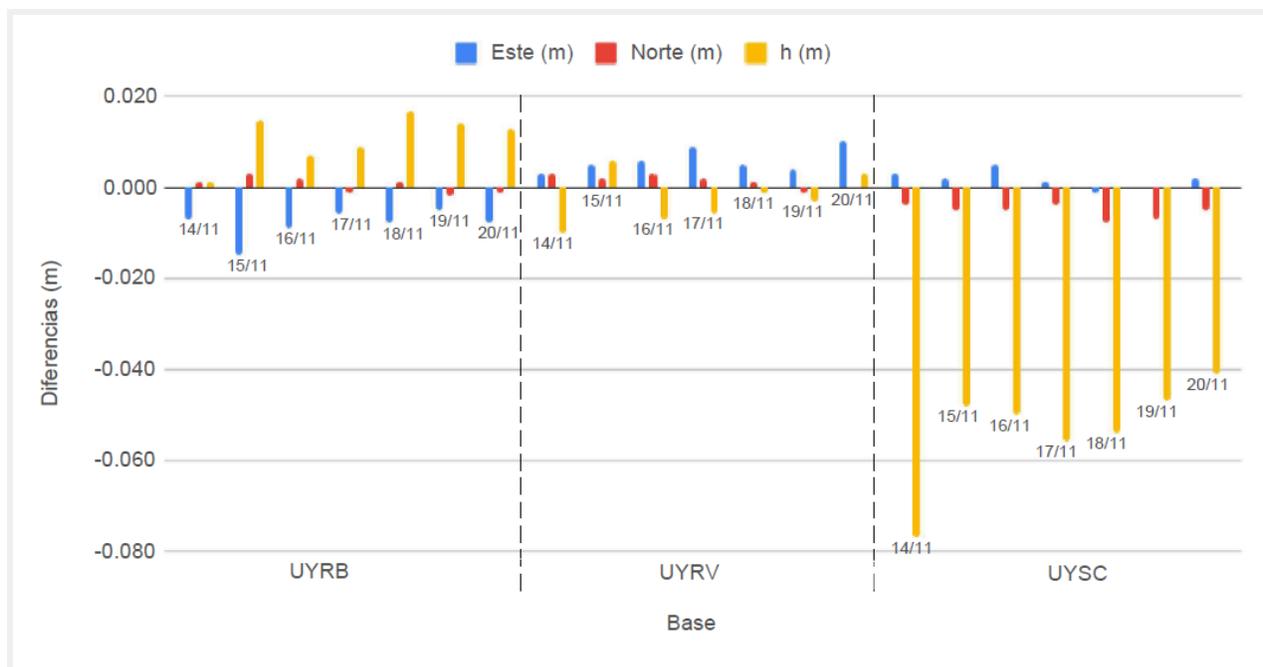
A través de los procesamientos se dará a conocer el comportamiento de la Red Geodésica Nacional. Es coherente pensar que hoy, 27 años después, si proceso un mismo punto utilizando como base dos estaciones distintas, efectivamente el resultado no sea el mismo.

**Evaluación local del comportamiento de la Red Geodésica Nacional Activa.** En las siguientes páginas se desarrollarán los resultados correspondientes a los ámbitos de aplicación 1 y 2, con la intención de dar respuesta a la interrogante principal planteada: “¿Cómo es posible que al ocupar el mismo punto, se obtengan diferentes coordenadas dependiendo de la estación permanente a la que me conecte?”.

**1er Ámbito de Aplicación.** En la Figura 10 se ilustra cómo son los resultados obtenidos respecto de la coordenada UYCL publicada por el IGM cuando varía la estación base (UYRB, UYRV y UYSC).

**Figura 10**

*Residuos Norte, Este y Altura (respecto a la coordenada oficial de UYCL).*



En relación con la planimetría, las diferencias obtenidas respecto de la coordenada oficial son muy buenas, en el 99% de los casos se encuentran en el orden de los milímetros, con la presencia de pequeños sistematismos. Por otro lado, en lo que a la altimetría concierne, los resultados comienzan a escaparse del orden del milímetro y la elección de utilizar la estación UYSC como base comienza a dejar ciertas dudas si nos encontramos trabajando en esta zona del país.

Continuando en esta línea de investigación y analizando en detalle la magnitud de los residuos al variar la estación base, ocurre el primer hecho sorprendente: la utilización de la estación UYRV como base es la que brinda menores diferencias... entonces... “¿A qué se debe tal fenómeno?”. Recordando lo expuesto y analizado en páginas anteriores, la mejora en los resultados al utilizar la estación UYRV para calcular la posición de UYCL puede estar explicada por la participación de ambas estaciones en el ajuste de red realizado por el Instituto Geográfico Militar, a diferencia de UYRB y UYSC que no participaron del mismo.

En la siguiente tabla se detallan los residuos alcanzados por la estación UYRV, ubicada en Vichadero, Rivera.

**Tabla 11**

*Residuos Norte, Este y Altura respecto a la coordenada oficial de UYCL utilizando como base UYRV.*

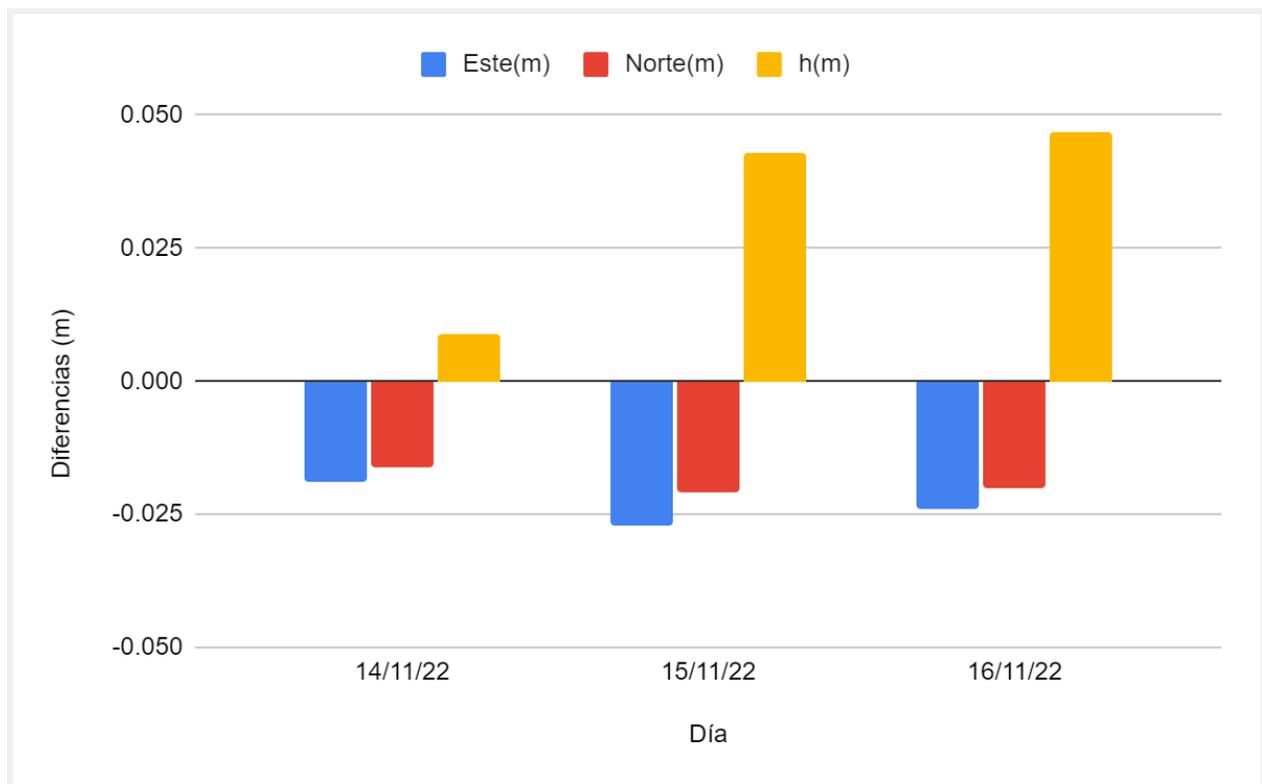
| <b>Día</b> | <b>Este (m)</b> | <b>Norte (m)</b> | <b>h (m)</b> |
|------------|-----------------|------------------|--------------|
| 14/11/22   | 0.003           | 0.003            | -0.010       |
| 15/11/22   | 0.005           | 0.002            | 0.006        |
| 16/11/22   | 0.006           | 0.003            | -0.007       |
| 17/11/22   | 0.009           | 0.002            | -0.006       |
| 18/11/22   | 0.005           | 0.001            | -0.001       |
| 19/11/22   | 0.004           | -0.001           | -0.003       |
| 20/11/22   | 0.010           | 0.000            | 0.003        |

Finalmente y a modo de cierre de este primer caso de aplicación, uno se cuestiona... “¿Hemos encontrado la causa por la que existen diferencias en las coordenadas al ocupar un mismo punto y recibir correcciones desde dos estaciones distintas?”. Se podría responder tanto que sí, como que no. Si bien las diferencias planimétricas están dentro de la precisión esperada de las técnicas diferenciales, las diferencias en altura, en particular desde la estación UYSC, exceden las tolerancias. En base a estos resultados, se recomienda seleccionar estaciones bases que hayan participado del ajuste de 2015.

**2do Ámbito de Aplicación.** Atendiendo al segundo caso de aplicación, en la Figura 11 se observa cómo se comportan los residuos Norte, Este y Altura respecto de la coordenada oficial UYIF utilizando como base UYMO.

**Figura 11**

*Residuos Norte, Este y Altura (respecto a la coordenada oficial de UYIF).*



Aquí los resultados son completamente distintos, tanto en planimetría como en altimetría los residuos son del orden de varios centímetros. Si bien estas diferencias no son las más deseadas o las más esperadas, son muy significativas para trabajos de agrimensura. Como se mencionó la estación UYIF no participó del ajuste en 2015, por tanto se desconoce cómo fue calculada su coordenada oficial. Situación que debe tenerse en cuenta a la hora de elegir una estación base

para vincularse en Montevideo, por tanto se recomienda utilizar UYMO, ya que sus coordenadas responden a la campaña SIRGAS 95.

Por último y habiendo llegado al final del análisis de ambos casos de aplicación, la gran interrogante planteada se ha respondido parcialmente. En el próximo bloque de resultados se buscará resolverla a través del análisis de calidad de los archivos de observación emitidos por las estaciones permanentes de la Red Geodésica Nacional.

**Evaluación de la calidad de los datos GNSS generados y emitidos por las estaciones permanentes de la Red Geodésica Nacional Activa.** Aquí se presentan dos importantes bloques de resultados. Un primer bloque refiere a los residuos diarios correspondientes al ajuste libre semanal, mientras que el segundo a las diferencias obtenidas entre las coordenadas finales y las introducidas a priori.

**Tabla 12**

*Residuos diarios correspondientes al ajuste libre semanal. Unidades: milímetros.*

|             | <b>Día</b> | <b>13/11</b> | <b>14/11</b> | <b>15/11</b> | <b>16/11</b> | <b>17/11</b> | <b>18/11</b> | <b>19/11</b> |
|-------------|------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| <b>UYCL</b> | N          | 0.26         | -307.79      | -1.05        | 0.12         | 0.60         | 0.53         | -0.54        |
|             | E          | -0.63        | -43.75       | -0.66        | 0.50         | 1.25         | 0.24         | -0.98        |
|             | U          | 0.77         | 22.88        | 0.94         | -1.26        | 2.75         | 1.71         | -2.66        |
| <b>UYIF</b> | N          | -0.70        | 44.37        | 0.17         | 0.54         | 1.34         | -0.10        | -0.10        |
|             | E          | -0.28        | 111.58       | 1.15         | -0.05        | -1.52        | -2.41        | 0.18         |
|             | U          | -1.89        | 63.86        | 3.82         | -1.66        | -0.80        | 6.07         | 0.98         |
| <b>UYLP</b> | N          | 0.89         | 54.73        | 0.01         | 0.57         | 0.26         | 0.49         | -2.13        |
|             | E          | 0.29         | 361.42       | -0.19        | -0.26        | 0.51         | 1.02         | 1.12         |
|             | U          | 4.20         | -142.42      | -3.33        | -1.60        | -2.11        | -4.36        | 2.87         |
| <b>UYMO</b> | N          | 0.09         | 60.86        | -0.33        | 0.12         | 0.23         | -0.23        | -0.09        |
|             | E          | 0.50         | 70.43        | -0.65        | -0.19        | -0.12        | 0.53         | 0.14         |
|             | U          | -3.16        | 91.92        | -0.56        | 3.84         | 2.57         | -2.26        | -3.23        |
| <b>UYPA</b> | N          | 0.93         | 520.84       | 0.09         | -0.81        | -1.52        | -0.32        | 0.85         |
|             | E          | -0.81        | -120.26      | 0.35         | -1.41        | -1.15        | 0.66         | 2.71         |
|             | U          | 5.05         | -109.01      | -2.18        | -2.30        | -1.71        | -1.24        | 0.89         |
|             | N          | -0.69        | -202.34      | 0.66         | -0.50        | -0.33        | 0.40         | 0.46         |

|             |   |       |         |       |       |       |       |       |
|-------------|---|-------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|
| <b>UYRV</b> | E | 0.31  | -95.56  | 0.68  | 0.47  | 0.60  | 0.07  | -1.98 |
|             | U | 0.77  | -23.71  | -0.53 | 0.99  | -3.02 | 1.11  | 0.47  |
| <b>UYTA</b> | N | -0.77 | -163.66 | 0.43  | -0.01 | -0.51 | -0.76 | 1.49  |
|             | E | 0.63  | -266.44 | -0.66 | 0.91  | 0.38  | -0.13 | -1.14 |
|             | U | -5.75 | 96.44   | 1.84  | 1.99  | 2.32  | -1.04 | 0.68  |

*Nota.* N: Norte, E: Este y U: Up.

El procesamiento diario de las observaciones ha dejado al descubierto valores significativos que ameritan un cuestionamiento respecto al día 14 de noviembre pues, para los restantes días, los residuos son mínimos (rondan en líneas generales los dos milímetros). Los cambios en los valores pueden deberse a la calidad de las observaciones, a efectos atmosféricos locales, como retardos ionosféricos, troposféricos y demás fenómenos que influyen de forma diferente de acuerdo al lugar y al momento de la observación.

Al observar que el mayor residuo de ese día corresponde a la estación UYPA, se decidió excluir dichas observaciones del procesamiento. La siguiente tabla demuestra la importancia de realizar un segundo ajuste semanal donde al no considerar la estación permanente de Paysandú en el día 14, los residuos disminuyen considerablemente.

**Tabla 13**

*Nuevos residuos diarios correspondientes al ajuste libre. Unidades: milímetros.*

|             | <b>Día</b> | <b>13/11</b> | <b>14/11</b> | <b>15/11</b> | <b>16/11</b> | <b>17/11</b> | <b>18/11</b> | <b>19/11</b> |
|-------------|------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| <b>UYCL</b> | N          | 0.12         | 0.71         | -1.20        | -0.02        | 0.45         | 0.38         | -0.69        |
|             | E          | -0.65        | 0.06         | -0.69        | 0.48         | 1.23         | 0.21         | -1.00        |
|             | U          | 0.81         | -3.07        | 0.97         | -1.23        | 2.78         | 1.75         | -2.63        |
| <b>UYIF</b> | N          | -0.70        | -0.24        | 0.17         | 0.54         | 1.33         | -0.11        | -0.11        |
|             | E          | -0.13        | -0.66        | 1.29         | 0.10         | -1.37        | -2.27        | 0.33         |
|             | U          | -1.76        | -3.88        | 3.95         | -1.52        | -0.66        | 6.20         | 1.11         |
| <b>UYLP</b> | N          | 0.84         | 0.35         | -0.05        | 0.52         | 0.20         | 0.44         | -2.18        |
|             | E          | 0.26         | -0.48        | -0.22        | -0.28        | 0.48         | 1.00         | 1.09         |
|             | U          | 3.91         | 3.00         | -3.62        | -1.90        | -2.41        | -4.66        | 2.57         |
| <b>UYMO</b> | N          | 0.15         | -0.51        | -0.27        | 0.18         | 0.29         | -0.16        | -0.03        |
|             | E          | 0.66         | 0.50         | -0.50        | -0.03        | 0.03         | 0.68         | 0.29         |
|             | U          | -2.98        | 1.81         | -0.38        | 4.02         | 2.75         | -2.08        | -3.05        |
| <b>UYPA</b> | N          | 1.15         | -            | 0.32         | -0.59        | -1.29        | -0.09        | 1.08         |
|             | E          | -0.92        | -            | 0.25         | -1.51        | -1.25        | 0.55         | 2.61         |
|             | U          | 4.83         | -            | -2.41        | -2.52        | -1.93        | -1.46        | 0.66         |
| <b>UYRV</b> | N          | -0.78        | 0.20         | 0.58         | -0.59        | -0.42        | 0.31         | 0.37         |
|             | E          | 0.29         | -0.13        | 0.67         | 0.46         | 0.59         | 0.06         | -1.99        |
|             | U          | 0.78         | 0.49         | -0.51        | 1.01         | -3.00        | 1.13         | 0.49         |

|             |   |       |      |       |       |       |       |       |
|-------------|---|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|
|             | N | -0.76 | 0.52 | 0.44  | -0.01 | -0.51 | -0.76 | 1.50  |
| <b>UYTA</b> | E | 0.50  | 0.69 | -0.78 | 0.78  | 0.26  | -0.26 | -1.26 |
|             | U | -5.59 | 1.65 | 2.00  | 2.15  | 2.48  | -0.88 | 0.84  |

*Nota.* N: Norte, E: Este y U: Up. Residuos diarios: menores a 2 mm en planimetría y 3 mm en altimetría.

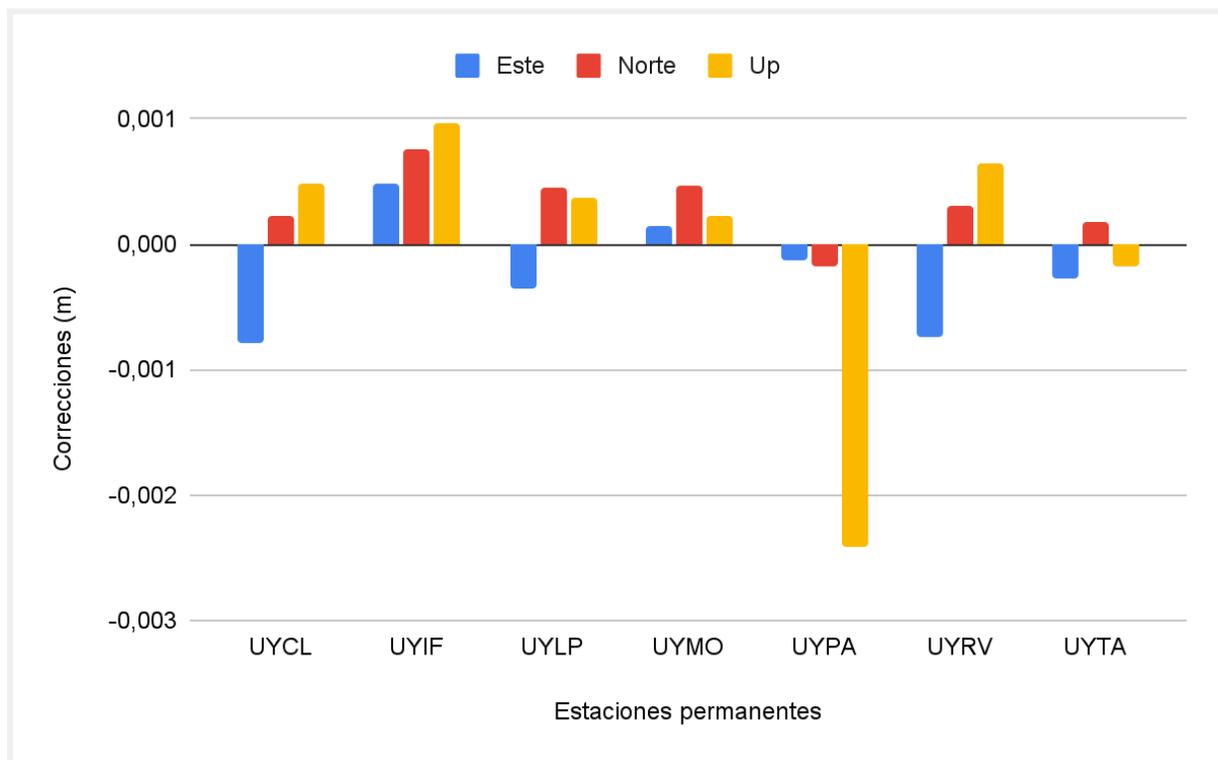
De aquí se desprende la primera conclusión e inferencia importante; la calidad de los datos GNSS generados y emitidos por las estaciones permanentes de la Red Geodésica Nacional Activa son fiables, sin embargo es necesario realizar un control de calidad de los mismos, ya que en el transcurso de la semana analizada, se observa que una de las estaciones de la red presentó inconvenientes.

Es muy llamativa la situación de la estación de Paysandú el día 14, motiva la siguiente pregunta...“¿Qué hubiera ocurrido si el día 14 de noviembre de 2022 me hubiera encontrado trabajando por la zona de Paysandú recibiendo correcciones desde la estación UYPA?... Por el momento la respuesta a esta interrogante queda vacía, lo importante es recordar este evento en futuros trabajos. En el capítulo “*Recomendaciones*” se profundizará acerca de cómo obtener seguridad en los datos medidos a tiempo real.

En el segundo bloque de resultados se demuestra la calidad de los datos GNSS y la consistencia o calidad interna de la red al introducir el marco de referencia. El marco de referencia no introduce error porque tanto las efemérides como las coordenadas a priori comparten el mismo marco que se pretende ajustar (ITRF 14), por ende los valores de las correcciones nos van a transmitir la precisión de la metodología empleada y la calidad de los datos.

**Figura 12**

*Correcciones a las coordenadas SIRGAS correspondientes a la solución semanal 2236.*



Las diferencias (correcciones) obtenidas entre las coordenadas finales del procesamiento y las introducidas en una primera instancia denominadas a priori, son mínimas, menores a 3 milímetros.

De esta manera finaliza esta línea de investigación. En el siguiente capítulo buscaremos nuevos caminos que nos ayuden a dar respuesta a nuestra principal interrogante:

*“¿Cómo es posible que al ocupar el mismo punto, se obtengan diferentes coordenadas dependiendo de la estación permanente a la que me conecte?” ...*

## ***Conclusiones***

El camino recorrido en la búsqueda de respuestas a nuestra principal interrogante ha dejado al descubierto varias realidades significativas e interesantes enseñanzas para el ejercicio profesional.

En primer lugar, el análisis efectuado sobre los vectores de desplazamiento de las estaciones permanentes nacionales, ha revelado un movimiento anual a nivel país del orden de 1.2 cm en la dirección Nor-Noroeste, fenómeno que concuerda con lo expuesto por Suárez N. acerca de la magnitud y dirección del movimiento que viene experimentando período a período la placa Sudamericana.

