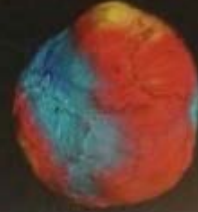


QUITO-ECUADOR | ISSN 2477-9040

REVISTA  
**GEO & CIENCIAS  
DATOS**  
INSTITUTO · GEOGRÁFICO · MILITAR



8<sup>va</sup> EDICIÓN | abril 2017

CONFERENCE · CONGRESS PROCEEDINGS

NOV-2016

**SIRGAS**  
ECUADOR



SISTEMA DE REFERENCIA GEOCÉNTRICO PARA LAS AMÉRICAS - SIRGAS



- CARTOGRAFÍA
- GEOGRAFÍA
- GEODESIA
- GEOMÁTICA: Teledetección · SIG · GNSS · DE



Instituto  
**Geográfico  
Militar**

## Contenido

<b>REPORTE ANUAL DEL CENTRO DE PROCESAMIENTO DE DATOS GNSS - IGM ECUADOR PERIODO 2015 - 2016 GPS WEEK DE 1865 HASTA 1913</b> <i>Morillo, A; Cisneros, D; Rea, W; Chávez, A &amp; España, O</i>	1
<b>METODOLOGÍA PARA LA DETERMINACIÓN DEL CUASIGEODE PARA EL ECUADOR CONTINENTAL APLICANDO LA TEORÍA DE MOLODENSKY</b> <i>Bañahona, C &amp; Tierra, A</i>	5
<b>SISTEMA DE ALTURAS PARA EL ECUADOR</b> <i>Cañizares, E; Tierra, A; Leiva, C; Staller, A &amp; Pallero, J. L. G.</i>	15
<b>ANÁLISIS DE CARACTERÍSTICAS CORTICALES DE ESTRUCTURAS A PARTIR DE ONDULACIONES ISOSTÁTICAS Y MODELOS GEOPOTENCIALES</b> <i>Infante, C; Tacho, C; Del Cogliano, D &amp; Galván, L</i>	25
<b>OBTENCIÓN DE COORDENADAS PRECISAS DE ESTACIONES DE MONITOREO CONTINUO PARA DETECCIÓN DE MOVIMIENTOS RÁPIDOS</b> <i>Negrete, D; López, D &amp; Robayo, A</i>	31
<b>GRAVIMETRÍA EN EL ECUADOR</b> <i>Flores, F. &amp; Pozo, M</i>	40
<b>MODELOS DE PREDICCIÓN ESPACIAL PARA LA TRANSFORMACIÓN DE COORDENADAS ENTRE LOS SISTEMAS DE REFERENCIA PSAD56 Y SIRGAS95, UTILIZANDO TÉCNICAS GEOESTADÍSTICAS</b> <i>Guajala, H; Zambrana, M &amp; Leiva, C</i>	49
<b>GeoScope-Velocity: CALCULADORA GEODÉSICA PARA DISPOSITIVOS MÓVILES EN ANDROID STUDIO</b> <i>Ayala, L; Tierra, A; Luna, M; Staller, A; Benito, M.B &amp; Gaspar, M</i>	57
<b>CÁLCULO DE COORDENADAS USANDO EL MÉTODO PRECISE POINT POSITIONING -PPP ESTÁTICO MEDIANTE EL SOFTWARE LIBRE RTKLIB</b> <i>Albán, M; Romero, R &amp; Tierra, A</i>	63
<b>APORTE A ESTUDIOS SISMOLÓGICOS, MEDIANTE ESTACIONES SIRGAS-RT</b> <i>Camisay, M. F; Mateo, M.L; Mackern, M.V &amp; Robin, A.M</i>	70
<b>ANÁLISIS DE EXTRACTOS DE MODELOS GLOBALES DEL GEOPOTENCIAL GENERADOS PUNTO A PUNTO A PARTIR DE UNA APLICACIÓN STANDALONE</b> <i>Nicacio Junior, E.L &amp; Dalazoana, R</i>	76
<b>VARIABLES QUE INFLUYEN EN EL RASTREO ÓPTIMO GNSS USANDO SOFTWARE COMERCIAL</b> <i>Partilla, O; Tierra, A &amp; Godoy, L</i>	84
<b>DIFERENCIAS OBTENIDAS DEL CONTENIDO DE VAPOR DE AGUA EN CIERTAS REGIONES DEL ECUADOR ENTRE PRODUCTOS SATELITALES Y VALORES CALCULADOS DE LAS ESTACIONES METEOROLÓGICAS DE LA REGME</b> <i>Pornas, L; Romero, R; Herrera, M; Amores, M; Estrella, C; Zavala, M &amp; Tierra, A</i>	89

