

# Efectos de carga estudiados a partir de la técnica GNSS

<sup>1,2</sup>Mauricio Gende, <sup>1,2</sup>Victoria Graffigna, <sup>1,2</sup>Micaela Carbonetti y <sup>1,3</sup>Romina Galvan

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas, Universidad Nacional de La Plata (UNLP), Argentina

<sup>2</sup>Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Argentina

<sup>3</sup>Laboratorio GEO -AGGO (GEO -AGGO), Centro Científico Tecnológico CONICET - La Plata, Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Argentina

[mgende@fcaglp.unlp.edu.ar](mailto:mgende@fcaglp.unlp.edu.ar)

## Introducción

La técnica GNSS provee la oportunidad de realizar posicionamiento con una altísima precisión, lo que permite modelar entre otras cosas deriva de las placas tectónicas, fenómenos de subsidencia y levantamiento, las mareas terrestres y las deformaciones causadas por las cargas hidrológica, atmosférica, oceánica, criosférica.

Esto permite por un lado la posibilidad de estudiar señales sutiles de interés geofísico y por otro impone la necesidad de determinar un sistema de referencia muy exacto y consistente en el tiempo.

Esta presentación se centrará en el efecto de desplazamiento geométrico que producen las cargas de agua dulce sobre la corteza terrestre cuando se las observa con la técnica GNSS.

Este efecto ha sido estudiado en el pasado en regiones donde las variaciones de cargas presentan ciclos estacionales muy marcados y de importante magnitud. Por ejemplo en la zona de la cuenca del río Amazonas, donde los desplazamientos verticales tienen amplitudes de pico a pico mayores a los 6 centímetros y la carga amplitudes de pico a pico mayores al metro, medidas en altura de agua equivalente. En estos casos la anti-correlación está muy bien definida siendo superior al 90%.

Aquí se mostrarán dos trabajos recientes donde la señal de carga a detectar es más sutil y por lo tanto complicada de ser recobrada a partir de la técnica GNSS; no obstante mostraremos que este desafío fue resuelto eficientemente.

Los estudios tienen características espacio-temporales muy distintas. Por un lado se modela el efecto estacional de la carga debido a las cuencas de los ríos Paraná y Uruguay y sus afluentes. Una región donde la carga de agua dulce continental que se deposita es claramente menor a la región amazónica.

## Aplicación del método PCA modificado para correlacionar datos hidrológicos con las variaciones observadas en las series de coordenadas geodésicas verticales de la red SIRGAS-CON.

Para llevarlo a cabo, se implementa el método de Análisis de Componentes Principales Modificado, que permite encontrar características espaciales predominantes de los datos de entrada así como su variabilidad temporal.

El algoritmo efectúa una descomposición de las series de tiempo en un conjunto menor de vectores que optimizan la descripción de la mayor parte de la varianza de los datos, y nos da una estimación porcentual de la contribución de cada patrón de variabilidad a la señal original. La modificación incorporada respecto del método clásico permite trabajar con series que presentan discontinuidades o datos faltantes. La anticorrelación entre los datos de carga y geodésicos superó el 60 %, en toda el área de estudio.



Facultad de Ciencias  
Astronómicas  
y Geofísicas



Bundesamt für  
Kartographie und Geodäsie

Se calculan a su vez mapas de correlación homogénea asociadas a las componentes principales para analizar los patrones espaciales característicos y su evolución temporal. Esto evidenció que la región de estudio presentaba dos patrones de comportamiento diferenciados entre la zona norte y la sur, que están directamente asociados con los patrones de precipitaciones predominantes en el área.