En segundo lugar y tal vez el más importante, el estudio sobre el comportamiento local de la Red Geodésica Nacional ha demostrado que a pesar del tiempo transcurrido y los fenómenos ocurridos nuestra Red Nacional continúa siendo válida para una gran cantidad de trabajos. Sin embargo, es importante recalcar que en obras de gran precisión como pueden ser, una obra ferroviaria, construcción de presas o en proyectos de cualquier índole donde las precisiones deban ser altas, se recomienda trabajar en post proceso con las soluciones semanales o multianuales de SIRGAS más recientes (<https://www.sirgas.org/es/sirgas-realizations/sirgas-con-network/>). En otras aplicaciones como puede ser Cartografía, Sistemas de información Geográfica, etc., la utilización del marco de referencia ROU 98 es válido para trabajos de dichas características. Además, continuando sobre esta línea y recordando lo visto específicamente en el bloque “*Evaluación local del comportamiento de la Red Geodésica Nacional Activa*” es evidente que pueden existir discrepancias entre procesamientos al utilizar una u otra estación referidas al marco local, por lo

que, de acuerdo a las precisiones alcanzadas se recomienda trabajar con estaciones que hayan participado en el ajuste realizado por el Instituto Geográfico Militar.

En tercer lugar, la evaluación de la calidad de los datos GNSS generados y emitidos por las estaciones permanentes de la REGNA-ROU fue satisfactoria, los mismos son fiables, pero es necesario realizar un control de calidad previo al procesamiento, siempre que sea posible.

Por último y a modo de cierre, tanto el marco de referencia ROU 98 como las observaciones emitidas y generadas por nuestras estaciones permanentes, no parecen ser la principal causa de las discrepancias que originaron el presente proyecto de grado.

En el capítulo “*Recomendaciones*” se abordarán posibles prácticas a implementar durante el ejercicio profesional, como por ejemplo, declarar la estación con la cual se vinculó al marco de referencia, obtener seguridad en los resultados post procesados, testeo de software de procesamiento y configuración de parámetros, etc.

### Capítulo III.

#### **Evaluación de las soluciones obtenidas en tiempo real asociadas al posicionamiento satelital.**

##### ***Introducción***

Con ánimo de dar respuesta a la principal interrogante se analiza una nueva posibilidad, un nuevo rumbo de estudio: el tiempo real... Muchos son los errores y/o fenómenos que repercuten en las mediciones en tiempo real por lo que de acuerdo a los resultados obtenidos hasta el momento, resulta oportuno evaluar su comportamiento a través de dos experiencias de medición.

La primera experiencia se enfocó principalmente en estudiar el comportamiento y/o variabilidad de las coordenadas en tiempo real a lo largo de un día. Se seleccionó un punto estratégicamente ubicado sobre la azotea de la Facultad de Ingeniería, libre de objetos reflectantes como edificios, árboles, antenas, entre otros, y se realizaron mediciones en tiempo real en distintos momentos del día. Simultáneamente, se grabaron datos crudos durante 8 horas. Las interrogantes que surgieron naturalmente y oficiaron de motivación principal de la práctica fueron: *“¿Cómo se comportan los residuos Norte, Este y Altura del posicionamiento en tiempo real respecto a la coordenada de control a lo largo del día?. ¿Qué diferencia existe entre la solución obtenida a tiempo real desde dos estaciones permanentes distintas?.”*

La segunda experiencia se centró en estudiar cómo influye la distancia entre la estación base y el receptor remoto, en la precisión final de las coordenadas, al utilizar diferentes equipos geodésicos de diferentes marcas, considerando receptores de bajo y alto costo. Para ello, se realizaron mediciones estáticas en mojones pertenecientes al marco de referencia de la obra

“Readecuación del trazado de Vía Férrea Montevideo – Paso de los Toros” a distancias variables desde 5 km hasta 26 km de la estación permanente UYMO.

## ***Metodología***

**1° Caso de medición.** En el mes de mayo de 2023, se instaló un receptor RTK multi frecuencia (L1, L2 y L5) (Emlid Reach RS2) en la azotea de la Facultad de Ingeniería (FING), UdelaR y se realizaron mediciones en tiempo real en tres momentos distintos del día, a las 10, 15 y 18 hs (hora local) (ver Tabla 14). Se utilizaron como bases las estaciones UYMO (Departamento de Montevideo) y UYIF (Isla de Flores) a través del servicio de tiempo real del Instituto Geográfico Militar (<https://igm.gub.uy/geoportail/instructivos-2/>), ubicadas a 10 y 22 kilómetros respectivamente (Figura 13). En la práctica no fue posible realizar la totalidad de las mediciones planificadas ya que la estación de Montevideo en horas de la tarde no se encontraba operativa.

Se grabaron datos crudos durante 8 horas con el objetivo de realizar a posteriori el procesamiento diferencial de los datos y obtener de esta manera una coordenada de control para la evaluación de los datos medidos a tiempo real. Los puntos relevados a tiempo real vinculados a la estación permanente UYMO, fueron contrastados frente a la coordenada obtenida del procesamiento diferencial que surge de utilizar como base la propia estación y como rover la estación “FING”. Análogo para el caso UYIF. De esta manera, se buscó analizar cómo se comportan los residuos Norte, Este y Altura del posicionamiento en tiempo real respecto a la coordenada de control.

Además, en paralelo, se analizó qué diferencia existe entre ambas soluciones obtenidas a tiempo real desde ambas estaciones permanentes (UYMO, UYIF).

**Figura 13**

*1º Caso de medición.*



*Nota.* Figura elaborada en Google Earth Pro.

**Tabla 14***1° Caso de medición - configuración de sesiones tiempo real.*

| <b>Medición<br/>27/5/2023</b> | <b>Sesiones<br/>(Hora Local)</b> | <b>Mountpoint</b> | <b>Interrogantes</b>   | <b>Marco de<br/>referencia</b> |
|-------------------------------|----------------------------------|-------------------|--|--------------------------------|
| Sesión 1.0                    | 10:15 - 10:18                    | UYMO              | ¿Qué diferencia existe entre la solución obtenida a tiempo real desde la estación UYMO y la solución obtenida desde UYIF para el intervalo de la mañana? | ITRF94                         |
| Sesión 1.1                    | 10:22 - 10:25                    | UYIF              |  |                                |
| Sesión 2.1                    | 15:16 - 15:20                    | UYIF              |  |                                |
| Sesión 3.1                    | 18:46 - 18:49                    | UYIF              | ¿Qué diferencia existe entre los puntos medidos a tiempo real frente a la coordenada de control obtenida del procesamiento diferencial?                  |                                |

*Nota:* Se grabaron 120 épocas en cada sesión, a intervalos de 2 segundos. No fue posible continuar midiendo en tiempo real con la base UYMO ya que no se encontraba operativa.

**2º Caso de medición.** La segunda práctica se realizó a comienzos del mes de diciembre de 2023, donde se realizaron mediciones estáticas en mojones pertenecientes al marco de referencia de la obra “Readecuación del trazado de Vía Férrea Montevideo – Paso de los Toros”, utilizando un receptor de la línea Leica (GS08) y un receptor de la línea Emlid (Reach RS2).

En la práctica realizada con el equipo receptor Suizo, se tomaron mediciones en tiempo real durante 2 minutos (120 épocas) vinculados a la estación permanente UYMO (ver Tabla 15 y Figura 14) y se grabaron observables durante 25 minutos con la intención de realizar a posteriori el procesamiento diferencial y obtener de esta manera, una coordenada de control para la evaluación de los datos medidos a tiempo real a medida que la distancia aumenta. El detalle del post procesamiento se adjunta en el Anexo VIII: 2º Caso de medición - Parámetros del procesamiento Leica Infinity.

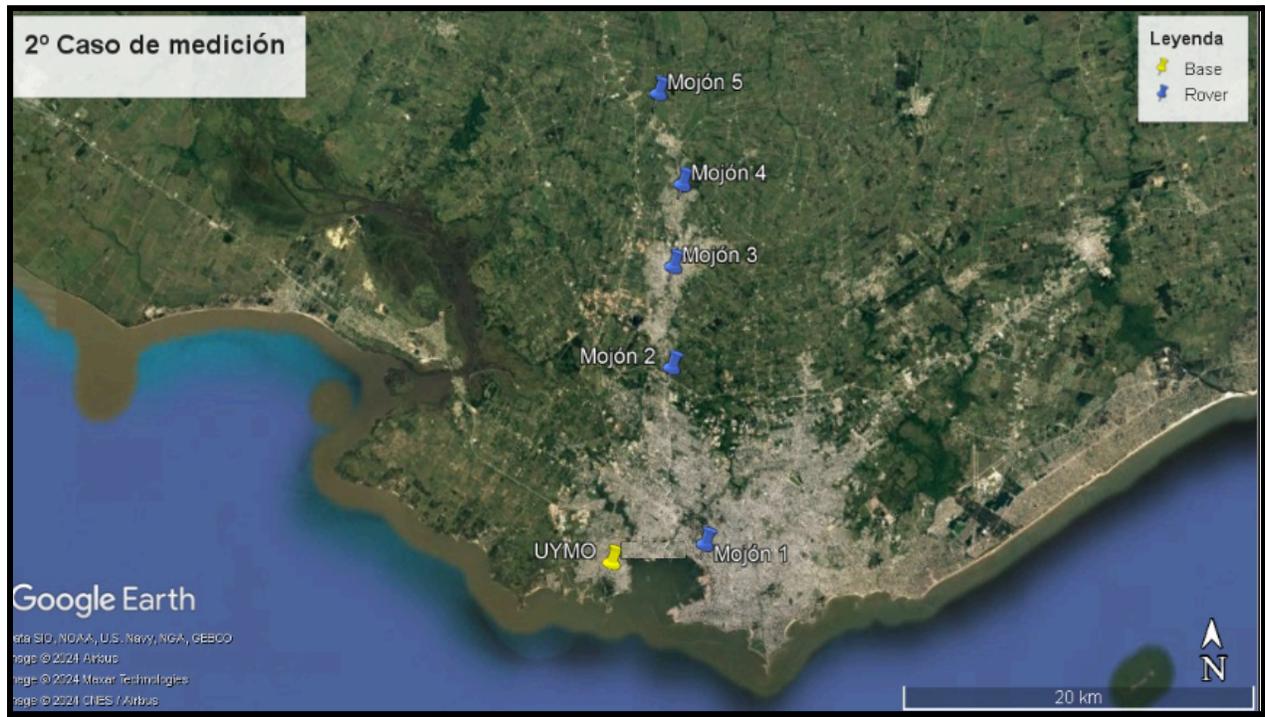
**Tabla 15**  
*2º Caso de medición.*

| Medición 02/12/2023 | Distancia | Mountpoint | Marco de referencia |
|---------------------|-----------|------------|---------------------|
| <b>Mojón 1</b>      | 5 km      |            |                     |
| <b>Mojón 2</b>      | 11 km     |            |                     |
| <b>Mojón 3</b>      | 17 km     | UYMO       | ITRF94              |
| <b>Mojón 4</b>      | 21 km     |            |                     |
| <b>Mojón 5</b>      | 26 km     |            |                     |

Los datos medidos a tiempo real, fueron contrastados frente a la coordenada obtenida del procesamiento diferencial que surge de utilizar como base UYMO y rover Mojón 1,2,...,5.

## Figura 14

### 2° Caso de medición.



*Nota.* Figura elaborada en Google Earth Pro.

En relación a la práctica realizada con el equipo receptor Ruso no fue posible ocupar exactamente los mismos mojones (por dificultad de acceso). Se ocuparon puntos cercanos (a 500 m) tratando de respetar las distancias base-rover originales. Las coordenadas de control utilizadas fueron aquellas obtenidas de un archivo<sup>27</sup> puesto a disposición por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas (Ver Anexo IX) ya que por cuestiones de calidad no fue posible utilizar los datos brutos almacenados en el receptor Emlid.

<sup>27</sup> El archivo se puede obtener a través del siguiente link <https://geoportail.mtop.gub.uy/visualizador/#xy=-4052737.6066334,-6230418.987546.8> - Repositorio de Puntos Fijos - REPUF.

**Tabla 16**

*Coordenadas de control - Consorcio Constructor Ferrocarril Central (CCFC).*

*Proyección UTM - Zona 21 Sur. Elipsoide de referencia WGS 84.*

| <b>Mojón</b> | <b>Este (m)</b> | <b>Norte (m)</b> | <b>Distancia UYMO</b> |
|--------------|-----------------|------------------|-----------------------|
| A            | 573043,730      | 6140001,933      | 5 km                  |
| B            | 571166,586      | 6149791,048      | 11 km                 |
| C            | 571289,331      | 6155247,590      | 17 km                 |
| D            | 571881,240      | 6160438,308      | 21 km                 |
| E            | 570707,908      | 6165356,498      | 26 km                 |

*Nota.* No se encontró referencia (metadata) sobre el tipo de altura publicada para los puntos fijos, por lo tanto se realiza solamente la comparación de coordenadas planas N, E.

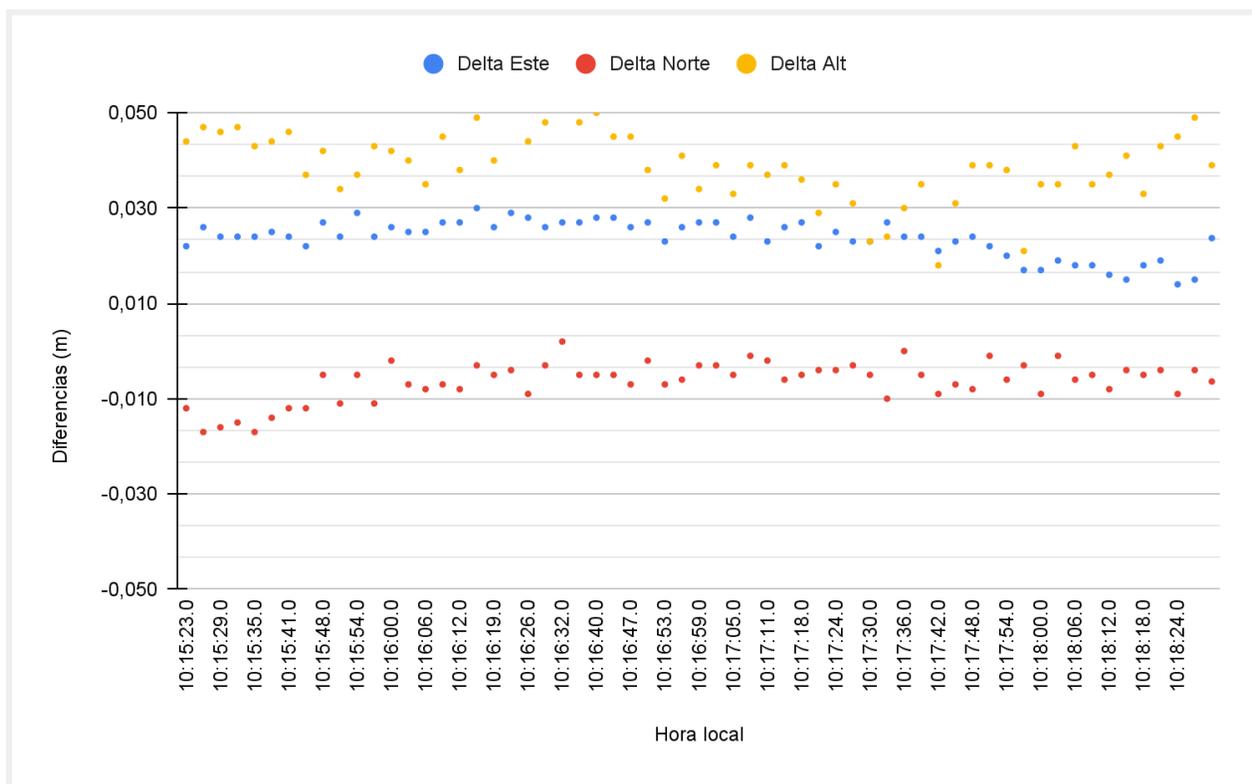
## ***Resultados y discusión***

**1° Caso de medición.** Según lo expuesto en la Tabla 14 surgen nuevas observaciones e interrogantes: *¿Qué diferencia existe entre los puntos medidos a tiempo real frente a la coordenada de control obtenida del procesamiento diferencial?, ¿Qué diferencia existe entre la solución obtenida a tiempo real desde la estación UYMO y la solución obtenida desde UYIF para el intervalo de la mañana?*

En las Figuras 15 y 16 se observa la diferencia entre los puntos medidos a tiempo real frente a la coordenada de control obtenida del procesamiento diferencial. Recordar que, los puntos relevados a tiempo real vinculados a la estación permanente UYMO, fueron contrastados frente a la coordenada obtenida del procesamiento diferencial que surge de utilizar como base la propia estación y rover la estación “FING”. Análogo para el caso UYIF. Los resultados de ambos post procesamientos se pueden visualizar en el Anexo X.

**Figura 15**

*Residuos Norte, Este y Altura del posicionamiento en tiempo real (respecto a la coordenada de control post procesada UYMO - FING).*



**Tabla 17**

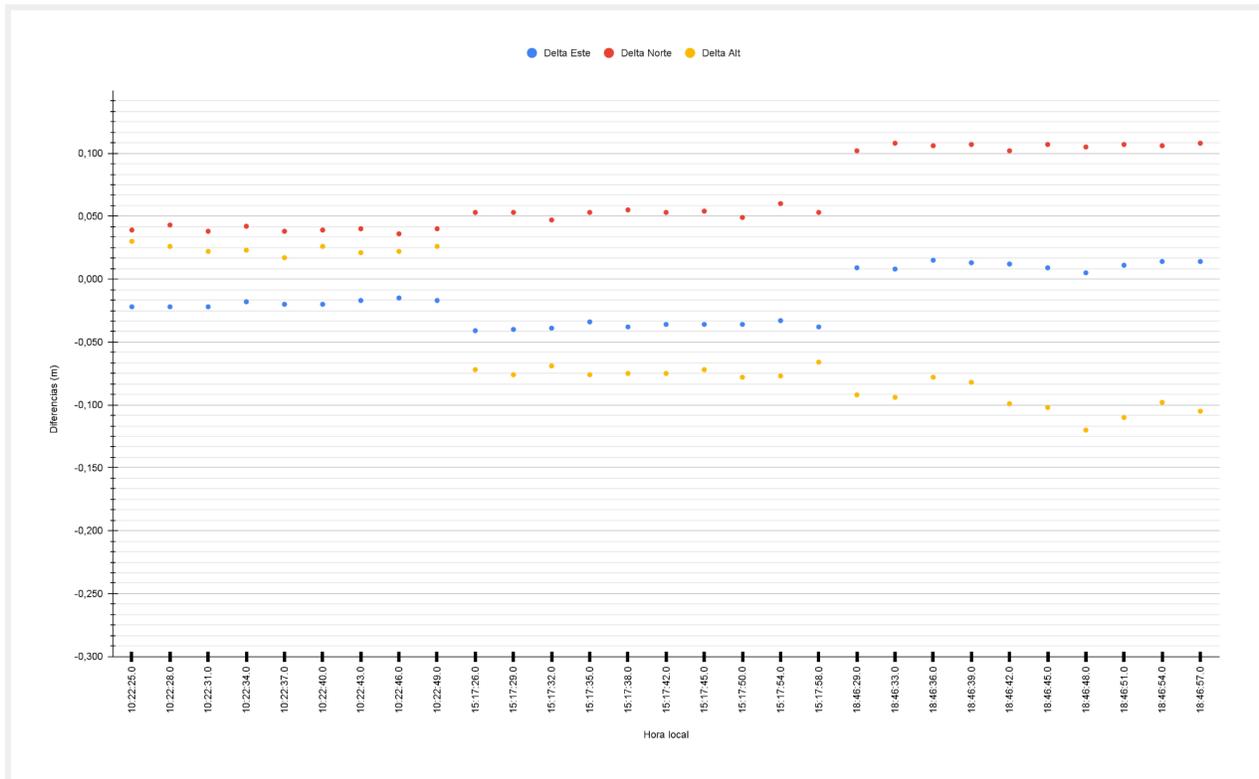
*Residuos medios del posicionamiento en tiempo real (estación base: UYMO).*

| ITRF94 | Ventana de observación | Norte (m) | Este (m) | Altura (m) | Módulo 2D (m) |
|--------|------------------------|-----------|----------|------------|---------------|
|        | [10:15 ; 10:18]        | -0.006    | 0.024    | 0.039      | 0.025         |

Las diferencias obtenidas a tiempo real frente a la coordenada de control son buenas y esperables para el método de posicionamiento y la distancia existente entre la estación de Montevideo y la estación “FING” (10 km).

**Figura 16**

*Residuos Norte, Este y Altura del posicionamiento en tiempo real (respecto a la coordenada de control post procesada UYIF - FING).*



**Tabla 18**

*Residuos medios posicionamiento en tiempo real (estación base: UYIF).*

|        | Ventana de observación | Norte (m) | Este (m) | Altura (m) | Módulo 2D (m) |
|--------|------------------------|-----------|----------|------------|---------------|
| ITRF94 | [10:22 ; 10:25]        | 0.039     | -0.014   | 0.033      | 0.041         |
|        | [15:16 ; 15:20]        | 0.049     | -0.038   | -0.066     | 0.062         |
|        | [18:46 ; 18:49]        | 0.114     | -0.008   | -0.148     | 0.114         |

Por otro lado, las diferencias obtenidas a tiempo real frente a la coordenada de control dejan mucho para pensar, comienzan las alertas. Los residuos Norte y Altura aumentan en función de la hora local, influyendo directamente en la exactitud final de las coordenadas. En planimetría la exactitud disminuye de 4 a 11 cm, mientras que en altimetría se reduce de 3 a 14 cm. (ver Tabla 18).

Además, analizando el conjunto de residuos y su comportamiento global, se observa en la Figura 16 un claro sistematismo. Los residuos se comportan de manera similar de acuerdo al instante de medición. Esto último permite pensar que tal vez los resultados no son necesariamente exactos pero sí precisos entre sí. Por ejemplo, tal vez la altura global de cada punto no es correcta, pero sí es correcta la diferencia relativa de altura para un mismo instante de medición.

Por último y llegando al final del análisis de resultados del primer caso de medición, se observa en la Tabla 19 qué diferencia existe entre la solución obtenida a tiempo real desde la estación UYMO y la solución obtenida desde UYIF para el intervalo de la mañana.

**Tabla 19**

*Comparación de coordenadas medias obtenidas a tiempo real entre ambas estaciones. Proyección UTM - Zona 21 Sur. Elipsoide de referencia WGS 84.*

| <b>Estación base</b> | <b>Norte (m)</b> | <b>Este (m)</b> | <b>Altura elip. (m)</b> |
|----------------------|------------------|-----------------|-------------------------|
| UYMO                 | 6135699,875      | 576119,863      | 71,896                  |
| UYIF                 | 6135699,824      | 576119,884      | 71,888                  |
| <b>Diferencia</b>    | <b>-0,051</b>    | <b>0,021</b>    | <b>-0,008</b>           |

*Nota:* La comparación de resultados solo se realizó en el intervalo de observación de la mañana por ser el único momento donde se tienen resultados para ambas estaciones.

Atendiendo a la planimetría, existen discrepancias de 2.1 cm y 5 cm en las componentes Este y Norte respectivamente, mientras que en altimetría la diferencia es únicamente de 8 mm. Es importante tener presente que estos resultados representan apenas un pequeño intervalo de tiempo donde justamente los residuales de la estación de Isla de Flores (ver Figura 16) fueron mínimos. En horas de la tarde en la misma Figura (16), se observa cómo los residuales aumentan considerablemente, por lo que, las diferencias expuestas en la Tabla 19 podrían llegar a convertirse en valores aún mayores.

Al observar el conjunto de resultados alcanzados en el primer caso de medición, permite pensar que algo efectivamente está ocurriendo con las mediciones en tiempo real. La variabilidad de las coordenadas expuestas en la Tabla 18 son llamativas y preocupantes.

