

Procesamientos GNSS en línea como potenciales alternativas a diferentes aplicaciones geodésicas

Online GNSS processing as alternatives to different geodetic applications

Jorge Moya-Zamora

jorge.moya.zamora@una.cr

Escuela de Topografía, Catastro y Geodesia.
Universidad Nacional.
Heredia, Costa Rica.

Sara Bastos-Gutiérrez

sara.bastos.gutierrez@una.cr

Escuela de Topografía, Catastro y Geodesia.
Universidad Nacional.
Heredia, Costa Rica.

Recibido-Received: *6/ago/2014* / Aceptado-Accepted: *12/dic/2014* / Publicado-Published: *31/jul/2015*.

Resumen

En este estudio se hace una descripción en cuanto a utilización, capacidad de procesamiento, tipos de archivos y resultados, de una serie de programas en línea para la elaboración de datos de GNSS. En la actualidad la información que se puede obtener de los sistemas GNSS, permite una muy variada cantidad de aplicaciones, desde la navegación de vehículos hasta diferentes estudios relacionados con la dinámica terrestre. Las posibilidades de uso en la geodesia dependen exclusivamente de la alta exactitud que se puede obtener al hacer un procesamiento de los datos GNSS con programas científicos como Bernese o GAMIT y con un trabajo relativo o diferencial. Sin embargo, se han desarrollado una serie de programas disponibles en internet que brindan una opción muy adecuada para obtener, en muy corto tiempo soluciones con una exactitud aceptable para muchas tareas relacionadas con la cartografía, la topografía y el catastro y la geodesia. Algunos de estos programas se basan en la técnica de Posicionamiento Puntual Preciso (Precise Point Positioning PPP). El estudio comparativo realizado contempló una serie de archivos de observación en formato rinex que fueron procesados con los programas en línea APPS, CSRS, AUSPOS, OPUS y SCOUT. Los resultados obtenidos se analizaron en comparación con ellos mismos, con posiciones de alta exactitud dadas por Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas (SIRGAS) en la estación ETCG, además de contemplar, diferentes archivos de órbitas satelitales y los errores propios del procesamiento en línea. En lo que respecta a la concordancia de las soluciones en línea con el marco internacional de referencia se cuantificaron valores menores a 20 mm en la parte horizontal.

Palabras clave: Procesamiento GNSS en línea; SIRGAS; GNSS; APPS; CSRS; AUSPOS; OPUS; SCOUT.

Abstract

In this study a description in terms of utilization, throughput, file types and results of a series of online programs for GNSS data processing is done. At present the information that can be obtained from the GNSS systems, allows a diverse range of applications, from vehicle navigation to different studies related to terrestrial dynamics. The possibilities for use in geodesy rely exclusively on high accuracy that can be obtained by making the processing of GNSS data for scientific programs such as GAMIT and Bernese or a relative or differential work. However, they have developed a number of programs available online that provide a very suitable option for obtaining, in a short time solutions with acceptable accuracy for many tasks related to mapping, surveying, cadastre and geodesy. Some of these programs are based on technique Precise Point Positioning (PPP). The comparative study looked at a number of observation files in RINEX format were processed online programs APPS, CSRS, AUSPOS, OPUS and SCOUT. The results were analyzed in comparison with themselves, high accuracy positions given by Geocentric Reference System for the Americas (SIRGAS) ETCG station in addition to contemplate different satellite orbits files and processing mistakes online. Respect to alignment of the solutions according to the international framework lowest values were measured at 20 mm in the horizontal part.

Keywords: GNSS processing online; SIRGAS; GNSS; APPS; CSRS; AUSPOS; OPUS; SOPAC.

Diferentes organizaciones e instituciones a nivel mundial han desarrollado programas para el procesamiento en línea GNSS (Global Navigation Satellite Systems). Estos programas libres de costo para los usuarios y brindan un acceso casi que ilimitado (Ghoddousi y Dare, 2006).

El procedimiento es muy similar en cada uno de los servicios, se envían o suben archivos en formato rinex o Hatanaka vía URL o ftp. Posteriormente son procesados y los resultados son enviados a una dirección de correo electrónico reportada previamente. Para probar la compatibilidad de estos programas, se hizo el procesamiento de 13 días continuos de datos, pertenecientes a la estación ETCG, la cual está oficialmente integrada a la red continental de estaciones GNSS de operación continua del Sistema Geocéntrico para las Américas (SIRGAS). Lo anterior implica que las coordenadas geocéntricas semanales de la estación ETCG se determinan con una alta exactitud (Moya, 2010). Los servicios utilizados en el estudio fueron los siguientes:

- APPS:** Automatic Precise Positioning Service
<http://apps.gdgps.net/>
- CSRS:** Canadian Spatial Reference System-PPP
http://www.geod.nrcan.gc.ca/online_data.php
- AUSPOS:** Australian Surveying and Land Information Group's Online GPS Processing
<http://www.ga.gov.au/bin/gps.pl>
- OPUS:** Online Positioning User Service
<http://www.ngs.noaa.gov/OPUS/index.jsp>
- SCOUT:** Scripps Coordinate Update Tool-SOPAC (Scripps Orbit And Permanent Array Center)
<http://sopac.ucsd.edu/processing/>

Materiales y métodos

Los días considerados para el estudio fueron desde el miércoles 27 de enero de 2010, al lunes 08 de febrero de 2010, que corresponden con los días GPS del 27 al 39 del año 2010 y con las semanas 1568 y 1569. Se trabajó de una manera estándar con archivos rinex de 24 horas con registros cada 30 segundos. Prácticamente todos los programas ofrecen las mismas opciones a los usuarios.