### Recobrando una señal geofísica utilizando GPS en la región del Río de La Plata

Por otro lado, se modela el efecto de carga que produce un evento extremo en el Río de La Plata, una onda de tormenta de pocas horas de duración que incrementa el volumen de agua que se posa sobre el estuario del río. Para ello, se modifica el código de un programa de posicionamiento puntual preciso parametrizando el problema para poder recobrar de una manera indirecta la variación de la altura, una cantidad que no puede estimarse de manera certera en forma directa debido a lo corto y tenue del fenómeno: una variación subdiaria de muy pocos centímetros de amplitud. Se muestra como se resuelve con éxito la estimación de la deformación por carga y surge como resultado conexo la importancia de que el receptor GNSS cuente con un reloj atómico y cómo contando con él es posible decorrelacionar la estimación troposférica de la de altura.

### Referencias

- Bailey, S. (2012) Principal Component Analysis with Noisy and/or Missing Data. The Astronomical Society of the Pacific.
- Bevis, M. (2005) Seasonal fluctuations in the mass of the Amazon River system and earth's elastic response. *Geophys. Res. Lett.* <https://doi.org/10.1029/2005gl023491>.
- Björnsson, H., Venegas, S. A. (1997) A manual for EOF and SVD. Analysis of climatic data. McGill University.
- Blewitt, G. (2001) A new global mode of earth deformation: seasonal cycle detected. *Science* 294(5550):2342–2345. <https://doi.org/10.1126/science.1065328>.
- Collilieux, X., van Dam, T., Ray, J., Coulot, D., Métivier, L., Altamimi, Z. (2012) Strategies to mitigate aliasing of loading signals while estimating GPS frame parameters. *J. Geodesy* 86(1):1–14. <https://doi.org/10.1007/s00190-011-0487-6>.
- D'Onofrio, E. E., Fiore, M. M. E., Pousa, J. L. (2008) Changes in the regime of storm surges at Buenos Aires, Argentina. *J. Coast. Res.* 1:260–265. <https://doi.org/10.2112/05-0588.1>.
- Döll, P., Kaspar, F., Lehner, B. (2003) A global hydrological model for deriving water availability indicators: model tuning and validation. *Journal of Hydrology*, Vol270 Is. 1–2, Pag 105-134.
- Fratepietro, F., Baker, T. F., Williams, S. D. P., Camp, M. V. (2006) Ocean loading deformations caused by storm surges on the northwest European shelf. *Geophys. Res. Lett.* 33(6):1–4. <https://doi.org/10.1029/2005gl025475>.
- Geng, J., Williams, S. D., Teferle, F. N., Dodson, A. H. (2012) Detecting storm surge loading deformations around the southern North Sea using subdaily GPS. *Geophys. J. Int.* 191(2):569–578.
- Nordman, M., Virtanen, H., Nyberg, S., Mäkinen, J. (2015) Non-tidal loading by the Baltic Sea: comparison of modelled deformation with GNSS time series. *Geo. Res. J.* 7:14–21
- Oreiro, F. A., Wziontek, H., Fiore, M. M. E., D'Onofrio, E. E., Brunini, C. (2018) Non-tidal ocean loading correction for the Argentinean German geodetic observatory using an empirical model of storm surge for the Río de La Plata. *Pure Appl Geophys* 175(5):1739–1753. <https://doi.org/10.1007/s00024-017-1651-6>.
- Weinbach, U., Schön, S. (2015) Improved GPS-based coseismic displacement monitoring using high-precision oscillators. *Geophys. Res. Lett.* 42:3773–3779. <https://doi.org/10.1002/2015GL063632>.
- Zizhu, F., Ergen, L., Baogen, X. (2011) Weighted principal component analysis. *International Conference on Artificial Intelligence and Computational Intelligence*. Springer, Berlin, Heidelberg.



Facultad de Ciencias  
Astronómicas  
y Geofísicas



Bundesamt für  
Kartographie und Geodäsie

Zou, R., Freymueller, J. T., Ding, K., Yang, S., Wang, Q. (2014) Evaluating seasonal loading models and their impact on global and regional reference frame alignment. *J. Geophys. Res. Solid Earth* 119(2):1337–1358. <https://doi.org/10.1002/2013jb010186>.



Facultad de Ciencias  
**Astrónómicas  
y Geofísicas**



Bundesamt für  
Kartographie und Geodäsie