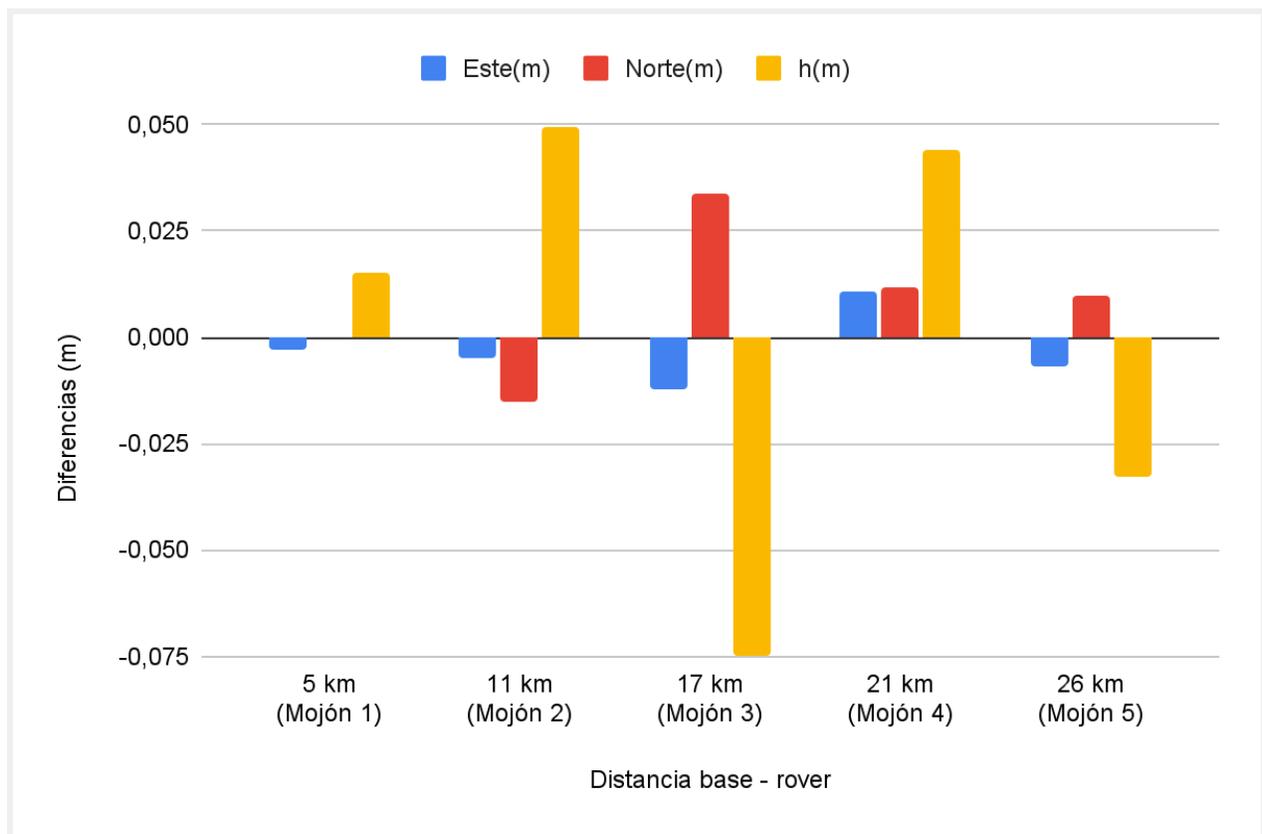
Con el siguiente caso de medición se buscarán respuestas a nuestra pregunta protagonista a través del estudio de la influencia de la distancia entre la estación base y el receptor remoto en la precisión final de las coordenadas al utilizar diferentes equipos geodésicos (Leica y Emlid).

... *“¿Podría ser la distancia (como factor independiente) la respuesta a nuestro problema?,  
¿O la influencia de la misma en el método de resolución de posicionamiento en los distintos  
receptores GNSS?”...*

**2º Caso de medición.** En la Figura 17 se muestran las diferencias para cada coordenada, Norte, Este (proyección UTM - Zona 21 Sur) y altura elipsoidal (WGS 84), de las posiciones medidas en tiempo real, utilizando como base la estación permanente UYMO y el equipo Leica GS08.

**Figura 17**

*Residuos Norte, Este y Altura del posicionamiento en tiempo real (respecto a la coordenada de control post procesada UYMO - Mojón 1,2,...,5), Equipo Leica.*



Las diferencias no responden necesariamente a la distancia base - rover, a medida que la distancia aumenta los residuos no responden de igual manera. En planimetría las diferencias son muy buenas, en la mayoría de los casos los residuos rondan el centímetro o hasta incluso el milímetro.

En lo que respecta a la altimetría se observan residuos de mayor magnitud los cuales varían desde 1.5 cm hasta incluso 7.7 cm.

Por otro lado, un hecho llamativo son los altos residuos alcanzados en el mojón 3 donde en la componente norte se alcanza una diferencia de 3.4 cm y en altura 7.5 cm. Al reflexionar sobre el por qué de este aumento, se podría llegar a pensar que podría tratarse de un error de multicamino, ya que en la zona se observa un alambrado y el punto se encuentra en un bajo (ver Figura 18).

### **Figura 18**

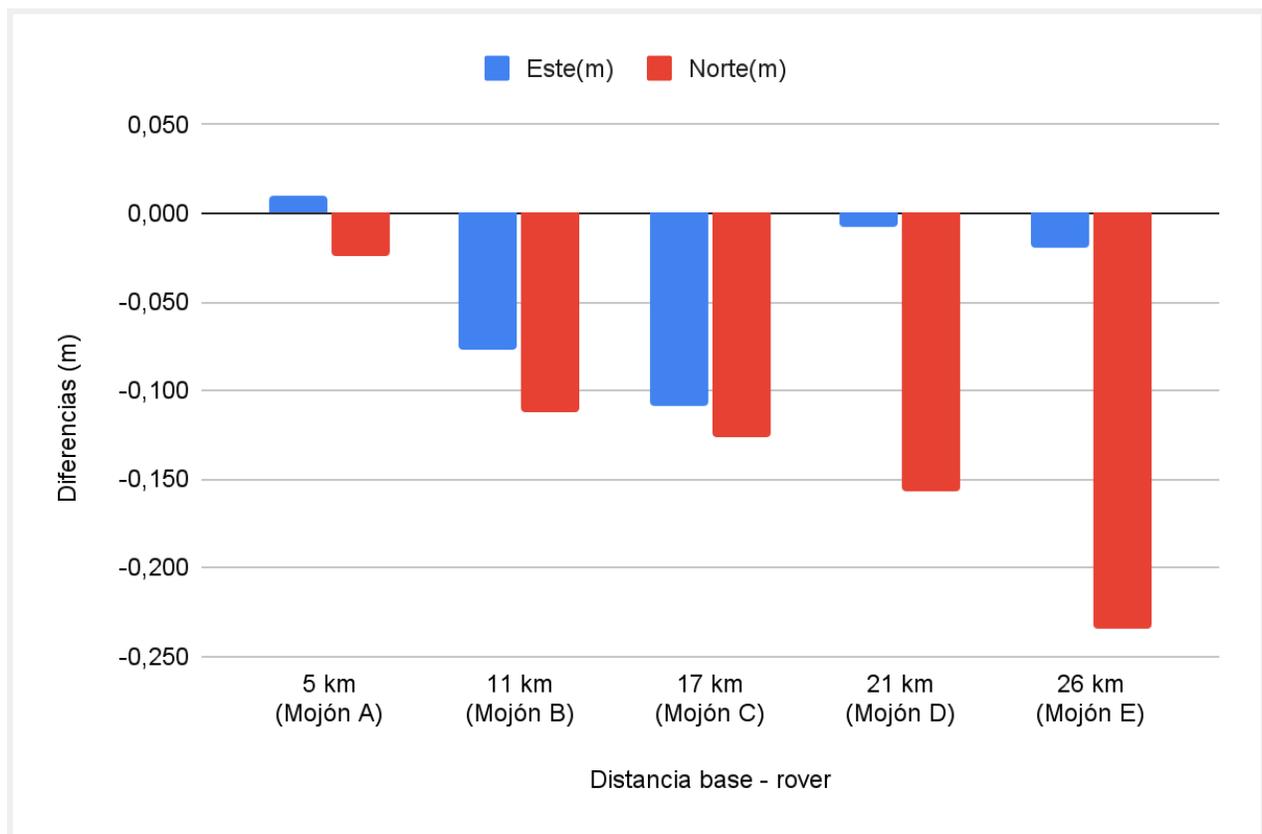
*Entorno Mojón 3.*



Por último, se exponen los resultados obtenidos con el equipo Emlid Reach RS2. En la Figura 19 se muestran las diferencias para cada coordenada Norte y Este (proyección UTM - Zona 21 Sur) de las posiciones medidas en tiempo real, utilizando como base la estación permanente UYMO. Las coordenadas utilizadas como control son las expuestas en la Tabla 16.

### Figura 19

*Residuos Norte y Este en tiempo real (respecto a la coordenada de control CCFC), Equipo Emlid.*



Las diferencias en la componente norte comienzan a responder en función de la distancia base - rover, es decir, a medida que la distancia aumenta los residuos de la componente Norte se comportan de igual manera.

En este caso se perciben a diferencia de los resultados obtenidos con el equipo Leica, residuos con un incremento desde 2 hasta 24 cm en la componente Norte. Los residuos en la componente Este son inferiores aunque superiores nuevamente a los obtenidos en la práctica utilizando el equipo Leica.

En la siguiente tabla se observa un pequeño resumen de cómo se comporta el módulo 2D en ambos equipos a medida que la distancia aumenta.

**Tabla 20**

*Resumen comparación de resultados receptor Emlid y receptor Leica.*

| Distancia | Módulo 2D | Receptor GNSS   |
|-----------|-----------|-----------------|
| 5 km      | 2.6 cm    | Emlid Reach RS2 |
|           | 3 mm      | Leica GS08      |
| 11 km     | 13.6 cm   | Emlid Reach RS2 |
|           | 1.6 cm    | Leica GS08      |
| 17 km     | 16.7 cm   | Emlid Reach RS2 |
|           | 3.6 cm    | Leica GS08      |
| 21 km     | 15.7 cm   | Emlid Reach RS2 |
|           | 1.6 cm    | Leica GS08      |
| 26 km     | 23.6 cm   | Emlid Reach RS2 |
|           | 1.2 cm    | Leica GS08      |

*Nota:* Los valores expuestos se refieren a los visualizados en las Tablas 18 y 19. Se tomó el valor absoluto de los mismos.

Habiéndose llegado hasta aquí, se desprende del análisis de la tabla anterior que a más de 10 km de la estación base, un equipo de bajo costo como lo es el Emlid Reach RS2, presenta dificultades en la correcta resolución de las posiciones. Por otro lado, para un equipo de marcas reconocidas como puede ser el Leica GS08, la distancia no parece significar un inconveniente a la hora de posicionarse (dentro de un rango de 26 km).

Lo expresado en líneas anteriores representa un resultado de suma importancia, que nos posiciona finalmente ante la respuesta de la principal incógnita de este proyecto de grado.

## ***Conclusiones***

Ambas experiencias de medición nos han permitido estudiar y a su vez exponer una reflexión sobre qué ocurre con la exactitud posicional a tiempo real en nuestro país.

La exactitud posicional hasta los 26 km en el caso del receptor GNSS Leica GS08, pareciera no depender de la distancia base - rover. En este contexto la variabilidad de las mediciones en tiempo real respecto de una coordenada de control permite pensar que tales diferencias responden a fenómenos y/o errores propios del método de observación y posicionamiento GNSS (ejemplo caso Mojón 3 - Figura 17). En el caso del receptor Emlid Reach RS2 la historia pareciera ser otra, a priori un gran factor de variabilidad en la exactitud de las coordenadas es principalmente la distancia que separa la estación base del receptor móvil.

Repasando la magnitud de los residuos en el posicionamiento a tiempo real (Figura 16) obtenidas con el equipo de bajo costo Emlid, resulta preocupante enfrentarse a un relevamiento planialtimétrico que exija realizarse en varios días o incluso en intervalos espaciados dentro de un mismo día, cuando la distancia a la estación base es mayor a 10 km. Más inquietante aún resulta enfrentarse a un replanteo, es decir, teniendo en vista este panorama...*¿Cómo se obtiene seguridad en los resultados?*. En la sección “*Recomendaciones - Capítulo IV*” se abordan estas inquietudes, se realizan sugerencias y advertencias pertinentes.

Cuando los trabajos sean puntuales, es decir, que entre el inicio y el final del mismo no transcurran más de media jornada, podemos afirmar que los resultados obtenidos son coherentes entre sí, tanto planimétrica como altimétricamente, hasta una distancia menor a 10 km de una estación permanente del IGM o una estación base “propia”.

Las condiciones planteadas en el párrafo anterior no son las habituales, generalmente los trabajos se extienden a lo largo de la jornada y la realidad del país es que no se cuenta con una

densidad de estaciones tal que nos permita estar a menos de 10 km con frecuencia. Por este motivo, otra conclusión que se desprende del presente trabajo, es que el uso de receptores GNSS de bajo costo como el EMLID utilizando la REGNA-ROU para recibir correcciones mediante NTRIP, tiene limitantes en precisión y por lo tanto en fines utilitarios.

En base a los resultados obtenidos, el entorno ideal de trabajo de estos equipos ronda los 5 km para la línea base, estando en este radio las precisiones alcanzadas pueden ser consideradas topográficas, al igual que se da en receptores fabricados por marcas de renombre como Leica o Trimble.

## Capítulo IV.

### Conclusiones generales

A la luz de las conclusiones emanadas de cada una de las prácticas, se está en condiciones de adoptar un concepto general de lo estudiado en el presente proyecto de grado. El trabajo que comenzó motivado por la curiosidad de conocer el comportamiento de la REGNA-ROU, una red geodésica con estaciones permanentes que datan de diferentes fechas, un marco de referencia asociado a una época de hace casi 30 años, un ajuste efectuado sobre una parte de la red<sup>28</sup>, y experiencias de trabajos realizados por colegas que ponían en duda su consistencia y robustez, culminó en la necesidad de evaluar otros factores del posicionamiento satelital que resultaron ser influyentes, en mayor medida, que la desactualización del marco de referencia en la exactitud final de las coordenadas.

Dadas las características de la Red Geodésica Nacional Activa (REGNA-ROU) detalladas en el párrafo anterior, se intentó dar explicación a las diferencias obtenidas en el posicionamiento satelital a tiempo real, cuestionando la vigencia de las coordenadas de las estaciones permanentes que integran la red geodésica. Tras el procesamiento exhaustivo de datos GNSS detallado en el Capítulo II, surgieron discrepancias del orden del centímetro (Figura 10 y 11). Si bien las diferencias fueron significativas, resultaron ser menores a la precisión esperada para el posicionamiento diferencial en tiempo real. Es decir, la influencia del marco se vio “absorbida u oculta” dentro de los errores esperables de la técnica (menores a 2 cm en planimetría y a 5 cm en altura). Ello hizo que la investigación desviara su rumbo inicial y centrara el problema en la calidad de los datos GNSS generados y emitidos por las estaciones permanentes.

---

<sup>28</sup> Artículo “*Coordenadas Oficiales SIRGAS-ROU98 (época 1995.41) de las estaciones de la REGNA-ROU*”.

Para ello fue necesario el estudio de numerosos y complejos procesamientos en el software científico Bernese, junto a la doctora argentina María Virginia Mackern. Se detectó luego del primer procesamiento semanal, que había problemas con las observaciones de la estación permanente UYPA para el día 14/11, las cuales después de ser eliminadas nos permitieron efectuar el procesamiento correctamente, pudiéndose concluir que los datos emitidos y generados por las estaciones permanentes son fiables y de buena calidad.

La búsqueda de respuestas continuaba y había un escenario que aún no había sido estudiado: el tiempo real. Se realizó una primera práctica (1° Caso de medición - Capítulo III) donde se pudo constatar lo tan esperado, algo efectivamente estaba ocurriendo con las mediciones en tiempo real (Figura 16). Se continuó con una segunda y última práctica (2° Caso de medición - Capítulo III) la cual se centró en el estudio de la influencia de la distancia entre el receptor base y el receptor remoto, considerando diferentes equipos (Leica y Emlid). Finalmente, de esta manera, fue posible resolver el “misterio” y dar respuesta a la pregunta protagonista que tanto nos acompañó durante este proyecto:

*“¿Cómo es posible que al ocupar el mismo punto, se obtengan diferentes coordenadas dependiendo de la estación permanente a la que me conecte?”*

Sí, es posible. Un elemento importante e influyente en gran medida en la exactitud final de las coordenadas, es el receptor geodésico utilizado. Los receptores de la línea Emlid, catalogados dentro de lo que se conoce como equipos de bajo costo, presentan dificultades para resolver de forma correcta su posición a medida que la distancia a la base aumenta. Su desempeño es óptimo y preciso, cuando la línea base es inferior a 5 kilómetros. En cambio, para los receptores catalogados como de alto costo, como puede ser un receptor de la línea Leica, la exactitud posicional hasta los 26 km pareciera no depender de la distancia base - rover (Ver Tabla 20). De

todas maneras, no hay que perder de vista los errores atmosféricos y de multicamino, ya que siempre son parte de nuestras mediciones y posibles fuentes de error.

Un aspecto muy significativo a recalcar que el lector debe llevarse consigo, es que el mensaje detrás de la frase “...*la influencia del marco se vio “absorbida u oculta” dentro de los errores esperables de la técnica...*”, no exime al marco como fuente de error activa en el posicionamiento diferencial. Es decir, el marco de referencia es una fuente de error, aunque muy aceptable para una gran cantidad de trabajos (Ver conclusiones Capítulo II). En contrapartida de esto, la precisión del marco de referencia no es suficiente para otro tipo de relevamientos topográficos. Dicho esto, los invitamos a leer la sección “*Recomendaciones*” donde se exponen una serie de recaudos, como puede ser, cómo trabajar con un equipo de bajo costo, cuándo es válido utilizar el marco de referencia ROU 98, entre otros consejos y enseñanzas que nosotros mismos fuimos aprendiendo en el transcurso de este proyecto de grado.

## Recomendaciones

### Conviviendo con los errores

El estudio sobre la posible influencia de la desactualización del marco de referencia en el posicionamiento diferencial, la gran suma de procesamientos en diferentes softwares desde científicos hasta comerciales y libres, y las distintas experiencias de medición con diferentes equipos y condiciones, nos han mostrado distintas realidades acerca de la exactitud posicional.

A continuación, se enumeran diferentes recomendaciones las cuales teniendo en vista la situación actual de nuestro país, pretenden apaciguar los diferentes errores y convivir de la mejor manera posible con ellos.

- 1. Conocer mi receptor GNSS.** Cada equipo receptor tiene diferentes capacidades. A la hora de enfrentarse a un trabajo es importante planificarlo y estar en conocimiento de las condiciones, por ejemplo, *¿A qué distancia de la estación base me voy a encontrar?, ¿La exactitud posicional de acuerdo a la distancia es suficiente para realizar de manera satisfactoria mi trabajo?*. Se recomienda realizar un control de calidad de cada equipo, para conocer las características del mismo, principalmente si cumple con las precisiones esperadas reportadas por el fabricante y qué otros limitantes tiene según el método de posicionamiento. Medir y testear los receptores sobre puntos de control (con coordenadas conocidas o post-procesadas por nosotros mismos), puede ser una buena alternativa para conocer las características del equipo, sobre todo si el mismo es de bajo costo.
- 2. Obtener seguridad en los resultados medidos a tiempo real.** En cualquier tipo de relevamiento la confiabilidad de las coordenadas es muy importante. Una buena práctica a implementar en campo puede ser ocupar al menos dos veces los primeros puntos de un relevamiento al finalizar la jornada de trabajo. Si los dos juegos de coordenadas (las

observadas al principio y al finalizar la jornada) son similares, o la diferencia está dentro de la tolerancia del trabajo, se puede confiar en los resultados obtenidos. La razón de tal recomendación se fundamenta en lo expuesto en la Figura 16, donde se aprecia como los resultados son precisos entre sí en determinados intervalos de tiempo. La intención es analizar qué ocurre con las coordenadas de los puntos a medida que el tiempo transcurre, y obtener finalmente un relevamiento localmente consistente. En caso de que las diferencias de coordenadas superen las tolerancias, se recomienda medir una tercera vez, sobre todo para estudiar la presencia del error de multicamino en zonas del relevamiento donde el cielo no presente las condiciones óptimas (obstrucciones, edificaciones cercanas, etc.)

- 3. Soluciones de red como una buena alternativa para los equipos receptores de bajo costo.** Un camino posible cuando no se cuente con una base cercana para trabajar dentro de las precisiones necesarias, es recurrir a las soluciones de red (el concepto puede ser repasado en el Capítulo I). El Instituto Geográfico Militar tiene a disposición 15 soluciones del tipo VRS (a la fecha 06/08/2024), que incluyen algunas estaciones permanentes de cada zona, las cuales se pueden observar en el siguiente link: <https://igm.gub.uy/geoportal/instructivos-3-2/>.
- 4. Vinculación al marco de referencia oficial.** A la hora de realizar un relevamiento y/o procesamiento de datos GNSS enmarcado en el marco de referencia SIRGAS-ROU98, se recomienda (siempre que sea posible) utilizar como estaciones bases aquellas que hayan participado del ajuste realizado por el IGM en 2015. (UYAR, UYCL, UYCO, UYDU, UYFD, UYFS, UYLA, UYLP, UYMO, UYPA, UYPT, UYRI, UYRO, UYRV, UYSA, UYSG, UYSJ, UYSO, UYTA, UYTD y UYTT). De las estaciones instaladas en los últimos años (UYIF, UYMA, UYBU, UYRB, UYSC, UYLM), si bien poseen

coordenadas en el marco de referencia SIRGAS-ROU98, no ha sido posible conocer cómo han sido determinadas.

Cuando se vinculen datos medidos a tiempo real y post procesados se recomienda no variar la estación base, de manera de buscar cierta homogeneidad en ambos conjuntos de datos.

- 5. Declarar la estación con la cual se vinculó al marco de referencia y se trabajó en tiempo real como el equipo utilizado.** Las soluciones desde una o desde distintas estaciones de referencia, sin lugar a duda pueden dar resultados distintos por diversos fenómenos y factores. Dos causantes principales de ello puede ser la falta de coherencia entre las coordenadas de las estaciones bases debido al tiempo transcurrido desde la implementación del marco de referencia ROU 98 y la capacidad del equipo receptor de resolver su posición de forma correcta a medida que la distancia entre el receptor base y el receptor móvil aumenta. Una práctica interesante a implementar en cada relevamiento podría ser declarar en una memoria o informe de trabajo la estación base (ej. UYMO, base propia (¿Cómo se le asignó coordenadas?, VRS), la distancia y el equipo utilizado.
- 6. Tiempo mínimo de observación para un correcto procesamiento de datos GNSS.** El tiempo mínimo de rastreo sobre un punto estático depende de varios factores, incluidos los algoritmos de cálculo de cada receptor. De acuerdo a lo expuesto por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (Ubicado en Colombia) debe ser de 15 minutos a partir de la estabilización del equipo y la disponibilidad mínima de 4 satélites. Luego por cada kilómetro de distancia a la base se le debe adicionar 5 minutos ([https://redgeodesica.igac.gov.co/herramientas/guias\\_manuales.html](https://redgeodesica.igac.gov.co/herramientas/guias_manuales.html)).
- 7. Analizar el estado de la calidad de las observaciones, previo procesamiento de datos.** Una de las tareas a realizar previo al procesamiento, es el análisis de la calidad de los

archivos de observación. En el caso de observables GNSS, existen varios programas diseñados para este fin, como por ejemplo, los softwares libres RTKLIB (módulo RTK-PLOT) y BNC (<https://igs.bkg.bund.de/ntrip/bnc>).

