

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)

Norbertino Suárez
División Geodesia y Topografía
Servicio Geográfico Militar
nsuarez@sgm.gub.uy

Resumen

Los Sistemas Globales de Navegación por Satélite (GNSS) se refieren al conjunto de tecnologías de posicionamiento satelital empleadas para determinar rápidamente la ubicación geográfica de un objeto. Constituyen, además, una herramienta de significativa importancia para la investigación y desarrollo, principalmente, de aquellas disciplinas directamente relacionadas con las geociencias.

Implementaciones de esta naturaleza son cada vez más usadas para materializar los sistemas geodésicos de referencia, en la mayor parte de los países del mundo, debido a las ventajas competitivas (menor costo financiero y de tiempo) que presentan frente a los métodos convencionales.

Nuestro país no ha permanecido ajeno a la evolución y aplicación de esta tecnología. Actualmente cuenta con una red de estaciones GNSS, de acceso libre y sin restricciones a todos los usuarios, la que permite alcanzar altas precisiones en la determinación de coordenadas de un punto, con el empleo únicamente de un receptor satelital.

Esta infraestructura posibilita atender un amplio número de aplicaciones, como ser relevamientos topográficos y geodésicos, cartografía, sistemas de información geográfica, agricultura de precisión, estudios geológicos y geofísicos, estudios atmosféricos, navegación de precisión, entre otros.

Palabras Clave: CORS, GPS, GNSS, DGPS/RTK, DGPS/PP, TIG, Red Geodésica, REGNA-ROU, Corrección Diferencial.

Introducción.

Las Estaciones de Referencia de Observación Continua (CORS), llamadas corrientemente *estaciones permanentes* o *estaciones fijas*, son equipos que utilizan los Sistemas Globales de Navegación por Satélite (GNSS). Estos instrumentos son capaces de determinar con gran exactitud la posición del lugar, observando satélites de las constelaciones puestas en órbita de los sistemas diseñados para tal fin, como son GPS, administrado por Estados Unidos de América; GLONNAS, por la Federación Rusa; en un futuro Galileo impulsado por la Unión Europea y Compass/BeiDou desarrollado por la República Popular China.

Las CORS son instrumentos geodésicos para posicionamiento global de alta precisión, que funcionan las 24 horas del día, los 365 días del año, observando las coordenadas geocéntricas basadas en el elipsoide de referencia, en forma ininterrumpida.

Hoy en día, las redes GNSS están siendo muy usadas en varias partes del mundo, con óptimos resultados en distintas disciplinas, tales como catastro, cartografía, topografía, minería, geología, oceanografía, geofísica, obras civiles, geografía, logística, localización de vehículos (terrestres, marinos y aéreos), seguridad, administración, censos, entre otras. La agronomía y las tendencias actuales hacia la agricultura de precisión o agricultura inteligente se ven muy beneficiadas por estas infraestructuras.

Las *redes geodésicas* tradicionales eran determinadas mediante *redes de triangulación* (mediciones de ángulos y distancias) de diferentes órdenes de precisión (materializadas en mojones capaces de soportar el paso del tiempo), constituyendo los llamados *marcos de referencia geodésicos*. Las redes GNSS actuales tienen en cuenta la tectónica de placas global, es decir que cada marco de referencia geodésico tiene asociado una época¹ específica, con coordenadas definidas en dicha época. Por esta razón se dice que se agrega al posicionamiento una nueva coordenada, que es el tiempo. A partir de allí se pueden determinar las velocidades (vectores de desplazamiento) de cada una de las estaciones y, por ende, campos de velocidades asociados.

Avances a nivel nacional

Nuestro país cuenta hoy en día con 7 CORS, las que conforman la Red Geodésica Nacional Activa de la República Oriental del Uruguay (REGNA-ROU), desarrollada y administrada por el Servicio Geográfico Militar (SGM), en el marco del cumplimiento de una de sus misiones fundamentales.

Si bien los primeros avances en este sentido se logran entre los años 1994 y 1995, con la instalación de estaciones provisorias, es en el mes de setiembre del año 2006 que el SGM, en convenio con la Universidad de Memphis de Estados Unidos de América y en el marco del Proyecto de los Andes Centrales (CAP)², instala su primera CORS, próxima a la ciudad de Tacuarembó (emplazada en roca madre), para el monitoreo de la placa Sudamericana. Este acontecimiento constituyó el hito fundamental para la implementación futura de la REGNA-ROU.

