

Análisis temporal de la subsidencia del suelo causada por minería subterránea mediante técnicas InSAR y SIG

Mina de Tahmoor South (Southern Coalfield, NSW, Australia)

Autor: Joel Tuck Adiego

Tutor: Enric Terol Esparza

Grado en Ingeniería Geomática y Topografía · Curso 2025-2026



1. Introducción

La minería subterránea de carbón por tajo largo se desarrolla en paneles rectangulares con un frente del que se extrae el carbón. Este frente avanza conforme progresa la extracción.

Tras el paso del frente, el techo de estos paneles se deja colapsar sobre el hueco excavado. Esto produce un hundimiento de la superficie de hasta más de un metro y forma lo que llamamos una “cubeta de subsidencia”. Esto no solo afecta a las infraestructuras y los cauces que se encuentran inmediatamente encima, sino también a los de su entorno.

2. Objetivo

El objetivo de este trabajo es analizar la evolución en el tiempo de la subsidencia provocada por la minería subterránea de tajo largo en Tahmoor South (NSW, Australia) mediante técnicas InSAR multitemporales integradas en un entorno SIG.

La interferometría SAR desde satélite (InSAR) permite obtener un mapa completo de la deformación sin tener que instrumentar el terreno. El caso de la mina de Tahmoor presenta características desfavorables para medir esta subsidencia mediante InSAR:

- Vegetación densa, que destruye la coherencia de la señal.
- Grandes gradientes de deformación, que superan el límite del desenrollado de fase.

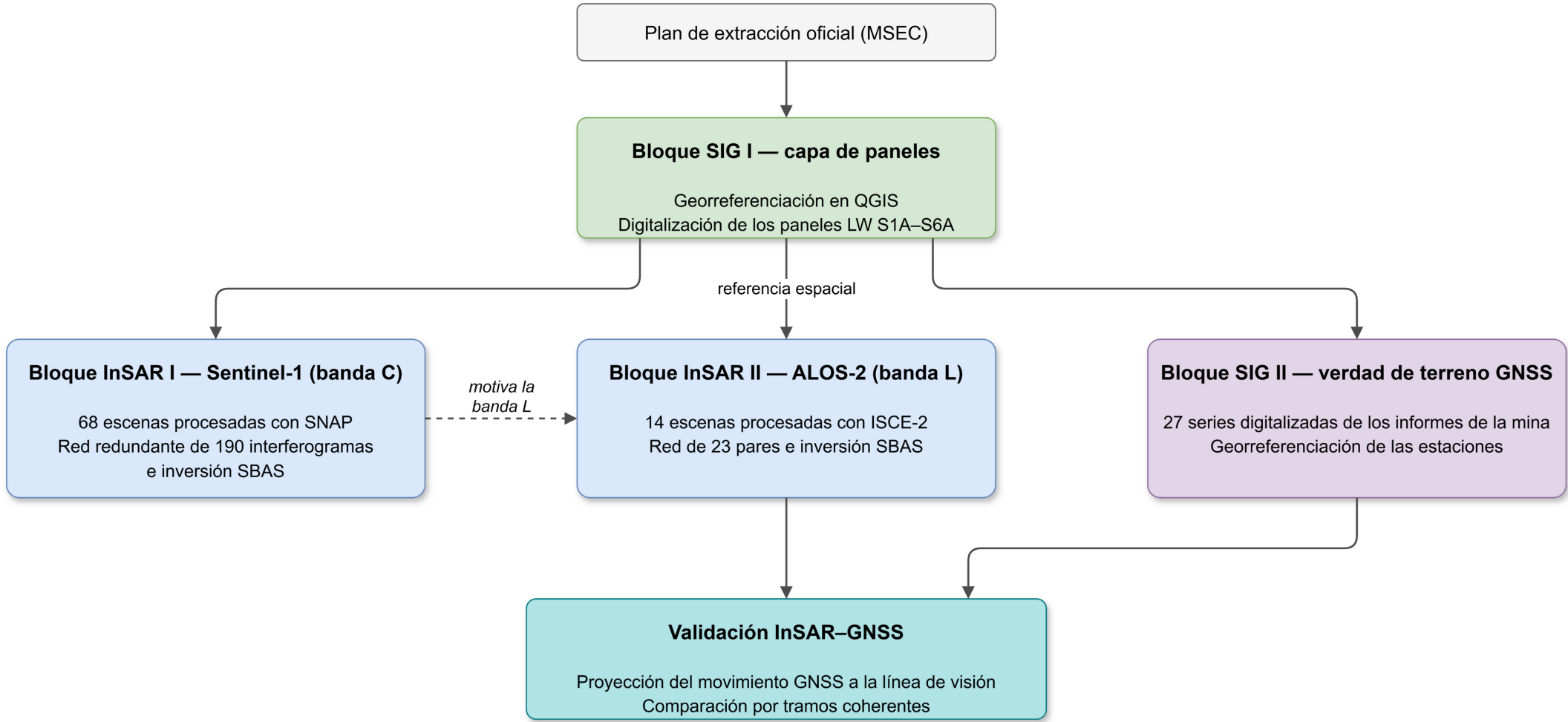
De manera que se comparará la capacidad de la banda C (Sentinel-1) frente a la de la banda L (ALOS-2) para medir en condiciones desfavorables.

