

Studies in Real Time Positioning using Caster-NTRIP: conventional, network solutions and PPP-RTK

Roberto Pérez Rodino - Uruguay

Keywords: NTRIP, PPP-RTK, GNSS, RTK, Real Time,

SUMMARY

The National Active Geodetic Network of Uruguay (REGNA-ROU), inaugurated in 2005, has nowadays with 7 GNSS Stations homogeneously distributed throughout the country, with a separation of approximately 200 Km. between them.

Within the framework of the SDI-Uruguay (Space Data Infrastructure of Uruguay), it is being planned to create a network of active stations that will provide data service in real time and the post process with a total of 23 stations; having a buffer of station of approximately 70 km. This will allow a very efficient service of high accuracy for both real time and post process.

Nowadays the users or clients of this in real time service are growing daily, while this service keeps reliable and non-interrupted. There are solutions that lay within the reach of the users transparently – due to the commercial development- but also, there are other techniques that lay in the process of study, that have not been yet generalized and that are rarely known or evaluated.

Is for this reason, that it has become more necessary that the academy generates guidelines for its proper and efficient use, studying day by day the new and better technologies available in the subject, generating knowledge transfer and making it available to the users.

This has motivated that in the Laboratory of Data Processing (LEPRODA-GNSS) of the Land Surveyor Institute of the Faculty of Engineering – UDELAR, we are carrying out different work and tests, in the work area of positioning in real time using REGNA ROU through the existing NTRIP CASTER. The RTK techniques both point to point and network solutions, have been object of different studies; there have also been studies with the technique of PPP-RTK been done, this without need of taking data from a particular station (local stations), achieving good results.

Finally, also being studied and evaluated new techniques of PPP positioning with “amplifying” services through the use of regional networks and also PPP+ambiguities resolution.

Furthermore for the view of the data server, we have been working in a project, together with the SGM, in the installation of the NTRIP Caster, that have been of use – besides giving service to the community- as a test bed for the developed investigations.

In this work we will present our experiences as well as the obtained results, regarding quality, timings and operative costs, in the positioning using these technologies

Studies in Real Time Positioning using Caster-NTRIP: conventional, network solutions and PPP-RTK

Roberto Pérez Rodino - Uruguay

1 MOTIVACIÓN

La Red Geodésica Nacional Activa de Uruguay (REGNA-ROU), inaugurada en el año 2005, cuenta actualmente con 7 Estaciones GNSS homogéneamente distribuidas en el país, con una separación de 200 Km. aproximadamente entre ellas.

Estas estaciones permanentes, que forman parte de la red SIRGAS-CON, de las cuales se tienen soluciones semanales en el marco SIRGAS, además de guardar datos de las observables aptas para el post proceso, también tienen la potencialidad de enviar datos en tiempo real usando el protocolo NTRIP, a través del Cáster instalado en el SGM (Servicio Geográfico Militar). Cáster que fue incubado en el Instituto de Agrimensura de la Facultad de Ingeniería y luego ubicado y gestionado por el SGM. Primero en una faz de prueba y finalmente en 2011 ya como un servicio público y gratuito.

A la fecha se encuentra dentro de un proyecto IDE-Uruguay (Infraestructura de Datos Espaciales) la ampliación de esta red activa, que llevaría de 7 a 23 las estaciones permanentes; configurando una red de estaciones que cubrirían al país con un buffer de 70 Km.

Con esta infraestructura - la existente y la oportunamente proyectada - considerando también la confiabilidad e integridad que existe en los datos que se entregan en el servidor del SGM, hemos podido ver el aumento y la fidelización de usuarios de este servicio y se puede también prever una demanda encubierta que hará eclosión en el momento que el servicio sea más conocido y existan más receptores aptos para el mismo.

También en estos últimos años se han incrementado los desarrollos en nuevas técnicas de posicionamiento preciso en particular el PPP (precise point positioning) y en especial -y gracias a la facilidad de contar con datos difundidos por Internet y de contar con accesibilidad a Internet por telefonía móvil de datos - se han incrementados los desarrollos de algoritmos y software en PPP-RTK (PPP-Real Time Kinematic) como por ejemplo el BNC (BKG NTRIP Client) del BKG (Bundesamt für Kartographie und Geodäsie -*Agencia Federal Alemana de Cartografía y Geodesia*); el RTKLib de Tokyo University of Marine Science and Technology; el PPP-WIZARD Precise Point Positioning With Integer and Zero-difference, de CNES (Centre National d'études Spatiales); entre otros.

También desde 2007 el IGS (International GNSS Service) inicia un proyecto piloto; el Real Time Pilot Project (RTPP)

Los objetivos son:

- Gestión y mantenimiento de un servicio mundial IGS en tiempo real con el seguimiento de la red GNSS.
- Generar productos combinados y análisis de los datos en Tiempo Real proporcionados por los distintos Centros de Datos asociados.
- Desarrollar estándares y formatos para la colecta y distribución de datos en tiempo real.
- Desarrollar estándares y formatos para la generación y distribución de productos de análisis en tiempo real.

Todos estos motivos nos han impulsado a desarrollar desde el LEPRODA-GNSS (Laboratorio Experimental de Procesamiento de Datos GNSS), tareas en cuanto al estudio de estos nuevos desarrollos, intentando dar respuesta y generar aportes a nuestra comunidad. Entendemos que es cada vez más necesario que desde la Academia se generen pautas para su uso adecuado y eficiente, estudiando día a día las nuevas y mejores tecnologías disponibles en la materia, generando transferencia de conocimiento, “líneas guía”, y poniendo estas a disposición de los usuarios.

2 UN POCO DE TEORÍA

2.1 ¿Cómo se realiza un posicionamiento diferencial en tiempo real?