En la tabla 1 se resumen de las diferentes posibilidades que brinda cada servicio. Básicamente se inicia escogiendo el formato del archivo de observación a procesar, el cual debe ser formato rinex o en su versión comprimida en formato Hatanaka (ver columna Tipo de datos). Luego, se escoge la referencia en la cual serán calculadas las coordenadas de la estación (ver columna Datum) y algunas opciones relacionadas con el estilo de procesamiento (ver columna Opciones). Después las posibilidades para la subida de los archivos, generalmente vía directa en la web del servicio o desde una dirección ftp (ver columna Transferencia). Finalmente las opciones de presentación de los resultados (ver columna Solución).

Tabla 1.

Principales características técnicas de los servicios de procesamiento GNSS

Servicio	Tipo de datos	Datum	Opciones	Transferencia	Solución
APPS	Rinex Hatanaka	ITRF2005 Época observación	<ul style="list-style-type: none"> Hasta 10 MB de datos Cambiar intervalo 	<ul style="list-style-type: none"> Upload 	<ul style="list-style-type: none"> Ploteo del punto Archivos ZIP con las coordenadas
CSRS	Rinex Hatanaka	ITRF2005 Época observación	<ul style="list-style-type: none"> Estático Cinemático Datum ITRFNAD83 PPP 	<ul style="list-style-type: none"> Upload 	<ul style="list-style-type: none"> Email con coordenadas Archivos PDF
AUSPOS	Rinex Hatanaka	ITRF2005 Época observación	<ul style="list-style-type: none"> Altura antena Tipo de antena Máximo 7 archivos 	<ul style="list-style-type: none"> Upload FTP 	<ul style="list-style-type: none"> Archivo PDF
OPUS	Rinex Hatanaka	ITRF2000 Época observación	<ul style="list-style-type: none"> Altura antena Tipo de antena Estático rápido Escoger estaciones CORS 	<ul style="list-style-type: none"> Upload FTP 	<ul style="list-style-type: none"> Email con coordenadas
SCOUT	Rinex Hatanaka	ITRF2005 Época observación		<ul style="list-style-type: none"> Upload FTP Se ofrece el servicio ftp 	<ul style="list-style-type: none"> Email con coordenadas

Fuente: construcción propia de la investigación.

El punto escogido para este estudio fue la estación GNSS de operación continua de la Escuela de Topografía, Catastro y Geodesia (ETCG). Este punto que está materializado por una placa metálica, la cual está empotrada sobre un pilar de concreto, lo que sumado a los más de 10 años de observaciones GNSS ininterrumpidas, hace que este punto sea uno de los más estables físicamente y el punto con mayor tasa de observación continua y procesamiento científico con el programa Bernese (Moya, 2010).

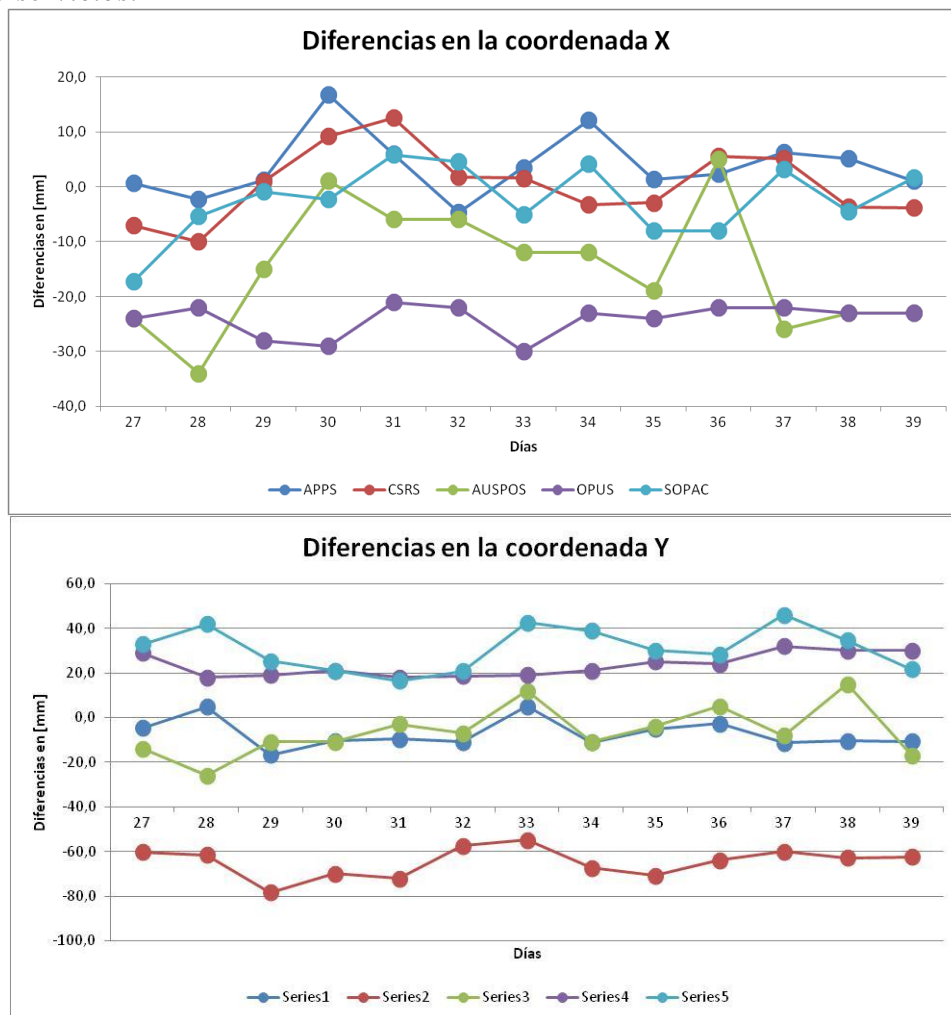
Las coordenadas semanales de la estación ETCG son calculadas en una etapa previa por diferentes centros de procesamiento y análisis de datos GNSS pertenecientes a SIRGAS, quienes siguen un estricto y estandarizado método de cálculo con el software científico Bernese. Estos resultados son enviados posteriormente al Instituto Alemán de Investigaciones Científicas (DGFI) por sus siglas en alemán, en donde se hace una combinación continental con el resto de las estaciones de la red. Antes del año 2013, el procesamiento previo los realizaban los centros de procesamiento del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) de Colombia, la Universidad del Zulia en Venezuela y el Instituto Nacional de Geografía y Estadística (INEGI) de México. Actualmente, se ha sumado a estos tres lugares, el Centro Nacional de Procesamiento de Datos GNSS (CNPDG) de la Universidad Nacional.