A principios del año 2007, con la incorporación de 2 nuevas estaciones (UYRO en Santa Teresa-Rocha

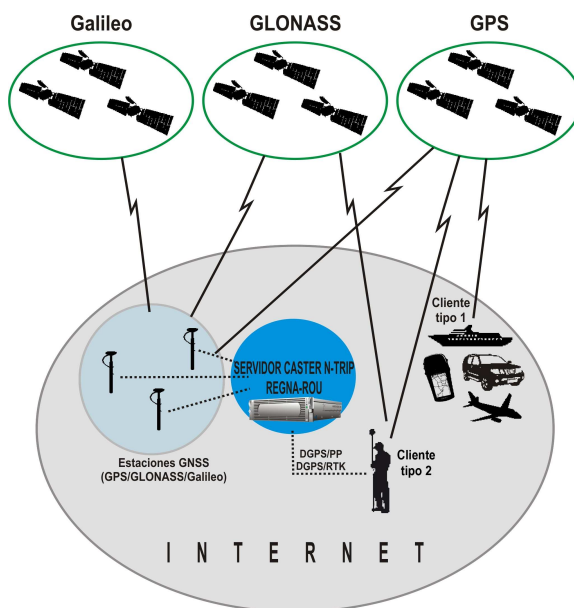
¹ La época se refiere a un momento dado y se calcula dividiendo el día anual (fecha media de la campaña en que se realizaron las observaciones GNSS para definir, el marco de referencia geodésico), por 365 y se adiciona el valor resultante al año correspondiente. Por ejemplo para SIRGAS95 se tomó el 26 de mayo de 1995, que es el día $146 / 36 = 0.4 + 1995 = 1995.4$.

² El Proyecto Geodinámico de los Andes Centrales (CAP) comenzó en 1992, con un enfoque científico para estudiar, mediante la instalación de una importante red geodésica activa, la deformación de la corteza asociada con la subducción de la placa de Nazca debajo de la placa Sudamericana.

instrumento empleado y del tiempo de observación, puede alcanzar desde los 2 m a los 5 mm.

Por otra parte, el Servicio Geográfico Militar y el Instituto de Agrimensura de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de la República (UDELAR) han llevado adelante además, un proyecto conjunto para el desarrollo e implementación de un servicio adicional de *Corrección Diferencial en Tiempo Real (DGPS/RTK)* a través de Internet. Los primeros avances se presentaron en la reunión de la Asociación Internacional de Geodesia (Buenos Aires, 2009) y los resultados más contundentes se mostraron en el Primer Congreso Uruguayo de Infraestructura de Datos Espaciales (Montevideo, 2010). Esta metodología permite que un aparato de posicionamiento (llamado comunmente GPS) pueda recibir las correcciones diferenciales de forma automática y

prácticamente al instante, simplemente conectándolo mediante un dispositivo GPRS/3G al servidor de la REGNA-ROU. Al respecto existen diferentes configuraciones de conectividad, las que van desde la utilización de un equipo conectado por *bluetooth* a un teléfono móvil y este simultáneamente al servidor de la red a través de Internet, o en su defecto, utilizando un equipo enlazado a una Netbook a través de un puerto USB y esta conectada a Internet mediante un *modem 3G*. Lo que se busca actualmente es que los equipos de posicionamiento global (navegadores, instrumentos topográficos o geodésicos), u otro tipo de aparato (PDA, colectoras de datos, etc.) que ya tengan incluido en el *hardware* un navegador, incorporen además un zócalo para una tarjeta SIM (chip celular), lo que permite acceder directamente al servidor sin necesidad de más accesorios. Esta modalidad permite el replanteo de localizaciones directamente en el terreno, en tiempo real, con elevado grado de exactitud posicional.



prácticamente al instante, simplemente conectándolo mediante un dispositivo GPRS/3G al servidor de la REGNA-ROU. Al respecto existen diferentes configuraciones de conectividad, las que van desde la utilización de un equipo conectado por *bluetooth* a un teléfono móvil y este simultáneamente al servidor de la red a través de Internet, o en su defecto, utilizando un equipo enlazado a una Netbook a través de un puerto USB y esta conectada a Internet mediante un *modem 3G*. Lo que se busca actualmente es que los equipos de posicionamiento global (navegadores, instrumentos topográficos o geodésicos), u otro tipo de aparato (PDA, colectoras de datos, etc.) que ya tengan incluido en el *hardware* un navegador, incorporen además un zócalo para una tarjeta SIM (chip celular), lo que permite acceder directamente al servidor sin necesidad de más accesorios. Esta modalidad permite el replanteo de localizaciones directamente en el terreno, en tiempo real, con elevado grado de exactitud posicional.

Proyección Internacional

Las estaciones de la REGNA-ROU integran el Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas-Continuo (SIRGAS-CON)⁴ y a través de éste intervienen en el Marco de Referencia Terrestre Internacional (ITRF). Esta infraestructura forma parte de la Red Global de Observación Satelital, como densificación de la misma, constituyendo un valioso aporte a nivel regional y mundial para el desarrollo y la investigación en Ciencias de la Tierra y Ciencias de la Atmósfera, entre otras. El avance de esta tecnología impulsó la modernización de los Sistemas de Referencia Geodésicos locales⁵.