El esquema es bien sencillo: el equipo base recibe la señal de los satélites GNSS, procesa las observables y envía estos datos, por algún tipo de enlace, al equipo móvil, conjuntamente con las coordenadas de su estación.

El equipo móvil recibe los datos antes señalados de la base y al mismo tiempo la señal de los satélites GNSS; estos datos son procesados y con ellos se obtiene la posición diferencial del punto ocupado.

Los datos que envía la base al móvil pueden tener distintos formatos, en particular los podemos dividir en formatos *propietario (raw data)* o formato *RTCM-SC 104* (Radio Technical Commission for Maritime Services, Special Committee 104) en sus distintas versiones 2.x y 3.x.

El formato de datos *propietario* es particular de cada marca de equipo, y en general solo son usados por equipos de la misma marca. Son conocidos como “*raw data*”.

El formato *RTCM* tiene distintos tipos de mensajes, en la versión 2.x el más simple, tipo 1 y 3 da solamente la corrección diferencial simple de código y los parámetros de la Estación de Referencia respectivamente; los tipo 18 y 19 envían los datos de la fase y código en L1 y L2 de la Estación de Referencia, así como los tipo 20 y tipo 21 envían las correcciones RTK (Real Time Kinematic) para L1 y L2, etc.

Finalmente en el Formato *RTCM 3.x* los datos están mas compactados y dan muchas alternativas de tipos de mensajes a enviar; es decir optimiza el ancho de banda, y tiene además un menú mas amplio de datos posibles.

Evidentemente según el mensaje que necesite y dependiendo del tipo de receptor utilizado se conseguirá distinto volumen de tráfico de datos y diferentes precisiones podrán ser alcanzadas, p.e. submétricas, centimétricas, etc.

2.2 ¿Cómo se transmiten los datos de la base al móvil?

En forma general las posibilidades pueden ser resumidas en: vía “beacon”, vía radio-módem, vía satélite de comunicaciones, vía Internet

El “beacon” es una emisora que trasmite las señales en la banda de radio con alcances del orden de los 400-500 Km. Por lo general se necesita un abono a la señal, y comúnmente ofrecen solamente correcciones del tipo submétrico o métrico.

El radio-módem es la solución del tipo particular (mono-usuario); en general es usada en trabajos topográficos. El usuario tiene dos equipos que los enlaza entre sí por radio-módems

los que transmiten en general en UHF; por lo tanto su radio de acción es limitado (se reduce a pocos kilómetros; se trabaja fundamentalmente con precisión centimétrica).

Para el uso de Satélites de comunicaciones se debe contratar la señal, por ejemplo Omnistar. Estos sistemas proporcionan los datos de correcciones de distintas estaciones, según la región y lo que se contrate, están disponibles distintas señales, que resultan con diferentes precisiones.

Finalmente tenemos la distribución por Internet.

Es a finales del año 2004, que se desarrolla por la BKG el protocolo NTRIP, abriendo así una nueva posibilidad en cuanto a transmisión de datos. Este protocolo **NTRIP** (*Network Transport RTCM Internet Protocol*, traducción libre: *Red de Transporte de Formato RTCM a través del Protocolo de Internet*) es una técnica basada en la transferencia de hipertexto HTTP/1.1 (Hypertext Transfer Protocol versión 1.1) por medio del protocolo Internet (IP) con la finalidad de tener acceso y mejorar el flujo de datos GNSS de estaciones de referencia o bases de datos a una variedad de Clientes/Usuarios a través de una técnica de comunicación definida.

Esta solución también es posible gracias a la transmisión de datos vía telefonía móvil. Esta se realiza vía GPRS, EDGE, 3G, UTMS, etc. destacándose el menor costo en la transmisión de datos frente a otras formas.

“De esta forma, la distribución de datos GPS a través de Internet es cada vez más común debido a su disponibilidad, fácil instalación y acceso. También el desarrollo de los sistemas de acceso a Internet móvil a través de GPRS (*General Packet Radio Service*) y GSM (*Global System for Mobile Communication*), proporciona un método rápido y fiable para la distribución de datos GNSS en bruto o volver a transmitir correcciones diferenciales (DGPS / RTK) a un receptor en cualquier zona cubierta por una red de telefonía móvil” (G. Weber 2008)

Las precisiones que se pueden alcanzar de esta forma son centimétricas, o submétricas, dependiendo de la distancia a la Estación de Referencia en soluciones punto a punto; pero si se dispone de una Red de Estaciones de Referencia, también se pueden generar soluciones de red con los algoritmos del servidor, por ejemplo: VRS (Virtual Reference Station), FKP (Flächen-Korrektur-Parameter), MAX (Master Auxiliary Corrections) o iMax (Individual Master Auxiliary Corrections).

Obviamente que todas las precisiones de las que hablamos están condicionadas por las características del receptor móvil.

2.3 ¿Qué es un posicionamiento PPP-RTK?

El concepto de PPP es el de posicionamiento absoluto, como se sabe los sistemas GNSS dan en forma nativa el posicionamiento absoluto en tiempo real, pero el problema es que la precisión que se puede lograr es de varios metros.

Esta degradación de la precisión depende de los errores de las órbitas Broadcast, los errores de los relojes, los errores atmosféricos (ionosféricos y troposféricos) y otros efectos no modelados en el método de posicionamiento simple absoluto.

Desde hace muchos años se empezaron a implementar aplicaciones en postproceso conocidas por PPP, en las cuales se hacía uso fundamentalmente de efemérides precisas y corrección de relojes, y en general si se usaban equipos de doble frecuencia se podía modelar la ionosfera, y se usaban distintos modelos troposféricos en la medida de lo posible.