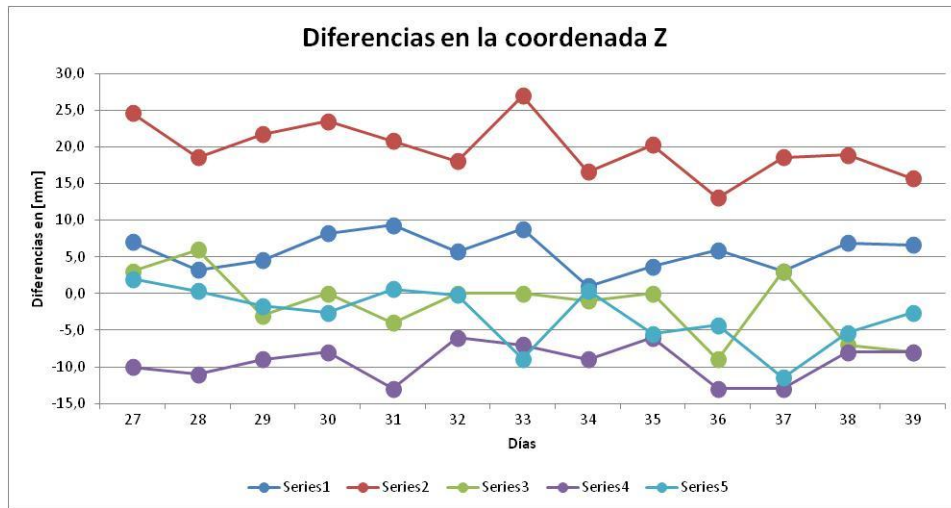
Resultados

El primer análisis que se hizo fue calcular el promedio de todas soluciones de las coordenadas (XYZ) dadas por los cinco servicios y comparar con las soluciones individuales de la estación ETCG dadas por el software Bernese. En el conjunto de gráficos 1, se presentan estas diferencias.

Gráfica 1.

Dispersión en las coordenadas geodésicas cartesianas (XYZ) de la estación ETCG dadas por los resultados del procesamiento en línea y el promedio de las coordenadas dadas por los cinco servicios.