- Cnl. de E.M.C. William R. Aragón C.  
Director del I.G.M.
- Cnl. de E.M. Ricardo O. Urbina C.  
Subdirector del I.G.M.
- **Comité Editorial:**  
Tcn. IGEO. Rafael Delgado H. • (Ecuador)  
Dr. Ing. Hermann Drewwes • (Alemania)  
Mgtr. William Martínez • (Colombia)  
Dr. Virginia Marckern • (Argentina)  
Dr. Silvio de Freitas • (Brasil)  
Dra. Laura Sánchez • (Colombia)  
Dr. Víctor Cioce • (Venezuela)  
Lic. Adela Camacho • (Ecuador)  
Tiga. Jacqueline Páez • (Ecuador)
- **Arte y Diagramación:**  
Dis. David Díaz S.
- **Corrección de Estilos:**  
Ing. Catalina Erazo MSc.  
Ing. Myrian Herrera MSc.
- **Editor:**  
Tcn. IGEO. Carlos M. Estrella P. • (Ecuador)
- **Co-Editor:**  
Físico. Luis Porras MSc. • (Venezuela)

*La Revista Geociencias & Geodatos es una publicación anual del Instituto Geográfico Militar del Ecuador dirigida a la población científica y universitaria con la finalidad de difundir los trabajos de investigación, estados de arte y proceedings de Congresos, relacionados con las áreas de la Geociencia: Cartografía, Geodesia, Geografía y Geomática (Teledetección, Sistemas de Información Geográfica, GNSS).*

*La Revista Geociencias & Geodatos del 2016 es la primera edición con Registro ISSN.*

Se autoriza la reproducción total o parcial de los artículos, siempre y cuando se cite su procedencia.

Las opiniones y conceptos expresados por los autores son de su exclusiva responsabilidad. La revista no se solidariza con doctrinas, ideas o pensamientos expresados en ellos.

Solicitudes, comentarios y sugerencias favor dirigirse a:

[revista.igm@mail.igm.gob.ec](mailto:revista.igm@mail.igm.gob.ec)

Gestión de Investigación y Desarrollo, Instituto Geográfico Militar.

Dirección: Seniergues E4-676 y Gral. Telmo Paz y Miño, Sector El Dorado.

Casilla postal: 17-01-2435

Quito - Ecuador

[www.igm.gob.ec](http://www.igm.gob.ec); [www.geoportallgm.gob.ec](http://www.geoportallgm.gob.ec)



## APORTE A ESTUDIOS SISMOLÓGICOS, MEDIANTE ESTACIONES SIRGAS-RT

Camisay, M. F.<sup>1</sup>; Mateo, M.L.<sup>1,2</sup>; Mockern, M.V.<sup>1,2,3</sup> & Robin, A.M.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ingeniería - Universidad Juan Agustín Maza.

<sup>2</sup>Facultad de Ingeniería - Universidad Nacional de Cuyo.

<sup>3</sup>Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)