Existe un servicio en el IGS que genera datos de órbitas precisas y corrección de relojes a través de los datos capturados en las estaciones IGS, estos productos son generados por distintos centros de procesamiento asociados. Las distintas soluciones de los distintos centros son acordadas en una solución IGS combinada, es así que el IGS pone a disposición distintos productos: se tienen las órbitas y relojes ultrarrápidos (disponibles a priori como pronóstico), también publica las soluciones rápidas al día siguiente y a los aproximadamente 15 días las soluciones finales.

Con las nuevas posibilidades de conectividad a Internet en campo, debido a los servicios de datos móviles, se empieza a ver como oportunidad la de lograr el PPP en tiempo real, es decir el PPP-RTK. Es por esto que varios centros de procesamiento de datos empiezan a generar flujos de datos con correcciones de relojes y efemérides, estos datos ya no son estáticos (no están en un archivos para bajar) si no que son datos que fluyen a través de “streaming” usando el protocolo NTRIP, estas correcciones se envían en formato RTCM 3.x que es un formato binario.

Cambia también la idea en cuanto a lo que se trasmite. No se transmiten p.e. efemérides precisas sino que se transmiten las correcciones de las efemérides Broadcast, etc. Esto tiene como fin que los paquetes de datos sean extremadamente cortos. También en estos mensajes van los ajustes al marco de referencia en el que se quiera trabajar. Estas correcciones se denominan SSR (System Space Representation) es decir, representan los errores y eventos en el estado del espacio, así cómo además modelarlos en el mismo estado. Con el SSR se pueden modelar los errores existentes en GNSS como p.e.: el de reloj en el satélite, el error en las órbitas, error de demora en el sistema, error por cambios en la geométrica de antena del satélite, errores ionosféricos, troposféricos, y de geometría de antena receptora, geometría de antena de satélite y el del reloj y la demora en el receptor; los bias entre constelaciones p.e. GPS, GLONASS, GALILEO, etc.

Para hacer posible el PPP-RTK es necesario contar con los datos de correcciones, con los datos observados por el receptor con el cual quiero obtener mi PPP, con la transmisión de la efemérides “broadcast” y además debo también tener un software como Cliente, que procese, y genere la solución buscada.

En la actualidad existen varios desarrollos, los que hemos usado desde el LEPRODA-GNSS son: el BNC, el BNC modificado por el CNES y el RTKLib.

Todos estos software son de código abierto en general corren en Linux pero existen binarios compilados para Windows. Las precisiones que se logran son en general de unos 10-15 cm en posición absoluta, teniendo un tiempo de convergencia de la solución, en general resultan con solución flotante de ambigüedad. Hay estudios para fijar ambigüedades enteras, p.e. el desarrollado por el CNES en el PPP-WIZARD, en los cuales se llega a precisiones de unos pocos centímetros, con tiempos de 1 hora de convergencia.

En el Simposio PPP-RTK & Open Standards de marzo en Frankfurt Alemania, se presentaron cuarenta y nueve papers, sobre esta temática a los que se puede acceder a través del link: <http://igs.bkg.bund.de/ntrip/symp>. Esto muestra el nivel de desarrollo académico en esta área del conocimiento. Bien podríamos pensar que mas temprano que tarde, los tiempos de estabilización de soluciones y resolución de ambigüedades van a acortarse dramáticamente, las precisiones van a mejorar y la accesibilidad a Internet va a ser cada vez más universal, seguramente aparecerán soluciones comerciales donde embeban el módem celular, el software de PPP y el receptor GNSS en una sola unidad, y entonces veremos al Ing. Agrimensur, al

Ing. Geomático, o al ciudadano, con un solo equipo obteniendo altas precisiones absolutas, en el marco de referencia que quiera adoptar, en su posicionamiento.

2.4 ¿Qué es el Protocolo NTRIP?

NTRIP (*Network Transport RTCM Internet Protocol*). Intenta revertir las desventajas presentes en mediciones RTK, en cuanto a la limitación de distancia entre la estación de referencia y el móvil, ocasionados por problemas de comunicación entre ellos.

Las características principales son:

- Basado en el protocolo de hipertexto HTTP/1.1 (Hypertext Transfer Protocol) actúa en la capa más alta del TCP/IP (Transmission Control Protocol / Internet Protocol).
- Basado en el popular estándar HTTP streaming; por medio del protocolo Internet (IP). Luego en la versión 2 de NTRIP también usa el RTP (Real-time Transport Protocol) que esta soportado por el protocolo UDP (User Datagram Protocol).
- Es capaz de atravesar “firewall” y “proxies” que permiten el paso de http estándar.
- La finalidad es dar acceso y mejorar el flujo de datos de estaciones de referencia GNSS o datos a una variedad de Clientes / Usuarios a través de Internet.
- Los datos enviados pueden ser formatos RTCM y también para raw data y otros tipos de datos como ser corrección de relojes, efemérides, etc.

Aparece la idea del *streaming* esto refiere a una corriente continua de datos. En definitiva la idea es conectar p.e. esa corriente de datos que proporciona una estación de referencia con un cliente en el campo. Pero es importante también que muchos clientes puedan conectarse a esa misma estación de referencia en forma simultánea, así como también poder hacer que varias estaciones de referencia estén disponibles para los usuarios, etc. y todo esto hacerlo a través de redes.