Es de suma importancia analizar los siguientes aspectos:

1. Continuidad de los datos, o disponibilidad de cada satélite, remarcando saltos de ciclo o cortes de señal (cycle slip o gap).
2. Elevación de cada satélite, considerando que los que se encuentren cerca del horizonte tendrán mayores errores de refracción.
3. Factor de dilución de la precisión PDOP, debiendo ser menor que 5.
4. Relación señal-ruido, siendo valores aceptables mayores a 34 dBHz (Ver Hoffman-Wellenhof, 2007- pág. 86).
5. Multicamino o multipath, siendo esperable valores menores a 1 m.

\*Caso de ejemplo con el software BNC: Ver Anexo XI.

- 8. Obtener seguridad en los resultados post procesados.** Generalmente, el procesamiento de datos GNSS se realiza en una única instancia con la finalidad de obtener las coordenadas de un punto previamente ocupado. Se sugiere realizar un control posterior, ya sea mediante un segundo procesamiento utilizando otra estación de referencia, o repitiendo la ocupación del punto por lo menos 3 días diferentes y así poder confirmar la validez de los resultados. En los casos que sea posible, realizar el correspondiente ajuste de red y análisis de resultados.

\*Caso de aplicación y análisis: Un claro ejemplo de esto es lo ocurrido con los datos transmitidos por la estación permanente de Paysandú (UYPA) el día 14 de noviembre de 2022 (Ver resultados y discusión Capítulo II - Evaluación de la calidad de los datos

GNSS...). Sin lugar a duda cualquier relevamiento y/o postproceso que se haya realizado en ese día, utilizando dicha estación seguramente presente errores.

Los procesamientos multisesión (generalmente) se realizan con poco ánimo pero son muy importantes y más aún en estos casos donde los errores pueden ser infinitos y se escapan de nuestro control, como pueden ser los asociados al medio de propagación.

**9. Testeo de software de procesamiento y configuración de parámetros.** Existen diversos softwares de procesamiento y la configuración de parámetros puede ser infinita. Además, muchas veces no estamos seguros cuál podría ser la configuración que mejor se ajuste a nuestro contexto. En este caso se recomienda hacer un caso prueba que consiste en, seleccionar dos estaciones monitoreadas por SIRGAS donde la distancia base línea se corresponda con nuestro caso, descargar los rinex de las estaciones seleccionadas, introducir manualmente las coordenadas publicadas por SIRGAS de la estación seleccionada como base en el software de procesamiento y comenzar a post procesar con diversas configuraciones. Cuando las diferencias entre las coordenadas resultantes del post procesamiento y las coordenadas teóricas (SIRGAS) sean suficientes para la precisión del trabajo a realizar ya se está en condiciones de comenzar a procesar los datos propios. De todas maneras no hay que perder lo expuesto en el punto anterior (8).

En base a la experiencia de este trabajo, en el caso del software libre RTKLIB una configuración recomendada es la siguiente:

Archivos a utilizar:

1. Efemérides precisas (<https://cdsis.gsfc.nasa.gov/archive/gnss/products/>)
2. Archivo de antenas (<https://files.igs.org/pub/station/general/>)  
(igs14.atx, igs20.atx).

3. Archivo de Parámetros de Orientación de la Tierra

(<https://cddis.gsfc.nasa.gov/archive/gnss/products/>)

Configuración:

1. Modo de posicionamiento: Estático (depende del trabajo).
2. Corrección ionosférica: Estimate TEC.
3. Corrección troposférica: Estimate ZTD.
4. Constelación: GPS y GLONASS.
5. Resolución de ambigüedades: GPS Continuo.

**10. Verificación del estado de la estación permanente a utilizar.** El profesional actuante debería verificar el estado de las estaciones permanentes que utilizará para el posterior procesamiento de datos en gabinete, ya que en caso de no hacerlo cabe la posibilidad de que alguna de ellas se encuentre “desconectada” y no pueda realizar el procesamiento mencionado. El servicio de estado de las estaciones permanentes, es proveído por el Instituto Geográfico Militar en el siguiente sitio web:  
<https://igm.gub.uy/geoportal/estado-de-estaciones/>.

**11. Marcos de referencia para obras de gran precisión.** En obras ferroviarias, construcción de presas o en proyectos de cualquier índole donde las precisiones deban ser altas se recomienda trabajar en post proceso con las soluciones semanales o multianuales de SIRGAS más recientes (<https://www.sirgas.org/es/sirgas-realizations/sirgas-con-network/>). En otras aplicaciones como puede ser catastrales, Cartográficas, o en Sistemas de información Geográfica, etc, la utilización del marco de referencia ROU 98 es válido y recomendable para trabajos de dichas características.

**12. Corrección al centro de fase de antena<sup>29</sup> en relevamientos altimétricos.** El error de offset de antena es una de las principales fuentes de diferencias altimétricas entre receptores GNSS. Como se mencionó anteriormente, al momento de realizar un procesamiento de datos es importante cargar el archivo de antenas para que el software pueda comprender el tipo de antena que figura en ambos archivos de observación (base y móvil) y pueda realizar las correcciones pertinentes. En tiempo real ocurre algo similar, el equipo remoto debe ser capaz de interpretar el tipo de antena que figura en el mensaje RTCM (Radio Technical Commission for Maritime Services) que envía la base. Generalmente lo que ocurre cuando el rover no puede aplicar la corrección al centro de fase de la antena base, se observan diferencias altimétricas sistemáticas (generalmente del orden de 6 a 12 cm) dependiendo de los tipos de antena involucradas.

En lo que respecta a la planimetría también existen diferencias pero generalmente de menor orden.

**IMPORTANTE.**

1. Cuando se vinculan datos medidos a tiempo real y resultados obtenidos de un post procesamiento de datos, es muy importante conocer si el equipo receptor cuenta con las correcciones de fase de las diferentes antenas, es decir, si el receptor es capaz de reconocer el tipo de antena de la estación base. Es un aspecto muy importante ya que se podría realizar un incorrecto análisis de datos y se podría estar cometiendo nuevamente un error del orden de 10 cm en altimetría.
2. Cuando se trabaja en tiempo real con una solución de red, por ejemplo, las estaciones virtuales de referencias del IGM, no interviene el error de offset

---

<sup>29</sup> Para profundizar sobre este ver Capítulo I, Fuentes de Error - La Tierra y GNSS.

de antena. Las correcciones al centro de fase de la antena son nulas al tratarse de una estación inexistente materialmente.

## Bibliografía

Barraza, B., Tarrío, J. A. (2020). Procesamiento de datos GNSS con software libre, a partir de estaciones SIRGAS. [Webinar]. Sistema de Referencia Geodésico para las Américas.

<https://www.youtube.com/watch?v=ZPR6pMXK-Yk>

Camisay, M. F., Striewe, E., & Mackern, M. V. (2013). Los marcos de referencia en el posicionamiento satelital a tiempo real. *Geoacta*, 38(2), 183-193. Recuperado en 16 de agosto de 2024,

de [http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1852-77442013000200007&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1852-77442013000200007&lng=es&tlng=es).

Camisay Bande, M. F. (2021). Aplicaciones innovativas del posicionamiento satelital a tiempo real. Tesis de Doctorado. Facultad de Ingeniería Universidad Nacional de Cuyo, Mendoza.

Instituto Geográfico Militar: IGM. Recuperada desde <https://igm.gub.uy/>

International GNSS Service - Enabling the highest-accuracy usability of openly available GNSS data & products. Recuperada desde <https://igs.org/>

ITRF | Homepage. Recuperada desde <https://itrf.ign.fr/en/homepage>

Mateo, L. (2011). Determinación Precisa de Velocidades en las Estaciones GNSS de Medición Continua de América Latina (Red SIRGAS) (Doctoral dissertation, Tesis doctoral. Universidad Nacional de Cuyo. Argentina).

Pérez, R. (2008). SIRGAS uruguayo Presente y Futuro Trabajando en NTRIP. Montevideo–Uruguay. Universidad de la República. Montevideo–Uruguay.

Silva, N. S., Rodino, R. P., & Peláez, R. Y. (2013). Red de transporte de datos en formato RTCM, vía protocolo de Internet (Ntrip). Implementación en la región y proyección futura a través de SIRGAS. Revista cartográfica, (89), 165-187.

SIRGAS. Recuperada desde <https://sirgas.ipgh.org/>

Suárez, N. (2012). Red Geodésica Nacional Activa de la República Oriental del Uruguay (REGNA-ROU). Infraestructura al servicio del desarrollo de nuevas capacidades mediante el empleo de Tecnologías de la Información Geográfica (TIG). Biblioteca Nacional, Cuaderno de Geografía, 1, 23-28.

Valero, B., J. L., Anquela Julián, A. B., & Garrido Villén, N. (2014). GNSS. GPS: fundamentos y aplicaciones en Geomática. Colección Académica. Editorial UPV.

## Anexos

### Anexo I: Coordenadas SIRGAS (época 2015.53 - ITRF2008).

| Coordenadas SIRGAS (época 2015.53 - ITRF2008) |                 |                    |                 |                    |                         |            |
|---|-----------------|--------------------|-----------------|--------------------|-------------------------|------------|
| Estación                                      | Latitud         | rms $\varphi$ (mm) | Longitud        | rms $\lambda$ (mm) | Altura Elipsoidal h (m) | rms h (mm) |
| UYAR  | 30°24'42"2873 S | ± 1.4              | 56°29'26"4531 W | ± 1.4              | 146,438                 | ± 4.5      |
| UYCL  | 32°21'56"6592 S | ± 1.3              | 54°12'50"4991 W | ± 1.3              | 134,656                 | ± 3.5      |
| UYCO  | 34°27'46"7503 S | ± 1.3              | 57°50'07"3752 W | ± 1.2              | 49,321                  | ± 3.8      |
| UYDU  | 33°18'57"1827 S | ± 1.2              | 55°36'08"7654 W | ± 1.4              | 164,894                 | ± 3.7      |
| UYFD  | 34°05'48"0883 S | ± 1.3              | 56°11'21"7263 W | ± 1.2              | 87,913                  | ± 3.6      |
| UYFS  | 33°30'57"5256 S | ± 1.2              | 56°53'12"8294 W | ± 1.2              | 165,526                 | ± 3.7      |
| UYLA  | 34°21'45"9853 S | ± 1.2              | 55°14'55"6462 W | ± 1.3              | 148,334                 | ± 3.8      |
| UYLP  | 34°39'20"5234 S | ± 1.3              | 54°08'31"5506 W | ± 1.3              | 20,106                  | ± 4.8      |
| UYMO  | 34°53'17"9427 S | ± 1.2              | 56°15'35"5784 W | ± 1.3              | 158,080                 | ± 3.6      |
| UYPA  | 32°17'28"4951 S | ± 1.8              | 58°04'01"8799 W | ± 1.7              | 71,810                  | ± 4.4      |
| UYPT  | 32°48'02"0162 S | ± 1.3              | 56°30'35"3403 W | ± 1.2              | 91,103                  | ± 3.5      |
| UYRI  | 30°53'44"7405 S | ± 1.6              | 55°33'32"8133 W | ± 1.3              | 251,562                 | ± 4.0      |
| UYRO  | 34°00'03"6145 S | ± 1.4              | 53°33'17"3740 W | ± 1.8              | 58,964                  | ± 4.6      |
| UYRV  | 31°46'20"6005 S | ± 1.5              | 54°41'17"2150 W | ± 1.3              | 274,353                 | ± 4.3      |
| UYSA  | 31°22'30"6153 S | ± 1.3              | 57°57'35"2095 W | ± 1.2              | 79,021                  | ± 3.5      |
| UYSG  | 32°37'02"7399 S | ± 1.2              | 55°50'36"9772 W | ± 1.3              | 107,395                 | ± 3.6      |
| UYSJ  | 34°19'25"4398 S | ± 1.3              | 56°42'32"7440 W | ± 1.3              | 55,368                  | ± 4.0      |
| UYSO  | 33°15'40"5385 S | ± 1.2              | 58°00'49"0252 W | ± 1.7              | 80,740                  | ± 3.8      |
| UYTA  | 31°40'59"0340 S | ± 1.4              | 55°56'15"1212 W | ± 1.8              | 186,948                 | ± 4.1      |
| UYTD  | 30°56'46"5700 S | ± 1.6              | 57°31'28"2060 W | ± 1.2              | 75,652                  | ± 4.2      |
| UYTT  | 33°14'28"6731 S | ± 1.3              | 54°22'49"3051 W | ± 1.2              | 68,924                  | ± 3.6      |

Anexo II: Coordenadas SIRGAS-ROU98 (época 1995.41 - ITRF1994).

| Coordenadas SIRGAS-ROU98 (época 1995.41 - ITRF1994) |                 |                 |                 |                    |                       |            |
|---|-----------------|-----------------|-----------------|--------------------|-----------------------|------------|
| Estación  | Latitud         | rms $\phi$ (mm) | Longitud        | rms $\lambda$ (mm) | Altura Elipsoidal (m) | rms h (mm) |
| UYAR  | 30°24'42"2973 S | ± 21.4          | 56°29'26"4521 W | ± 31.4             | 146,487               | ± 124.5    |
| UYCL  | 32°21'56"6690 S | ± 21.3          | 54°12'50"4974 W | ± 31.3             | 134,706               | ± 123.5    |
| UYCO  | 34°27'46"7599 S | ± 21.3          | 57°50'07"3740 W | ± 31.2             | 49,373                | ± 123.8    |
| UYDU  | 33°18'57"1923 S | ± 21.2          | 55°36'08"7636 W | ± 31.4             | 164,944               | ± 123.7    |
| UYFD  | 34°05'48"0979 S | ± 21.3          | 56°11'21"7245 W | ± 31.2             | 87,964                | ± 123.6    |
| UYFS  | 33°30'57"5353 S | ± 21.2          | 56°53'12"8280 W | ± 31.2             | 165,577               | ± 123.7    |
| UYLA  | 34°21'45"9949 S | ± 21.2          | 55°14'55"6442 W | ± 31.3             | 148,386               | ± 123.8    |
| UYLP  | 34°39'20"5330 S | ± 21.3          | 54°08'31"5485 W | ± 31.3             | 20,159                | ± 124.8    |
| UYMO  | 34°53'17"9507 S | ± 3             | 56°15'35"5758 W | ± 3                | 158,083               | ± 4        |
| UYPA  | 32°17'28"5049 S | ± 21.8          | 58°04'01"8792 W | ± 31.7             | 71,859                | ± 124.4    |
| UYPT  | 32°48'02"0259 S | ± 21.3          | 56°30'35"3391 W | ± 31.2             | 91,152                | ± 123.5    |
| UYRI  | 30°53'44"7504 S | ± 21.6          | 55°33'32"8120 W | ± 31.3             | 251,611               | ± 124.0    |
| UYRO  | 34°00'03"6246 S | ± 21.4          | 53°33'17"3723 W | ± 31.8             | 59,008                | ± 124.6    |
| UYRV  | 31°46'20"6104 S | ± 21.5          | 54°41'17"2135 W | ± 31.3             | 274,401               | ± 124.3    |
| UYSA  | 31°22'30"6252 S | ± 21.3          | 57°57'35"2087 W | ± 31.2             | 79,071                | ± 123.5    |
| UYSG  | 32°37'02"7496 S | ± 21.2          | 55°50'36"9757 W | ± 31.3             | 107,444               | ± 123.6    |
| UYSJ  | 34°19'25"4494 S | ± 21.3          | 56°42'32"7424 W | ± 31.3             | 55,419                | ± 124.0    |
| UYSO  | 33°15'40"5482 S | ± 21.2          | 58°00'49"0244 W | ± 31.7             | 80,791                | ± 123.8    |
| UYTA  | 31°40'59"0434 S | ± 21.4          | 55°56'15"1200 W | ± 31.8             | 187,050               | ± 124.1    |
| UYTD  | 30°56'46"5800 S | ± 21.6          | 57°31'28"2052 W | ± 31.2             | 75,700                | ± 124.2    |
| UYTT  | 33°14'28"6828 S | ± 21.3          | 54°22'49"3032 W | ± 31.2             | 68,973                | ± 123.6    |

### Anexo III: Cálculo de vectores desplazamiento.

| Nombre | Fecha de instalación | En Sirgas desde | Coordenadas en SIRGAS-ROU 98 |              |                   | Coordenadas provenientes de reprocesamiento |              |                   |
|--------|----------------------|-----------------|------------------------------|--------------|-------------------|---|--------------|-------------------|
|        |                      |                 | Latitud                      | Longitud     | Altura elipsoidal | Latitud                                     | Longitud     | Altura elipsoidal |
| UYAR   | 2014-07-23           | 2014-11-30      | -30,41174925                 | -56,49068114 | 146,487           | -30,41174567                                | -56,49068168 | 146,45648         |
| UYBU   | 2020-11-05           | 2021-01-03      | -30,25364264                 | -57,60251986 | 74,455            | -30,25363908                                | -57,60252027 | 74,47578          |
| UYCL   | 2013-09-05           | 2013-12-01      | -32,36574139                 | -54,21402706 | 134,706           | -32,36573786                                | -54,21402783 | 134,67368         |
| UYCO   | 2014-09-30           | 2014-11-30      | -34,46298886                 | -57,83538167 | 49,373            | -34,4629854                                 | -57,83538229 | 49,33943          |
| UYDU   | 2010-05-13           | 2010-05-16      | -33,31588675                 | -55,60243433 | 164,944           | -33,31588337                                | -55,60243519 | 164,90988         |
| UYFD   | 2014-10-13           | 2014-11-30      | -34,09669386                 | -56,18936792 | 87,964            | -34,0966904                                 | -56,18936865 | 87,99998          |
| UYFS   | 2014-10-14           | 2014-11-30      | -33,51598203                 | -56,88689667 | 165,577           | -33,51597857                                | -56,88689735 | 165,53234         |
| UYIF   | 2015-06-11           | 2015-06-14      | -34,94599147                 | -55,93274931 | 55,983            | -34,94598819                                | -55,93275014 | 55,9144           |
| UYLA   | 2014-10-08           | 2014-11-30      | -34,36277636                 | -55,24879006 | 148,386           | -34,36277289                                | -55,24879089 | 148,34686         |
| UYLP   | 2010-08-30           | 2010-08-30      | -34,65570361                 | -54,14209681 | 20,159            | -34,65570013                                | -54,14209764 | 20,1206           |
| UYMA   | 2018-03-15           | 2018-03-15      | -34,86300197                 | -55,08602214 | 39,075            | -34,86299869                                | -55,08602291 | 39,03388          |
| UYMO   | 2006-11-30           | 2006-12-24      | -34,88831964                 | -56,25988217 | 158,083           | -34,8883166                                 | -56,25988316 | 158,09501         |
| UYPA   | 2010-05-31           | 2010-07-04      | -32,29125136                 | -58,06718867 | 71,859            | -32,29124786                                | -58,06718912 | 71,84917          |
| UYPT   | 2015-03-27           | 2015-03-27      | -32,80056275                 | -56,50981642 | 91,152            | -32,80055926                                | -56,50981701 | 91,11529          |
| UYRB   | 2021-01-25           | 2022-04-03      | -32,60730433                 | -53,40469869 | 32,329            | -32,60730081                                | -53,40469958 | 32,30529          |
| UYRI   | 2013-05-27           | 2013-10-06      | -30,895764                   | -55,55911444 | 251,611           | -30,89576042                                | -55,55911507 | 251,5786          |
| UYRO   | 2006-12-20           | 2007-01-21      | -34,00100683                 | -53,55482564 | 59,008            | -34,00100323                                | -53,55482636 | 58,97699          |
| UYRV   | 2014-10-29           | 2014-11-30      | -31,77239178                 | -54,68811486 | 274,401           | -31,77238823                                | -54,68811554 | 274,36976         |
| UYSA   | 2014-10-15           | 2014-11-30      | -31,37517367                 | -57,95978019 | 79,071            | -31,37517013                                | -57,95978069 | 79,04092          |
| UYSG   | 2014-11-27           | 2014-11-30      | -32,61743044                 | -55,84360436 | 107,444           | -32,61742695                                | -55,84360507 | 107,4036          |
| UYSJ   | 2014-09-30           | 2014-11-16      | -34,32373594                 | -56,70909511 | 55,419            | -34,32373249                                | -56,70909583 | 55,38456          |
| UYSO   | 2010-12-14           | 2010-12-26      | -33,26126339                 | -58,01361789 | 80,791            | -33,26125992                                | -58,01361836 | 80,7618           |
| UYTA   | 2006-09-21           | 2008-04-27      | -31,68306761                 | -55,93753333 | 187,05            | -31,6830642                                 | -55,93753339 | 186,98344         |
| UYTD   | 2014-11-17           | 2014-11-30      | -30,94627222                 | -57,52450144 | 75,7              | -30,94626869                                | -57,52450195 | 75,66875          |
| UYTT   | 2014-10-10           | 2014-11-30      | -33,24130078                 | -54,380362   | 68,973            | -33,24129725                                | -54,38036274 | 68,93809          |

## Anexo IV: Procesamiento diferencial en RTKLIB.

### Archivos:

1. Efemérides precisas (<https://cddis.gsfc.nasa.gov/archive/gnss/products/>)
2. Archivo de antenas: igs14.atx
3. Archivo de Parámetros de Orientación de la Tierra  
(<https://cddis.gsfc.nasa.gov/archive/gnss/products/>)

### Configuración:

1. Modo de posicionamiento: Estático
2. Corrección ionosférica: Estimate TEC
3. Corrección troposférica: Estimate ZTD
4. Constelación: GPS y GLONASS
5. Resolución de ambigüedades: GPS Continuo

Anexo V: Transformación de coordenadas ITRF14-ITRF94 - Coordenadas provenientes de reprocesamiento SIRGAS - estaciones REGNA-ROU.

| Nombre | Coordenadas provenientes de reprocesamiento |               |                       | Transformación de Coordenadas (ITRF14-ITRF94) |               |                       |
|--------|---|---------------|-----------------------|---|---------------|-----------------------|
|        | Latitud (DD)                                | Longitud (DD) | Altura elipsoidal (m) | Latitud (DD)                                  | Longitud (DD) | Altura elipsoidal (m) |
| UYAR   | -30,4117457                                 | -56,4906817   | 146,456               | -30,41174614                                  | -56,49068154  | 146,517               |
| UYBU   | -30,2536391                                 | -57,6025203   | 74,476                | -30,25363955                                  | -57,60252014  | 74,535                |
| UYCL   | -32,3657379                                 | -54,2140278   | 134,674               | -32,36573832                                  | -54,2140277   | 134,733               |
| UYCO   | -34,4629854                                 | -57,8353823   | 49,339                | -34,46298584                                  | -57,83538215  | 49,402                |
| UYDU   | -33,3158834                                 | -55,6024352   | 164,910               | -33,31588382                                  | -55,60243506  | 164,972               |
| UYFD   | -34,0966904                                 | -56,1893687   | 88,000                | -34,09669084                                  | -56,18936851  | 88,063                |
| UYFS   | -33,5159786                                 | -56,8868974   | 165,532               | -33,51597902                                  | -56,88689721  | 165,595               |
| UYIF   | -34,9459882                                 | -55,9327501   | 55,914                | -34,94598862                                  | -55,93275     | 55,978                |
| UYLA   | -34,3627729                                 | -55,2487909   | 148,347               | -34,36277333                                  | -55,24879075  | 148,410               |
| UYLP   | -34,6557001                                 | -54,1420976   | 20,121                | -34,65570057                                  | -54,1420975   | 20,185                |
| UYMA   | -34,8629987                                 | -55,0860229   | 39,034                | -34,86299913                                  | -55,08602277  | 39,098                |
| UYMO   | -34,8883166                                 | -56,2598832   | 158,095               | -34,88831704                                  | -56,25988303  | 158,159               |
| UYPA   | -32,2912479                                 | -58,0671891   | 71,849                | -32,29124832                                  | -58,06718898  | 71,911                |
| UYPT   | -32,8005593                                 | -56,5098170   | 91,115                | -32,80055971                                  | -56,50981688  | 91,177                |
| UYRB   | -32,6073008                                 | -53,4046996   | 32,305                | -32,60730126                                  | -53,40469944  | 32,368                |
| UYRI   | -30,8957604                                 | -55,5591151   | 251,579               | -30,89576089                                  | -55,55911494  | 251,639               |
| UYRO   | -34,0010032                                 | -53,5548264   | 58,977                | -34,00100367                                  | -53,55482622  | 59,040                |
| UYRV   | -31,7723882                                 | -54,6881155   | 274,370               | -31,77238869                                  | -54,6881154   | 274,431               |
| UYSA   | -31,3751701                                 | -57,9597807   | 79,041                | -31,3751706                                   | -57,95978055  | 79,101                |
| UYSG   | -32,6174270                                 | -55,8436051   | 107,404               | -32,61742741                                  | -55,84360494  | 107,465               |
| UYSJ   | -34,3237325                                 | -56,7090958   | 55,385                | -34,32373293                                  | -56,70909569  | 55,448                |
| UYSO   | -33,2612599                                 | -58,0136184   | 80,762                | -33,26126037                                  | -58,01361823  | 80,825                |
| UYTA   | -31,6830642                                 | -55,9375339   | 186,983               | -31,68306466                                  | -55,93753377  | 187,045               |
| UYTD   | -30,9462687                                 | -57,5245020   | 75,669                | -30,94626915                                  | -57,52450181  | 75,729                |
| UYTT   | -33,2412973                                 | -54,3803627   | 68,938                | -33,2412977                                   | -54,38036261  | 69,001                |

