

# INTEGRACIÓN DE INFORMACIÓN ALTIMÉTRICA LOCAL Y MODELOS GEOPOTENCIALES EN SRTM DEM PARA SANTIAGO DEL ESTERO.

L. Galván<sup>1</sup>; C. Infante<sup>1</sup>, J. Duro<sup>1</sup>; J. Orieta F.<sup>1</sup> y M. Llanos<sup>1</sup>

1.- FCEyT-UNSE. Av. Belgrano (S) 1912. CP 4200. Santiago del Estero;  
e-mail: lgalvan@unse.edu.ar; galvanlucrecia@gmail.com



## OBJETIVO DEL TRABAJO

El objetivo general del trabajo es evaluar el comportamiento del modelo digital de elevaciones (DEM) de la Misión Topográfica de Radar del Transbordador Endeavour (SRTM 90 m) de la Administración Nacional de la Aeronáutica y del Espacio (NASA) de los Estados Unidos de América, en la provincia de Santiago del Estero e incorporar información local y un modelo de geode al mismo.

La técnica de interferometría de radar se ha analizado y utilizado para explicar el comportamiento del modelo en algunos puntos singulares de la zona de aplicación de este trabajo.

## METODOLOGIA DEL TRABAJO

La metodología usada consiste en expresar el DEM en términos de alturas elipsoidales (SRTMe), esto se logra, mediante la adición de la altura geoidal del Modelo Gravitacional Terrestre EGM96 (NASA) a las alturas SRTM.

Esta técnica utiliza la disponibilidad y cobertura de marcas con coordenadas precisas pertenecientes a Redes Geodésicas modernas, como POSGAR07 IGN vinculada a SIRGAS.

Mediante la adición de la altura geoidal EGM 96 a las alturas SRTM, se obtiene un SRTM DEM derivado para la región de estudio y aplicado para la estimación de los errores.

## METODOLOGIA DEL TRABAJO

Se determinan las diferencias entre la altura SRTMe y la del punto de coordenadas conocidas sobre la red POSGAR07 a escala provincial, y se calcula una matriz de esos valores.

Se evalúa la matriz de diferencias en cada vértice SRTM y un nuevo modelo de alturas elipsoidales mejorado (SRTMem) es construido. Finalmente, el mismo puede ser afectado por el modelo de geode más adecuado en la región de trabajo para obtener un nuevo modelo de elevaciones (SRTMmej).

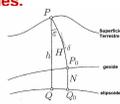
El nuevo modelo basado en SRTM, incluye información de puntos geodésicos locales e incorpora un modelo de geode ajustado a la zona de estudio. En este trabajo, se describe la aplicación de la metodología para la provincia de Santiago del Estero.

## METODOLOGIA APLICADA A SRTM DEM

1.- Las Alturas SRTM se expresan en alturas elipsoidales.

$$h^{SRTMDEM} = H^{SRTMDEM} + N^{EGM96}$$

(Hofman-Wellenhof & Moritz, 2006)



$h^{SRTMDEM}$ : altura elipsoidal SRTM DEM;  $H^{SRTMDEM}$ : altura ortométrica;

$N^{EGM96}$ : altura geoidal EGM96 (Lemoine et al., 1998)

2.- Se calculan las diferencias en cada punto de control terrestre.

$$Dh = h^{SRTMDEM} - h^{POSGAR07}$$

$Dh$ : diferencia de alturas elipsoidales;  $h^{SRTMDEM}$ : altura elipsoidal del DEM;  $h^{POSGAR07}$ : altura elipsoidal de los puntos POSGAR07. (Felcísimo, 1994, 1999).

## METODOLOGIA APLICADA A SRTM DEM

3.- Se interpolan en los vértices del SRTM los  $Dh$

$$h^{(SRTMmej)i} = h^{(SRTM)di} - Dh^{(interpolado)i}$$

$h^{(SRTMmej)i}$ : alturas elipsoidales SRTM mejoradas;  $Dh^{(interpolado)i}$ :

diferencias interpoladas para cada punto grilla SRTM;  $h^{(SRTM)di}$ : altura

elipsoidal del DEM desplazado para cada punto de la grilla SRTM.

4.- Luego se aplica el modelo gravitacional terrestre EGM2008

$$H^{(SRTMmej)i} = h^{(SRTMmej)i} - N^{(modelo geoidal)}$$

$H^{(SRTMmej)i}$ : alturas ortométricas SRTM mejoradas;  $N^{(modelo geoidal)}$ : altura

geoidal EGM2008. (Pavlis et al., 2008).

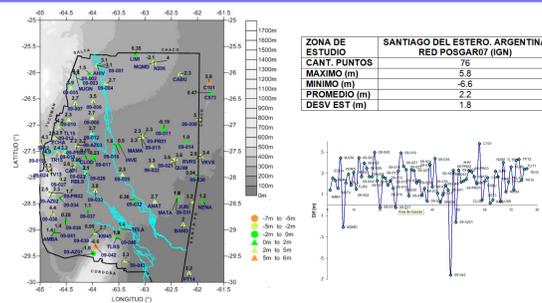
## METODOLOGIA APLICADA A SRTM DEM

5.- Se realiza una comparación del modelo mejorado con datum vertical EGM2008, sobre el conjunto de puntos, pertenecientes a la Red de Nivelación de Alta Precisión.

$$DH = H^{(SRTMmej)i} - H^{(Mader)}$$

$H^{(Mader)}$ : altura ortométrica de Mader, en puntos de coordenadas de precisión variable.