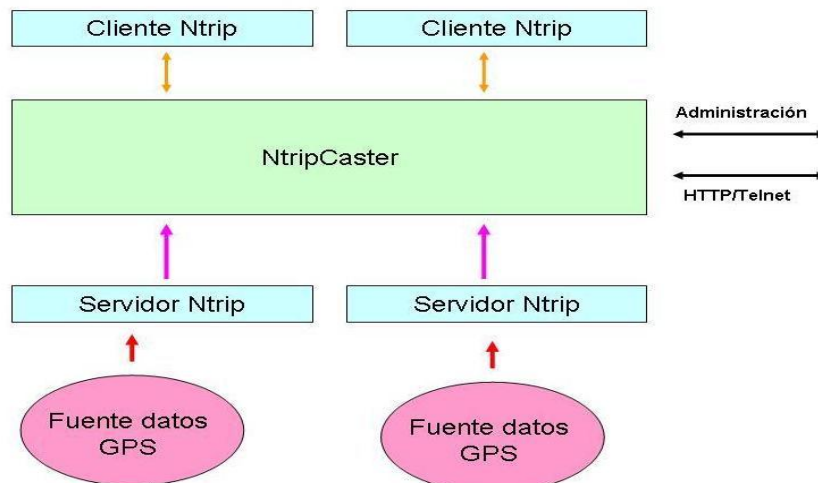
La arquitectura del sistema es la siguiente (ver esquema grafico):

NtripSource: El hardware involucrado en este segmento son las estaciones de referencia generadoras de las correcciones diferenciales para su aplicación a las mediciones GNSS, lo que involucra un equipo GNSS y una antena geodésica que miden continuamente.

NtripServer: Este componente necesita una conexión con la data generada por NtripSource además de un computador con conexión a Internet o intranet que ejecute el software para la transmisión de correcciones al NtripCaster.

Actualmente los equipos para Estaciones Permanentes ya cuentan en el mismo equipo con las funciones de NtripSource y NtripServer, y últimamente también NtripCaster

NtripCaster: Al igual que el NtripServer necesita un computador con conexión a Internet, que permita el acceso continuo sin interrupciones de las correcciones diferenciales a los múltiples usuarios a través de un servidor. Es el encargado de difundir los datos.



Esquema Gráfico

NtripClient/NtripUser: El requerimiento básico para recibir correcciones mediante el uso de NTRIP consiste en que el instrumento GNSS tenga la opción de recibir correcciones diferenciales o RTK, y/o otro tipo de correcciones p.e. SSR, con motor de cálculo, o poner en forma de intermediario -un PC o una Palm, una Tablet o un iPad; con el software adecuado.

Además, se necesitan dispositivos de comunicación como teléfonos celulares con la capacidad de recibir y enviar datos vía Internet. Actualmente existen receptores que cuentan con esta característica y además ya tienen precargado el software para NTRIP Cliente, y también embebido en el equipo el módem celular.

3 AHORA UN POCO DE PRÁCTICA

Desde 2007 estamos trabajando en el Instituto de Agrimensura de la Facultad de Ingeniería de la UDELAR (Uruguay) en correcciones para posicionamiento GNSS a través de Internet. A fines del 2010 se formalizó un Laboratorio Experimental de Procesamiento de Datos GNSS (LEPRODA GNSS) en dicho Instituto.

Hemos en realizado desde 2007 a la fecha distintas actividades

- 1) Implementación de un Cáster-Ntrip experimental con estaciones circunstancialmente de rastreo continuo.
- 2) Constituido ese Cáster-Ntrip se realizaron distintos test de posicionamientos
- 3) Se implementó un nuevo Cáster-Ntrip experimental en el SGM, en dicho Cáster se incluyeron todas las estaciones de la REGNA-ROU. Para esto fue necesario el establecimiento de una VPN (Virtual Private Network) donde todas las estaciones permanentes quedaron comunicadas. En este cáster se implementaron distintos MountPoints, que permitieron realizar distintos tests. Este servicio de Cáster luego pasó a estar gestionado por el SGM, y en 2011 quedó disponible como un servicio público.
- 4) Se realizaron distintos tests de posicionamientos RTK punto a punto y con soluciones de red.
- 5) Se trabajó en posicionamientos PPP-RTK.
- 6) Se están testeando los software BNC, el RTKLib, y el BCN con su modificación por CNES.

3.1 Los primeros trabajos

Lo inicial fue generar un Cáster con una estación permanente instalada en la azotea de la Facultad de Ingeniería, posteriormente también se albergó en ese mismo Cáster a la estación del MTOP.

Con esta estructura estábamos capacitados para realizar distintos test.

El primero fue analizar las precisiones alcanzadas, según la distancia entre la estación permanente y el equipo móvil.

Para esto comparamos puntos medidos en tiempo real usando la conectividad por Internet, con puntos medidos en post proceso con ocupaciones de 6 horas.

Los equipos usados fueron GPS L1 y L2. Los resultados obtenidos están en la Tabla 1.

Línea Base	Distancia en m.	Sigma latitud	Sigma longitud	Sigma h	Fijo Ambig.	Tiempo ocupación	Diferencia posición c/pp	Diferencia altura c/pp
FI-001	15677	0.016	0.016	0.051	Si	20 s	0.021	0.035
FI-002	20436	0.016	0.015	0.054	Si	20 s	0.020	0.033
FI-003	26224	0.014	0.012	0.049	Si	35 s	0.018	0.025
FI-004	31222	0.015	0.014	0.056	Si	40 s	0.030	0.041
FI-005	40047	0.017	0.015	0.047	Si	40 s	0.035	0.050
FI-006	52073	0.014	0.011	0.055	Si	50 s	0.030	0.060
FI-007	70134	0.037	0.035	0.069	Si	70 s	0.049	0.072

Tabla 1

Luego ya con el Cáster funcionando con las estaciones permanentes de la red REGNA-ROU realizamos una segunda salida. Se realizaron observaciones con un receptor L1 L2, sobre puntos de la Red Pasiva, y se realizaron determinaciones usando datos de las Estaciones UYMO y UYRO (ubicadas en la Fortaleza del Cerro de Montevideo y en Santa Teresa – Rocha, respectivamente) para cada punto relevado. Los resultados figuran en la Tabla 2; y en la Tabla 3 se comparan las determinaciones posicionales realizadas desde la UYMO y desde la UYRO