3. Metodología

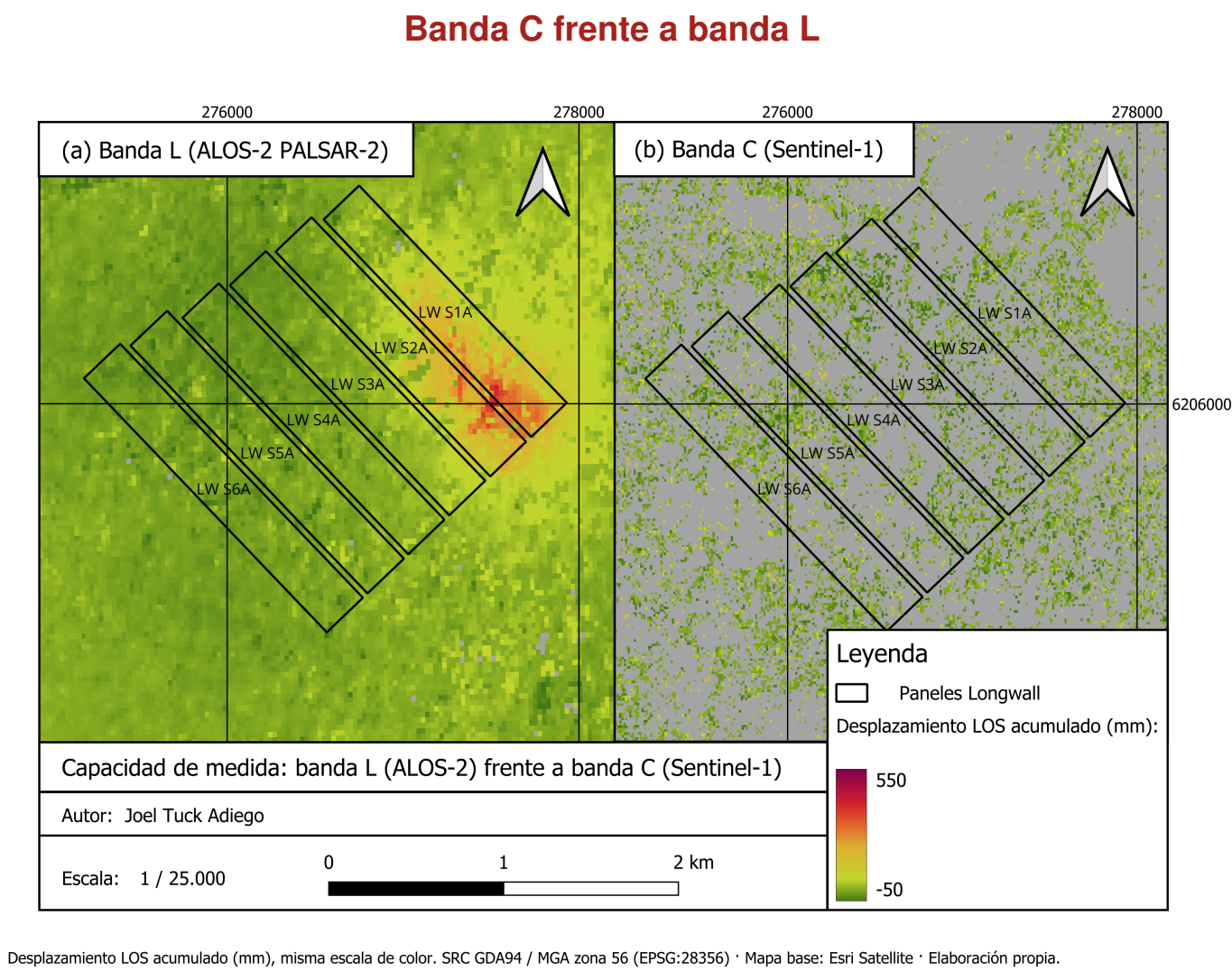
Se comparan dos series de imágenes SAR sobre la misma zona: 68 escenas Sentinel-1 (banda C) y 14 escenas ALOS-2 PALSAR-2 (banda L). Cada serie se procesa hasta obtener el desplazamiento acumulado y su evolución por épocas.

