



# Propuesta para estimar las deformaciones de la corteza terrestre en las Sierras de Guasayán, Provincia de Santiago del Estero

José L Gulotta<sup>1</sup> & Juan Castellano<sup>2</sup>

(1) *Departamento de Agrimensura, Facultad de Ciencias Exactas y Tecnologías, Universidad Nacional de Santiago del Estero*  
*jgulotta@unse.edu.ar*

(2) *Departamento de Geología, Facultad de Ciencias Exactas y Tecnologías, Universidad Nacional de Santiago del Estero*  
*juancast@unse.edu.ar*

RESUMEN: es objetivo del presente trabajo brindar una propuesta metodológica para determinar y cuantificar posibles movimientos corticales en las inmediaciones del ámbito de las Sierras de Guasayán en la provincia de Santiago del Estero. En esta se producen terremotos de magnitudes variables que repercuten en ciudades ubicadas en sus alrededores tales como Capital, La Banda, Termas de Rio Hondo, San Pedro de Guasayan, etc. Dicha actividad está vinculada con la subducción de la Placa de Nazca en la Sudamericana, focalizando sismos en el interior de la corteza terrestre o en el manto superior de esta última. En nuestra provincia se identificaron dos aéreas sismogénicas, una de focos sísmicos superficiales, al Oeste del meridiano de 64° que abarca las Sierras de Guasayán cuya estructura pertenece al ambiente de las Sierras Pampeanas y su continuidad en las provincias de Catamarca y Tucumán. Los movimientos de estas estructuras serán cuantificados mediante una Red Geodésica de Puntos Fijos con la utilización de técnicas de posicionamiento satelital en mediciones no continuas pero temporales entre ellas. La otra zona ubicada al Este del río Salado se caracteriza por la presencia de focos sísmicos profundos, por lo cual se desestima para efectuar estudios similares al aquí presentado.

## 1 INTRODUCCION

La creciente evolución de las técnicas de posicionamiento satelital en cuanto a la rapidez y precisión en la adquisición de datos fue ocupando áreas no previstas en su origen. Como prueba de ello es la intervención en el campo de la geodinámica y varias son las razones que han contribuido al crecimiento del uso de los receptores GPS en investigaciones de esta naturaleza. El hecho de suministrar posiciones relativas tridimensionales con precisión de pocos milímetros entre estaciones separadas a cientos de kilómetros, resulta unos de los factores preponderantes por sobre la geodesia clásica. La naturaleza de dichas mediciones GPS permite determinar desplazamientos horizontales como verticales en el mismo tiempo y lugar, información más que importante para el análisis de procesos físicos relacionados con la geodinámica interna de la litosfera y el manto terrestre.

De acuerdo a los estudios realizados en el proyecto de investigación: "Factores concurrentes en la paleo licuefacción de los suelos durante el

terremoto que afecto el casco histórico de la ciudad de Santiago del Estero el 4 de julio de 1817", se identificaron dos áreas sismogénicas en la provincia de Santiago del Estero como lo señala Castellano (2011).

Precisamente como ya se lo expresó el aérea de sismos de magnitud moderada, ubicada al Oeste del meridiano de 64°, en los alrededores de las Sierras de Guasayán es donde se prevé realizar, a modo de proyecto piloto, una red de puntos geodésicos la cual será medida de manera no continua con receptores GPS doble frecuencia.

Esta propuesta se enmarca como continuación de los estudios antes mencionado y en el contexto del proyecto de investigación: "Estimación del peligro sísmico regional en Santiago del Estero. Fuentes sismogénicas y deformaciones corticales. Efectos locales condiciones y parámetros de respuesta sísmica en la ciudad capital. Efecto inducido", el cual hoy está en proceso de evaluación por el Consejo de Investigaciones, Científicas y Tecnológicas de la Universidad Nacional de Santiago del Estero.

## 2 METODOLOGÍA

### 2.1 Plan de Actividades

Se agrupan los trabajos a realizar en tareas de gabinete y campo las que consisten en el primer caso de la recopilación y evaluación de antecedentes referidos a proyectos efectuados en nuestro país o eventualmente en otros con el objetivo de lograr aportes que conduzcan a una mejor realización de esta propuesta. También comprende el diseño y ejecución de marcas sobre el terreno, cálculos, evaluación e interpretación de los resultados así como del software apropiado para la ejecución de las tareas previstas.

### 2.2 Delimitación del Área de Trabajo

Sobre el área de intervención de unos 650 Km<sup>2</sup> se identificó mediante imágenes satelitales los posibles sectores de fallas tectónicas motivo de estudio, tarea difícil debido a la presencia de una capa potente de sedimentos, sobre el basamento fallado, que dificultan su plena localización en el terreno a lo que se suma la vegetación que enmascara aún más la zona.