Anexo VI: Vectores desplazamiento estaciones REGNA-ROU.

| Nombre | Diferencias |          |        |            |               |             |
|--------|-------------|----------|--------|------------|---------------|-------------|
|        | Norte (m)   | Este (m) | Up (m) | Módulo (m) | Módulo 2D (m) | Ácimet (DD) |
| UYAR   | 0,346       | -0,039   | 0,030  | 0,349      | 0,348         | -6,356      |
| UYBU   | 0,344       | -0,027   | 0,080  | 0,354      | 0,345         | -4,458      |
| UYCL   | 0,341       | -0,060   | 0,027  | 0,348      | 0,347         | -9,942      |
| UYCO   | 0,336       | -0,044   | 0,029  | 0,340      | 0,338         | -7,427      |
| UYDU   | 0,326       | -0,068   | 0,028  | 0,334      | 0,333         | -11,765     |
| UYFD   | 0,336       | -0,055   | 0,099  | 0,354      | 0,340         | -9,246      |
| UYFS   | 0,335       | -0,050   | 0,018  | 0,339      | 0,338         | -8,479      |
| UYIF   | 0,317       | -0,063   | -0,005 | 0,323      | 0,323         | -11,233     |
| UYLA   | 0,337       | -0,064   | 0,024  | 0,344      | 0,343         | -10,69      |
| UYLP   | 0,338       | -0,063   | 0,026  | 0,345      | 0,344         | -10,625     |
| UYMA   | 0,316       | -0,058   | 0,023  | 0,322      | 0,321         | -10,344     |
| UYMO   | 0,289       | -0,078   | 0,076  | 0,309      | 0,299         | -15,152     |
| UYPA   | 0,338       | -0,029   | 0,052  | 0,343      | 0,339         | -4,939      |
| UYPT   | 0,338       | -0,043   | 0,025  | 0,341      | 0,341         | -7,217      |
| UYRB   | 0,341       | -0,070   | 0,039  | 0,351      | 0,348         | -11,616     |
| UYRI   | 0,346       | -0,047   | 0,028  | 0,351      | 0,349         | -7,785      |
| UYRO   | 0,352       | -0,054   | 0,032  | 0,357      | 0,356         | -8,676      |
| UYRV   | 0,343       | -0,051   | 0,030  | 0,348      | 0,347         | -8,455      |
| UYSA   | 0,341       | -0,034   | 0,030  | 0,344      | 0,343         | -5,761      |
| UYSG   | 0,337       | -0,054   | 0,021  | 0,342      | 0,341         | -9,145      |
| UYSJ   | 0,335       | -0,053   | 0,029  | 0,340      | 0,339         | -9,061      |
| UYSO   | 0,336       | -0,031   | 0,034  | 0,339      | 0,338         | -5,293      |
| UYTA   | 0,328       | -0,042   | -0,005 | 0,331      | 0,331         | -7,214      |
| UYTD   | 0,341       | -0,035   | 0,029  | 0,344      | 0,343         | -5,875      |
| UYTT   | 0,342       | -0,056   | 0,028  | 0,348      | 0,347         | -9,338      |

## Anexo VII: 1º Caso de medición - Parámetros del procesamiento RTKLIB.

### Archivos:

1. Efemérides precisas (<https://cddis.gsfc.nasa.gov/archive/gnss/products/>)
2. Archivo de antenas: igs14.atx
3. Archivo de Parámetros de Orientación de la Tierra  
(<https://cddis.gsfc.nasa.gov/archive/gnss/products/>)

### Configuración:

1. Modo de posicionamiento: Estático
2. Corrección ionosférica: Estimate TEC
3. Corrección troposférica: Estimate ZTD
4. Constelación: GPS y GLONASS
5. Resolución de ambigüedades: GPS Continuo

## Anexo VIII: 2º Caso de medición - Parámetros del procesamiento Leica Infinity.

Leica Geosystems AG  
Heinrich Wild Strasse  
CH-9435 Heerbrugg  
St. Gallen, Switzerland

Phone: + 41 71 727 3131  
Fax: + 41 71 727 4674

- when it has to be right



### Informe del Procesamiento GNSS - Resumen

Informe creado: 09/08/2024 13:27:32

#### Detalles del Proyecto

| General  | Información del cliente | Sistema de Coordenadas Principal            |
|--|-------------------------|---|
| Nombre del proyecto: RT_UYMO   | Nombre del cliente: -   | Nombre de Sistema de Coordenadas: UTM21S    |
| Propietario: -   | Persona de contacto: -  | Tipo de Transformación: -                   |
| Jefe de Topografía: Maria Fernanda Camisay   | Número: -               | Distribución de Residuos: Ninguno           |
| Fecha de Creación: 02/02/2024 20:00:12   | Email: -                | Elipsoide: WGS 1984                         |
| Último Acceso: 09/08/2024 13:24:50   | Skype: -                | Tipo de Proyección: UTM                     |
| Software aplicación: Infinity 4.1.1  | Website: -              | Modelo de Geoides: egm08_05-90S_0W-180W_5x5 |
|  |                         | Modelo CSCS: -                              |
| Ruta: C:\Users\mfcamisay\Documents\Leica Geosystems\Infinity\Projects\RT_MOW\RT_UYMO.ipj |                         |   |
| Tamaño: 22,9 MB  |                         |   |
| Comentarios: -   |                         |   |

#### Línea base UYMO - 7261202\_12560000

#### Parámetros de Procesamiento (02/12/2023 09:55:42 - 02/12/2023 10:25:23)

| Datos   | Seleccionado               | Usado               | Comentarios |
|---|----------------------------|---------------------|-------------|
| Máscara de Elevación:                             | 10°                        | 10°                 |             |
| Frecuencias:                                      | Automático                 | L1/L2               |             |
| Tasa de Registro:                                 | Usar Todos                 | 15,00 seg           |             |
| Sistema de Satélites:                             | GPS/GLONASS/Galileo/Beidou | GPS/GLONASS         |             |
| Tipo de Efemérides:                               | Transmitidas               | Transmitidas        |             |
| Set de Calibración de Antena:                     | NGS 20 Absoluta            | NGS 20 Absoluta     |             |
| <b>Estrategia de Procesamiento</b>                |                            |                     |             |
| Tipo de Solución:                                 | Fijo (Fase)                | Fijo (Fase)         |             |
| Optimización de Solución:                         | Automático                 | Ninguno             |             |
| Frecuencias a usar en Ionosfera Reducida:         | Automático                 | Automático          |             |
| Modelo Troposférico:                              | Automático                 | VMF con modelo GPT2 |             |
| Modelo Ionosférico:                               | Automático                 | Calculado           |             |
| Permitir Solucionar en modo Widelane:             | Automático                 | Automático          |             |
| <b>Parámetros Generales</b>                       |                            |                     |             |
| Dist. min. para Ionosfera Reducida:               | 15 km                      |                     |             |
| Posibilidad de Fijar Ambigüedades hasta:          | 300 km                     |                     |             |
| Tiempo min. para soluciones flotantes (estático): | 00:05:00                   |                     |             |
| <b>Parámetros de hora</b>                         |                            |                     |             |
| Formato hora:                                     | HH:mm:ss                   |                     |             |
| Sistema de hora:                                  | Hora Local                 |                     |             |
| Cambio de segundos:                               | 18                         |                     |             |

## Resultados de Línea base: UYMO - 7261202\_12560000

### Adquisición

Hora Inicio - Hora Fin: 02/12/2023 09:55:42 - 02/12/2023 10:25:12  
 Duración: 00:29:30

### Antenas

|                                   | Referencia - UYMO          | Móvil -<br>7261202_12560000 |
|-----------------------------------|----------------------------|-----------------------------|
| Nombre del receptor / SN:         | LEICA GR10 / 1703023       | LEICA GS08 / 2525726        |
| Nombre de Antena / SN:            | LEIAT504GG LEIS / 06170003 | LEIGS08 / -                 |
| Desplazamiento de Fase Portadora: | -                          | -                           |
| Lectura de la Altura:             | 0,0000 m                   | 0,0000 m                    |
| Altura de Antena:                 | 0,0000 m                   | 0,0000 m                    |

### Offset del Centro de Fase

| GPS    | Referencia - LEIAT504GG LEIS |           | Móvil - LEIGS08 |           |
|--------|------------------------------|-----------|-----------------|-----------|
|        | L1                           | L2        | L1              | L2        |
| Este   | 0,0012 m                     | -0,0003 m | 0,0013 m        | -0,0012 m |
| Norte  | 0,0004 m                     | 0,0001 m  | -0,0013 m       | 0,0002 m  |
| Altura | 0,0871 m                     | 0,1175 m  | 0,0872 m        | 0,0847 m  |

| GLONASS | L1       |           | L2        |           |
|---------|----------|-----------|-----------|-----------|
|         | L1       | L2        | L1        | L2        |
| Este    | 0,0012 m | -0,0003 m | 0,0013 m  | -0,0012 m |
| Norte   | 0,0004 m | 0,0001 m  | -0,0013 m | 0,0002 m  |
| Altura  | 0,0871 m | 0,1175 m  | 0,0872 m  | 0,0847 m  |

### Coordenadas

|                       | Referencia - UYMO   | Móvil -<br>7261202_12560000 | Referencia - UYMO | Móvil -<br>7261202_12560000 |
|-----------------------|---------------------|-----------------------------|-------------------|-----------------------------|
| Clase de Punto:       | Control             | Solucionado PP              |                   |                             |
| Latitud WGS84:        | 34° 53' 17,95070" S | 34° 52' 43,07001" S         | Coordenada X:     | 567.629,2660 m              |
| Longitud WGS84:       | 56° 15' 35,57580" O | 56° 12' 08,69155" O         | Coordenada Y:     | 6.139.091,9001 m            |
| Altura Elip WGS84:    | 158,0830 m          | 23,5073 m                   | Altura Ortom.:    | 143,5150 m                  |
| Cartesiana X - WGS84: | 2.909.132,9813 m    | 2.913.780,6011 m            |                   |                             |
| Cartesiana Y - WGS84: | -4.355.451,2094 m   | -4.352.950,2720 m           |                   |                             |
| Cartesiana Z - WGS84: | -3.627.801,3052 m   | -3.626.842,5759 m           |                   |                             |

### Vector Línea Base y Calidad - WGS84

|              |                  |                          |          |
|--------------|------------------|--------------------------|----------|
| ΔLatitud:    | 0° 00' 34,88069" | Desv. Estd. ΔLatitud:    | 0,0003 m |
| ΔLongitud:   | 0° 03' 26,88425" | Desv. Estd. ΔLongitud:   | 0,0002 m |
| ΔAltura:     | -134,5757 m      | Desv. Estd. ΔAltura:     | 0,0005 m |
| ΔX:          | 4.647,6198 m     | Desv. Estd. ΔX:          | 0,0003 m |
| ΔY:          | 2.500,9374 m     | Desv. Estd. ΔY:          | 0,0004 m |
| ΔZ:          | 958,7293 m       | Desv. Estd. ΔZ:          | 0,0004 m |
| Dist. Geom.: | 5.364,1607 m     | Desv. Estd. Dist. Geom.: | 0,0002 m |

|      |             |        |          |
|------|-------------|--------|----------|
| M0:  | 0,4054 m    | CQ 1D: | 0,0005 m |
| Q11: | 0,00000059  | CQ 2D: | 0,0003 m |
| Q12: | -0,00000049 | CQ 3D: | 0,0006 m |
| Q22: | 0,00000093  |        |          |
| Q13: | -0,00000042 |        |          |
| Q23: | 0,00000053  |        |          |
| Q33: | 0,00000095  |        |          |

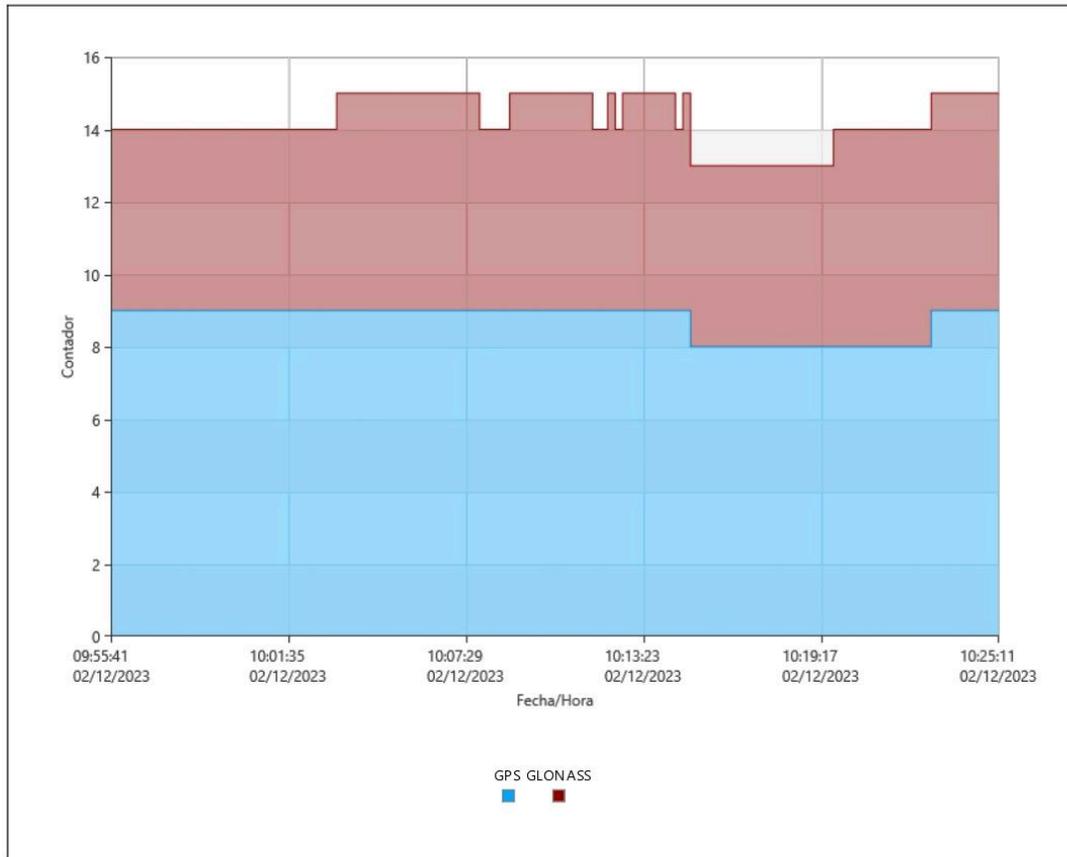
|                           |             |       |           |              |     |
|---------------------------|-------------|-------|-----------|--------------|-----|
| Frecuencias:              | L1/L2       | GDOP: | 1,5 - 2,0 | SVs GPS:     | 9/9 |
| Optimización de Solución: | Ninguno     | PDOP: | 1,2 - 1,5 | SVs GLONASS: | 6/6 |
| Tipo de Solución:         | Fijo (Fase) | HDOP: | 0,7 - 0,8 | SVs BeiDou:  | -   |
|                           |             | VDOP: | 1,0 - 1,2 | SVs Galileo: | -   |
|                           |             |       |           | SVs QZSS:    | -   |

|                     |              |
|---------------------|--------------|
| Tipo de Efemérides: |              |
| GPS                 | Transmitidas |
| GLONASS             | Transmitidas |

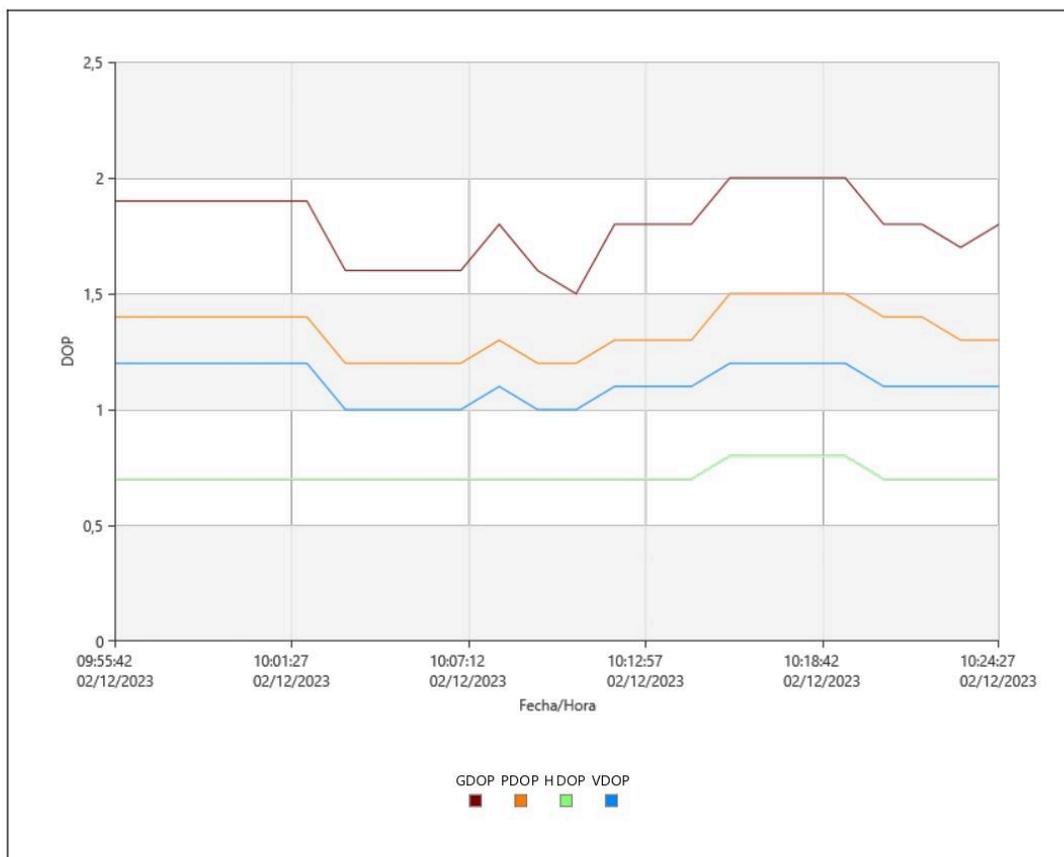
**Info de Procesamiento (02/12/2023 09:55:42 - 02/12/2023 10:25:23)**

Fecha/Hora Procesados: 02/02/2024 20:26:30

**Sats. Seguidos**



**DOP**



### Estadísticas de Ambigüedades

| Número de Ambigüedades        | GPS | GLONASS |
|-------------------------------|-----|---------|
| Solucionado                   | 20  | 14      |
| Total                         | 20  | 22      |
| Calculado independientemente  | 59  | 59      |
| Posible calculo independiente | 59  | 59      |

Tiempo promedio entre soluciones independientes: 00:00:15

| % de Épocas                  | GPS    |        | GLONASS |        |
|------------------------------|--------|--------|---------|--------|
|                              | L1 [%] | L2 [%] | L1 [%]  | L2 [%] |
| Solucionado                  | 100,00 | 100,00 | 98,63   | 96,81  |
| No calculado                 | 0,00   | 0,00   | 1,37    | 3,19   |
| No calculado - contradicción | 0,00   | 0,00   | 0,00    | 0,00   |
| No calculado - falta la fase | 0,00   | 0,00   | 0,00    | 0,00   |

| Estado      | Desde Época         | A Época             | Duración |
|-------------|---------------------|---------------------|----------|
| Solucionado | 02/12/2023 09:55:42 | 02/12/2023 10:25:12 | 00:29:30 |

## Línea base UYMO - 7261202\_14304200

### Parámetros de Procesamiento (02/12/2023 11:30:24 - 02/12/2023 12:01:15)

| Datos                 | Seleccionado               | Usado        | Comentarios |
|-----------------------|----------------------------|--------------|-------------|
| Máscara de Elevación: | 10°                        | 10°          |             |
| Frecuencias:          | Automático                 | L1/L2        |             |
| Tasa de Registro:     | Usar Todos                 | 15,00 seg    |             |
| Sistema de Satélites: | GPS/GLONASS/Galileo/Beidou | GPS/GLONASS  |             |
| Tipo de Efeméridas:   | Transmitidas               | Transmitidas |             |

Set de Calibración de Antena: NGS 20 Absoluta NGS 20 Absoluta

**Estrategia de Procesamiento**

Tipo de Solución: Fijo (Fase) Fijo (Fase)  
 Optimización de Solución: Automático Ninguno  
 Frecuencias a usar en Ionosfera Reducida: Automático Automático  
 Modelo Troposférico: Automático VMF con modelo GPT2  
 Modelo Ionosférico: Automático Calculado  
 Permitir Solucionar en modo Widelane: Automático Automático

**Parámetros Generales**

Dist. mín. para Ionosfera Reducida: 15 km  
 Posibilidad de Fijar Ambigüedades hasta: 300 km  
 Tiempo mín. para soluciones flotantes (estático): 00:05:00

**Parámetros de hora**

Formato hora: HH:mm:ss  
 Sistema de hora: Hora Local  
 Cambio de segundos: 18

**Resultados de Línea base: UYMO - 7261202\_14304200**

**Adquisición**

Hora Inicio - Hora Fin: 02/12/2023 11:30:27 - 02/12/2023 12:01:12  
 Duración: 00:30:45

**Antenas**

|                           | Referencia - UYMO          | Móvil - 7261202_14304200 |
|---------------------------|----------------------------|--------------------------|
| Nombre del receptor / SN: | LEICA GR10 / 1703023       | LEICA GS08 / 2525726     |
| Nombre de Antena / SN:    | LEIATS04GG LEIS / 06170003 | LEIGS08 / -              |
| Desplazamiento de Fase    | -                          | -                        |
| Portadora:                |                            |                          |
| Lectura de la Altura:     | 0,0000 m                   | 0,0000 m                 |
| Altura de Antena:         | 0,0000 m                   | 0,0000 m                 |