Línea Base	Distancia	Sigma latitud	Sigma longitud	Sigma h	Fijo Ambig.	Tiempo ocupación	Diferencia posición UYMO -vs UYRO-	Diferencia altura UYMO - vs UYRO-
UYMO-001	35548	0.018	0.014	0.059	Si	20 s	0.242	0.272
UYRO-001	231851	0.116	0.094	0.365	no	30 s		
UYMO-1036	47229	0.097	0.104	0.284	no	90 s *	0.408	0.362
UYRO-1036	220302	0.080	0.087	0.231	no	30 s		
UYMO-1037	53228	0.015	0.016	0.054	Si	20 s	0.405	1.19
UYRO-1037	214314	0.118	0.129	0.410	no	30 s		
UYMO-014	63627	0.017	0.017	0.063	Si	20 s	0.367	0.121
UYRO-014	204507	0.157	0.155	0.575	no	30 s		

(*) problemas de comunicación

Tabla 2

Línea Base	Distancia	Sigma latitud	Sigma longitud	Sigma h	Fijo Ambig.	Tiempo ocupación	Diferencia posición vs Datos SGM
UYMO-1036	47229	0.097	0.104	0.284	no	90 s *	0.044
UYRO-1036	220302	0.080	0.087	0.231	no	30 s	0.417
UYMO-1037	53228	0.015	0.016	0.054	si	20 s	0.032
UYRO-1037	214314	0.118	0.129	0.410	no	30 s	0.437

(*) problemas de comunicación

Tabla 3 Estaciones de Referencia UYMO UYRO (en metros)

Se realizó una tercera salida para la cual se empleó un equipo L1 y L2 y un equipo L1, este último midiendo con código C/A. Se realizaron determinaciones desde la estación UYMO, se ocupó el vértice VI-1035, dejando a ploteo libre la navegación con corrección diferencial Cáster-NTRIP de cada equipo, por 5 minutos en cada ocupación grabando posiciones cada 1 segundo. Los resultados de las determinaciones con el equipo midiendo en fase L1 y L2 los vemos en la figura 1 y las realizadas con código C/A las podemos ver en la figura 2.

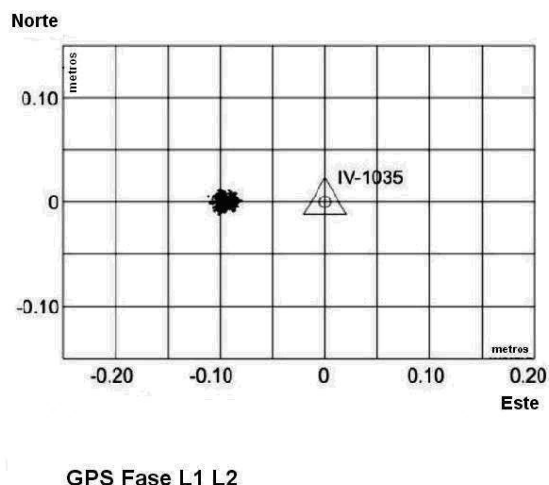


Figura 1

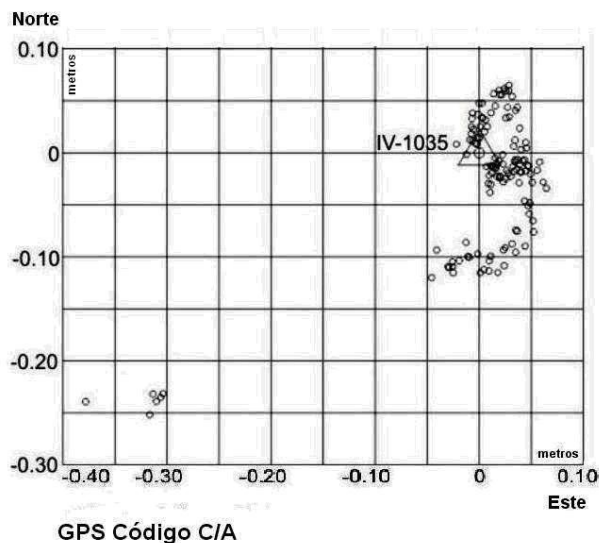


Figura 2

3.2 Trabajando en producción

Ya con la experiencia generada en estos tests, el Instituto realizó un trabajo ya en modo de producción, usándolo para el proyecto: “Evaluación de la calidad de la exactitud geométrica absoluta del parcelario rural digital vectorial del Departamento de Lavalleja”. Se usaron receptores L1 C/A y teléfonos celulares con servicio GPRS para la transmisión de datos, el enlace entre el receptor GPS y el celular fue por Bluetooth. De la totalidad de los puntos relevados con estos equipos, la conectividad se logró en el 73% de los puntos (111 puntos), obteniendo una precisión media del orden de los 44 cm con 1 minuto de ocupación y una dispersión típica de 11 cm. Para el otro 27% de los casos se utilizó post proceso dado que no se pudo obtener corrección diferencial en Tiempo Real. Los problemas que se presentaron fueron en el 20% de los casos ausencia de cobertura celular, el 7% debido a inconvenientes con el servidor Cáster-NTRIP y un 3% restante referente a la configuración de los equipos. La precisión se comparó contra las coordenadas resueltas por postproceso contra tres de las bases de la REGNA-ROU.