Email: fcamisay@umaza.edu.ar

### Resumen

Es indudable el aumento y modernización de las estaciones GNSS permanentes de la región, incluyendo la transmisión de sus observaciones a tiempo real. Esta situación, además de permitir la densificación inmediata del marco de referencia, permite conocer el comportamiento de la corteza en las zonas donde se encuentran las estaciones nombradas. Luego, al contar con posiciones periódicas y continuas de puntos sobre la corteza puede realizarse un seguimiento de la deformación cortical, permitiendo esto modelar dicha deformación a partir de las velocidades de desplazamiento conocidas y del análisis de sus coordenadas. Gracias a la disponibilidad de observaciones, efemérides y correcciones a tiempo real, es posible pensar en una red de monitoreo continuo, con la actual infraestructura disponible en la región. La técnica GNSS por excelencia para el monitoreo y detección de desplazamientos a tiempo real es el Posicionamiento Puntual Preciso. Existen numerosos antecedentes de la utilización de redes a tiempo real en aplicaciones geodinámicas, como por ejemplo para la estimación de magnitudes sísmicas, localización de epicentros y mecanismos focales. Japón es el país con mayor avance en esta temática, y posee una red muy densificada de estaciones sismológicas y GNSS combinadas. En California también se han realizado estudios comparativos con redes GNSS a tiempo real y acelerómetros, como en el trabajo "Application of real time GPS to earthquake early warning" publicado en 2011 por Allen, donde se observa una buena concordancia en fase y amplitud para las componentes horizontales, pero no así en la componente vertical. En este trabajo se presenta el análisis de deformaciones producidas en los últimos eventos sísmicos en la región centro-oeste de Argentina y centro de Chile. Particularmente en sismos de moderada magnitud, las estaciones GNSS permiten estimar grandes desplazamientos, imposibles de determinar con instrumentos sísmicos de banda corta existentes, ya que en estos se produce la saturación. Se muestra el análisis de los desplazamientos producidos por el sismo ocurrido en septiembre de 2015, en Illapel Chile. El objetivo final de este trabajo, consiste en dar recomendaciones para la optimización de las actuales estaciones SIRGAS-RT como redes de apoyo y monitoreo sísmico, contribuyendo a los sistemas de alerta temprana.

**Palabras clave:** GNSS, Sismología, Tiempo Real

### Abstract

Fortunately there has been an increase and modernization of regional GNSS stations, including the transmission of real-time observations. This situation, besides allowing immediate densification of the framework, allows know the crustal behavior. Then, if continuous and regular positions are available crustal deformation can be performed, thus deformation model can be estimate from the known speeds and the coordinates analysis. In addition, since observations, ephemeris and corrections are available in real time, it is possible to think about a continuous network monitoring, with the current regional infrastructure. The GNSS technique more used for monitoring and detection of movements in real time is the Precise Point Positioning. There are lots of studies about the use of real time networks for geodynamic applications, such as for estimating seismic magnitude, location and focal mechanisms epicenter. Japan is the country with the greatest progress in this area, and has a combined densified network of seismological and GNSS stations. California have also conducted comparative studies with GNSS networks in real time and accelerometers. At work "Application of real time GPS to earthquake early warning" published in 2011 by Allen, it is observed a good agreement in phase and amplitude for horizontal components, but not in the vertical component. In this paper analysis of deformations in recent seismic events is presented. Particularly in earthquakes of moderate magnitude, GNSS stations allow estimate large displacements, impossible to determine with short rail seismic instruments, in these equipment saturation occurs. Therefore, current seismological records, could be supplemented and taking advantage of the of GNSS contribution, to date underused.

**Key Words:** GNSS, Seismology, Real Time

## Introducción

Los sistemas de posicionamiento diferencial GNSS (Global Navigation Satellite System) a tiempo real han tenido un gran desarrollo en las últimas décadas. Las técnicas diferenciales RTK y DGPS, han permitido aumentar la precisión del posicionamiento a tiempo real, en base a una red de receptores GNSS situados en puntos de coordenadas conocidas, procesando los observables y evaluando los errores del reloj y de la trayectoria del satélite así como los retardos ionosféricos y troposféricos que sufre la señal. Sin embargo, el estudio e implementación de un sistema de posicionamiento diferencial RT (Real Time) requiere distintos elementos, que influyen directamente a la hora de evaluar las posibilidades y aplicaciones susceptibles de ser desarrolladas en cada ámbito [Berne et al., 2005].

Uno de los factores más limitantes del posicionamiento diferencial a tiempo real, es la distancia que separa al receptor base del remoto. Los errores ocasionados en las señales GNSS por la atmósfera de la Tierra, tiene una correlación espacial que se diluye a medida que aumenta la separación base - remoto [Raman and Garin, 2005]. El envío de correcciones diferenciales comenzó a realizarse a través de enlaces de comunicación por medio de radio transmisores, con tecnologías UHF y VHF principalmente. Pero la debilidad del enlace, limitante en la distancia base-remoto, produjo que estas técnicas no fuesen ampliamente utilizadas. Por otra parte, la no estandarización de los mensajes de corrección que emiten las estaciones bases, no hacía posible la utilización de estas técnicas con receptores de distintas marcas.

