



XII CONGRESO NACIONAL DE AGRIMENSURA

Agrimensura, más allá del territorio

"GENERACIÓN DE UN MDE RADAR Y AJUSTE PLANIMÉTRICO, UTILIZANDO RASGOS TOPOGRÁFICOS CARACTERÍSTICOS DEL TERRENO"



9, 10 y 11 | OCTUBRE 2019

Hotel Sheraton | Mendoza - Argentina



XII CONGRESO NACIONAL DE AGRIMENSURA

9, 10 y 11 | OCTUBRE 2019
Hotel Sheraton | Mendoza - Argentina



Integrantes del equipo de trabajo

UID en Percepción Remota y SIG Departamento de Agrimensura, Fac. de Ing, U.N.L.P

- **Soto, Leandro V.**
- **Sisti, Jorge M.**
- **Perez, Elvio D.**
- **Casal, Agustina**
- **Cuello, Camila**
- **Di Paola, Agustina**
- **Sechet, Brenda**





XII CONGRESO NACIONAL DE AGRIMENSURA

9, 10 y 11 | OCTUBRE 2019
Hotel Sheraton | Mendoza - Argentina

Agenda propuesta:

- Usos de MDE en Agrimensura - MDE InSAR.
- Área de estudio.
- Metodología de trabajo.
- Plataforma Sentinel - Selección de Imágenes.
- Procesamiento del par interferométrico.
- Control Planimétrico.
- Control Altimétrico.
- Resultados y conclusiones.
- Próximos pasos...





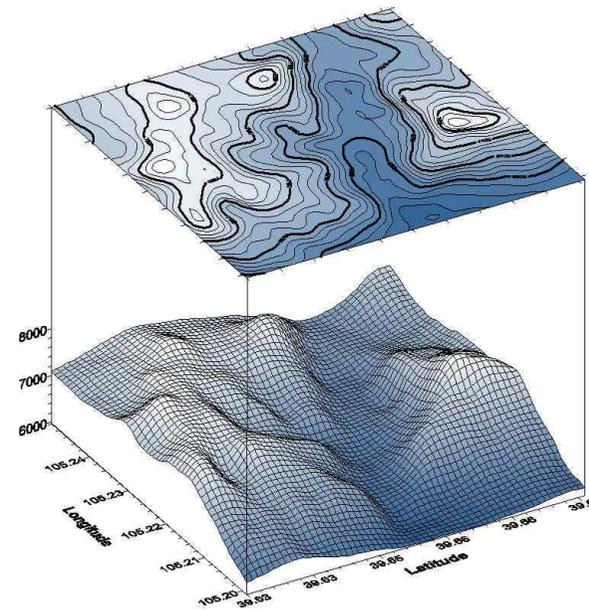
MDEs y Agrimensura

El uso de MDE (modelos digitales de elevaciones) en el ámbito de las ciencias de la tierra y en particular de la Agrimensura, resulta cada vez más frecuente, debido principalmente a su alta disponibilidad y al creciente potencial analítico que ofrecen muchas herramientas de software.

La obtención de datos primarios confiables para su elaboración, así como la generación de productos derivados de alta calidad, son incumbencias innegables de la Agrimensura.

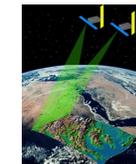
XIII CONGRESO NACIONAL DE AGRIMENSURA

9, 10 y 11 | OCTUBRE 2019
Hotel Sheraton | Mendoza - Argentina



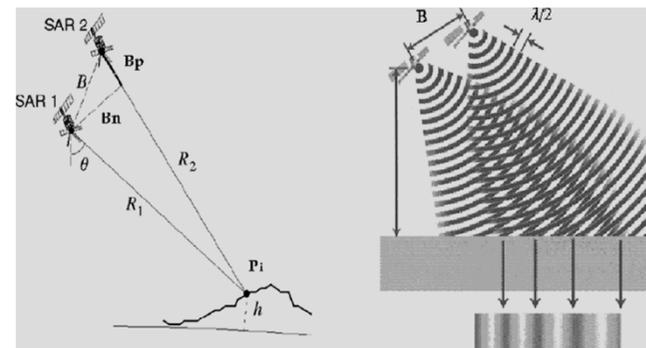
MDEs InSAR (Interferometría Radar de Apertura Sintética).