En una segunda etapa se efectuó un reconocimiento en el terreno a los efectos de ir ubicando los emplazamientos de los Puntos de la Red. Para ello se tomaron como parámetros fundamentales, la accesibilidad dado que los caminos en la zona son escasos y en malas

condiciones. La topografía condicionante para la recepción de las señales GPS en virtud de tratar de no utilizar trípodes para su colocación sobre el punto a medir a los efectos de reducir las fuentes de errores en las reocupaciones de los mismos.

El tipo de suelo resulta un factor determinante en la construcción de las marcas sobre las que se efectuarán las mediciones así es que en algunos lugares se encontraron afloramientos rocosos de gran dureza que permitirán la colocación de la marca directamente. Por el contrario en otros sectores la presencia de sedimento obliga a la construcción de mojones in situ.

Con estos parámetros se fue realizando la visita a los diferentes sectores identificados desde el área de Geología dando forma a la futura Red de estudio como se observa en la Figura 1.

Para las mediciones se dispone de tres receptores GPS doble frecuencias marca Trimble dos modelo R6 y uno modelo R4, todos ellos alcanzan precisiones nominales en horizontal de 3mm + 0.1 ppm RMS y en vertical de 3.5 mm + 0.4ppm RMS utilizando el método estático en sesiones prolongadas de medición.

En la Tabla 1 se puede observar las longitudes aproximadas entre los vértices de la Red con ellas podemos estimar que el RMS de las mediciones con los receptores GPS disponibles estaría por debajo de los 5mm tanto en vertical como en horizontal.

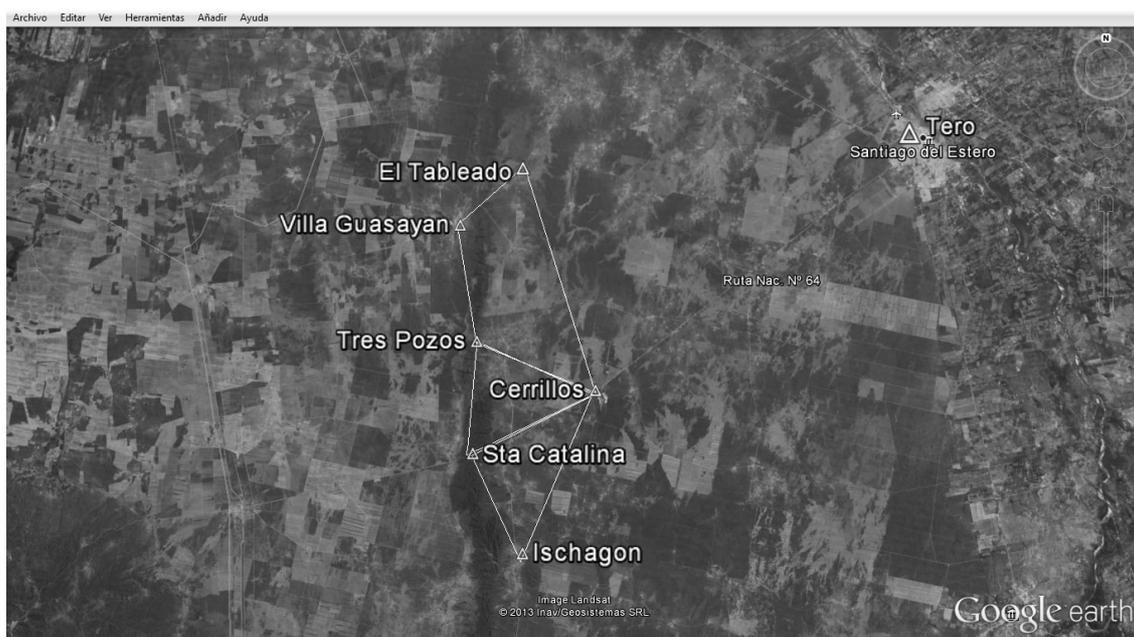


Figura 1. Red Geodesica.

Tabla 1. Distancias entre puntos de la Red.

Vector	Distancia [Km]
Cerrillos/Tres Pozos	15
Cerrillos/Santa Catalina	16
Cerrillos/Ischagón	21
Cerrillos/El Tableado	28
Tres Pozos/V Guasayán	15
V Guasayán/ El Tableado	11

### 2.3 Diseño de Marcas

Entendiendo como tal la materialización en el terreno de los puntos de la red de observación es que se requiere identificar las características de los mismo, en este sentido se reconocieron dos ambientes, uno de rocas y el otro formado por suelos. Así es que para el primero de ellos se optará por el empleo de brocas metálicas, las cuales serán colocadas perforando a las rocas y adheridas con pegamento epoxi. Sobre esta se enroscará la antena del receptor GPS, de acuerdo a las recomendaciones del CNUGG (1996) un ejemplo es lo que se muestra en la Figura 2.