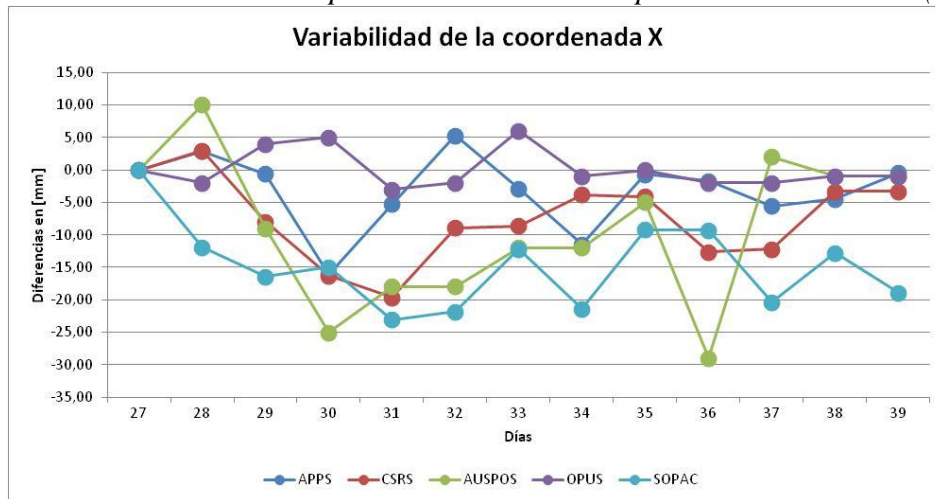


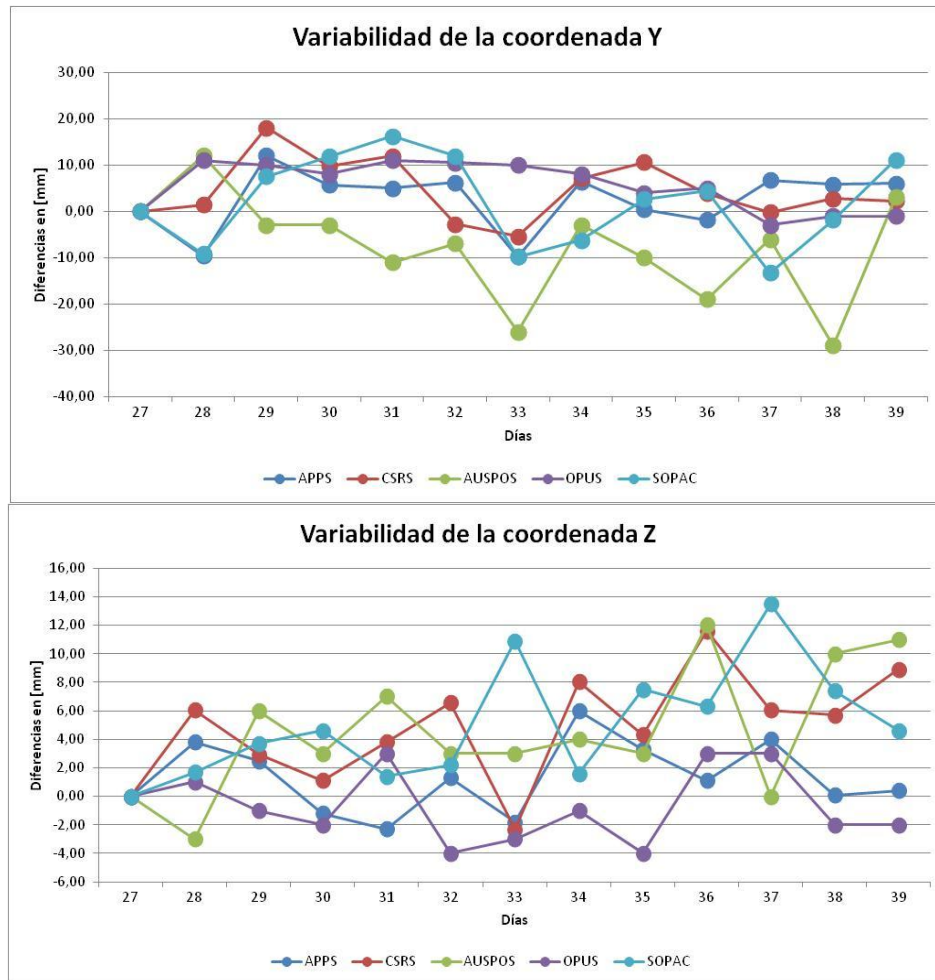
Fuente: construcción propia de la investigación.

Para determinar la consistencia de los datos obtenidos del proceso en línea, se calcularon las diferencias en las coordenadas (XYZ) de cada uno de los días con respecto a la solución del primer día. Los resultados se presentan en el conjunto de gráficos 2.

Gráfica 2.

Variabilidad de los resultados del procesamiento en línea para las coordenadas (XYZ)