La Interferometría radar de apertura sintética, a veces abreviada como InSAR, es una técnica RADAR utilizada en geodesia y en teledetección.



Se basa en el estudio del patrón de interferencia de fase de las ondas de dos imágenes SAR.

El patrón de interferencia o interferograma se usa para generar mapas de desplazamientos de la superficie terrestre y mapas de elevación del terreno.

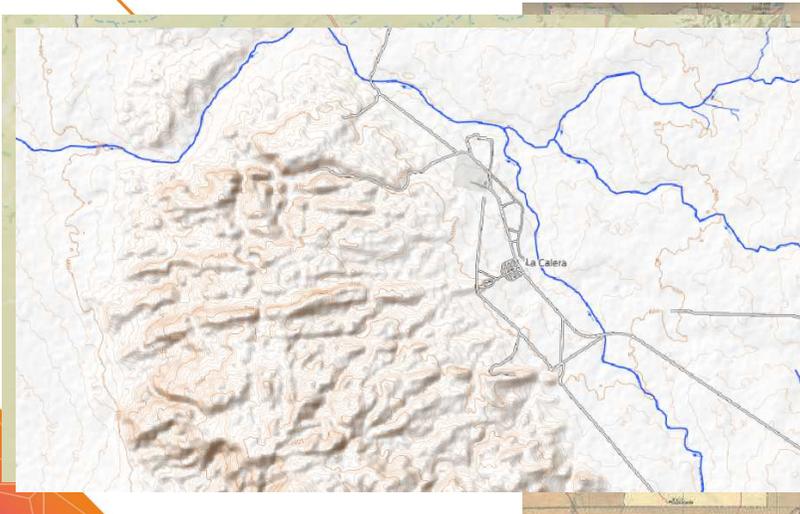




Sobre el área de estudio...