El plano de labores de la mina se georreferenció en un SIG y sobre él se digitalizaron los paneles de extracción.

Como verdad de terreno se digitalizó la red GNSS de monitorización de la mina (27 estaciones) a partir de sus informes públicos, y el producto InSAR se comparó estación a estación.



4. Resultados



La banda C pierde la coherencia sobre los paneles y deja la cubeta sin medir. La banda L conserva la señal y la resuelve completa: subsidencia sobre los paneles LW S1A y LW S2A, sin falsos positivos, con un máximo acumulado de 546 mm verticales, el 71 % del pico de 771 mm que registró la nivelación de la mina.

5. Conclusiones

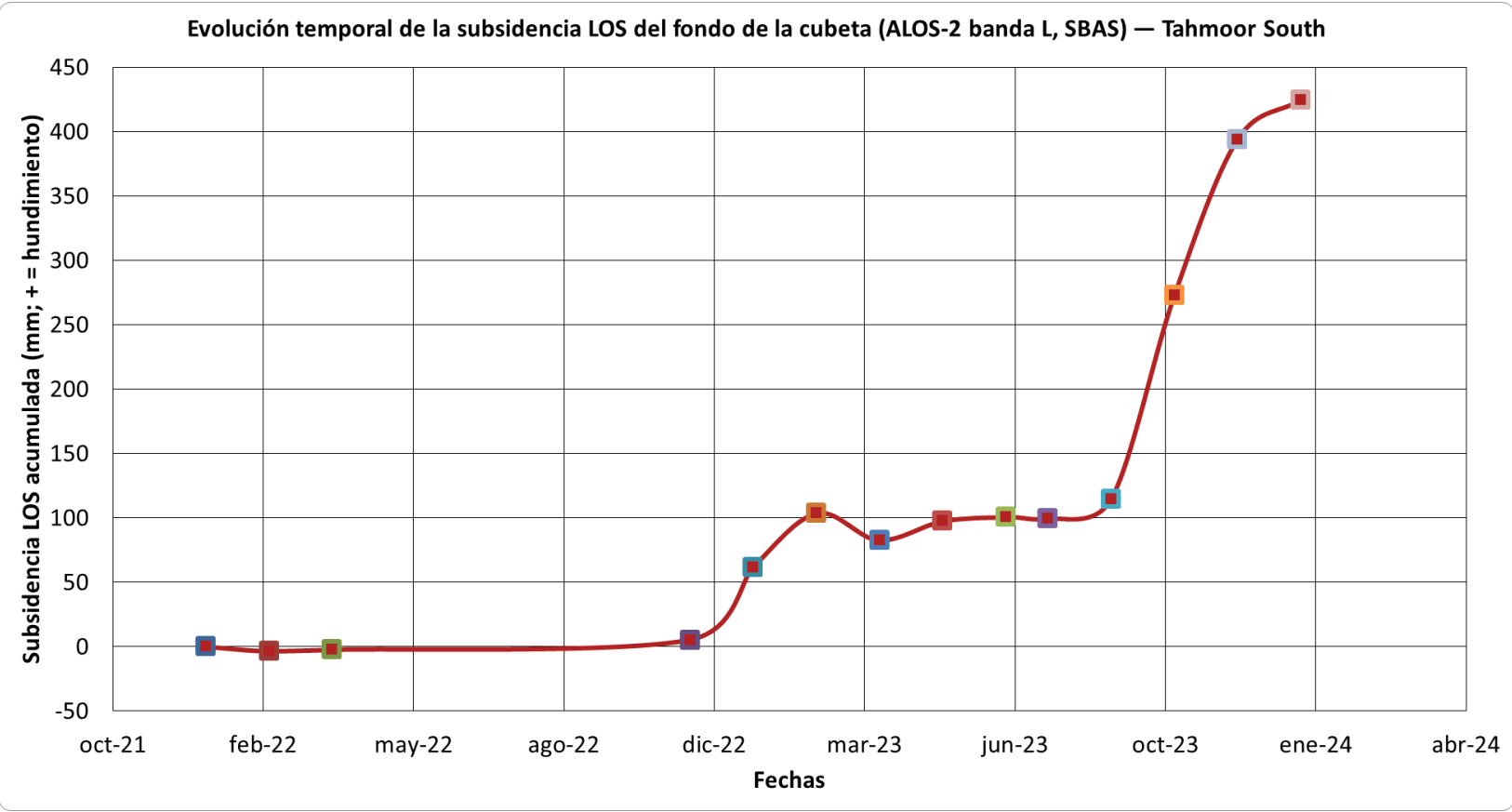
La elección de la longitud de onda es la decisión determinante para el InSAR sobre minería activa con cubierta vegetal. La banda C decorrelaciona antes: con que la vegetación cambie unos pocos centímetros su fase se vuelve aleatoria, y sobre los paneles la señal se destruye en pocos días. La banda L, con una longitud de onda cuatro veces mayor, penetra en parte la vegetación y conserva la coherencia donde la C la pierde. Por eso la banda C no puede medir la cubeta de Tahmoor South y la banda L sí la resuelve, con una exactitud por debajo del centímetro en el régimen medible.

El producto de banda L se comparó estación a estación con una red GNSS independiente: reproduce sin sesgo el movimiento que mide la red y no genera falsos positivos donde el terreno está quieto.

