

# ANÁLISIS DE DEFORMACION DEL VOLCÁN SABANCAYA CON DATOS GPS, PERIODO 2015

Edu TAIPE<sup>1</sup>, Rafael MIRANDA<sup>1</sup>, Jonathan DIAZ<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Observatorio Vulcanológico de INGEMMET, Arequipa

## INTRODUCCION

El volcán Sabancaya se encuentra ubicado en la provincia de Caylloma, región Arequipa, a 70 km al NO de la ciudad de Arequipa. Es un estratovolcán de edad Holocénica conformada, principalmente, por secuencias de flujos de lava de composición andesítica y dacítica. Asimismo, se encuentra en un ambiente tectónico complejo afectado por diferentes sistemas de fallas, fracturas, lineamientos de dimensiones y rumbos variados (Rivera et al., 2015), actualmente con actividad fumarólica (figura 1).

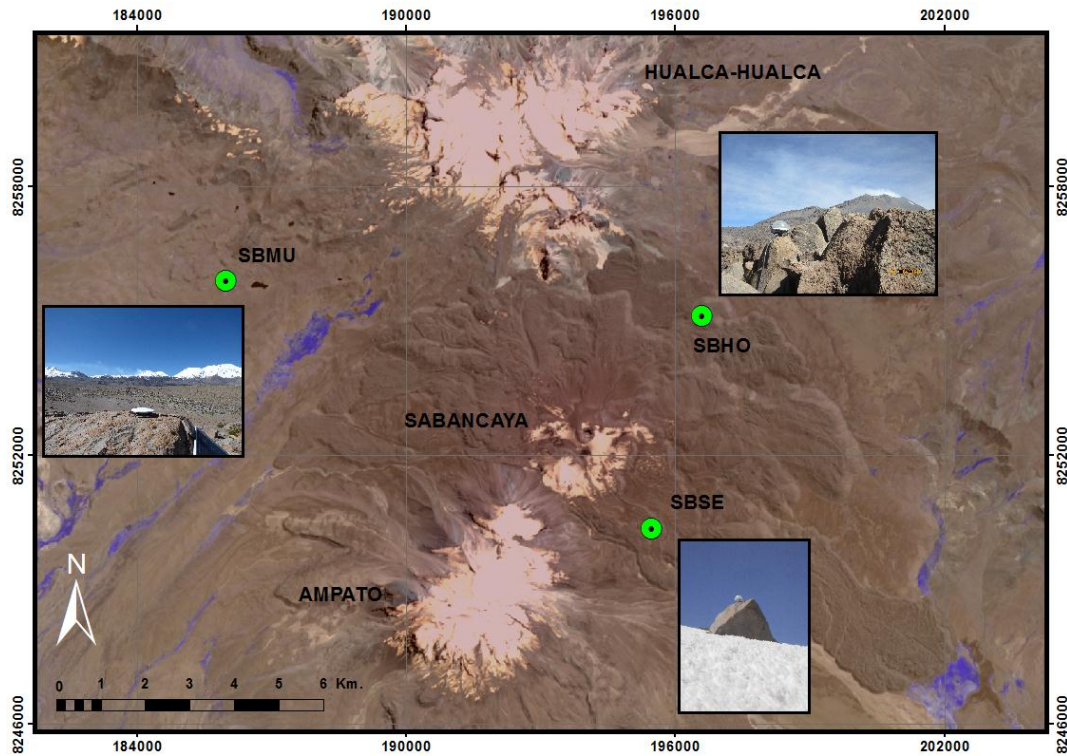
El Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET) mediante el Observatorio Vulcanológico del INGEMMET (OVI) viene implementando el monitoreo del volcán Sabancaya desde el año 2013, este monitoreo implica el uso de diferentes técnicas como la sismología, hidrología, gases, sensores remotos y la deformación. El monitoreo de deformación se venía realizando con mediciones de distancias en el flanco sur del edificio volcánico, a finales del año 2014 se instalaron 3 receptores GPS en el edificio volcánico para monitorear de manera continua el comportamiento de deformación en el volcán por procesos volcánicos, los resultados obtenidos en estas tres estaciones, su análisis e interpretación de los fenómenos asociados se presentan en este trabajo.



**Figura 1.** Vista del volcán Sabancaya

## INTRUMENTACION Y DATA

El monitoreo de la deformación en el volcán Sabancaya se realiza empleando equipos GPS de la marca Trimble Modelo R7 y antenas Trimble Zephyr Geodetic 2 (Figura 2), estos equipos están instalados en una red de tres estaciones; Mucurca SBMU (Noroeste) Hornillos (Noreste) y Volcán (Sureste), ver mapa de la figura 2, estas estaciones están distribuidas alrededor del volcán, tratando de cubrir acimutalmente el edificio volcánico. El objetivo principal de esta red es identificar deformaciones corticales originadas por procesos magmáticos. El periodo de análisis comprende desde septiembre de 2014 a diciembre de 2015, periodo en el cual solo la estación SBMU sufrió un corte por casi tres meses del 26 de agosto al 11 de agosto por temas de seguridad.