Para solucionar estos inconvenientes, surgieron las nuevas tecnologías asociadas al posicionamiento GNSS. En primera instancia con la estandarización del formato de transmisión de datos y correcciones a través del mensaje RTCM (Radio Technical Commission for Maritime Services) y luego, con el avance en las aplicaciones de Internet, se dio paso a la creación del protocolo NTRIP (Networked Transport of RTCM via Internet Protocol) y su utilización tanto para el posicionamiento DGPS (código) como para RTK (fase). Es decir, las técnicas de posicionamiento son las mismas (DGPS- RTK) pero cambia el formato y el medio de transmisión.

Otra mejora significativa a lo largo de la última década ha sido la capacidad de predecir las órbitas de los satélites GNSS y el estado de sus relojes. Un factor decisivo para lograr esas mejoras fue el despliegue, bajo la coordinación del International GNSS Service (IGS), de una red global de rastreo con alrededor de cien estaciones GNSS que proporcionan datos RT.

La disponibilidad de órbitas y relojes precisos en

tiempo real ha movilizó el desarrollo de técnicas basadas en el posicionamiento puntual preciso (PPP) en tiempo real, en contraposición con el posicionamiento diferencial. Ya no es necesario que un receptor base genere y transmita al remoto la información requerida por el método diferencial. En su lugar, un servidor transmite al receptor remoto las órbitas y los relojes precisos requeridos por el método PPP [Bisnath and Gao, 2009].

Por lo tanto, empleando la misma tecnología, es posible hablar de una nueva técnica de posicionamiento que denominaremos PPP-NTRIP, ya que la transmisión también se realiza a través del protocolo NTRIP, y en el formato estándar RTCM, de allí la importancia de entender en detalles estas nuevas tecnologías.

Para poder obtener la posición de un observador corregida mediante PPP-NTRIP, se necesitan entonces tres flujos de datos o "streams". Por un lado, las efemérides de los satélites, las correcciones a dichas órbitas y relojes y las propias observaciones del receptor en cuestión a corregir.

El International GNSS Service (IGS), ofrece diversos productos para este fin, siendo los más utilizados las efemérides transmitidas (EPH3RTCM) y las correcciones a dichas efemérides (IGS03) que corresponden a una combinación de soluciones individuales calculadas por los centros de análisis del IGS.

Las observaciones de las estaciones están disponibles, ya que existe una amplia red de estaciones GNSS permanentes que realizan la transmisión online de los datos observados en forma continua e ininterrumpida, mediante el mismo protocolo NTRIP. Todos estos flujos de datos se combinan mediante un programa de cálculo PPP, para obtener las posiciones corregidas época a época.

Por lo tanto, con la infraestructura actual, es posible utilizar la técnica PPP para monitorear el comportamiento geodinámico de los sitios donde se encuentran emplazadas las estaciones GNSS permanentes, ya que se puede conocer la posición corregida de las mismas, instante a instante.

Existen numerosos antecedentes de la utilización de redes GNSS a tiempo real en aplicaciones geodinámicas, como por ejemplo para la estimación de magnitudes sísmicas, localización de epicentros y mecanismos focales en regiones geodinámicamente muy activas.

Japón es el país con mayor avance en esta temática. Posee una red muy densificada de estaciones sísmológicas y GNSS combinadas. En el Sismo Chuetsu-Niigata ocurrido en 2007 de magnitud 6.5, se han podido observar desplazamientos de hasta 40 cm en estaciones ubicadas a 20 km del epicentro. Y se ha podido ob-



servar que no solo la cercanía al epicentro influye sino también el acimut respecto a la dirección de ruptura. En una estación que está a 30 km, pero detrás de la dirección de ruptura, se observan desplazamientos menores que un centímetro. Así mismo al comparar los registros GNSS con respecto a instrumentos sísmicos, se observa concordancia, pero la técnica podría ser más valiosa si se observara con intervalos de registro de mayor frecuencia (10 Hz) [Larson K., 2008].

