

Interferometría de Radar de Apertura Sintética como herramienta remota de monitorización de centros urbanos, infraestructuras críticas y obras de ingeniería

Sebastián Balbarani^{1,2,4}, Tamburini-Beliveau Guillermo³, Alberto Perez Cassinelli⁴, Javier Urien⁴, Rubén Medina^{1,2}, Gabriela Truffe¹, Celina Escartin¹, Isabel Sassone¹, Carlos Gutierrez⁵, Jennifer Ocaranza¹, Valentín Ottaviano¹, Andrés Cubas¹ and Carolina Quispe¹

¹ Laboratorio de Geociencias, Facultad de Ingeniería del Ejército, Universidad de la Defensa Nacional, C.A.B.A., Argentina.

² Grupo de Modelado Digital del Terreno y Batimetría (GMDTyB), Departamento de Agrimensura, Facultad de Ingeniería, Universidad de Buenos Aires, C.A.B.A., Argentina.

³ Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), CIT Santa Cruz.

⁴ SpaceSUR (SUR Emprendimientos Tecnológicos)

⁵ Departamento de Agrimensura, Facultad de Ciencias Exactas y Tecnologías, UNSE.

Sebastián Balbarani, sbstbalbarani@fie.undef.edu.ar

Resumen. Interferometría Diferencial de Radar de Apertura Sintética es una técnica geodésica de la teledetección activa en el rango de las microondas que permite medir la deformación de la superficie de la Tierra. Cuando se dispone de un conjunto de imágenes SAR es posible obtener series temporales y mapas de velocidad de desplazamiento del terreno. Es sabido que en las grandes ciudades se generan pequeños movimientos por la sobrecarga debido a la construcción de torres o la ejecución de obras subterráneas. Las infraestructuras críticas como puentes y represas sufren también deformaciones típicas, y en las obras de ingeniería de gran envergadura se producen movimientos de suelo. Entonces: ¿cuáles son los desplazamientos esperables? ¿cuál es el umbral permitido? ¿es posible el monitoreo remoto de las mismas? En esta línea de investigación se realizaron varios procesamiento interferométricos de imágenes SAR: 1) sobre dos puentes atirantados, 2) sobre una obra hidroeléctrica en ejecución, y 3) sobre dos barrios porteños, todos en la República Argentina. Los resultados preliminares arrojan indicios de blancos en movimientos típicos y atípicos, que deben ser validados. Sin embargo, demuestran la viabilidad para diseñar una solución que contemple el seguimiento, análisis de riesgo y alerta temprana, en obras de ingeniería, ciudades e infraestructuras. La presente propuesta innovadora dota a las Fuerzas Armadas de una herramienta tecnológica disruptiva para la Defensa y Seguridad Nacional, y con un potencial enorme para nuevas soluciones de interés dentro de las Fuerzas.

Palabras clave: Interferometría SAR, Infraestructura Crítica, Obras de Ingeniería, Ciudades Inteligentes, Deformación.

1 Introducción

Las obras de ingeniería, infraestructuras críticas (represas, ductos, embalses, puentes) y los grandes centros urbanos se encuentran expuestas a varios riesgos y amenazas que responden a fenómenos naturales y/o antrópicos. En este sentido, la observación de la Tierra, posee un potencial sin precedentes para el monitoreo del riesgo de desastres, y en la detección de alertas tempranas.

La técnica InSAR brinda mediciones de la deformación de puntos sobre el terreno e infraestructuras, mediante la aplicación de técnicas multitemporales (MT-DInSAR), las cuales combinan múltiples adquisiciones para generar mapas de velocidad de deformación y series temporales de desplazamiento, con precisión milimétrica (Crosetto et al. 2016).

El presente trabajo describe los avances en esta línea de investigación que se viene llevando adelante desde 2019 gracias al Programa UNDEFI de la Universidad de la Defensa Nacional. Siguiendo las actividades científicas publicadas en [1], se presentan los resultados preliminares de implementar la cadena de procesamiento MT-DInSAR, sobre dos barrios de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires.

2 Materiales y Métodos

Los productos satelitales utilizados fueron imágenes SLC (*Single Look Complex*) de media resolución ($\sim 20 \times 5$ metros), capturados en banda C (~ 6 cm de longitud de onda) por la misión SAR Sentinel-1, cuyo acceso es libre y gratuito (Programa Copernicus, ESA)¹. El análisis interferométrico se efectuó con 45 escenas en pasada orbital descendente, polarización vertical (VV) y una revisita de 12 días para el periodo comprendido entre el 24 de julio de 2022 y el 3 de marzo de 2024.