Figura 2. Marca y Broca para Punto de la Red Geodésica.

La segunda opción definida para terrenos con presencia de suelos, será la construcción de mojonos de hormigón in situ, como lo muestra la Figura 3, con la fijación de pequeños pernos, al momento de hormigonar que permitan luego colocar las antenas GPS directamente o bien mediante una varilla adaptadora a los fines de separar algunos decímetros la antena del suelo, al solo efecto de garantizar una correcta recepción de las señales satelitales. En estos casos para la conservación de las marcas se construirá tapas especiales a fin de garantizar su estado óptimo al momento de la medición.



Figura 3. Mojón de Hormigón armado.

### 2.4 Campañas de Medición

Como se dispone de tres receptores GPS se realizarán campañas de medición de dos vectores por sesión otorgándole a cada vector un tiempo de por lo menos 8 hs de ocupación e ir rotando los receptores hasta totalizar la medición de todos los vectores de la Red.

Con los tiempos de ocupación antes definidos y en virtud de la longitud estimada de los vectores, de unos 14 km de promedio, se considera suficiente para alcanzar las precisiones requeridas en el estudio aquí planteado.

Con los datos de campaña se realizara un procesamiento mediante el software Trimble Business Center a los efectos de una primera evaluación y lectura de los resultados.

A posterior se procesaran estos datos con el software científico BERNESE GNSS el cual se encuentra en trámite avanzado de adquisición por parte de la Facultad de Ciencias Exactas y Tecnologías de la Universidad Nacional de Santiago del Estero.

Con estos últimos resultados se efectuara un proceso de compensación a fin de obtener los valores de coordenadas finales, en la actualidad el grupo de trabajo se encuentra evaluando software que cumplan con este objetivo.

Un factor a tener en cuenta en el diseño y cálculo de la Red es la presencia de las Estaciones Permanentes GPS situadas en las provincias de Santiago del Estero, Catamarca y Tucumán pertenecientes a la Red de Monitoreo Satelital Continuo (RAMSAC) que funciona bajo la supervisión del Instituto Geográfico Nacional (IGN) y con disponibilidad libre de los datos en la web.

Como la Red de Prueba está ubicada a unos 40 km de Santiago del Estero, a 80 Km de la ciudad de Juan B. Alberdi, Tucumán y a 90 Km de San

Fernando del Valle de Catamarca, lugares donde están emplazadas las Estaciones Permanentes denominadas TERO, JBA y CATA según la terminología empleada en la Red RAMSAC, posibilitara efectuar una vinculación y control de la misma.

La proximidad de las Estaciones GPS actuando como puntos fijos de referencias externos a la Red de Prueba y mediante las operaciones de vinculación correspondientes, garantizara que en caso de advertir movimientos que se determinen a través de las mediciones GPS estos sean producto de desplazamiento tectónicos y no originados por errores que se pudieran filtrar accidentalmente durante el cálculo o durante la medición.

La importancia de poder disponer de datos provenientes de Estaciones Permanentes para ser utilizados en trabajos como los propuestos en este proyecto quedan de manifiesto en los resultados exhibidos por el Instituto Geográfico Nacional (IGN, 2010) en los que con los datos obtenidos desde la Red RAMSAC se pudo dimensionar los desplazamientos corticales producidos por el terremoto del 27 de febrero del 2010 ocurrido en el vecino país de Chile.

### 3 CONCLUSIONES

La cuantificación de los desplazamientos corticales determinada desde las observaciones satelitales GPS es una técnica creciente a nivel mundial.

Esta práctica sin precedentes a nivel provincial y regional pretende generar una metodología de trabajo en esta línea, la cual probada y corregida en sus procedimientos sobre la Red de Prueba definida permitirá que la misma se extienda hacia otras zonas hasta cubrir toda la extensión del territorio de la provincia de Santiago del Estero.

Con los resultados obtenidos este grupo de investigación aspira poder detectar las estructuras que podrían generar sismos de magnitud en la provincia y direccionar estudios de mayor profundidad y detalle sobre ellas.

### 4 REFERENCIAS

Castellano, J.A & E, Bailón, La actividad sísmica en la Provincia de Santiago del Estero, áreas sismogénicas, sismicidad e intensidad de las fuentes *VII Jornadas de Ciencia y Tecnología de Facultades de Ingeniería del NOA Tomo I*, 523-530, 2011.

Grupo de Trabajo de los Estándares Geodésicos (GTEG), Estándares Geodésicos (GPS) 9-10,1996.

El Terremoto de Chile y sus consecuencias Geodésicas en la Argentina, [www.ign.gob.ar](http://www.ign.gob.ar), marzo 2010.