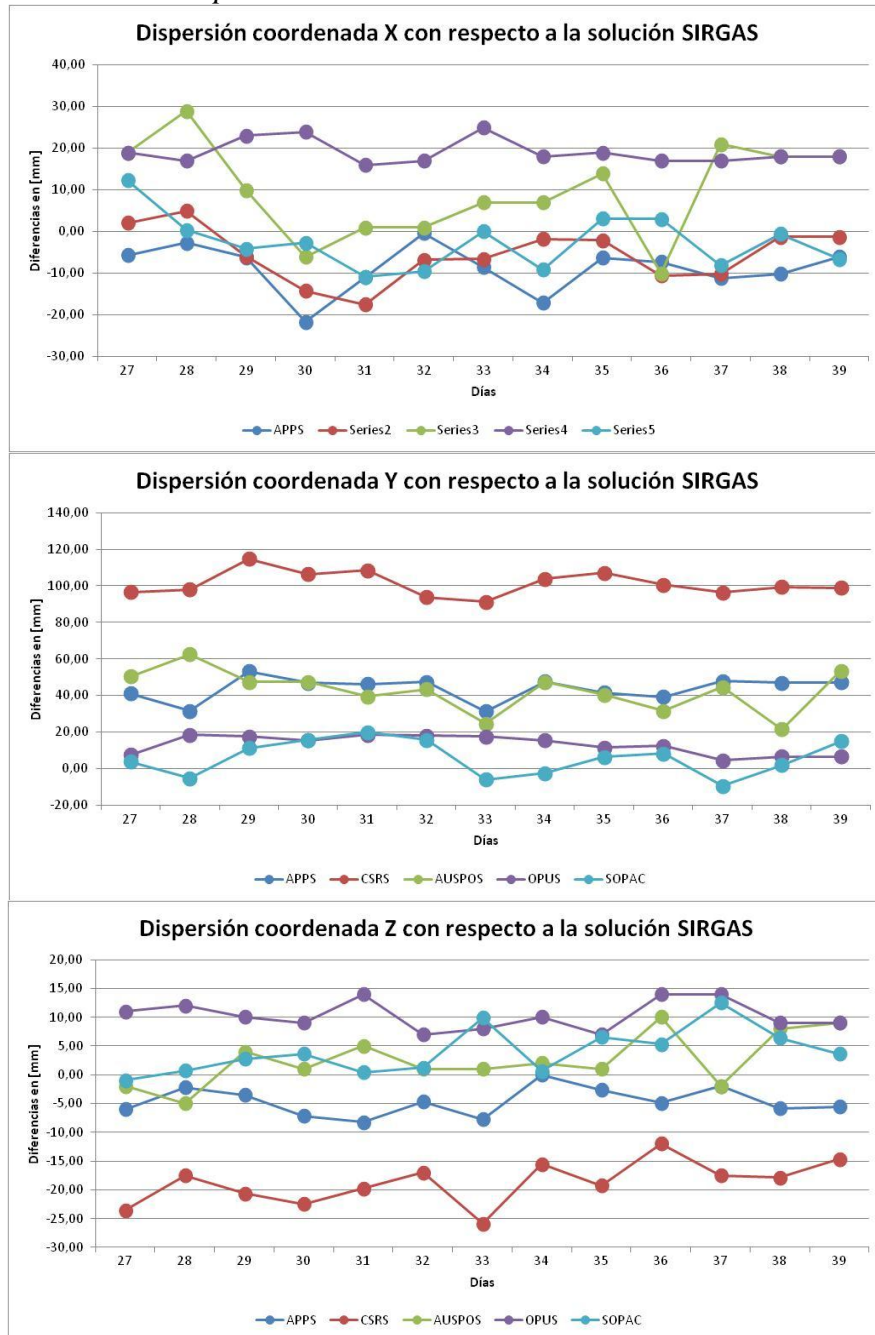


Fuente: construcción propia de la investigación.

Para la evaluación de la consistencia de las soluciones en línea, se calcularon las diferencias con respecto a las coordenadas promedio de la estación ETCG, dadas por SIRGAS para las semanas 1568 y 1569. Los resultados se presentan en el gráfico 3.

Gráfica 3.

Variabilidad de los resultados del procesamiento en línea para las coordenadas (XYZ) con respecto a las coordenadas promedio de la solución SIRGAS

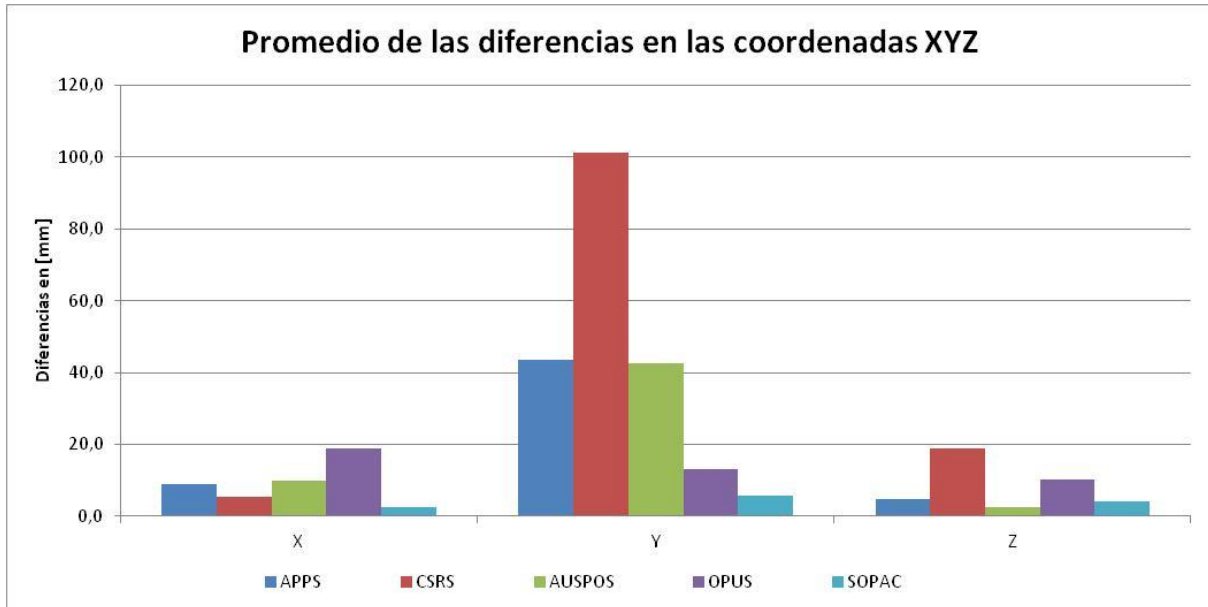


Fuente: construcción propia de la investigación.

Por su parte en el gráfico 4, se presentan los promedio absolutos de las estas diferencias agrupando los resultados de cada servicio con respecto a las coordenadas (XYZ).

Gráfica 4.

Diferencias promedio entre la posición ETCG dada por SIRGAS y la obtenida de las soluciones en línea



Fuente: construcción propia de la investigación.

Los resultados anteriores se pueden transformar a las componentes $[n \text{ e } u]^T$ de un sistema de coordenadas topocéntrico para facilitar su interpretación. La localización geográfica de Costa Rica entre los 8 y 11,5 grados de latitud norte y 82 y 87 grados de longitud oeste, implica que las variaciones en las coordenadas del sistema cartesiano geocéntrico, correspondan con variaciones en la componente topocéntrica $[e]$ cuando se dan diferencias en la coordenada X. Cambios en la coordenada Y, corresponden con cambios en la componente topocéntrica $[u]$ y finalmente cambios en la coordenada Z corresponderán con cambios en la componente $[n]$. Se aprecia que todas las soluciones obtenidas ofrecen una buena concordancia con respecto a la solución promedio de SIRGAS en la parte horizontal (coordenadas X y Z), ya que los valores están por debajo de los 20 mm. Sin embargo, en la componente vertical (coordenada Y) los valores están por encima de los 40 mm con excepción de los servicios OPUS y SCOUT con valores menores a 20 mm y CSRS con diferencias de hasta 100 mm.