En California también se han realizado estudios comparativos con redes GNSS a tiempo real y acelerómetros, donde se observa una muy buena concordancia en fase y amplitud para las componentes horizontales, pero no así en la componente vertical [Allen and Ziv, 2011]. Sin embargo, la comparación de desplazamientos estimados por ambas técnicas es muy similar, sumado a que la técnica GNSS permite registrar grandes desplazamientos imposibles de detectar con instrumentos sísmicos de banda ancha donde se produce la saturación.

### Metodo empleado

Se utilizó el software BNC (BKG NTRIP Client) para el cálculo de la posición, el cual es de licencia libre y muy conocido por la comunidad científica [<https://igs.bkg.bund.de/ntrip/download>]. Se consideró la experiencia realizada por la agencia alemana BKG respecto al uso de la técnica PPP en el monitoreo de estaciones europeas [<http://igs.bkg.bund.de/ntrip/ppp>].

Fue necesario utilizar el método "PPP en modo post-proceso", disponible en el mismo software BNC, ya que el análisis se realizó con posterioridad a la ocurrencia del sismo. La metodología de cálculo es la misma que para la estimación de coordenadas en tiempo real, pero se realiza PPP a partir de los archivos RINEX de observación y navegación de cada estación. Respecto a las correcciones de órbitas y relojes, fue necesario disponer de un archivo de correcciones con el formato específico, propio de BNC. Para ello fue necesario almacenar con el mismo programa, en archivos diarios, las correcciones que se transmiten mediante el protocolo NTRIP.

Además, se decidió utilizar el módulo PPP-Wizard (Precise Point Positioning With Integer and Zero-difference Ambiguity Resolution Demonstrator) desarrollado por la agencia espacial francesa CNES, el cual introduce una mejora en la resolución de ambigüedades [<http://www.ppp-wizard.net/package.html>]. Es imprescindible contar con las dos frecuencias principales de la señal ya que se utilizan para fijar la diferencia de ambas ambigüedades, empleando la combinación Widelane (Melbourne-Wubben) con los cuatro observables (códigos y fases en las dos frecuencias). La ambigüedad resultante se resuelve como una solución de red de cero diferencias, en la combinación

de fase libre de ionosfera. Para ello es necesario contar con correcciones de reloj, ya que los relojes tienden a preservar la naturaleza entera de la ambigüedad a preservar la naturaleza entera de la ambigüedad cuando se procesan las observaciones de un observador aislado, como es el caso de PPP. De esta forma se puede obtener posicionamiento puntual preciso con ambigüedades fijas y enteras [Laurichesse et al., 2010].

Gracias a la disponibilidad de correcciones de órbitas, relojes y bias a tiempo real es posible utilizar este módulo sobre BNC y obtener coordenadas muy precisas (centimétricas), con resolución entera de ambigüedades.

Con los archivos de salida del programa obtenidos para cada estación analizada, se calculó la diferencia entre las coordenadas obtenidas con PPP para cada época y las coordenadas más precisas que se tenían de cada estación. Se utilizaron como control, las coordenadas SIRGAS semanales correspondientes a la época del sismo (semana GPS 1862). De esta manera, se obtuvieron archivos con residuos en sus tres componentes, Norte, Este y Vertical, para cada una de las estaciones monitoreadas. Por otro lado se calcularon las diferencias de cada coordenada con su correspondiente valor anterior, para evaluar el desplazamiento neto ocurrido instante a instante durante el sismo.

Para el terremoto mencionado se analizó la variabilidad de las coordenadas de cada estación monitoreada, como muestra cuantitativa de la influencia de la onda sísmica en cada sitio. Se estudiaron los desplazamientos de 6 estaciones procurando analizar la influencia de la distancia de cada una al epicentro, llegando hasta los 1100km del área de influencia. Se monitoreó la estación chilena SANT, ubicada en la ciudad de Santiago de Chile, y 5 estaciones argentinas: CSJ1, CSLO, MZAC, CORD y UNRO, ubicadas en la dirección oeste-este.