**Offset del Centro de Fase**

| GPS    | Referencia - LEIATS04GG LEIS |           | Móvil - LEIGS08 |           |
|--------|------------------------------|-----------|-----------------|-----------|
|        | L1                           | L2        | L1              | L2        |
| Este   | 0,0012 m                     | -0,0003 m | 0,0013 m        | -0,0012 m |
| Norte  | 0,0004 m                     | 0,0001 m  | -0,0013 m       | 0,0002 m  |
| Altura | 0,0871 m                     | 0,1175 m  | 0,0872 m        | 0,0847 m  |

| GLONASS | L1       |           | L2        |           |
|---------|----------|-----------|-----------|-----------|
|         | L1       | L2        | L1        | L2        |
| Este    | 0,0012 m | -0,0003 m | 0,0013 m  | -0,0012 m |
| Norte   | 0,0004 m | 0,0001 m  | -0,0013 m | 0,0002 m  |
| Altura  | 0,0871 m | 0,1175 m  | 0,0872 m  | 0,0847 m  |

**Coordenadas**

|                       | Referencia - UYMO   | Móvil - 7261202_14304200 | Referencia - UYMO | Móvil - 7261202_14304200 |
|-----------------------|---------------------|--------------------------|-------------------|--------------------------|
| Clase de Punto:       | Control             | Solucionado PP           |                   |                          |
| Latitud WGS84:        | 34° 53' 17,95070" S | 34° 47' 20,30533" S      | Coordenada X:     | 567.629,2660 m           |
| Longitud WGS84:       | 56° 15' 35,57580" O | 56° 13' 19,93623" O      | Coordenada Y:     | 6.139.091,9001 m         |
| Altura Elip WGS84:    | 158,0830 m          | 65,0954 m                | Altura Ortom.:    | 143,5150 m               |
| Cartesiana X - WGS84: | 2.909.132,9813 m    | 2.915.454,5604 m         |                   | 571.157,6281 m           |
| Cartesiana Y - WGS84: | -4.355.451,2094 m   | -4.358.707,1566 m        |                   | 6.150.082,9623 m         |
|                       |                     |                          |                   | 50,3783 m                |

Cartesiana Z - WGS84: -3.627.801,3052 m -3.618.702,2200 m

**Vector Línea Base y Calidad - WGS84**

|              |                  |                          |          |
|--------------|------------------|--------------------------|----------|
| ΔLatitud:    | 0° 05' 57,64537" | Desv. Estd. ΔLatitud:    | 0,0006 m |
| ΔLongitud:   | 0° 02' 15,63957" | Desv. Estd. ΔLongitud:   | 0,0006 m |
| ΔAltura:     | -92,9876 m       | Desv. Estd. ΔAltura:     | 0,0018 m |
| ΔX:          | 6.321,5791 m     | Desv. Estd. ΔX:          | 0,0011 m |
| ΔY:          | -3.255,9472 m    | Desv. Estd. ΔY:          | 0,0013 m |
| ΔZ:          | 9.099,0852 m     | Desv. Estd. ΔZ:          | 0,0010 m |
| Dist. Geom.: | 11.548,0260 m    | Desv. Estd. Dist. Geom.: | 0,0006 m |

|      |             |        |          |
|------|-------------|--------|----------|
| M0:  | 1,1223 m    | CQ 1D: | 0,0018 m |
| Q11: | 0,00000097  | CQ 2D: | 0,0009 m |
| Q12: | -0,00000086 | CQ 3D: | 0,0020 m |
| Q22: | 0,00000141  |        |          |
| Q13: | -0,00000063 |        |          |
| Q23: | 0,00000077  |        |          |
| Q33: | 0,00000085  |        |          |

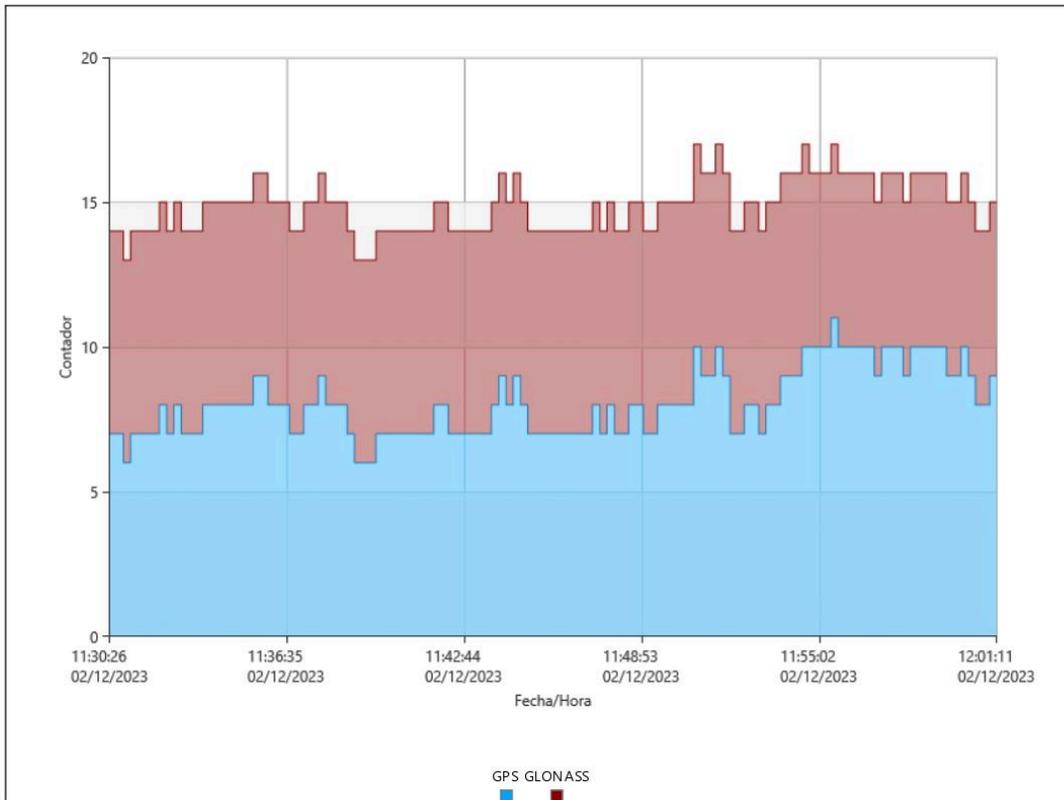
|                           |             |       |           |              |       |
|---------------------------|-------------|-------|-----------|--------------|-------|
| Frecuencias:              | L1/L2       | GDOP: | 1,6 - 2,6 | SVs GPS:     | 11/11 |
| Optimización de Solución: | Ninguno     | PDOP: | 1,2 - 2,0 | SVs GLONASS: | 7/7   |
| Tipo de Solución:         | Fijo (Fase) | HDOP: | 0,6 - 0,9 | SVs BeiDou:  | -     |
|                           |             | VDOP: | 1,1 - 1,8 | SVs Galileo: | -     |
|                           |             |       |           | SVs QZSS:    | -     |

Tipo de Efemérides:  
 GPS Transmitidas  
 GLONASS Transmitidas

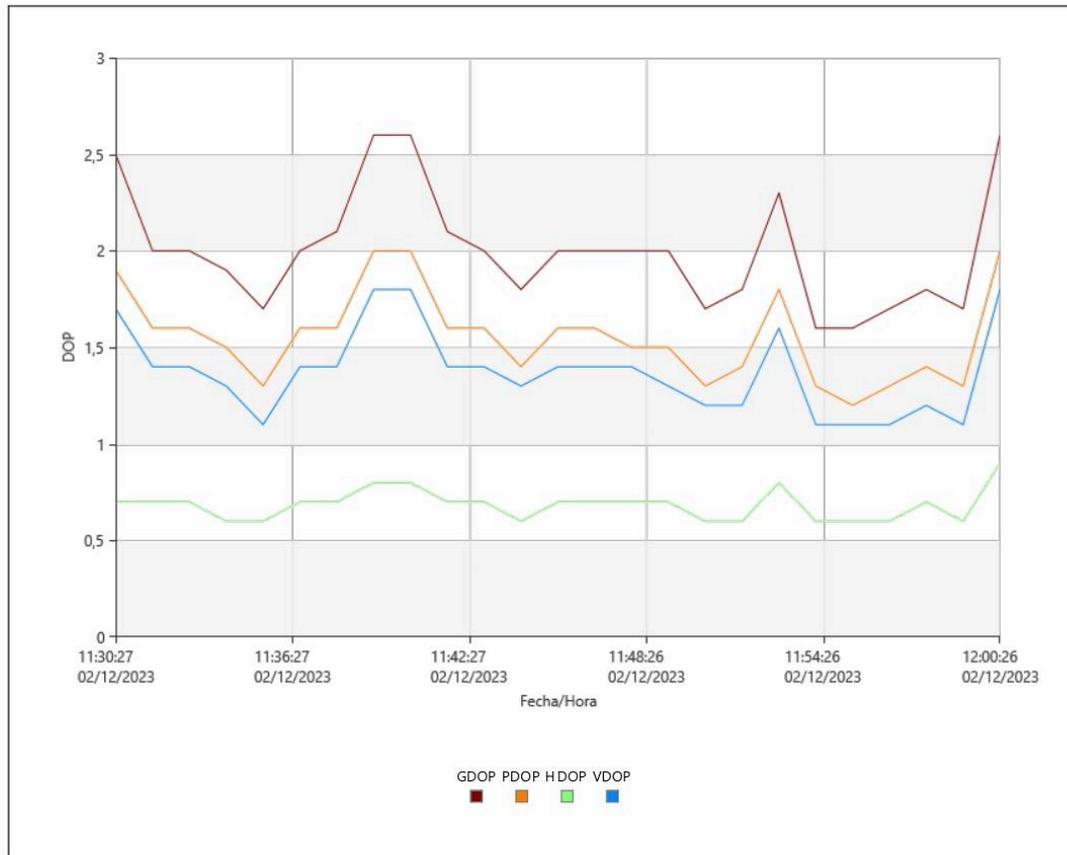
**Info de Procesamiento (02/12/2023 11:30:24 - 02/12/2023 12:01:15)**

Fecha/Hora Procesados: 02/02/2024 20:26:30

**Sats. Seguidos**



**DOP**



**Estadísticas de Ambigüedades**

| Número de Ambigüedades        | GPS | GLONASS |
|-------------------------------|-----|---------|
| Solucionado                   | 41  | 13      |
| Total                         | 85  | 13      |
| Calculado independientemente  | 73  | 72      |
| Posible calculo independiente | 83  | 83      |

Tiempo promedio entre soluciones independientes: 00:00:30

| % de Épocas                  | GPS    |        | GLONASS |        |
|------------------------------|--------|--------|---------|--------|
|                              | L1 [%] | L2 [%] | L1 [%]  | L2 [%] |
| Solucionado                  | 95,93  | 94,78  | 100,00  | 100,00 |
| No calculado                 | 4,07   | 5,22   | 0,00    | 0,00   |
| No calculado - contradicción | 0,00   | 0,00   | 0,00    | 0,00   |
| No calculado - falta la fase | 0,00   | 0,00   | 0,00    | 0,00   |

| Estado      | Desde Época         | A Época             | Duración |
|-------------|---------------------|---------------------|----------|
| Solucionado | 02/12/2023 11:30:27 | 02/12/2023 12:01:12 | 00:30:45 |

**Línea base UYMO - 7261202\_15371100**

**Parámetros de Procesamiento (02/12/2023 12:36:53 - 02/12/2023 13:06:40)**

| Datos | Seleccionado | Usado | Comentarios |
|-------|--------------|-------|-------------|
|-------|--------------|-------|-------------|

Máscara de Elevación: 10° 10°  
 Frecuencias: Automático L1/L2  
 Tasa de Registro: Usar Todos 15,00 seg  
 Sistema de Satélites: GPS/GLONASS/Galileo/Beidou GPS/GLONASS  
 Tipo de Efemérides: Transmitidas Transmitidas  
 Set de Calibración de Antena: NGS 20 Absoluta NGS 20 Absoluta

#### Estrategia de

##### Procesamiento

Tipo de Solución: Fijo (Fase) Fijo (Fase)  
 Optimización de Solución: Automático Ionosfera reducida  
 Frecuencias a usar en Ionosfera Reducida: Automático L1/L2  
 Modelo Troposférico: Automático VMF con modelo GPT2  
 Modelo Ionosférico: Automático Calculado  
 Permitir Solucionar en modo Widelane: Automático Automático

#### Parámetros Generales

Dist. mín. para Ionosfera Reducida: 15 km  
 Posibilidad de Fijar Ambigüedades hasta: 300 km  
 Tiempo mín. para soluciones flotantes (estático): 00:05:00

#### Parámetros de hora

Formato hora: HH:mm:ss  
 Sistema de hora: Hora Local  
 Cambio de segundos: 18

### Resultados de Línea base: UYMO - 7261202\_15371100

#### Adquisición

Hora Inicio - Hora Fin: 02/12/2023 12:36:57 - 02/12/2023 13:06:27  
 Duración: 00:29:30

#### Antenas

|                                   | Referencia - UYMO          | Móvil - 7261202_15371100 |
|-----------------------------------|----------------------------|--------------------------|
| Nombre del receptor / SN:         | LEICA GR10 / 1703023       | LEICA GS08 / 2525726     |
| Nombre de Antena / SN:            | LEIAT504GG LEIS / 06170003 | LEIGS08 / -              |
| Desplazamiento de Fase Portadora: | -                          | -                        |
| Lectura de la Altura:             | 0,0000 m                   | 0,0000 m                 |
| Altura de Antena:                 | 0,0000 m                   | 0,0000 m                 |

#### Offset del Centro de Fase

| GPS    | Referencia - LEIAT504GG LEIS |           | Móvil - LEIGS08 |           |
|--------|------------------------------|-----------|-----------------|-----------|
|        | L1                           | L2        | L1              | L2        |
| Este   | 0,0012 m                     | -0,0003 m | 0,0013 m        | -0,0012 m |
| Norte  | 0,0004 m                     | 0,0001 m  | -0,0013 m       | 0,0002 m  |
| Altura | 0,0871 m                     | 0,1175 m  | 0,0872 m        | 0,0847 m  |

| GLONASS | L1       |           | L2        |           |
|---------|----------|-----------|-----------|-----------|
|         | L1       | L2        | L1        | L2        |
| Este    | 0,0012 m | -0,0003 m | 0,0013 m  | -0,0012 m |
| Norte   | 0,0004 m | 0,0001 m  | -0,0013 m | 0,0002 m  |
| Altura  | 0,0871 m | 0,1175 m  | 0,0872 m  | 0,0847 m  |

#### Coordenadas

|                 | Referencia - UYMO | Móvil - 7261202_15371100 | Referencia - UYMO | Móvil - 7261202_15371100 |
|-----------------|-------------------|--------------------------|-------------------|--------------------------|
| Clase de Punto: | Control           | Solucionado PP           |                   |                          |

|                       |                     |                     |                |                  |                  |
|-----------------------|---------------------|---------------------|----------------|------------------|------------------|
| Latitud WGS84:        | 34° 53' 17,95070" S | 34° 44' 19,08464" S | Coordenada X:  | 567.629,2660 m   | 571.303,8733 m   |
| Longitud WGS84:       | 56° 15' 35,57580" O | 56° 13' 15,88444" O | Coordenada Y:  | 6.139.091,9001 m | 6.155.664,5414 m |
| Altura Elip WGS84:    | 158,0830 m          | 73,9141 m           | Altura Ortom.: | 143,5150 m       | 59,1502 m        |
| Cartesiana X - WGS84: | 2.909.132,9813 m    | 2.917.314,6176 m    |                |                  |                  |
| Cartesiana Y - WGS84: | -4.355.451,2094 m   | -4.361.302,6182 m   |                |                  |                  |
| Cartesiana Z - WGS84: | -3.627.801,3052 m   | -3.614.119,5364 m   |                |                  |                  |

#### Vector Línea Base y Calidad - WGS84

|              |                  |                          |          |
|--------------|------------------|--------------------------|----------|
| ΔLatitud:    | 0° 08' 58,86606" | Desv. Estd. ΔLatitud:    | 0,0016 m |
| ΔLongitud:   | 0° 02' 19,69136" | Desv. Estd. ΔLongitud:   | 0,0012 m |
| ΔAltura:     | -84,1689 m       | Desv. Estd. ΔAltura:     | 0,0039 m |
| ΔX:          | 8.181,6363 m     | Desv. Estd. ΔX:          | 0,0022 m |
| ΔY:          | -5.851,4088 m    | Desv. Estd. ΔY:          | 0,0028 m |
| ΔZ:          | 13.681,7688 m    | Desv. Estd. ΔZ:          | 0,0026 m |
| Dist. Geom.: | 16.981,4297 m    | Desv. Estd. Dist. Geom.: | 0,0016 m |

|      |             |        |          |
|------|-------------|--------|----------|
| M0:  | 0,5977 m    | CQ 1D: | 0,0039 m |
| Q11: | 0,00001341  | CQ 2D: | 0,0020 m |
| Q12: | -0,00001284 | CQ 3D: | 0,0044 m |
| Q22: | 0,00002215  |        |          |
| Q13: | -0,00000992 |        |          |
| Q23: | 0,00001368  |        |          |
| Q33: | 0,00001911  |        |          |

|                           |                    |       |           |              |     |
|---------------------------|--------------------|-------|-----------|--------------|-----|
| Frecuencias:              | L1/L2              | GDOP: | 1,9 - 2,3 | SVs GPS:     | 8/9 |
| Optimización de Solución: | Ionosfera reducida | PDOP: | 1,5 - 1,8 | SVs GLONASS: | 6/8 |
| Tipo de Solución:         | Fijo (Fase)        | HDOP: | 0,8       | SVs BeiDou:  | -   |
|                           |                    | VDOP: | 1,2 - 1,6 | SVs Galileo: | -   |
|                           |                    |       |           | SVs QZSS:    | -   |

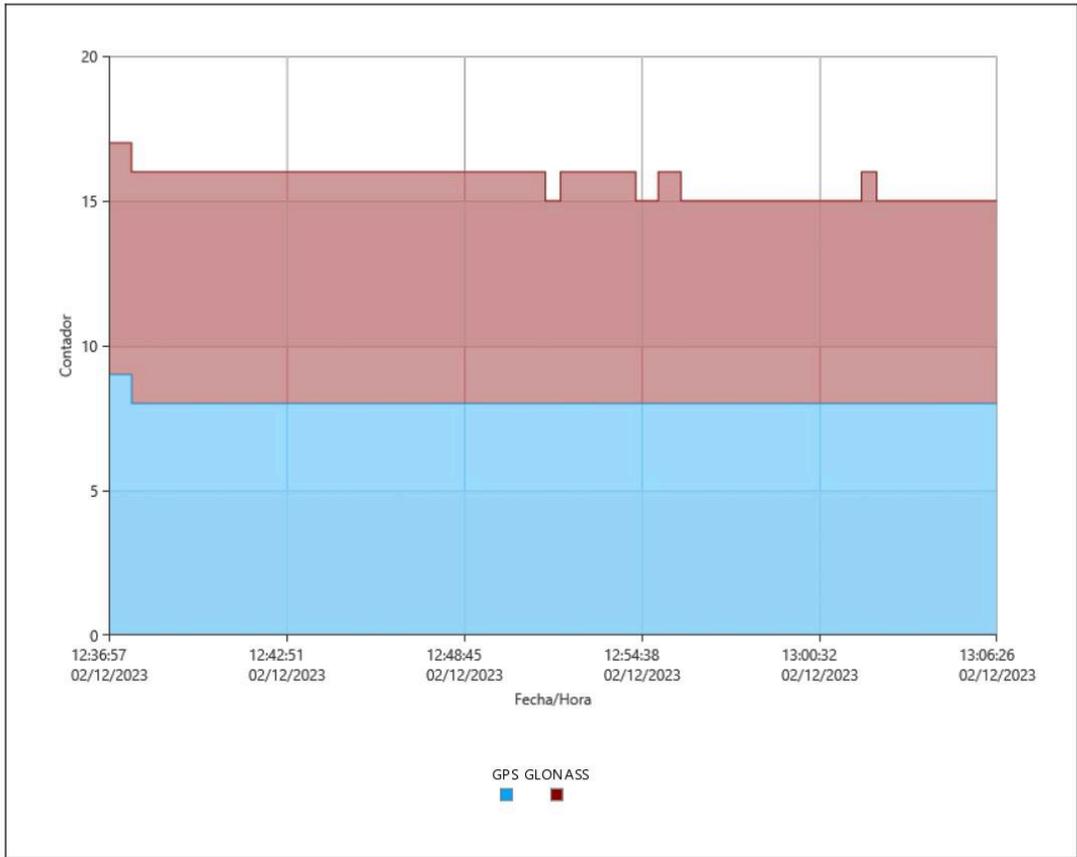
#### Tipo de Efemérides:

|         |              |
|---------|--------------|
| GPS     | Transmitidas |
| GLONASS | Transmitidas |

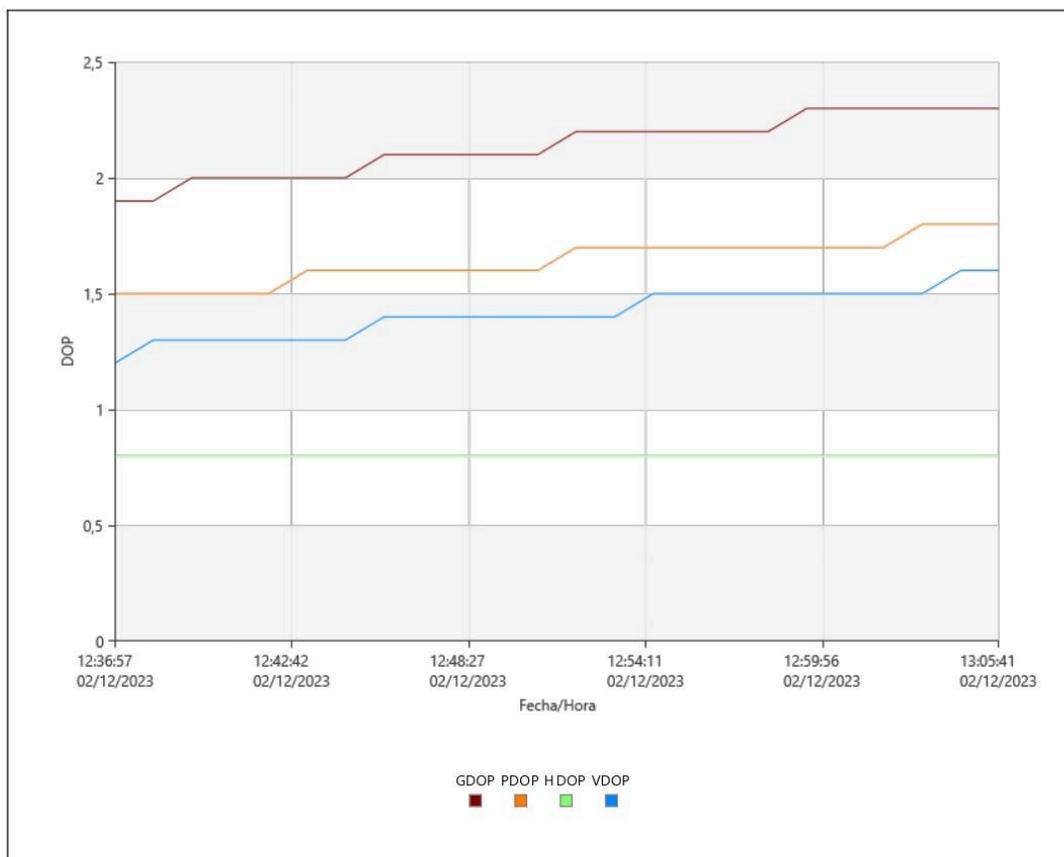
#### Info de Procesamiento (02/12/2023 12:36:53 - 02/12/2023 13:06:40)