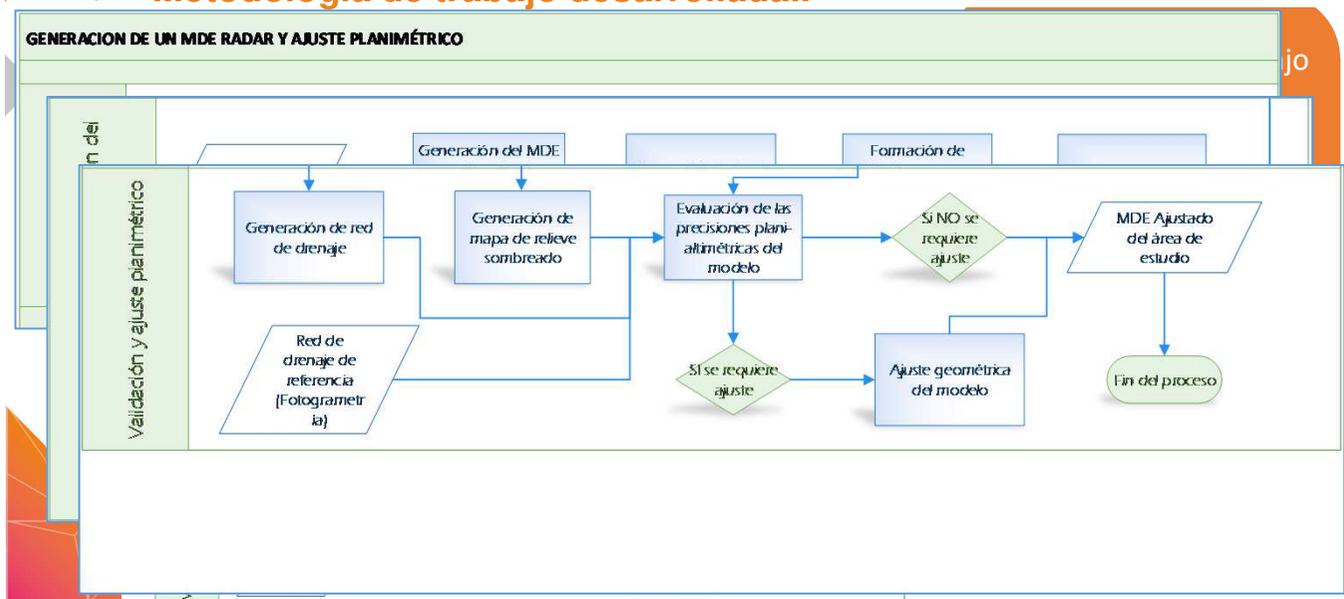
XII CONGRESO NACIONAL DE AGRIMENSURA

9, 10 y 11 | OCTUBRE 2019
Hotel Sheraton | Mendoza - Argentina



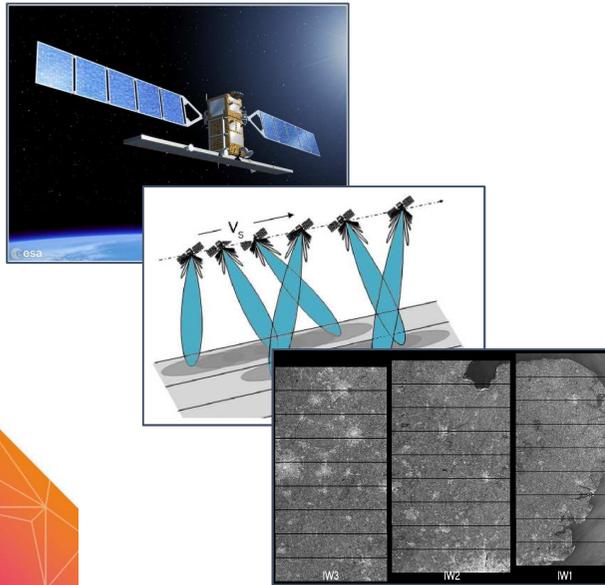
La definición del área de estudio se realizó principalmente en base a la disponibilidad de datos de control (MDE de alta precisión), resultando esta la “Sierra del Gigante” en la provincia de San Luis, departamento de La Calera. Aprox. 120 km²

Metodología de trabajo desarrollada..





La plataforma S ntinel y los modos de adquisición de imágenes...

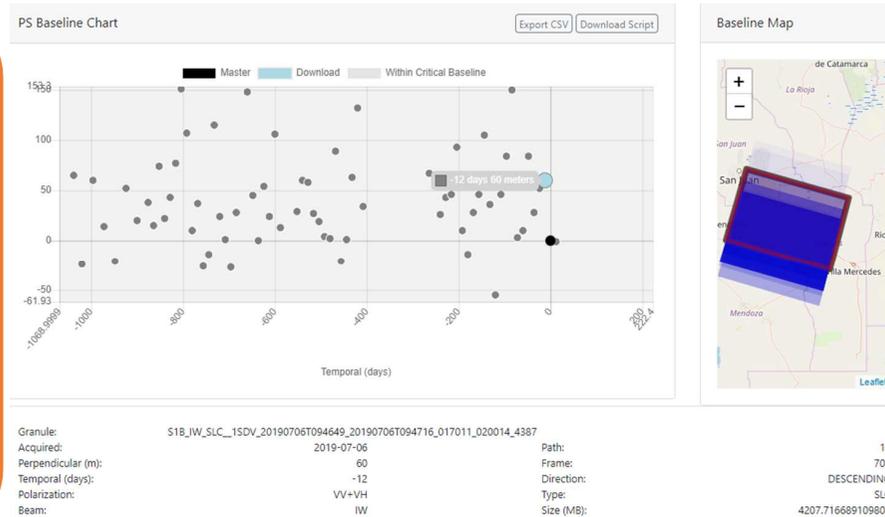


Las imágenes utilizadas para el procesamiento fueron registradas por el satélite **Sentinel 1B**, utilizando el modo de adquisición '*strip-map*' y descargando el producto SLC (Single Look Complex), condición indispensable para que resulten aptas para la realización de interferometría SAR.