6. Bibliografía

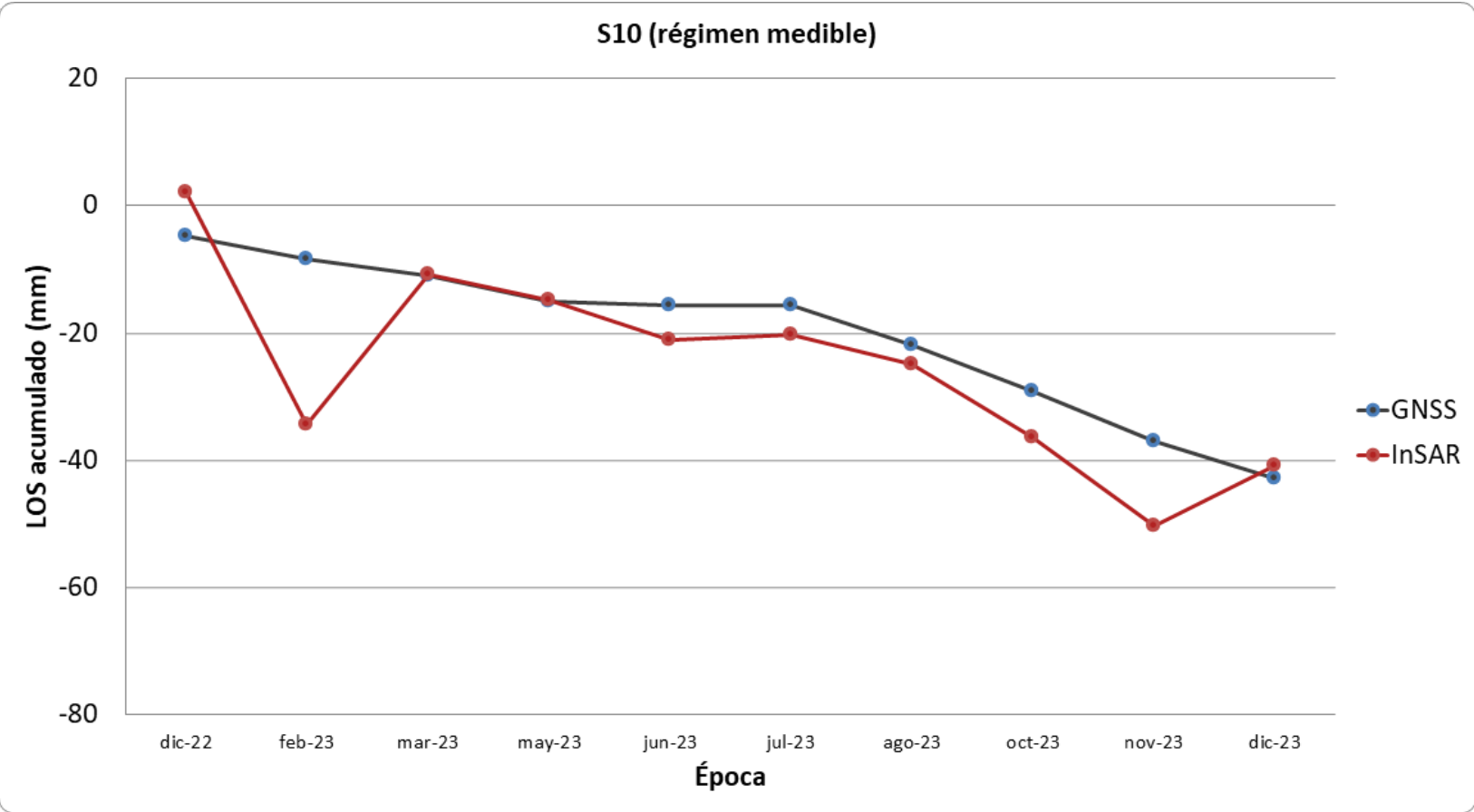
- BERARDINO, P. et al. (2002). “A new algorithm for surface deformation monitoring based on small baseline differential SAR interferograms”. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 40(11), pp. 2375-2383.
- CHEN, C.W.; ZEBKER, H.A. (2002). “Phase unwrapping for large SAR interferograms”. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 40(8), pp. 1709-1719.
- CARNEC, C.; DELACOURT, C. (2000). “Three years of mining subsidence monitored by SAR interferometry, near Gardanne, France”. *Journal of Applied Geophysics*, 43(1), pp. 43-54.

Evolución temporal de la cubeta



La serie de 14 épocas sigue el crecimiento de la cubeta al paso del frente de extracción y data el episodio principal: el colapso de diciembre de 2023, un descenso de unos 750 mm en seis semanas.

Comparación frente a la red GNSS



En el régimen medible el InSAR reproduce el movimiento GNSS con un error cuadrático medio de 9,5 mm y una pendiente de 0,94 (en la figura, la estación S10). El InSAR mide hasta 100 mm de desplazamiento entre adquisiciones; superado ese valor, lo que mide se va quedando más corto.