3.3 Soluciones de Red

En este último año hemos realizado posicionamiento con soluciones de red, se realizaron distintos tests, en distancias cortas (línea base menores a 35- 40 km.) y en distancias largas poniéndonos como límite los 70 km. en virtud del proyecto que existe en Uruguay de tener una cobertura de estaciones permanentes con un buffer de 70 km. (que la distancia mas lejana a una estación sea menor a 70 km.).

Trabajamos en una celda de red limitada por la estaciones UYMO, UYDU, UYLP y UYRO, los segmentos límites de la celda son de a lo sumo 200 km. (ver gráfico Celda)

Se usaron 4 tipos de soluciones de Red: *Cercana* el cáster determina la estación más cercana y establece un posicionamiento diferencial punto a punto.

FKP Utilizando las estaciones permanentes como vértices el software del servidor calcula los errores, luego calcula los parámetros usando plano interpolador. Los parámetros son los que se envían al receptor, el cual se encarga de calcular el valor de la corrección para esa posición.

VRS Las estaciones de referencia generan correcciones, estas son utilizadas para generar una estación de referencia virtual situada solo a unos metros de donde está el móvil, de esta forma el móvil logra resolver su posición como si trabajara con una base cercana a su posición. Para esto es necesario que el móvil le envíe una posición aproximada al Caster.



Gráfico Celda

MAX Una de las estaciones de referencia es denominada Master y envía las correcciones en un flujo de datos RTK convencional. Las otras estaciones de la celda se denominan Auxiliares y envían al receptor correcciones diferenciadas respecto a la Master. Esto posibilita reconstruir un flujo de datos RTK convencional para cada una de las estaciones de referencia de la celda. El receptor cuenta por lo tanto con datos suficientes para calcular el modelo de errores.

I-MAX Es similar a MAX, solamente que el móvil envía su posición aproximada y el Caster envía las correcciones individuales para ese móvil.

En el test se realizaron 3 ocupaciones con cada tipo de solución de red, y se esperó que resolvieran las ambigüedades, con un tiempo máximo de 5 minutos de espera, luego se colectaron datos por 1 minuto.

Metodo	diferencial PP vs RT			sigmas RT			vector diferencia
	dE	dN	dU	sigam E	sigma N	sigma U	
FKP	0.006	-0.040	-0.060	0.018	0.018	0.044	0.072
FKP	0.003	-0.005	-0.006	0.012	0.017	0.030	0.008
IMAX	0.011	0.007	0.018	0.011	0.013	0.026	0.023
IMAX	0.008	0.002	0.019	0.011	0.014	0.027	0.021
MAX	-0.011	0.006	0.000	0.010	0.013	0.024	0.013
MAX	0.006	0.000	0.031	0.009	0.012	0.023	0.032
MAX	-0.014	0.007	0.000	0.010	0.012	0.023	0.016
UYMO	-0.001	-0.009	-0.024	0.010	0.014	0.026	0.025
UYMO	-0.112	-0.338	0.045	0.134	0.145	0.321	0.359
VRS	0.055	0.037	-0.034	0.154	0.193	0.382	0.074
VRS	0.001	0.000	0.027	0.009	0.011	0.022	0.027
VRS	0.004	-0.009	-0.008	0.013	0.018	0.032	0.013

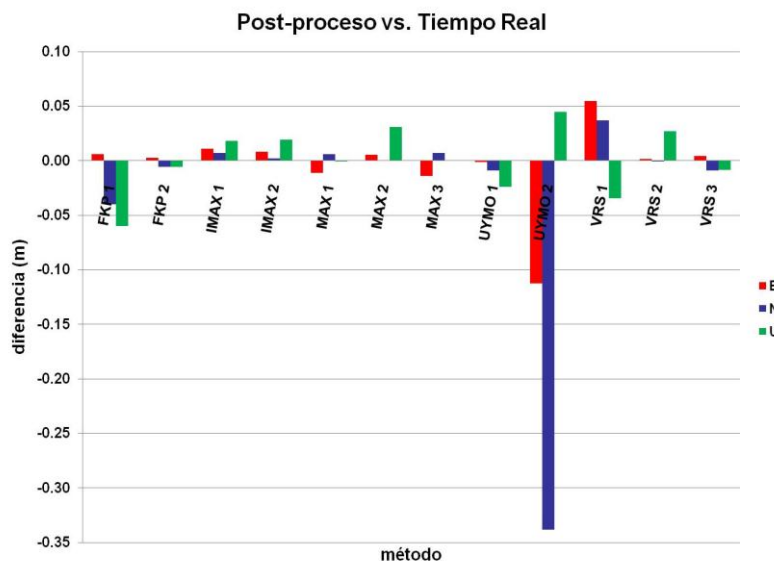
Base cercana UYMO 70 km de la ocupación

Tabla 4

En un caso en FKP y en otro en modo cercana (UYMO era la estación cercana), no se tuvo éxito en la resolución de ambigüedades enteras.

Los resultados están en la tabla 4.

Se puede observar que aparecen algunos resultados muy desviados, seguramente en virtud de aparecer errores no modelados, fundamentalmente podría ser el efecto de multipath. Estos problemas -en cuanto a la degradación de la precisión por estos errores- siempre están presentes cuando se colectan datos por pocos minutos.



3.4 Métodos PPP-RTK

También en el último año hemos emprendido el estudio de las alternativas de soluciones PPP-RTK. Para nuestro trabajo en soluciones PPP-RTK usamos los software: BNC 2.6 y 2.8, RTKLib 2.4.1, y el BNC 2.4 con la modificación del CNES.