Cada una de las imágenes adquiridas se compone de tres sub-swath y dos polarizaciones (VV y VH)

Selección del par de imágenes adecuado

Selección de imágenes candidatas en el catálogo de ASF. El mejor par de escenas que se logró identificar, fue con una línea de base de 60 metros y un período de captura de 12 días entre las mismas.





Sobre la co-registración y las órbitas utilizadas...

Para el procesamiento interferométrico las dos imágenes deben registrarse conjuntamente en una pila. Una imagen se selecciona como “maestra” y la otra imagen como “esclava”. Los píxeles en la imagen “esclava” se moverán para alinearse con la imagen “maestra” con alta precisión.

La Co-registration garantiza que cada objetivo terrestre contribuya al mismo píxel (rango, acimut) tanto en la imagen “maestra” como en la imagen “esclava”.

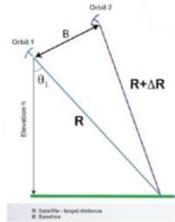
El servicio de determinación de órbitas precisas (POD) para Sentinel-1, proporciona archivos de órbita precisa (POE). Los archivos POE están disponibles luego de 20 días de la adquisición de las imágenes.



Generación del interferograma y obtención del MDE...

$$\phi_1 = \frac{4\pi R}{\lambda}, \quad \phi_2 = \frac{4\pi(R + \Delta R)}{\lambda}$$

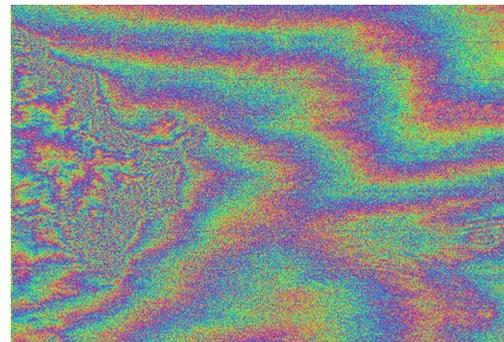
$$\Delta\phi = \phi_2 - \phi_1 = \frac{4\pi\Delta R}{\lambda}$$



El interferograma se forma multiplicando de forma cruzada la imagen "maestra" con el complejo conjugado de la "esclava". La amplitud de ambas imágenes se multiplica mientras que sus respectivas fases se diferencian.

Las franjas interferométricas representan un ciclo completo de 2π en el cambio de fase.

Un ciclo completo de colores representa una diferencia de rango relativa de la mitad de la longitud de onda emitida por el sensor.





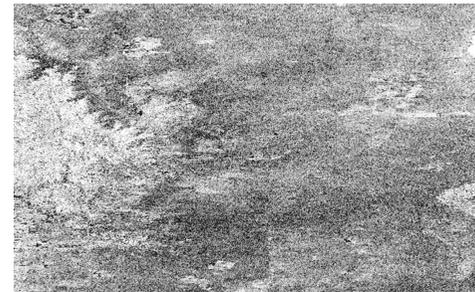
Análisis de la coherencia...

Luego de la formación del interferograma, se genera una imagen resultado del análisis de la coherencia entre los píxeles correlacionados. Cada píxel representará así, un índice de coherencia entre 0 y 1.

En la imagen de la derecha, se pueden observar en color más claro los píxeles con mayor índice de coherencia.

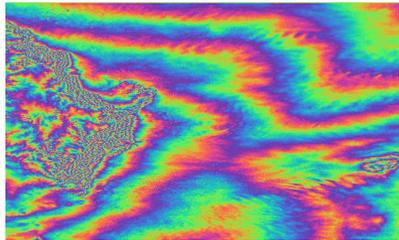
La decorrelación está relacionada con la desviación del estándar de la fase local de la fase del interferograma.

- Afecta la exactitud de altitud y desplazamiento.
- Afecta la habilidad de desenvolver la fase.