La adaptación e implementación metodológica se llevó a cabo a partir de herramientas de procesamiento interferométrico multitemporal mediante la técnica PS-InSAR que permite la observación precisa de coberturas urbanas y artificiales, dado el comportamiento e interacción de la señal de radar con las mismas [2]. La técnica explota la información de fase de las imágenes, sobre algunos pocos puntos coherentes denominados “Persistent Scatterers” (PS).

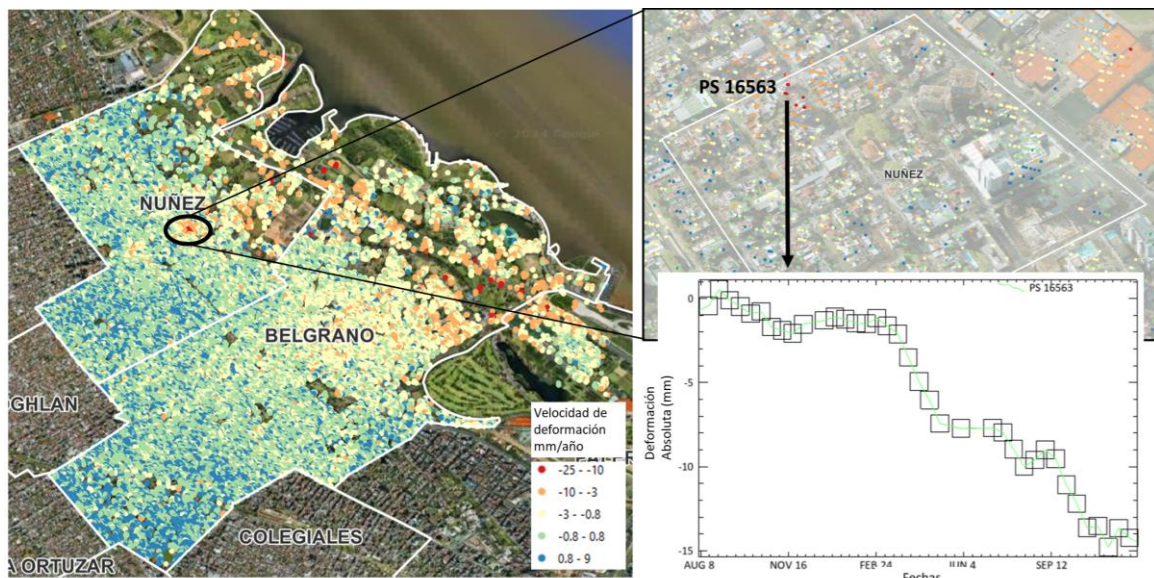
3 Resultados

Los resultados de la cadena de procesamiento interferométrico incluyen una base de datos correspondiente a una nube de puntos sobre los barrios porteños de Nuñez y Belgrano. La misma permite mapear la velocidad media de deformación anual por

¹ Copernicus Data Space Ecosystem ([CDSE](#))

cada pixel coherente en la zona de estudio, en milímetros por año. La región suroeste muestra puntos estables con velocidades medias entre 0 y 10 mm/año. Hacia el noreste se puede observar: 1) menor densidad de soluciones interferométricas debido a decorrelación temporal en las coberturas con vegetación, 2) mayor tasa de subsidencia en la región noreste del barrio de Belgrano, 3) dispersores permanentes con mayor subsidencia en el entorno a la Avenida Leopoldo Lugones y Línea Ferrocarril Belgrano, y 4) un polígono comprometido de 4 x 4 cuadras aproximadamente, en el barrio de Nuñez. En relación a este ultimo punto se despliega a modo de ejemplo una serie temporal de deformación de un dispersor dentro del polígono. La misma muestra cierta estabilidad entre julio de 2022 y febrero de 2023, a partir de cuando se observa una aceleración de subsidencia.

Si bien la tasa de deformación observada en el polígono comprometido es pequeña, se intentará en trabajos futuros la validación y contrastación con otras técnicas de medición, y con evidencias *in situ* (fotografías, informes u otros)



Referencias

1. Balbarani, S., Tamburini-Beliveau, G., Monserrat, O., Crosetto, M., Truffe, G., Escartin, C. y De Luca, G.: Interferometría Multitemporal SAR en el Monitoreo de Infraestructura Crítica y Obras de Ingeniería. In: Libro de Trabajos Completos Jornadas de Geociencias para la Ingeniería (UBA) Volumen 2, 7-12, ISBN 978-631-00 1839-3 (2024)
2. Ferretti, A., Prati, C. & Rocca, F.: Permanent scatterers in SAR Interferometry. In: IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing 39 (1), 8–20 (2001)