Comportamiento de las exactitudes calculadas

Las respuestas obtenidas con las soluciones de las coordenadas ofrecen diversa información complementaria, la cual puede ser empleada en otros cálculos. Para tener una evaluación de la dispersión de las coordenadas resultantes es importante tener conocimiento de los errores obtenidos de las diferentes soluciones en línea. En la tabla 2 se hace un resumen de los valores de las desviaciones estándar reportadas en las diferentes soluciones en línea. Los valores en milímetros corresponden a los 13 días de procesamiento para la estación ETCG.

Tabla 2.

Valores máximo, promedio y mínimo de las desviaciones estándar reportados en las soluciones en línea para los días procesados

Servicio	APPS [mm]			CSRS [mm]			AUSPOS [mm]			OPUS [mm]			SCOUT [mm]		
	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
Coordenada															
Máximo	0,7	1,2	0,3	2,0	8,0	16,0	7,0	14,0	5,0	46,0	94,0	33,0	15,0	18,6	27,8
Promedio	0,6	1,0	0,3	1,5	5,4	10,7	5,6	6,3	5,0	23,5	66,2	22,2	13,2	17,1	24,2
Mínimo	0,5	0,8	0,2	1,0	3,0	6,0	5,0	5,0	5,0	12,0	55,0	14,0	10,5	10,5	19,6

Fuente: construcción propia de la investigación

Influencia de las órbitas satelitales

Los resultados mostrados anteriormente fueron producto del procesamiento en línea contemplando los datos de las efemérides precisas u órbitas finales del (Servicio Internacional de GNSS (International GNSS Service IGS)). Las soluciones en línea se calcularon posteriormente a la fecha de la medición, por lo que estos archivos ya se encontraban disponibles. Sin embargo, estos programas al poder ofrecer soluciones casi que en tiempo real, evidentemente hacen uso de archivos de efemérides disponibles en el momento del cálculo, hecho que implica por lo tanto hacer una evaluación de las soluciones contemplando ambos tipos de archivos.

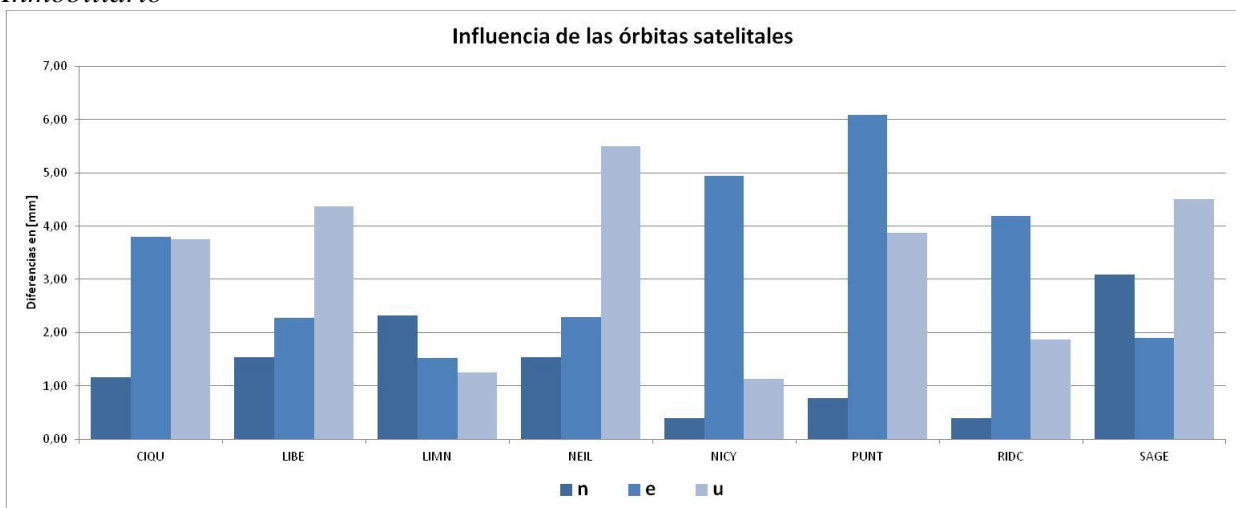
Para efectuar una evaluación de las diferencias en el procesamiento con datos procesados con efemérides precisas y ultrarrápidas, se aprovecharon las mediciones realizadas de la red de ocho estaciones del Registro Inmobiliario de Costa Rica cuya distribución espacial cubre prácticamente todo el territorio nacional. Se procesaron datos desde el día GPS 124 al día 131 del año 2010, período en el que se hizo la determinación oficial de sus coordenadas. El cálculo se realizó con el software ofrecido por el servicio canadiense CSRS y se usaron archivos de 24 horas con una tasa de rastreo de 30 segundos. El uso de este servicio se debió fundamentalmente a que los datos originales se procesaron

directamente con CSRS como parte del proyecto que calculó las posiciones de las estaciones.

En los siguientes gráficos se muestran los resultados de las diferencias en las coordenadas XYZ, como resultado de un procesamiento con los dos tipos de efemérides. Se asume que las posiciones correctas están dadas por el procesamiento que contempló órbitas satelitales finales y las barras representan, en milímetros, las diferencias del posicionamiento diario con respecto a éste.