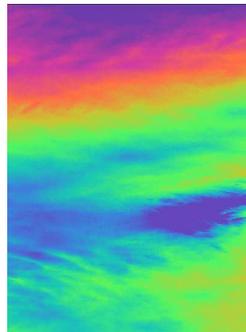




Filtrado, desenvolvimiento de fase y generación del MDE...



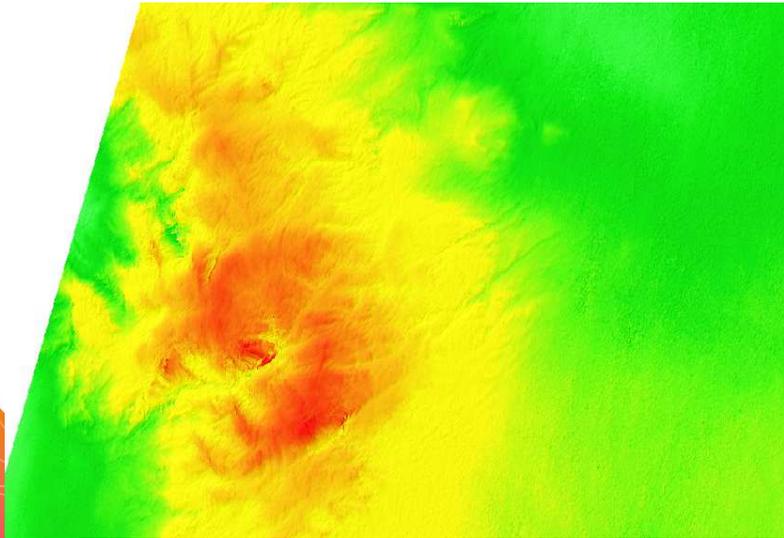
Hasta aquí, en el interferograma obtenido se observaba mucho ruido y las franjas interferométricas eran difíciles de discernir, por lo tanto, se aplicaron dos pasos de procesamiento posteriores para reducir dicho ruido y mejorar la definición de las franjas. Estos pasos fueron *Multi-looking* y Filtrado de fase (Goldstein).



Debido a que la fase interferométrica obtenida es ambigua y solo se conoce dentro del rango de $0 - 2\pi$, para poder relacionar la fase interferométrica con la altura topográfica, primero se la debe 'desenvolver', es decir realizar el proceso de *'Phase Unwrapping'*.



Conversión de fase a altura y geocodificación...

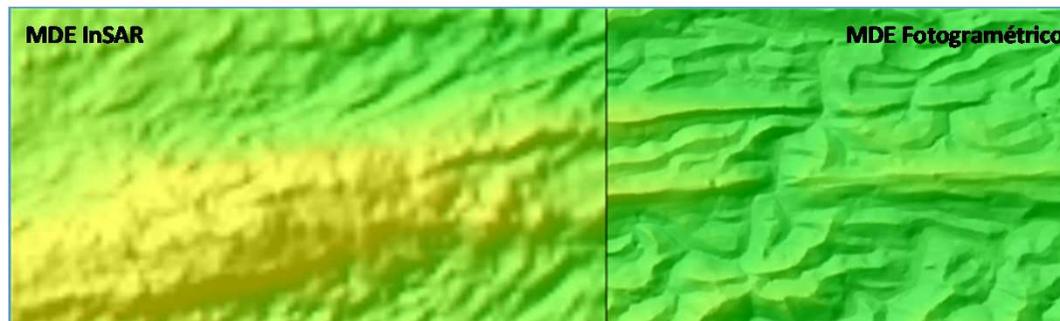


Seguidamente, debemos convertir fase interferométrica en alturas para obtener un verdadero modelo digital de elevación (MDE).

Finalmente realizamos la geocodificación del modelo para llevarlo a coordenadas de terreno. Este proceso utilizó la información de los metadatos disponibles en las imágenes, sus parámetros orbitales y los datos aproximados de un MDE de referencia.