### Resultados

Se realizó el monitoreo PPP sobre las estaciones mencionadas, considerando que es posible alcanzar precisiones mejores que 5 cm según [Camisay M.F. et al, 2017]. La mayor amplitud del desplazamiento fue observado en la estación CSJ1, ubicada a 370 km del epicentro. Si bien la estación más cercana analizada fue SANT, en ella se observó un desplazamiento menor a 5 cm, mientras que en CSJ1 el movimiento total observado fue cercano a los 30 cm. Cabe aclarar que esta estación está instalada en la azotea de un edificio de una planta, por lo cual el movimiento estimado puede estar influenciado por la respuesta sísmica de la estructura edilicia.

De las antenas instaladas en tierra, la que mayor desplazamiento presentó, fue la estación CSLO (a 280 km), donde la coordenada Este tuvo un salto total (post-

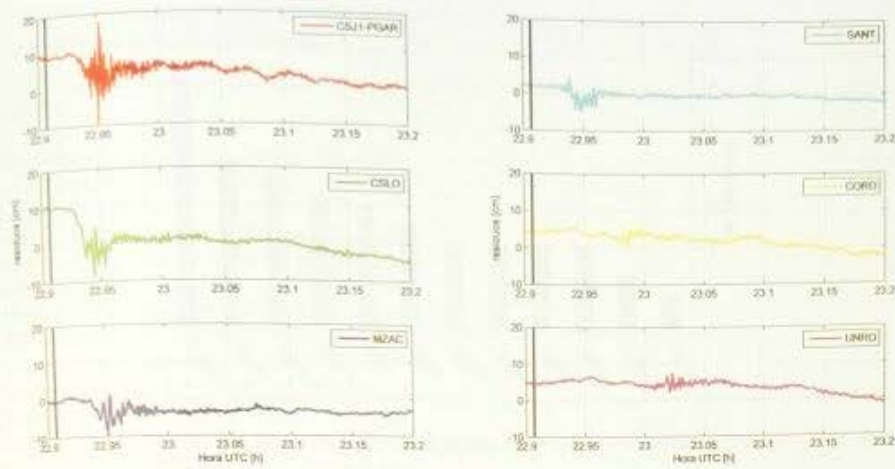


Figura 1. Desplazamientos ESTE producidos por el terremoto.

sismico) del orden de 10 cm hacia el oeste (Figura 1).

En la Figura 1 se observa que el movimiento ocurre en distintos momentos, debido a la distancia relativa de cada estación respecto al epicentro. Además de observarse como disminuye la amplitud del desplazamiento en las coordenadas a medida que aumenta dicha distancia. Los mayores saltos se observan en la componente este, debido a la naturaleza y ubicación de la falla de subducción donde se produjo el sismo.

Posteriormente se amplió el estudio a una cantidad mayor de estaciones, intentando analizar la velocidad y el momento de llegada de la onda sísmica en distintas direcciones (Figura 2)

Se contabilizó el retardo o demora en percibirse el movimiento sísmico en cada estación, desde el momento de ocurrencia del terremoto. La Figura 3 muestra el retardo en la llegada de la primera onda

sísmica percibida en cada sitio, aumentando en forma proporcional con la distancia al epicentro.

Analizando el momento cuando se produce el desplazamiento debido al terremoto en cada estación y la distancia respecto al epicentro, se pudieron estimar también las velocidades de propagación de la onda sísmica tal como se muestra en la Tabla 1.

A su vez, al observar los residuos entre posiciones sucesivas (diferencias de cada coordenada con su inmediata anterior), se observó el desplazamiento neto durante el evento. En la Figura 4, se muestra el movimiento instantáneo de la estación argentina CSJ1, localizada en la provincia de San Juan, asemejándose a las gráficas de un sísmógrafo.



Figura 2. Localización del epicentro, estaciones GNSS analizadas, ubicadas en diferentes direcciones.



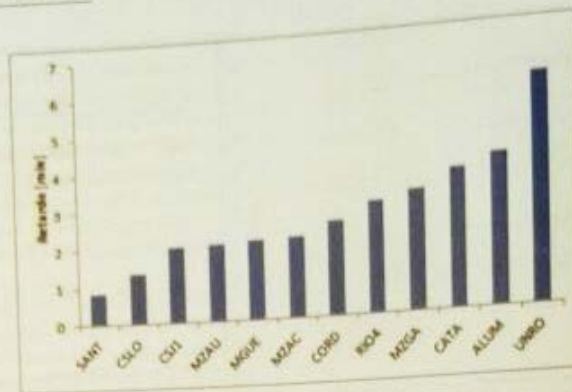


Figura 3. Llegada de la onda sísmica a las diferentes estaciones, desde la ocurrencia del terremoto.