El Software BNC permite realizar PPP-RTK usando datos de un receptor, en este caso tomamos estaciones permanentes de la REGNA ROU, datos de correcciones SSR -en nuestro caso usamos las del IGS- y efemérides broadcast, ambas difundidas por el cáster **products.igs-ip.net:2101**

En general los resultados se estabilizan luego de un cierto tiempo, y quedan en un entorno de error de 10cm para Este y Norte y un poco superior para la coordenada altura (Ver gráfico 1 de estación UYLP)

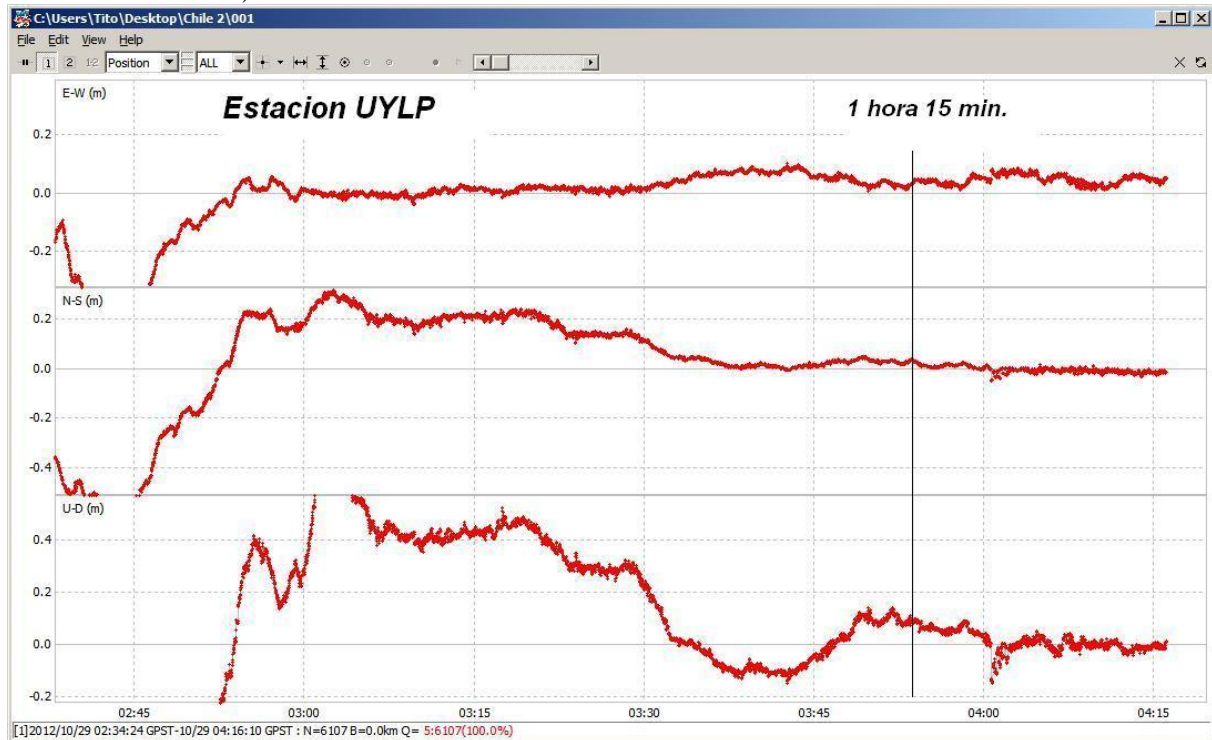


Gráfico 1 Estación UYLP

El Software BNC modificado por CNES en el proyecto PPP-Wizard, permite también PPP-RTK. También en este caso tomamos estaciones permanentes de la REGNA ROU, datos de correcciones SSR -en este caso usamos las del CNES **www.ppp-wizard.net:2101-** y efemérides broadcast, difundidas por el cáster **products.igs-ip.net:2101**.

Este software intenta resolver ambigüedades enteras, cosa que logra en aproximadamente 1 hora estabilizándose la posición en un par de centímetros (Ver gráfico 2 de estación UYLP)

Finalmente los test que realizamos con el RTKLib en PPP-RTK no nos dieron resultados satisfactorios, no logrando que la posición se estabilizara, seguramente porque no supimos configurar bien los parámetros iniciales del proceso, sí hicimos, ya que el software lo permite, procesamientos en diferencial RTK en líneas bases largas, pero aún no tenemos resultados definitivos de estos tests, ya que el trabajo aún se encuentra en proceso.