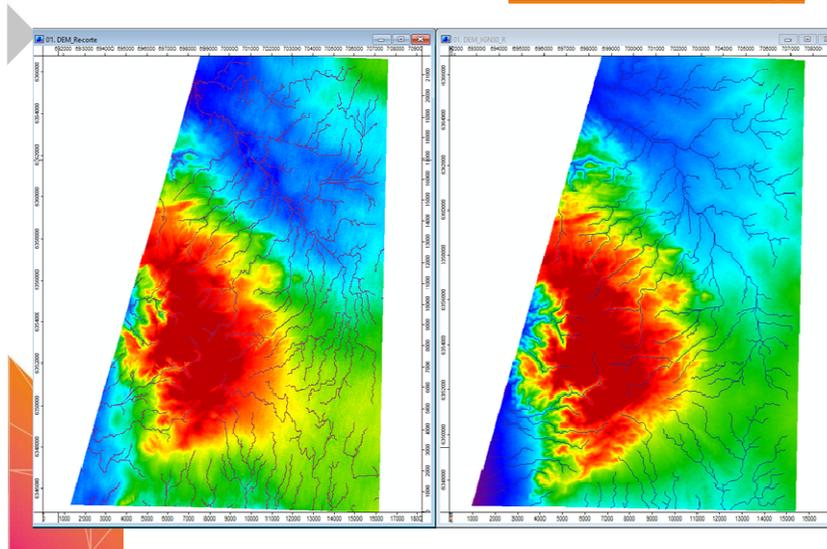
Control planimétrico del modelo con rasgos topográficos: - *Correlación de mapas de relieve sombreado*

Se desarrolló una metodología práctica para el control planimétrico del MDE permitiendo comparar de forma cualitativa la morfología del terreno entre modelos, correlacionando crestas, vaguadas y en general cambios bruscos de pendiente..





Control planimétrico del modelo con rasgos topográficos: - Correlación de las redes de drenaje



El siguiente control planimétrico, se realizó comparando la red de drenaje generada sobre el MDE SAR y sobre el MDE fotogramétrico.

Para la construcción de las redes de drenaje, se utilizaron las herramientas de análisis de terreno que provee el programa SAGA GIS.



XII CONGRESO NACIONAL DE AGRIMENSURA

9, 10 y 11 | OCTUBRE 2019
Hotel Sheraton | Mendoza - Argentina

Validación planimétrica del modelo...

En esta etapa del proceso, tomando como referencia las redes de drenaje, se generaron vectores de desplazamiento en 2D entre puntos homólogos de ambas redes, que permitieron modelar los desplazamientos o deformaciones locales dentro del modelo InSAR.

Una vez establecidos dichos vectores, se analizaron respecto de su módulo y orientación. El análisis antedicho, arrojó la conclusión de que los desplazamientos obtenidos se encontraban dentro de magnitudes aceptables (Media=43 m y Desv.= 12 m), siendo las esperadas en relación a la resolución espacial del modelo generado (15 m) y el de control (2 m).

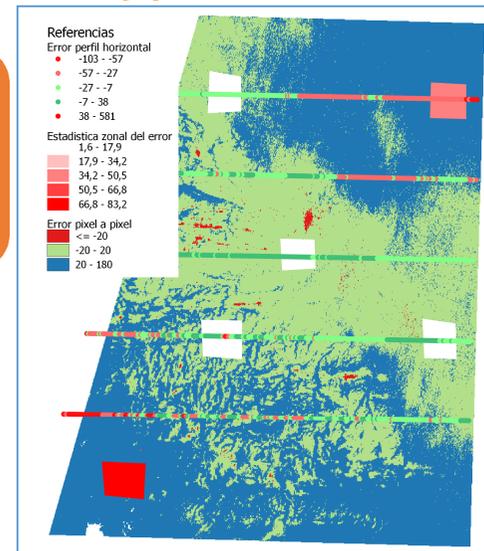
Teniendo en cuenta la conclusión alcanzada se consideró innecesario, para este caso, el ajuste planimétrico del modelo InSAR.



Control altimétrico del MDE – Problemática y planteo de la solución..