⁴ El Proyecto **SIRGAS** (Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas) fue iniciado en la Conferencia Internacional para la Definición del Datum Sudamericano (Asunción, 1993). Se define idéntico al Sistema Internacional de Referencia Terrestre ITRS ([International Terrestrial Reference System](#)) y su realización es la densificación regional del Marco Global de Referencia Terrestre ITRF ([International Terrestrial Reference Frame](#)) en América Latina y el Caribe. Las coordenadas **SIRGAS** están asociadas a una época específica de referencia (Uruguay adoptó la época 1995.4) y su variación con el tiempo es tomada en cuenta ya sea por las velocidades individuales de las estaciones Sirgas o mediante un [Modelo Continuo de Velocidades](#) que cubre todo el continente.

⁵ Luego de la campaña **SIRGAS95** (de la que participó Uruguay), los países de América del Sur se concentraron en la modernización de los datum geodésicos locales mediante la densificación nacional de la red **SIRGAS** y la determinación de los parámetros de transformación necesarios para migrar la información geográfica asociada a los datum antiguos (en Uruguay el datum Yacaré,

Existen proyectos específicos a nivel internacional, para determinar, por ejemplo, mediante el análisis de los datos de las observaciones GNSS, el contenido total de electrones de la ionosfera (TEC), el contenido de vapor de agua precipitable (PWV) en la troposfera, los movimientos de las placas tectónicas, el monitoreo del nivel medio del mar en forma precisa, la determinación del campo de velocidades (vectores de desplazamiento) de puntos específicos de la corteza terrestre, monitoreo de movimientos sísmicos, entre otros.



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.

En el SGM funciona uno de los Centros Oficiales de Procesamiento de Datos del Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas (SIRGAS), donde se procesan las observaciones no solamente de la REGNA-ROU, sino de otras 84 estaciones GNSS pertenecientes a diferentes redes activas del continente (Argentina, Brasil, IGS, NASA). Las soluciones semanales son puestas a disposición de los Centros de Combinación Regionales y del Centro de Análisis del Instituto Alemán de Investigaciones Geodésicas (DGFI).

Conclusiones

Nuestro país cuenta hoy en día con una herramienta de gran valor estratégico y con un amplio horizonte de aplicación, cuya infraestructura brinda soporte a muchas disciplinas y áreas del quehacer nacional e internacional, incluyendo los sistemas relacionados con el monitoreo del cambio climático y la prevención y gestión del riesgo.

La interoperabilidad entre los datos colectados mediante el uso de esta infraestructura, es uno de los aspectos relevantes a destacar, dado que permite que todos los usuarios trabajen con el Sistema Geodésico de Referencia Oficial (SIRGAS-ROU 98)⁶ de nuestro país, y a la hora de compartir la información geográfica generada, los problemas de integración vertical prácticamente desaparecerán.

utilizado hasta ese momento para los planes cartográficos nacionales), al nuevo sistema SIRGAS (en Uruguay se determinaron los parámetros en el año 1998 tomando como base la época 1995.4). Inicialmente, estas densificaciones fueron realizadas a través de redes pasivas (conformadas por pilares-mojones), pero, en la actualidad, la mayoría de los países están instalando estaciones de funcionamiento continuo (CORS).

⁶ ROU-USAMS (datum local Yacaré) fue el Sistema Geodésico de Referencia Oficial utilizado para los planes cartográficos nacionales hasta 1998. En el año 1998, se determinaron los parámetros de transformación entre ROU-USAMS y SIRGAS, tomando como base las observaciones GPS realizadas en la campaña SIRGAS del año 1995 (época 1995.4). A partir de allí se adoptó el denominado SIRGAS-ROU98 (época 1995.4), como Sistema de Referencia Oficial para nuestro país, el cual es compatible con WGS84.

La consolidación de la iniciativa representa un instrumento indispensable para la investigación, el desarrollo y la innovación, generando nuevos conocimientos y capacidades nacionales en el empleo de las TIG de última generación.

Referencias bibliográficas

ROVERA, Héctor. “*La nueva realidad: Red de Estaciones Satelitales Permanentes de Uruguay*”. Boletín N° 9 del Servicio Geográfico Militar. Montevideo, 2007. ISSN 1688-2407

ROVERA, Héctor; PÉREZ RODINO, Roberto. “*The Uruguayan SIRGAS present and future working in NTRIP*”. Geodesy for Planet Earth - Scientific Program IAG. Buenos Aires, 2009 ISBN 978-987-252-9109

PÉREZ RODINO, Roberto; SUÁREZ, Norbertino. “*Servicio de Corrección Diferencial de Posicionamiento Global en Tiempo Real a través de Caster-NTRIP, una herramienta para el presente y futuro*”. I Congreso de Infraestructura de Datos Espaciales. Montevideo, 2010

Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas. Subcomisión 1.3b de la IAG. Grupo de Trabajo de la Comisión de Cartografía del IPGH. SIRGAS. 25 de noviembre de 2011. <http://www.sirgas.org/>

Servicio Geográfico Militar. 25 de noviembre de 2011. <http://www.ejercito.mil.uy/cal/sgm/>