Gráfica 5.

Promedio de las diferencias en las coordenadas [n e u] producto de la influencia de las órbitas satelitales para cada una de las ocho estaciones de la GNSS del Registro Inmobiliario



Fuente: construcción propia de la investigación.

Análisis de los resultados

El procesamiento de datos GNSS en línea es una técnica que se ofrece a los usuarios desde hace unos 12 años. Existen diferentes posibilidades y cada una de ellas ofrece a su vez variantes en los parámetros de entrada, dentro de los cuales, la altura y tipo de antena utilizada es fundamental para lograr un posicionamiento de calidad. Los días procesados con cada una de las cinco variantes ofrecieron información importante, que puede ser usada por los usuarios para la escogencia de alguno de estos servicios.

Con base en el conjunto de gráficos 1 y analizando las diferencias en la parte horizontal, se muestra que el procesamiento APPS presentó valores entre 4 mm y 6 mm, CSRS entre 1 mm y 20 mm, AUSPOS entre 2 mm y 15 mm, OPUS entre 9 mm y 24 mm y SCOUT 3 mm en promedio. La parte vertical representada por la coordenada Y, mostró valores promedios de 7 mm, 65 mm, 6 mm, 24 mm, y 31 mm respectivamente para los cinco servicios utilizados. Los valores anteriores reflejan una buena concordancia en la

parte horizontal para los servicios APPS y SCOUT ya que no sobrepasan los 10 mm. Los servicios CSRS y AUSPOS reflejan concordancias hasta unos 15 mm y el servicio OPUS difiere hasta en 25 mm. La componente vertical tiene una mejor concordancia para los servicios APPS y AUSPOS con valores mejores a 10 mm. OPUS y SCOUT mostraron valores entre 25 mm y 31 mm y finalmente CSRS presentó la peor coincidencia en vertical con 65 mm. Los valores anteriores representan realmente la dispersión de los datos con respecto a un valor promedio de coordenadas, el cual se determinó con base en los 65 datos de cada una de las coordenadas.

El grupo de gráficos 2, representa la variabilidad de los datos con respecto al primer día de solución. Se nota una alta dispersión en cada una de las soluciones individuales. Por ejemplo en la coordenada X, se tuvo valores entre -29 mm y 10 mm, para la coordenada Y valores entre -29 mm y 18 mm y para la coordenada Z entre los -2 mm y los 14 mm. Sin embargo las soluciones más consistentes con discrepancias de menos de 15 mm para las tres coordenadas fueron las dadas por APPS, CSRS y OPUS, mientras que AUSPOS y SCOUT presentaron valores hasta de 20 mm.

Los análisis anteriores representan la consistencia de las coordenadas y la dispersión de las soluciones diarias. Es evidente la necesidad de saber las diferencias de cada una de estas soluciones con respecto a la posición oficial que la ofrecen las coordenadas SIRGAS. De esta manera se puede evaluar efectivamente la concordancia de las coordenadas y determinar realmente que tanto difieren cada uno de los servicios con la posición real. El conjunto de gráficos 3, muestran las variaciones con respecto a la posición oficial de la estación ETCG dada por SIRGAS para las semanas 1568 y 1569, en el cual se puede apreciar que la coordenada X presentó discrepancias promedio de -9 mm para APPS, -5 mm para CSRS, 10 mm para AUSPOS, 19 mm para OPUS y -3 mm para SCOUT. La coordenada Y presentó valores promedio de 44 mm, de 101 mm, de 43 mm, de 13 mm y de 6 mm respectivamente para los cinco servicios. Los valores de esta coordenada estuvieron por encima del valor SIRGAS. Para la coordenada Z los valores fueron de -5 mm, de -19 mm, 3 mm, de 10 mm y 4 mm respectivamente. Lo anterior representa una diferencia promedio en la parte horizontal de 6,8 mm para APPS, de 12,2 mm para CSRS, de 6,2 mm para AUSPOS, de 15 mm para OPUS y 3 mm para SCOUT como se muestra en el gráfico 4. La posición tridimensional tuvo valores de 20 mm, de 42 mm, de 18 mm, de 14 mm y 4 mm respectivamente.

La influencia de las órbitas finales en los resultados se tiene con base en el gráfico 5. Tomando los valores absolutos en el sistema topocéntrico se encontró que en las componentes horizontales para la estación CIQU se presentaron diferencias entre 1,0 mm y 4,0 mm, para LIBE entre 2,0 mm y 2,3 mm, para LIMN entre 2,3 mm y 1,5 mm. La estación NEIL presentó valores entre 1,5 mm y 2,3 mm, NICY de 0,4 mm a 5,0 mm, PUNT de 0,8 mm a 6,0 mm. Y las estaciones RIDC y SAGE de 0,4 mm a 4,2 mm y de 3,0 mm a 1,9 mm respectivamente. Las diferencias en la parte vertical van desde los 1,2 mm a los 5,5 mm

Conclusiones

Los resultados presentados anteriormente demuestran que el uso de procesamiento GNSS en línea es una alternativa adecuada para ser usada en algunas de las tareas clásicas de la topografía y la geodesia en las que se requieran exactitudes del orden de los 10 mm a 15 mm. La escogencia de la estación ETCG brindó la oportunidad de cuantificar la dispersión de los servicios en línea contemplados al comparar con coordenadas de una alta exactitud como las ofrecidas por SIRGAS. Los resultados permitieron cuantificar además el grado de aproximación de los cinco servicios analizados al marco de referencia internacional, ofreciéndole al usuario la posibilidad de poder escoger dentro de las diferentes variantes.