Utilizando herramientas de análisis raster en software de SIG, se realizaron diversos controles, para los cuales se generaron los siguientes subproductos:

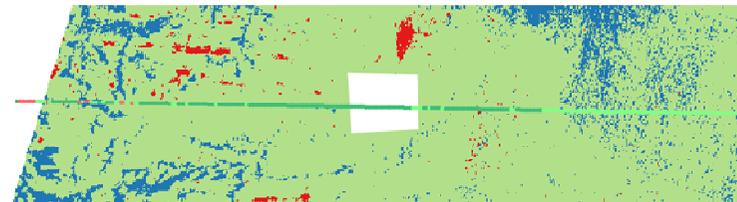
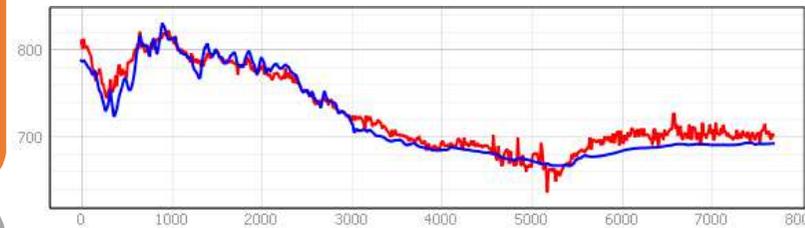
- Mapa de diferencias absolutas comparando píxel a píxel los modelos en el área de estudio.
- Perfiles altimétricos en sentido Este-Oeste y Norte-Sur, a lo largo del área de estudio.
- Análisis estadístico en polígonos de características homogéneas (topográficas y relativas a la coherencia del par interferométrico).



Control altimétrico del MDE: - Comparación y Análisis de perfiles topográficos..

Para el control altimétrico, se trabajó inicialmente con la comparación de perfiles topográficos. La ilustración representa los correspondientes a la zona central del mapa.

El perfil ROJO correspondiente al MDE SAR, presenta mayor ruido que el MDE de referencia (indicado en color AZUL), debido a la metodología utilizada para su confección y a la diferencia de resolución con que fueron generados.



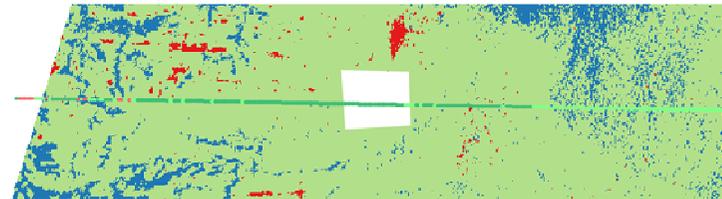


Control altimétrico del MDE: - Análisis de perfiles de diferencias...

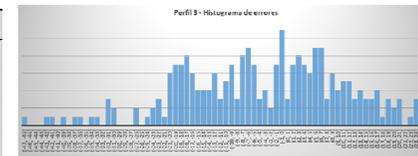
Se realizó el análisis de las diferencias de cota a lo largo del perfil ubicado en la región central de la imagen, donde se encuentra que estas son las menores, debido a que allí la coherencia es muy alta.

En el eje de las ordenadas, se puede apreciar la magnitud de las diferencias en metros.

También se analizaron los histogramas de las diferencias obtenidas.