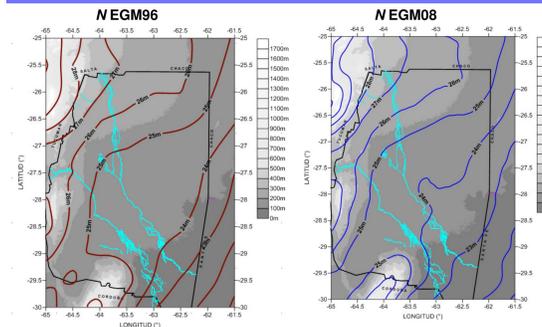
## EVALUACION DEL SRTM DEM EN PUNTOS POSGAR07



ZONA DE ESTUDIO:  
-25° S a -30° S  
-61.5° O a -65° O

(Rodríguez et al, JPL, NASA, 2005)  
(Farr et al, JPL, NASA, 2007)

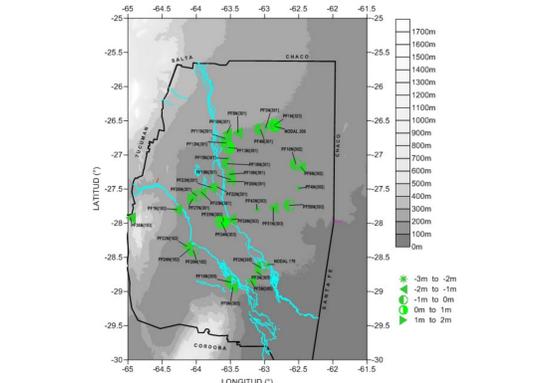
## MODELOS GEOPOTENCIALES SANTIAGO DEL ESTERO, ARGENTINA



Isolíneas cada 1 m de alturas geoidales N del Modelo Gravitacional Terrestre EGM96 (Lemoine et al, JPL, NASA, 1998)

Isolíneas cada 1 m de alturas geoidales N del Modelo Gravitacional Terrestre EGM08 (Pavlis et al, JPL, NASA, 2008).

## EVALUACION DEL SRTM DEM MEJORADO EN PUNTOS DE NIVELACION



## RESULTADOS DEL TRABAJO

Estadísticos	Errores	Errores
	SRTM DEM <sup>ORIGEGM96</sup> en Puntos POSGAR07 (m)	SRTM DEM <sup>MEJEGM2008</sup> en Puntos Nivelación (m)
Cantidad	78	39
Máximo	5.8	1.1
Mínimo	-6.6	-2.5
Promedio	2.2	-1.2
Desv. Est.	1.8	0.9

## CONCLUSIONES

La aplicación del DEM en la provincia de Santiago del Estero presenta un buen ajuste. La totalidad de los puntos se encuentran por debajo de los errores esperados. En zonas llanas el modelo ajusta casi dos veces mejor que en zonas elevadas. (Galván et al. 2013; Candellero 2013; Quiroga 2014). Los errores verticales se encuentran por debajo de los esperados en más de 11 veces en la zona llana y en más de 6 veces en la zona elevada para los puntos POSGAR 07 analizados. Los errores absolutos mas elevados se presentan en coincidencia con las Sierras de Guasayán al oeste, las Sierras de Ambargasta al sudoeste, las Salinas Grandes y las Salinas de Ambargasta y las sierras de Medina al noroeste de la provincia.

## CONCLUSIONES

Las diferencias entre el modelo y las mediciones de campo, son producto de errores orbitales e interferométricos de la misión Shuttle, de las características topográficas y del tipo de cobertura del terreno (por ej. vegetación, construcciones, espejos de agua, salares). Los errores orbitales pueden vincularse con las bajas frecuencias (varios kilómetros), mientras que la presencia de sectores urbanos y vegetación alta, la influencia de la topografía y los errores interferométricos, pueden asociarse a frecuencias medias y altas (pocos Km a ciento de metros).

## CONCLUSIONES

La Red de Nivelación de Alta Precisión del IGN para la provincia de Santiago del Estero tiene 171 puntos con alturas ortométricas de Mader (2016) y coordenadas GPS con precisión variable entre los 0.05 cm a 15 m. Se han seleccionado 39 puntos con precisión en sus coordenadas de 0.05 m para la evaluación del DEM Mejorado, con superficie de referencia EGM2008 para las alturas. Este conjunto de datos, que no se integra al DEM<sup>MEJ</sup>, es el utilizado para la evaluación del mismo. La precisión obtenida para este modelo mejorado es de  $\pm 90$  cm, lo que representa una mejora de 90 cm respecto del modelo original.

## CONCLUSIONES

Las actividades futuras estarán orientadas a avanzar en la implementación de otros métodos de evaluación y a la eventual mejora en la precisión del modelo mejorado calculado en el presente trabajo (Fotopoulos, 2003; Galván, 2014).

## AGRADECIMIENTOS

Deseamos agradecer:

- a la Facultad de Ciencias Exactas y Tecnologías (FCEYT) de la Universidad Nacional de Santiago del Estero (UNSE).

- al Consejo de Investigación de Ciencia y Técnica (CICYT) de la UNSE.