### Conclusiones

La infraestructura GNSS actual permite monitorear, a través de un método independiente a los tradicionalmente conocidos en sismología, utilizando la técnica PPP-NTRIP.

Por otro lado, las estaciones GNSS permiten estimar grandes desplazamientos, imposibles de medir con instrumentos sísmicos por su saturación. Por ese motivo, los actuales registros sísmológicos, podrían complementarse aprovechando el aporte de las observaciones GNSS a tiempo real.

Por tal motivo se recomienda optimizar la mayor cantidad de estaciones SIRGAS-CON configurándolas de manera tal que transmitan sus observaciones a tiempo real. Esto permitiría monitorear el comportamiento geodinámico de la zona donde se encuentran emplazadas. Además, en aquellas estaciones que lo permitan, sería muy interesante realizar observaciones High-rate (mayor a 1 Hz), para poder comparar dichos resultados con otros instrumentos de alta frecuencia como los acelerómetros.

Para todas aquellas estaciones que por su equipamiento más limitado, no puedan transmitir sus datos a tiempo real, se aconseja que almacenen sus observaciones con intervalos de 1 segundo, para poder analizarlos.

Dirección	Distancia (km)	Velocidad (km/s)
Dirección 1 ALUM	718,224	4,611
Dirección 2 CATA	710,085	4,626
Dirección 3 CSLO CSJ1 CORD	283,464 368,138 740,424	4,970 5,112 6,004
Dirección 4 MZAC RIO4 UNRO	355,941 767,006 1107,403	4,416 5,528 4,323
Dirección 5 MZAU MZGA	386,634 575,387	4,440 4,224
Dirección 6 SANT MGUE	237,979 544,933	5,493 5,095

Tabla 1. Velocidad de la onda sísmica propagada en diferentes direcciones.

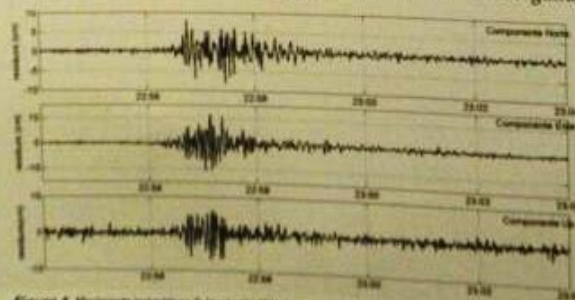


Figura 4. Movimiento instantáneo de la estación CSJ1 durante el sismo.



zar con PPP, en modo pos-proceso, segundo a segundo el comportamiento de sus coordenadas.

## Referencias

- Allen Richard M. and Ziv Alon. "Application of real-time GPS to earthquake early warning". Geophysical Research Letters, 2011.
- Berne, J.L.; Gomez, D.; Grau J.; Quintanilla, I. (2005) "Estudio y aplicaciones de servicios de posicionamiento/navegación RTK basado en IP". 6a Setmana Geomàtica de Barcelona. Dept. d'Enginyeria Cartogràfica, Geodèsia i Fotogrametria, Universitat Politècnica de València, València
- Bisnath, S., Gao, Y. (2009) Precise Point Positioning, GPS World.
- Camisay M.F., Mackern M.V., Mateo M.L., Robin A.M. Monitoreo satelital a tiempo real con fines geodinámicos, enviado a GEOACTA, Argentina, enero 2017.
- Larson K., "GPS Seismology". Journal of Geodesy, 2008.
- Laurichesse D., Mercier F., Berthias J.P. Real-time PPP with undifferenced integer ambiguity resolution, experimental results. ION GNSS 2010, September 21-24, 2010 - Portland, Oregon.
- Raman S, Garin L (2005) Performance Evaluation of Global Differential GPS (GDGPS) for Single Frequency C/A Code Receivers, ION GNSS 2005, Long Beach, CA, USA, Sept. 2005.