Fecha/Hora Procesados: 02/02/2024 20:26:30

#### Sats. Seguidos



DOP



### Estadísticas de Ambigüedades

| Número de Ambigüedades         | GPS | GLONASS |
|--------------------------------|-----|---------|
| Solucionado                    | 18  | 15      |
| Total                          | 20  | 18      |
| Calculado independientemente   | 76  | 74      |
| Possible calculo independiente | 77  | 77      |

Tiempo promedio entre soluciones independientes: 00:00:30

| % de Épocas                  | GPS    |        | GLONASS |        |
|------------------------------|--------|--------|---------|--------|
|                              | L1 [%] | L2 [%] | L1 [%]  | L2 [%] |
| Solucionado                  | 99,69  | 99,69  | 97,35   | 100,00 |
| No calculado                 | 0,31   | 0,31   | 1,55    | 0,00   |
| No calculado - contradicción | 0,00   | 0,00   | 1,10    | 0,00   |
| No calculado - falta la fase | 0,00   | 0,00   | 0,00    | 0,00   |

| Estado      | Desde Época         | A Época             | Duración |
|-------------|---------------------|---------------------|----------|
| Solucionado | 02/12/2023 12:36:57 | 02/12/2023 13:06:27 | 00:29:30 |

## Línea base UYMO - 7261202\_16414600

### Parámetros de Procesamiento (02/12/2023 13:41:28 - 02/12/2023 14:10:29)

| Datos                 | Seleccionado               | Usado        | Comentarios |
|-----------------------|----------------------------|--------------|-------------|
| Máscara de Elevación: | 10°                        | 10°          |             |
| Frecuencias:          | Automático                 | L1/L2        |             |
| Tasa de Registro:     | Usar Todos                 | 15,00 seg    |             |
| Sistema de Satélites: | GPS/GLONASS/Galileo/Beidou | GPS/GLONASS  |             |
| Tipo de Efemérides:   | Transmitidas               | Transmitidas |             |

Set de Calibración de Antena: NGS 20 Absoluta NGS 20 Absoluta

**Estrategia de Procesamiento**

Tipo de Solución: Fijo (Fase) Fijo (Fase)  
 Optimización de Solución: Automático Ionosfera reducida  
 Frecuencias a usar en Ionosfera Reducida: Automático L1/L2  
 Modelo Troposférico: Automático VMF con modelo GPT2  
 Modelo Ionosférico: Automático Calculado  
 Permitir Solucionar en modo Widelane: Automático Automático

**Parámetros Generales**

Dist. mín. para Ionosfera Reducida: 15 km  
 Posibilidad de Fijar Ambigüedades hasta: 300 km  
 Tiempo mín. para soluciones flotantes (estático): 00:05:00

**Parámetros de hora**

Formato hora: HH:mm:ss  
 Sistema de hora: Hora Local  
 Cambio de segundos: 18

**Resultados de Línea base: UYMO - 7261202\_16414600**

**Adquisición**

Hora Inicio - Hora Fin: 02/12/2023 13:41:42 - 02/12/2023 14:10:27  
 Duración: 00:28:45

**Antenas**

|                           | Referencia - UYMO          | Móvil - 7261202_16414600 |
|---------------------------|----------------------------|--------------------------|
| Nombre del receptor / SN: | LEICA GR10 / 1703023       | LEICA GS08 / 2525726     |
| Nombre de Antena / SN:    | LEIATS04GG LEIS / 06170003 | LEIGS08 / -              |
| Desplazamiento de Fase    | -                          | -                        |
| Portadora:                |                            |                          |
| Lectura de la Altura:     | 0,0000 m                   | 0,0000 m                 |
| Altura de Antena:         | 0,0000 m                   | 0,0000 m                 |

**Offset del Centro de Fase**

| GPS    | Referencia - LEIATS04GG LEIS |           | Móvil - LEIGS08 |           |
|--------|------------------------------|-----------|-----------------|-----------|
|        | L1                           | L2        | L1              | L2        |
| Este   | 0,0012 m                     | -0,0003 m | 0,0013 m        | -0,0012 m |
| Norte  | 0,0004 m                     | 0,0001 m  | -0,0013 m       | 0,0002 m  |
| Altura | 0,0871 m                     | 0,1175 m  | 0,0872 m        | 0,0847 m  |

| GLONASS | L1       |           | L2        |           |
|---------|----------|-----------|-----------|-----------|
|         | L1       | L2        | L1        | L2        |
| Este    | 0,0012 m | -0,0003 m | 0,0013 m  | -0,0012 m |
| Norte   | 0,0004 m | 0,0001 m  | -0,0013 m | 0,0002 m  |
| Altura  | 0,0871 m | 0,1175 m  | 0,0872 m  | 0,0847 m  |

**Coordenadas**

|                       | Referencia - UYMO   | Móvil - 7261202_16414600 | Referencia - UYMO              | Móvil - 7261202_16414600 |
|-----------------------|---------------------|--------------------------|--------------------------------|--------------------------|
| Clase de Punto:       | Control             | Solucionado PP           |                                |                          |
| Latitud WGS84:        | 34° 53' 17,95070" S | 34° 41' 43,97515" S      | Coordenada X: 567.629,2660 m   | 571.881,2487 m           |
| Longitud WGS84:       | 56° 15' 35,57580" O | 56° 12' 54,64483" O      | Coordenada Y: 6.139.091,9001 m | 6.160.438,3476 m         |
| Altura Elip WGS84:    | 158,0830 m          | 59,6439 m                | Altura Ortom.: 143,5150 m      | 44,8589 m                |
| Cartesiana X - WGS84: | 2.909.132,9813 m    | 2.919.270,9334 m         |                                |                          |
| Cartesiana Y - WGS84: | -4.355.451,2094 m   | -4.363.254,9663 m        |                                |                          |

Cartesiana Z - WGS84: -3.627.801,3052 m -3.610.182,5291 m

**Vector Línea Base y Calidad - WGS84**

|              |                  |                          |          |
|--------------|------------------|--------------------------|----------|
| ΔLatitud:    | 0° 11' 33,97555" | Desv. Estd. ΔLatitud:    | 0,0018 m |
| ΔLongitud:   | 0° 02' 40,93097" | Desv. Estd. ΔLongitud:   | 0,0016 m |
| ΔAltura:     | -98,4391 m       | Desv. Estd. ΔAltura:     | 0,0045 m |
| ΔX:          | 10.137,9521 m    | Desv. Estd. ΔX:          | 0,0026 m |
| ΔY:          | -7.803,7569 m    | Desv. Estd. ΔY:          | 0,0033 m |
| ΔZ:          | 17.618,7761 m    | Desv. Estd. ΔZ:          | 0,0029 m |
| Dist. Geom.: | 21.773,7908 m    | Desv. Estd. Dist. Geom.: | 0,0019 m |

|      |             |        |          |
|------|-------------|--------|----------|
| M0:  | 0,6810 m    | CQ 1D: | 0,0045 m |
| Q11: | 0,00001494  | CQ 2D: | 0,0024 m |
| Q12: | -0,00001314 | CQ 3D: | 0,0051 m |
| Q22: | 0,00002358  |        |          |
| Q13: | -0,00000856 |        |          |
| Q23: | 0,00001514  |        |          |
| Q33: | 0,00001830  |        |          |

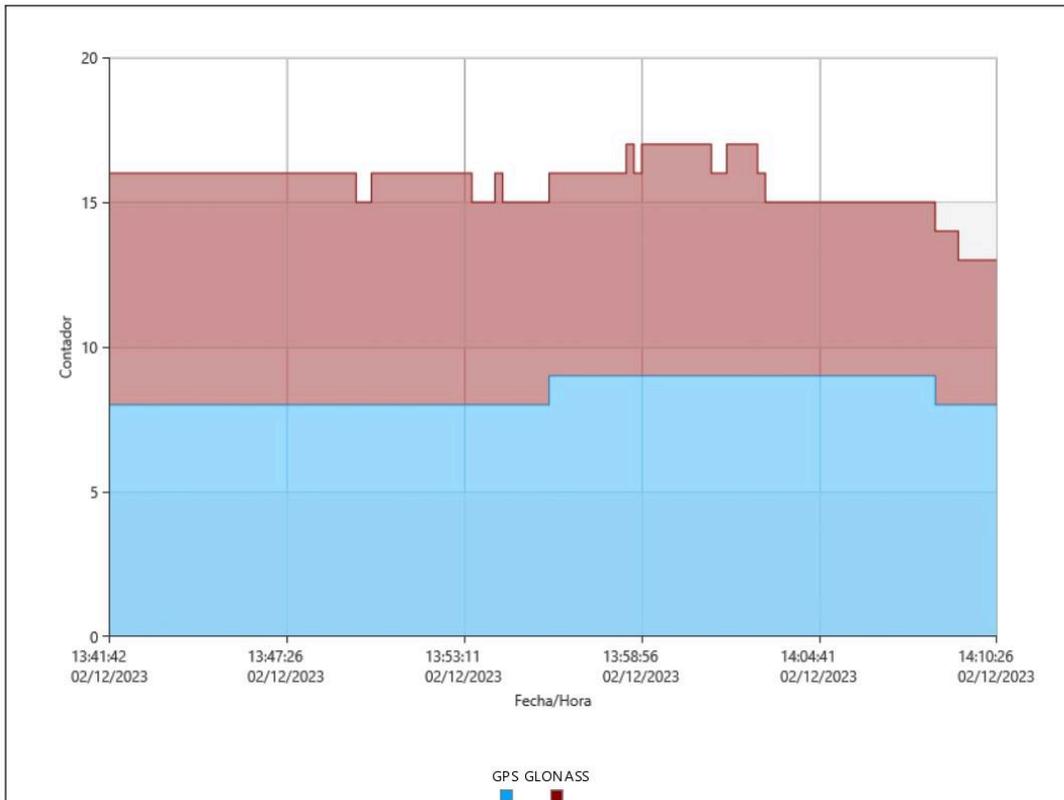
|                           |                    |       |           |              |     |
|---------------------------|--------------------|-------|-----------|--------------|-----|
| Frecuencias:              | L1/L2              | GDOP: | 1,6 - 2,2 | SVs GPS:     | 9/9 |
| Optimización de Solución: | Ionosfera reducida | PDOP: | 1,3 - 1,7 | SVs GLONASS: | 7/8 |
| Tipo de Solución:         | Fijo (Fase)        | HDOP: | 0,6 - 0,8 | SVs BeiDou:  | -   |
|                           |                    | VDOP: | 1,1 - 1,5 | SVs Galileo: | -   |
|                           |                    |       |           | SVs QZSS:    | -   |

Tipo de Efemérides:  
 GPS Transmitidas  
 GLONASS Transmitidas

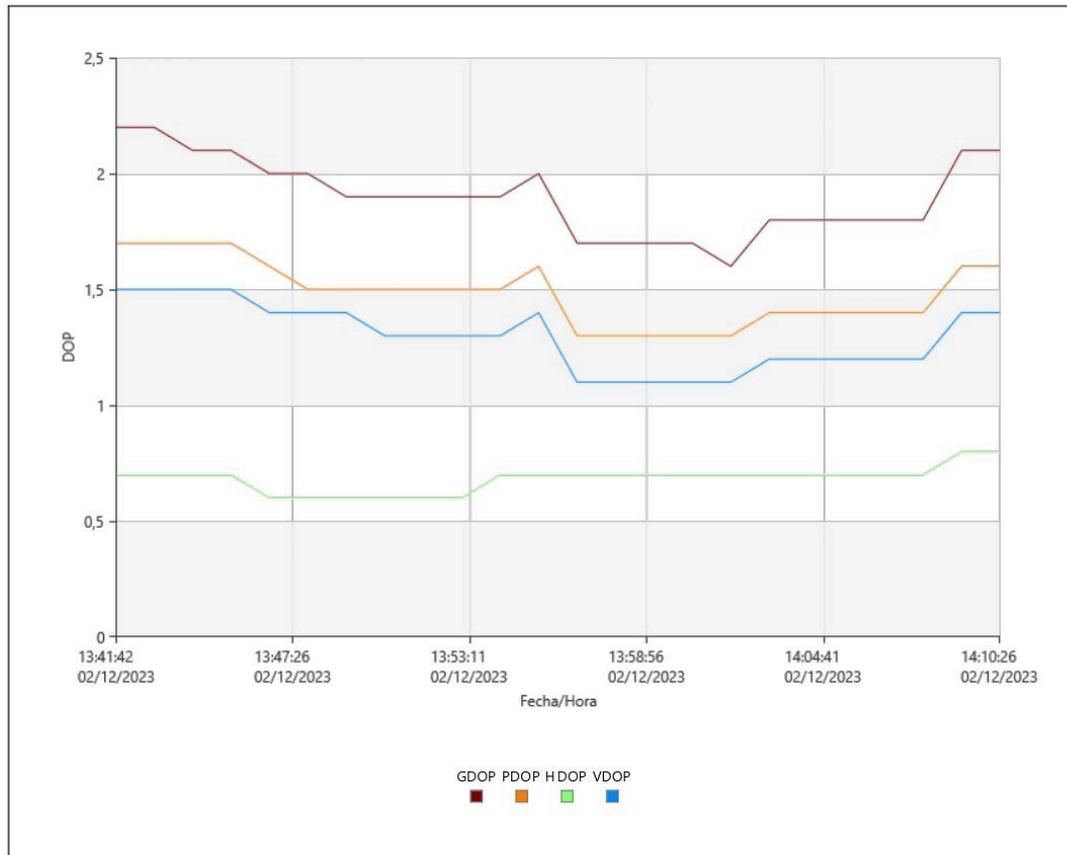
**Info de Procesamiento (02/12/2023 13:41:28 - 02/12/2023 14:10:29)**

Fecha/Hora Procesados: 02/02/2024 20:26:30

**Sats. Seguidos**



**DOP**



**Estadísticas de Ambigüedades**

|                               | GPS | GLONASS |
|-------------------------------|-----|---------|
| <b>Número de Ambigüedades</b> |     |         |
| Solucionado                   | 18  | 18      |
| Total                         | 18  | 29      |
| Calculado independientemente  | 71  | 66      |
| Posible calculo independiente | 71  | 71      |

Tiempo promedio entre soluciones independientes: 00:00:15

| % de Épocas                  | GPS    |        | GLONASS |        |
|------------------------------|--------|--------|---------|--------|
|                              | L1 [%] | L2 [%] | L1 [%]  | L2 [%] |
| Solucionado                  | 100,00 | 100,00 | 96,26   | 94,82  |
| No calculado                 | 0,00   | 0,00   | 3,74    | 5,18   |
| No calculado - contradicción | 0,00   | 0,00   | 0,00    | 0,00   |
| No calculado - falta la fase | 0,00   | 0,00   | 0,00    | 0,00   |

| Estado      | Desde Época         | A Época             | Duración |
|-------------|---------------------|---------------------|----------|
| Solucionado | 02/12/2023 13:41:42 | 02/12/2023 14:10:27 | 00:28:45 |

**Línea base UYMO - 7261202\_17545000**

**Parámetros de Procesamiento (02/12/2023 14:54:32 - 02/12/2023 15:20:09)**

| Datos | Seleccionado | Usado | Comentarios |
|-------|--------------|-------|-------------|
|-------|--------------|-------|-------------|

Máscara de Elevación: 10° 10°  
 Frecuencias: Automático L1/L2  
 Tasa de Registro: Usar Todos 15,00 seg  
 Sistema de Satélites: GPS/GLONASS/Galileo/Beidou GPS/GLONASS  
 Tipo de Efemérides: Transmitidas Transmitidas  
 Set de Calibración de Antena: NGS 20 Absoluta NGS 20 Absoluta

#### Estrategia de

##### Procesamiento

Tipo de Solución: Fijo (Fase) Fijo (Fase)  
 Optimización de Solución: Automático Ionosfera reducida  
 Frecuencias a usar en Ionosfera Reducida: Automático L1/L2  
 Modelo Troposférico: Automático VMF con modelo GPT2  
 Modelo Ionosférico: Automático Calculado  
 Permitir Solucionar en modo Widelane: Automático Automático

#### Parámetros Generales

Dist. mín. para Ionosfera Reducida: 15 km  
 Posibilidad de Fijar Ambigüedades hasta: 300 km  
 Tiempo mín. para soluciones flotantes (estático): 00:05:00

#### Parámetros de hora

Formato hora: HH:mm:ss  
 Sistema de hora: Hora Local  
 Cambio de segundos: 18

### Resultados de Línea base: UYMO - 7261202\_17545000

#### Adquisición

Hora Inicio - Hora Fin: 02/12/2023 14:54:42 - 02/12/2023 15:19:57  
 Duración: 00:25:15

#### Antenas

|                                   | Referencia - UYMO          | Móvil - 7261202_17545000 |
|-----------------------------------|----------------------------|--------------------------|
| Nombre del receptor / SN:         | LEICA GR10 / 1703023       | LEICA GS08 / 2525726     |
| Nombre de Antena / SN:            | LEIAT504GG LEIS / 06170003 | LEIGS08 / -              |
| Desplazamiento de Fase Portadora: | -                          | -                        |
| Lectura de la Altura:             | 0,0000 m                   | 0,0000 m                 |
| Altura de Antena:                 | 0,0000 m                   | 0,0000 m                 |

#### Offset del Centro de Fase

| GPS    | Referencia - LEIAT504GG LEIS |           | Móvil - LEIGS08 |           |
|--------|------------------------------|-----------|-----------------|-----------|
|        | L1                           | L2        | L1              | L2        |
| Este   | 0,0012 m                     | -0,0003 m | 0,0013 m        | -0,0012 m |
| Norte  | 0,0004 m                     | 0,0001 m  | -0,0013 m       | 0,0002 m  |
| Altura | 0,0871 m                     | 0,1175 m  | 0,0872 m        | 0,0847 m  |

| GLONASS | L1       |           | L2        |           |
|---------|----------|-----------|-----------|-----------|
|         | L1       | L2        | L1        | L2        |
| Este    | 0,0012 m | -0,0003 m | 0,0013 m  | -0,0012 m |
| Norte   | 0,0004 m | 0,0001 m  | -0,0013 m | 0,0002 m  |
| Altura  | 0,0871 m | 0,1175 m  | 0,0872 m  | 0,0847 m  |

#### Coordenadas

|                 | Referencia - UYMO | Móvil - 7261202_17545000 | Referencia - UYMO | Móvil - 7261202_17545000 |
|-----------------|-------------------|--------------------------|-------------------|--------------------------|
| Clase de Punto: | Control           | Solucionado PP           |                   |                          |

|                       |                     |                     |                |                  |                  |
|-----------------------|---------------------|---------------------|----------------|------------------|------------------|
| Latitud WGS84:        | 34° 53' 17,95070" S | 34° 39' 04,61767" S | Coordenada X:  | 567.629,2660 m   | 570.707,8980 m   |
| Longitud WGS84:       | 56° 15' 35,57580" O | 56° 13' 42,24168" O | Coordenada Y:  | 6.139.091,9001 m | 6.165.356,5321 m |
| Altura Elip WGS84:    | 158,0830 m          | 65,0402 m           | Altura Ortom.: | 143,5150 m       | 50,2168 m        |
| Cartesiana X - WGS84: | 2.909.132,9813 m    | 2.919.819,4327 m    |                |                  |                  |
| Cartesiana Y - WGS84: | -4.355.451,2094 m   | -4.366.254,4480 m   |                |                  |                  |
| Cartesiana Z - WGS84: | -3.627.801,3052 m   | -3.606.147,0198 m   |                |                  |                  |

#### Vector Línea Base y Calidad - WGS84

|              |                  |                          |          |
|--------------|------------------|--------------------------|----------|
| ΔLatitud:    | 0° 14' 13,33303" | Desv. Estd. ΔLatitud:    | 0,0011 m |
| ΔLongitud:   | 0° 01' 53,33412" | Desv. Estd. ΔLongitud:   | 0,0011 m |
| ΔAltura:     | -93,0428 m       | Desv. Estd. ΔAltura:     | 0,0024 m |
| ΔX:          | 10.686,4514 m    | Desv. Estd. ΔX:          | 0,0016 m |
| ΔY:          | -10.803,2386 m   | Desv. Estd. ΔY:          | 0,0019 m |
| ΔZ:          | 21.654,2854 m    | Desv. Estd. ΔZ:          | 0,0015 m |
| Dist. Geom.: | 26.454,0788 m    | Desv. Estd. Dist. Geom.: | 0,0011 m |

|      |             |        |          |
|------|-------------|--------|----------|
| M0:  | 0,3934 m    | CQ 1D: | 0,0024 m |
| Q11: | 0,00001618  | CQ 2D: | 0,0016 m |
| Q12: | -0,00001050 | CQ 3D: | 0,0028 m |
| Q22: | 0,00002229  |        |          |
| Q13: | -0,00000736 |        |          |
| Q23: | 0,00001002  |        |          |
| Q33: | 0,00001376  |        |          |

|                           |                    |       |           |              |     |
|---------------------------|--------------------|-------|-----------|--------------|-----|
| Frecuencias:              | L1/L2              | GDOP: | 1,7 - 2,4 | SVs GPS:     | 9/9 |
| Optimización de Solución: | Ionosfera reducida | PDOP: | 1,3 - 1,8 | SVs GLONASS: | 5/7 |
| Tipo de Solución:         | Fijo (Fase)        | HDOP: | 0,7 - 0,9 | SVs BeiDou:  | -   |
|                           |                    | VDOP: | 1,1 - 1,5 | SVs Galileo: | -   |
|                           |                    |       |           | SVs QZSS:    | -   |

#### Tipo de Efemérides:

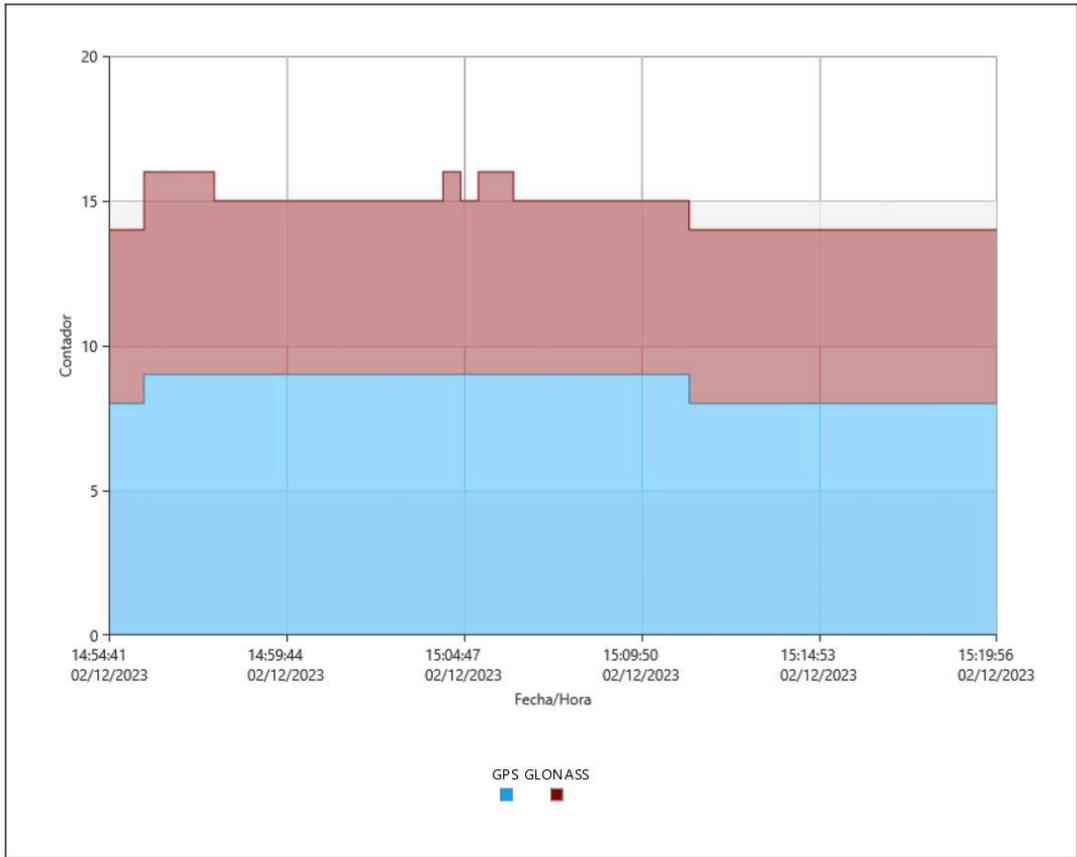
|         |              |
|---------|--------------|
| GPS     | Transmitidas |
| GLONASS | Transmitidas |