Análisis de datos	
Media	-4,5
Mediana	-5,0
Desviación estándar	13,9

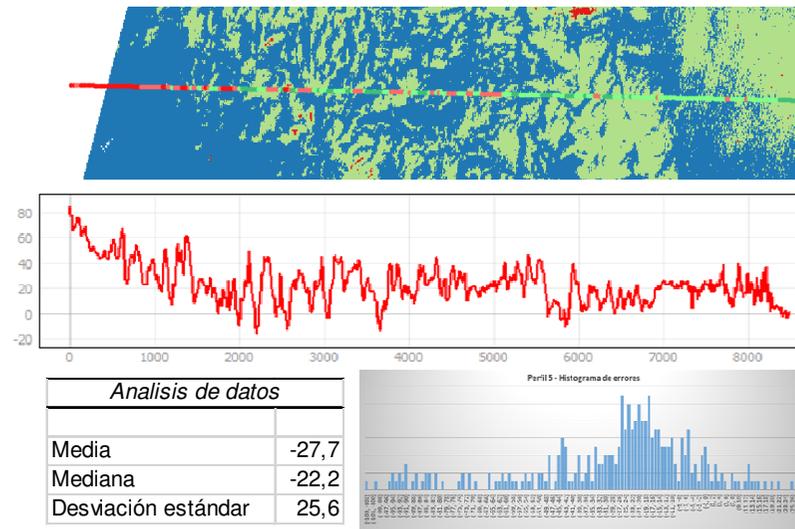


Control altimétrico del MDE: - Análisis de perfiles de diferencias..

A continuación, se observa el análisis sobre el perfil que se encuentra más al sur de la zona de estudio, donde se observan las mayores diferencias entre los valores de cota MDE InSAR y MDE de referencia.

Puede observarse que es una zona donde se presenta una coherencia variable y relativamente más baja que en el centro de la imagen.

También se analizaron los histogramas de las diferencias obtenidas.





Resultados y conclusiones..

Podemos concluir que a partir de imágenes SAR 'Sentinel', es posible la obtención rápida de modelos digitales de elevaciones actualizados, con precisiones altimétricas del orden de 28m en promedio y de hasta 5m en zonas de alta coherencia, permitiendo su uso en múltiples campos de la ingeniería y las ciencias de la tierra.

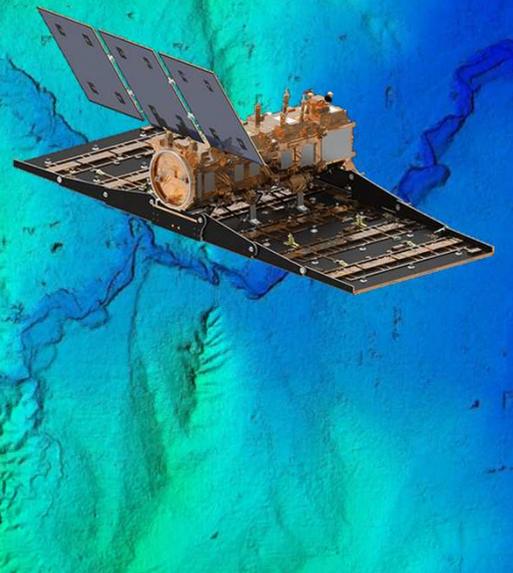
Podemos apreciar que las precisiones planimétricas del MDE obtenido, resultan muy altas en referencia a la resolución espacial del mismo, siendo mínima o nula la necesidad de ajuste planimétrico, siempre y cuando sean utilizados pares de imágenes con alta coherencia, una línea de base adecuada y procesamiento utilizando efemérides precisas.

Finalmente, el acceso libre a las imágenes, su alta disponibilidad y la cobertura global del sistema, permiten la incorporación de MDE económicos en el ámbito productivo, posibilitando la generación de gran cantidad de productos de valor agregado, tales como curvas de nivel, mapas de pendiente y rugosidad, determinación de cuencas y redes hidrológicas, entre otros.

El camino por recorrer...

Ya se encuentran disponibles las primeras imágenes adquiridas por el SAOCOM 1A, nuestro satélite de Teledetección SAR!

En el marco del **'Anuncio de Oportunidad para el Desarrollo de Modelos Digitales de Elevación y su Uso en Aplicaciones SAR'**, desde el Dto. de Agrimensura de la U.N.L.P., trabajamos en el proyecto acreditado **"Generación de MDE utilizando interferometría radar, con datos del satélite SAOCOM y control de la precisión plani-altimétrica, en paisaje de llanura de la Provincia de Buenos Aires"**.



¡MUCHAS GRACIAS!

leandro.soto@ing.unlp.edu.ar



XII CONGRESO
NACIONAL DE
AGRIMENSURA

Agrimensura, más allá del territorio