El procesamiento en línea es una posibilidad que se puede aplicar para la georreferenciación de información espacial, es gratis y brinda resultados en minutos por medio de correo electrónico. La combinación de GPS para la colocación de puntos de apoyo con elaboración en línea y mediciones convencionales es totalmente posible. La exactitud lograda por medio de procesamiento en línea es suficiente para trabajar en cartografía urbana y rural. Ghoddousi-Fard y Dare en (2006), efectuaron un estudio en el que se analizan los resultados obtenidos al contemplar programas en línea, aplicando diferentes intervalos de mediciones en archivos de 24 horas obteniendo diferencias promedio del orden 40 mm para la latitud y la longitud para archivos de más de 2 horas de datos.

Ebner y Featherstone en (2008) realizaron un estudio comparativo para evaluar la potencialidad de los servicios en línea en el establecimiento de redes geodésicas. Su estudio sugiere que un procesamiento PPP en línea es una opción viable en la implementación de una red geodésica como una alternativa a las mediciones convencionales, reduciendo costos y logística casi que a un solo receptor GNSS en caso extremo y en países donde la infraestructura geodésica es prácticamente nula.

Como variante al procesamiento en línea bajo la modalidad de PPP se pueden hacer cálculo con el uso de programas científicos. Estudios como el efectuado por Huang et al (2002) sobre 100 estaciones red del proyecto APSG (Asian-Pacific Space Geodynamics Program), demostró un alto nivel de consistencia entre las soluciones PPP y un procesamiento efectuado con el software científico GAMIT y más aún, un alto rendimiento en el tiempo de cálculo, requiriendo la modalidad PPP 3,5 horas, mientras que las mismas 100 estaciones ocuparon de 18 a 20 horas en ser procesadas. Esta misma técnica permitió obtener una exactitud de entre 2 mm a 3 mm en las componentes horizontales y alrededor de 8 mm en la componente vertical con sesiones de 24 horas de duración. Por su parte Wang en (2013) realizó estudios para el monitoreo de laderas en Puerto Rico con exactitudes milimétricas por medio de un solo instrumento y con medición de fase procesando la información en la modalidad PPP con el software GIPSY/OASIS. Luego de dos años de mediciones, se obtuvo resultados del orden de los 2 mm a 3 mm en la parte horizontal y de 8 mm en la vertical.

Las órbitas finales satelitales aumentan la calidad de los resultados en cuanto a la reducción de la dispersión y aumentan la consistencia de los resultados, por ejemplo a nivel centimétrico (Kouba y Héroux, 2000) e inclusive a niveles milimétricos con series de más de 2,5 años usadas para la estimación de velocidades y posterior comparación con posiciones oficiales SIRGAS (Moya et al, 2014).

Bibliografía

- Ebner, R. y Featherstone, W. E. (2008). How well can online GPS PPP post-processing services be used to establish geodetic survey control networks?[Qué tan buenos pueden ser los servicios en línea GPS-PPP de post proceso para establecer redes de control para mediciones geodésicas]. *Journal of Applied Geodesy*, 2. 149–157. doi: <http://dx.doi.org/10.1515/JAG.2008.017>
- Ghoddousi-Fard, R. y P. Dare. (2006). Online GPS processing services: an initial study. [Servicios de procesamiento GPS en línea: un estudio inicial]. *GPS Solutions* 10. 12–20. doi: <http://dx.doi.org/10.1007/s10291-005-0147-5>
- Huang C., Hu X.G., Chen Z.Y. (2002). Solution of Regional GPS Network using Precise Point Positioning with Undifferenced Data.[Solución de una red GPS regional usando Posicionamiento Preciso de Punto con datos sin diferenciar]. *Chinese Astronomy and Astrophysics*, 42(3), 248-258.
- Kouba, J. y Héroux, P. (2000). GPS Precise Point Positioning Using IGS Orbit Products.[Posionamiento de Punto Preciso usando los productos orbitales del IGS]. Geodetic Survey Division. Natural Resources Canada.
- Moya, J. (2010). Implementación del Servicio de Datos GPS de la Escuela de Topografía, Catastro y Geodesia. *Revista Uniciencia*, 24(1), 53-61.
- Moya, J., Bastos, S., Rivas, M. J. y Gamboa, G. (2014). Evaluación del comportamiento cinemático de una serie de estaciones del Sistema Geocéntrico para las Américas procesadas con Precise Point Positioning en línea. *Revista Uniciencia*. 28(1), 2-19.
- Wang, G. Q. (2013). Millimeter-accuracy GPS landslide monitoring using Precise Point Positioning with Single Receiver Phase Ambiguity (PPP-SRPA) resolution: a case study in Puerto Rico. [Exactitud milimétrica en el monitoreo de desplizamientos usando posicionamiento de punto preciso con solución de ambigüedades de fase de receptores de una frecuencia: un caso de estudio en Puerto Rico]. *Journal of Geodetic Science*, 3(1), 22-31. DOI <http://dx.doi.org/10.2478/jogs-2013-0001>



Procesamientos GNSS en línea como potenciales alternativas a diferentes aplicaciones geodésicas (Jorge Moya-Zamora y otros) por [Revista Uniciencia](http://www.revistas.una.ac.cr/uniciencia) se encuentra bajo una [Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivadas 3.0 Unported](http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/).