#### Info de Procesamiento (02/12/2023 14:54:32 - 02/12/2023 15:20:09)

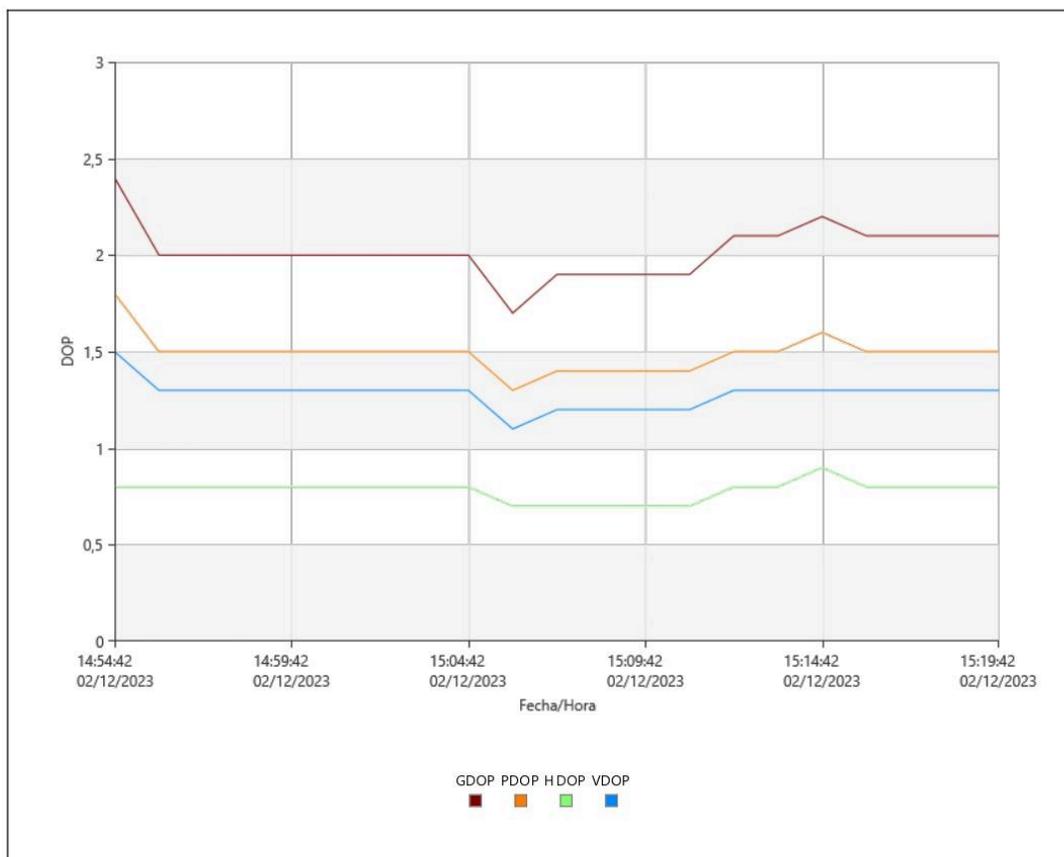
---

Fecha/Hora Procesados: 02/02/2024 20:26:30

#### Sats. Seguidos



DOP



### Estadísticas de Ambigüedades

| Número de Ambigüedades        | GPS | GLONASS |
|-------------------------------|-----|---------|
| Solucionado                   | 22  | 12      |
| Total                         | 23  | 16      |
| Calculado independientemente  | 88  | 82      |
| Posible calculo independiente | 92  | 92      |

Tiempo promedio entre 00:02:30  
soluciones independientes:

| % de Épocas                  | GPS    |        | GLONASS |        |
|------------------------------|--------|--------|---------|--------|
|                              | L1 [%] | L2 [%] | L1 [%]  | L2 [%] |
| Solucionado                  | 95,20  | 94,40  | 97,92   | 96,94  |
| No calculado                 | 0,00   | 0,80   | 2,08    | 3,06   |
| No calculado - contradicción | 4,80   | 4,80   | 0,00    | 0,00   |
| No calculado - falta la fase | 0,00   | 0,00   | 0,00    | 0,00   |

| Estado      | Desde Época         | A Época             | Duración |
|-------------|---------------------|---------------------|----------|
| Solucionado | 02/12/2023 14:54:42 | 02/12/2023 15:19:57 | 00:25:15 |

Anexo IX: Coordenadas oficiales Mojoneras Obra FFCC - Consorcio Constructor Ferrocarril Central.

|  |   |
|--|---|
|  | <b>Referencial Geodesico</b>                  |
|  | <b>FERROCARRIL CENTRAL – URUGUAY</b>          |
|  | <b>Poligonales Topograficas Puesta de Vía</b> |

| <b>Crono</b> | <b>Punto</b> | <b>X UTM</b> | <b>Y UTM</b> | <b>Z ORTO</b> |
|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------|
| 1            | PSF-0021     | 573043.730   | 6140001.933  | 9.0780        |
| 2            | PSF-0024     | 572945.142   | 6140071.984  | 9.1030        |
| 3            | PSF-0030     | 572538.905   | 6140579.795  | 14.4710       |
| 4            | PSF-0032     | 572461.496   | 6140714.015  | 14.6910       |
| 5            | PSF-0041     | 571979.343   | 6141530.085  | 9.1820        |
| 6            | PSF-0043     | 571928.117   | 6141648.300  | 7.5800        |
| 7            | PSF-0048     | 571701.120   | 6142191.046  | 14.4280       |
| 8            | PSF-0049     | 571692.685   | 6142269.164  | 15.4730       |
| 9            | PSF-0076     | 571501.282   | 6145012.634  | 43.7520       |
| 10           | PSF-0079     | 571497.440   | 6145239.595  | 47.2100       |
| 11           | PSF-0081     | 571467.346   | 6145501.328  | 45.9970       |
| 12           | PSF-0084     | 571461.316   | 6145765.200  | 43.2120       |
| 13           | PSF-0086     | 571432.624   | 6145995.429  | 42.7500       |
| 14           | PSF-0089     | 571426.286   | 6146253.242  | 43.2930       |
| 15           | PSF-0091     | 571398.023   | 6146486.588  | 43.9040       |
| 16           | PSF-0094     | 571391.231   | 6146762.074  | 42.3650       |
| 17           | PSF-0100     | 571352.009   | 6147314.388  | 43.0600       |
| 18           | PSF-0103     | 571322.114   | 6147565.452  | 45.2470       |
| 19           | PSF-0105     | 571316.482   | 6147815.960  | 45.5520       |
| 20           | PSF-0109     | 571284.786   | 6148099.099  | 45.4300       |
| 21           | PSF-0113     | 571252.058   | 6148563.231  | 46.6630       |
| 22           | PSF-0115     | 571246.710   | 6148813.203  | 44.8660       |
| 23           | PSF-0118     | 571229.431   | 6149064.101  | 44.1510       |
| 24           | PSF-0120     | 571200.009   | 6149311.175  | 43.8130       |
| 25           | PSF-0123     | 571195.209   | 6149562.695  | 43.3630       |
| 26           | PSF-0125     | 571166.586   | 6149791.048  | 44.9390       |
| 27           | PSF-0126     | 571157.614   | 6150082.923  | 49.9990       |
| 28           | PSF-0130     | 571131.805   | 6150289.253  | 52.6620       |
| 29           | PSF-0131     | 571131.057   | 6150440.401  | 54.1430       |
| 30           | PSF-0134     | 571111.084   | 6150737.572  | 54.9300       |
| 31           | PSF-0137     | 571080.939   | 6150991.847  | 54.0360       |
| 32           | PSF-0139     | 571075.861   | 6151238.745  | 53.0980       |
| 33           | PSF-0141     | 571045.812   | 6151483.019  | 53.8960       |
| 34           | PSF-0144     | 571028.975   | 6151728.014  | 56.5080       |

|    |          |            |             |         |
|----|----------|------------|-------------|---------|
| 35 | PSF-0147 | 571033.876 | 6151981.429 | 56.4780 |
| 36 | PSF-0149 | 571052.907 | 6152233.948 | 53.5260 |
| 37 | PSF-0151 | 571070.929 | 6152478.011 | 50.5150 |
| 38 | PSF-0158 | 571126.882 | 6153051.990 | 50.0200 |
| 39 | PSF-0160 | 571147.079 | 6153321.110 | 49.6870 |
| 40 | PSF-0163 | 571163.928 | 6153539.488 | 51.5610 |
| 41 | PSF-0165 | 571182.622 | 6153800.049 | 54.1060 |
| 42 | PSF-0167 | 571205.029 | 6154103.786 | 56.3760 |
| 43 | PSF-0172 | 571232.601 | 6154472.748 | 59.1730 |
| 44 | PSF-0174 | 571246.822 | 6154669.108 | 61.3920 |
| 45 | PSF-0179 | 571289.331 | 6155247.590 | 57.2000 |
| 46 | PSF-0183 | 571303.857 | 6155664.491 | 58.9020 |
| 47 | PSF-0185 | 571316.953 | 6155798.133 | 59.4770 |
| 48 | PSF-0207 | 571540.686 | 6157956.950 | 60.4510 |
| 49 | PSF-0209 | 571613.211 | 6158196.499 | 59.5720 |
| 50 | PSF-0212 | 571651.542 | 6158442.246 | 57.4050 |
| 51 | PSF-0214 | 571696.656 | 6158658.552 | 57.8040 |
| 52 | PSF-0217 | 571753.656 | 6158931.876 | 59.4370 |
| 53 | PSF-0219 | 571822.765 | 6159203.963 | 58.7430 |
| 54 | PSF-0222 | 571866.117 | 6159441.297 | 57.6600 |
| 55 | PSF-0224 | 571883.345 | 6159670.978 | 54.8760 |
| 56 | PSF-0227 | 571874.629 | 6159920.621 | 51.5510 |
| 57 | PSF-0229 | 571889.983 | 6160167.206 | 48.3850 |
| 58 | PSF-0232 | 571881.240 | 6160438.308 | 44.5700 |
| 59 | PSF-0234 | 571884.022 | 6160641.448 | 41.7480 |
| 60 | PSF-0236 | 571887.239 | 6160890.906 | 38.8510 |
| 61 | PSF-0239 | 571890.878 | 6161141.163 | 41.5900 |
| 62 | PSF-0242 | 571894.157 | 6161420.368 | 45.7000 |
| 63 | PSF-0244 | 571910.792 | 6161670.214 | 49.5810 |
| 64 | PSF-0247 | 571901.104 | 6161920.397 | 53.0330 |
| 65 | PSF-0249 | 571904.570 | 6162137.231 | 55.0310 |
| 66 | PSF-0252 | 571908.359 | 6162420.358 | 51.1490 |
| 67 | PSF-0254 | 571924.140 | 6162670.241 | 51.8620 |
| 68 | PSF-0257 | 571927.485 | 6162920.176 | 54.7460 |
| 69 | PSF-0259 | 571903.653 | 6163134.565 | 57.0900 |
| 70 | PSF-0261 | 571865.730 | 6163294.490 | 57.9170 |
| 71 | PSF-0263 | 571793.184 | 6163486.819 | 57.7510 |
| 72 | PSF-0265 | 571665.581 | 6163684.146 | 57.2860 |
| 73 | PSF-0266 | 571615.511 | 6163771.116 | 57.0180 |
| 74 | PSF-0267 | 571565.603 | 6163857.718 | 56.5420 |
| 75 | PSF-0269 | 571433.080 | 6164089.244 | 53.7950 |
| 76 | PSF-0272 | 571345.790 | 6164269.836 | 53.2420 |
| 77 | PSF-0274 | 571208.506 | 6164482.133 | 53.8210 |

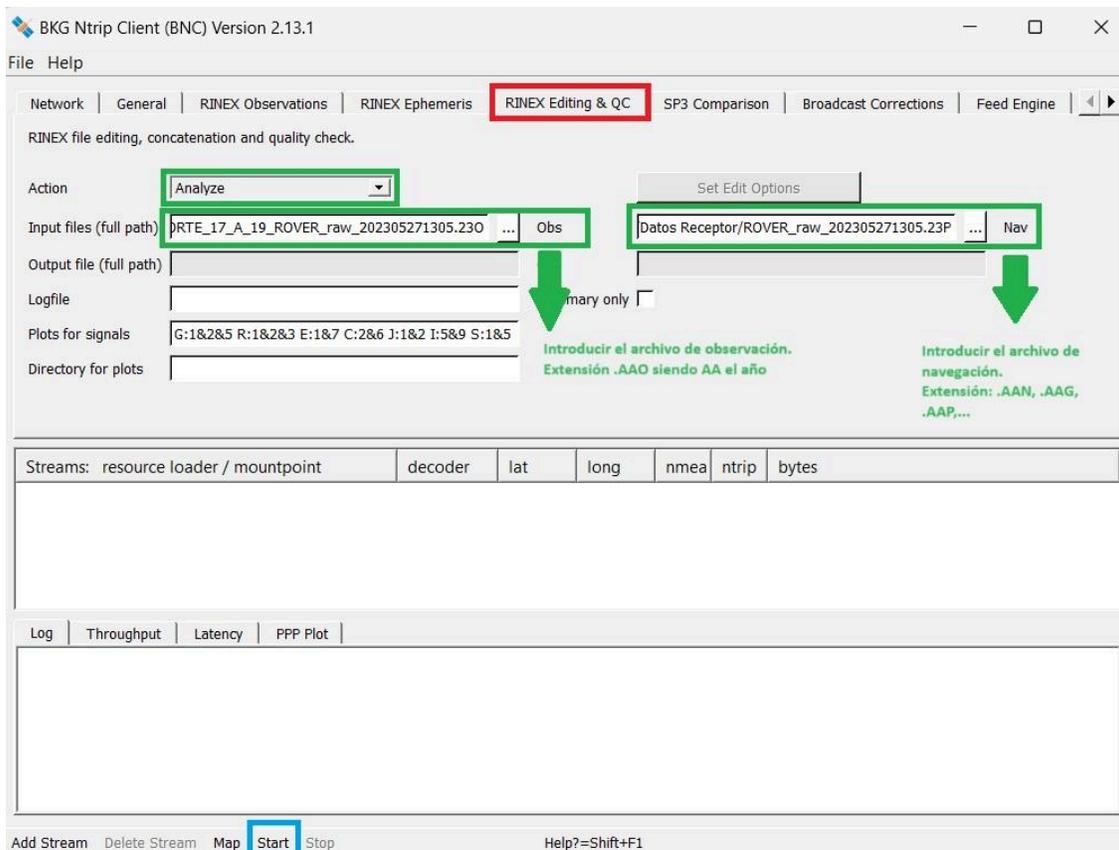
|     |          |            |             |         |
|-----|----------|------------|-------------|---------|
| 78  | PSF-0276 | 571080.622 | 6164730.576 | 52.0230 |
| 79  | PSF-0279 | 570936.622 | 6164957.257 | 51.1410 |
| 80  | PSF-0281 | 570835.635 | 6165158.902 | 50.5880 |
| 81  | PSF-0284 | 570707.908 | 6165356.498 | 50.0170 |
| 82  | PSF-0286 | 570580.775 | 6165594.844 | 48.8680 |
| 83  | PSF-0289 | 570450.088 | 6165806.986 | 47.3620 |
| 84  | PSF-0292 | 570338.945 | 6166017.196 | 45.7660 |
| 85  | PSF-0294 | 570207.332 | 6166231.330 | 44.1210 |
| 86  | PSF-0296 | 570091.176 | 6166450.076 | 42.5610 |
| 87  | PSF-0299 | 569951.044 | 6166679.971 | 41.5100 |
| 88  | PSF-0303 | 569802.182 | 6166939.191 | 40.7290 |
| 89  | PSF-0305 | 569685.648 | 6167160.355 | 40.0620 |
| 90  | PSF-0307 | 569561.320 | 6167377.125 | 39.3720 |
| 91  | PSF-0310 | 569419.090 | 6167609.639 | 38.7510 |
| 92  | PSF-0312 | 569341.734 | 6167823.990 | 38.1740 |
| 93  | PSF-0314 | 569325.137 | 6167974.330 | 39.0070 |
| 94  | PSF-0316 | 569366.817 | 6168252.522 | 38.8260 |
| 95  | PSF-0319 | 569401.942 | 6168505.069 | 38.4140 |
| 96  | PSF-0321 | 569456.003 | 6168771.439 | 37.6920 |
| 97  | PSF-0324 | 569470.795 | 6169009.761 | 35.8710 |
| 98  | PSF-0326 | 569500.344 | 6169253.289 | 34.6660 |
| 99  | PSF-0329 | 569515.461 | 6169517.743 | 36.6620 |
| 100 | PSF-0331 | 569544.245 | 6169755.092 | 37.7340 |
| 101 | PSF-0334 | 569549.228 | 6170003.459 | 36.2950 |
| 102 | PSF-0336 | 569489.945 | 6170235.851 | 35.4100 |
| 103 | PSF-0339 | 569421.617 | 6170482.082 | 36.4160 |
| 104 | PSF-0341 | 569309.430 | 6170703.754 | 35.0680 |
| 105 | PSF-0345 | 569131.404 | 6170961.260 | 36.0050 |
| 106 | PSF-0347 | 569005.472 | 6171176.941 | 39.0000 |
| 107 | PSF-0350 | 568890.235 | 6171398.706 | 41.9610 |
| 108 | PSF-0352 | 568777.053 | 6171620.011 | 44.4670 |
| 109 | PSF-0355 | 568650.095 | 6171852.425 | 43.9520 |
| 110 | PSF-0358 | 568574.012 | 6172078.058 | 42.0330 |
| 111 | PSF-0360 | 568507.524 | 6172318.363 | 39.2740 |
| 112 | PSF-0363 | 568431.608 | 6172556.866 | 36.0060 |
| 113 | PSF-0365 | 568361.876 | 6172746.915 | 34.2000 |
| 114 | PSF-0367 | 568279.441 | 6172957.865 | 31.4330 |
| 115 | PSF-0369 | 568199.728 | 6173164.042 | 30.1530 |
| 116 | PSF-0372 | 568101.646 | 6173394.012 | 30.6630 |
| 117 | PSF-0374 | 568036.668 | 6173583.310 | 30.4880 |
| 118 | PSF-0376 | 567956.300 | 6173766.703 | 29.8920 |
| 119 | PSF-0378 | 567891.813 | 6173954.307 | 28.3470 |
| 120 | PSF-0380 | 567792.980 | 6174185.826 | 26.4930 |

Anexo X: 1º Caso de medición - Resultados post proceso estación “FING”.

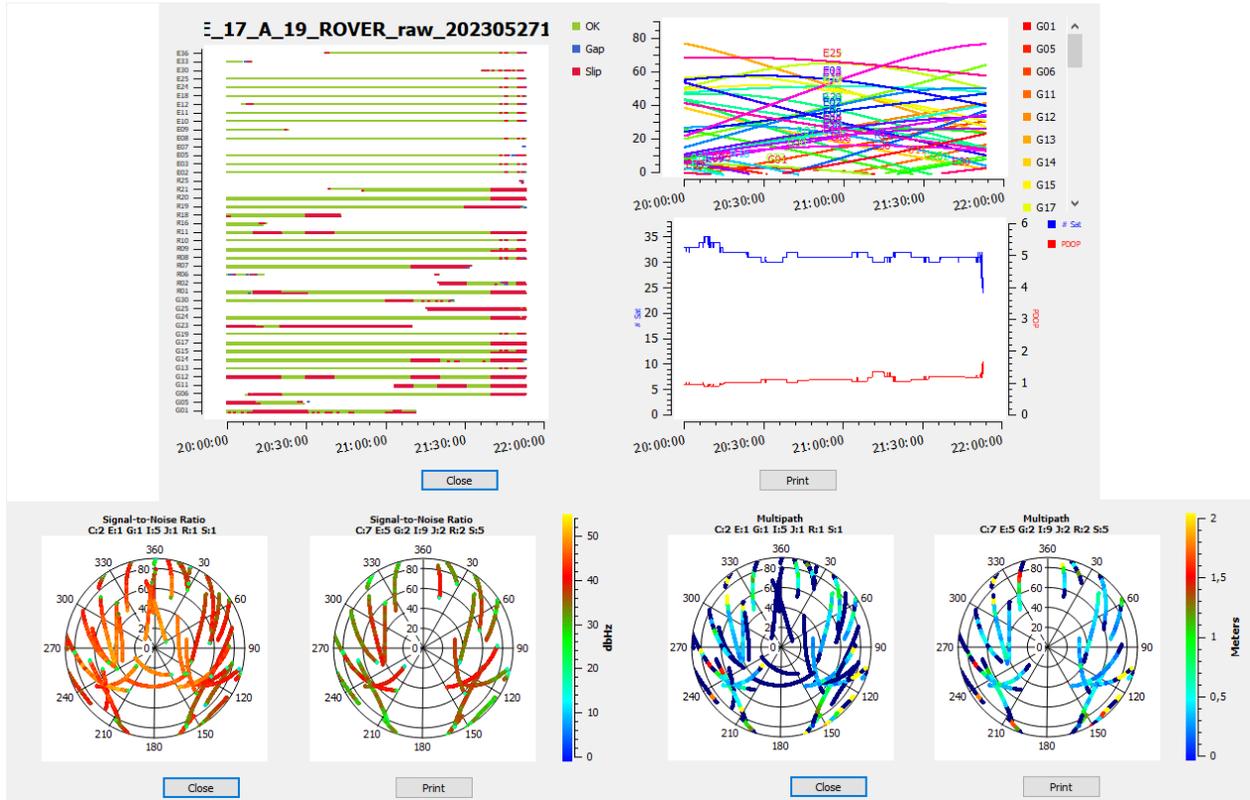
| Vector      | Este       | Norte       | Altura. elip | Sesión (Hora Local) |
|-------------|------------|-------------|--------------|---------------------|
| UYMO - FING | 576119,887 | 6135699,869 | 71,935       | 10:06-13:15         |
| UYIF - FING | 576119,870 | 6135699,863 | 71,921       | 10:06-18:52         |
| Diferencia  | 0,017      | 0,006       | 0,014        |                     |

Anexo XI: Análisis de calidad de archivos de observación - software BNC.

En la imagen a continuación se describe la configuración recomendada para realizar el análisis de calidad de los archivos de observación. El ejemplo se realizó con los datos crudos grabados por el receptor Emlid Reach RS2 para el día 27 de mayo de 2023 durante el intervalo 20 - 22 hrs (UTC).



Outputs:



En la parte superior se muestra la disponibilidad de observaciones para cada satélite, la elevación, el número de satélites y el PDOP para el intervalo analizado, mientras que en la parte inferior, se muestra la relación SNR (Signal-to-Noise Ratio) y el multicamino.