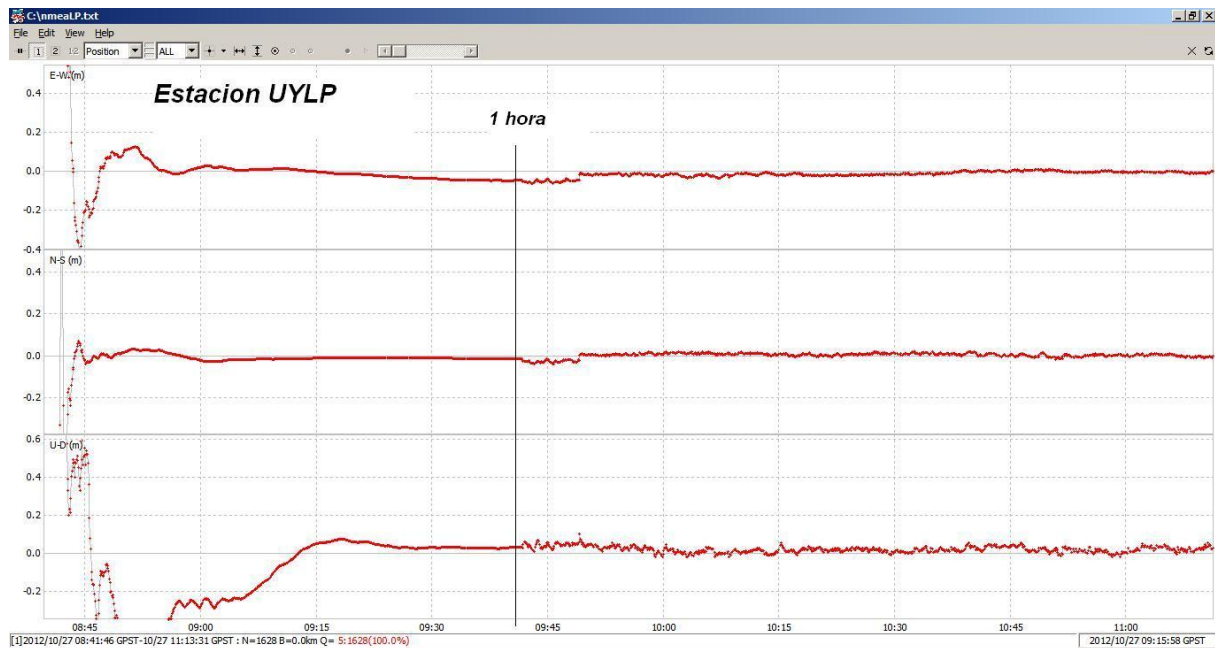


Grafico 2 Estación UYLP

4 CONCLUSIONES

Lo primero es decir que el estado del arte actual, es que no hay conclusiones definitivas, sino que lo permanente son los cambios. Pero sí podemos resumir las ideas que logramos:

Creemos que los servicios de disseminación de datos para procesamiento en tiempo real, así como las correcciones SSR y efemérides broadcast a través de los Cáster, son servicios de gran valor estratégico, para el desarrollo, dado el aumento de la demanda de información georreferenciada.

El uso de estas tecnologías, en la medida que se masifiquen, asegura que los datos georreferenciados que se intercambien estén en el marco de referencia adoptado, aun cuando sean capturados por personas inexpertas (soluciones transparentes al usuario), ya que el marco de referencia va implícito en las correcciones de los datos de las estaciones de referencia en caso de método diferencial RTK, o bien va en las correcciones SSR, en caso de PPP-RTK. Se asegura de esta forma una mejora en las coordenadas absolutas de los datos capturados, con respecto a los coleccionados por métodos alternativos en las mismas condiciones.

El uso de posicionamientos diferenciales en tiempo real con correcciones por Internet van a desarrollarse masivamente en la medida que existan un número de estaciones suficientes para tener buenas resoluciones, y una buena conectividad a Internet por telefonía móvil, es decir dependerá de la cobertura celular que se tenga; en Uruguay de acuerdo a las estaciones permanentes proyectadas en el futuro próximo, y a la cobertura celular outdoor se podrá trabajar en general sin mayores problemas en un muy corto plazo.

Los métodos PPP-RTK se seguirán desarrollando, actualmente las precisiones rondan en el orden de los 10 cm y los tiempos de estabilización de la solución entre 30 minutos a 1 hora,

pero es seguro que las precisiones mejorarán en la medida que se desarrollen algoritmos de resolución y fijación de ambigüedades, así como también los tiempos de resolución bajarán cuando se logren modelos de correcciones SSR mejores, mas exactos y completos. Creemos que el futuro del posicionamiento en tiempo real está seguramente en esta tecnología.

NOTAS BIBLIOGRÁFICAS

Brown, N., Geisler, I., Troyer, L. “RTK Rover Performance using the Master-Auxiliary Concept” Journal of Global Positioning Systems (2006) Vol. 5, No. 1-2:135-144

Dettmering, D., Waese, Ch. , Weber, G. “Networked Transport of RTCM via Internet Protocol Ntrip, Version 1.0 Example Implementation”, Published by Federal Agency for Cartography and Geodesy (BKG), Frankfurt, 2006.

Loyer S., Perosanz F. ,Mercier F.,Capdeville H., Marty J-C., “Zero-difference GPS ambiguity resolution at CNES–CLS IGS Analysis Center” Journal Geodesy 2012 DOI 10.1007/s00190-012-0559-2

Melvin H. “Conceptos básicos del posicionamiento GNSS en tiempo real NTRIP y tópicos relacionados con el tema”, in Lecturas en el curso de la Escuela SIRGAS 2012, Concepción 2012

Pérez Rodino, R. “Acceso a datos de estaciones de referencia GPS para Correcciones DGPS/RTK por la red celular/GPRS” in Boletín N° 9, Servicio Geográfico Militar, Montevideo 2007

Pérez Rodino, R., Rovera, H. “The Uruguayan SIRGAS present and future working in NTRIP” in Geodesy fot Planet Earth, Buenos Aires 2009.

Perez Rodino, R. Suarez N. “Servicio de corrección diferencial de posicionamiento global en Tiempo real a través de Caster-NTRIP, una herramienta para el presente y futuro” in I Congreso de Infraestructura de datos espaciales.Construyendo al desarrollo de una red Regional, Montevideo 2010, ISBN: 978 - 9974 - 8191 - 9 – 1 p. 242 - 255

http://igs.bkg.bund.de/root_ftp/NTRIP/documentation/NtripDocumentation.pdf

Consultada el 10-07-2012

<http://igs.bkg.bund.de/ntrip/symp>

Consultada el 5-07-2012

http://www.rtklib.com/prog/manual_2.4.1.pdf

Consultada el 12-09-2012

<http://www.ppp-wizard.net/>

Consultada el 12-09-2012

CONTACTO

Prof. Ing. Roberto Pérez Rodino

Facultad de Ingeniería – Universidad de la República Oriental del Uruguay - UDELAR

Herrera y Reissig

Montevideo

URUGUAY

Tel: ++598 2 711 03 95

Móvil: ++598 996 25264

Email: rodino@fing.edu.uy

Web site: www.fing.edu.uy/ia