*Figura 2.- Red de estaciones de monitoreo GPS permanentes en el volcán Sabancaya*

## PROCESAMIENTO Y RESULTADOS

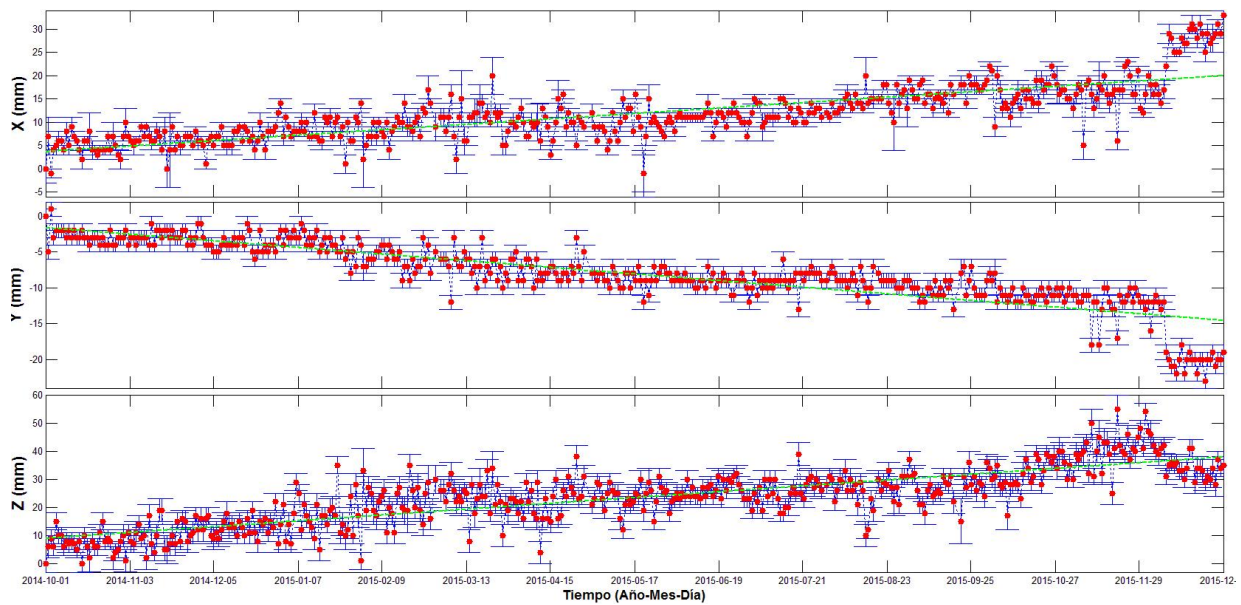
El procesamiento de los datos se realizó usando el software GAMIT/GLOBK (Herring et al., 2010), desarrollado por el MIT en EE.UU. Este software consta de dos módulos, el primero; GAMIT, a partir de las dobles diferencias de fase de observaciones GPS diarias, se estiman las soluciones de las posiciones de cada estación por separado. Mediante el segundo módulo, GLOBK, se combinan las soluciones obtenidas de distintas redes y distintas épocas en una solución única. A la solución única, calculada según el sistema de referencia global ITRF08, se le impone un marco de referencia apropiado, este marco global es fijo e independiente de los movimientos de la corteza continental y está definido a partir de una serie de estaciones con coordenadas y velocidades conocidas. Para ello también es necesario entrar datos orbitales y de rotación terrestre y retrasos del cenit atmosférico. Desafortunadamente, debido a la resolución del GPS, no es fiable el cálculo de la tasa de deformación vertical. Por este motivo, los resultados que se presentan hacen referencia a la deformación horizontal. Por otro lado las estaciones del IGS que se consideraron para el procesamiento son las estaciones; AREQ, BOGT, RIOP, POVE, FORT, BRAZ, CHPI y KOUR. Los procedimientos controles y correcciones se detallan en los manuales de cada programa.

Los resultados son las series temporales (figuras 3, 4 y 5) para cada una de las estaciones y para cada componente (X, Y y Z), en las cuales se puede identificar la tendencia de desplazamiento de los puntos durante el periodo de análisis. Las magnitudes de los desplazamientos y el margen de error de los cálculos se pueden ver en la tabla 1. El análisis de las series temporales en las tres estaciones nos sugiere una deformación constante, dado que se ha eliminado el efecto del movimiento de placas tectónicas la atribuimos a efectos locales, por otro lado se ha identificado en la estación SBHO una deformación co-sísmica ocurrida el 8 de diciembre (ver series temporales) generada por un sismo ocurrido a 5 Km al

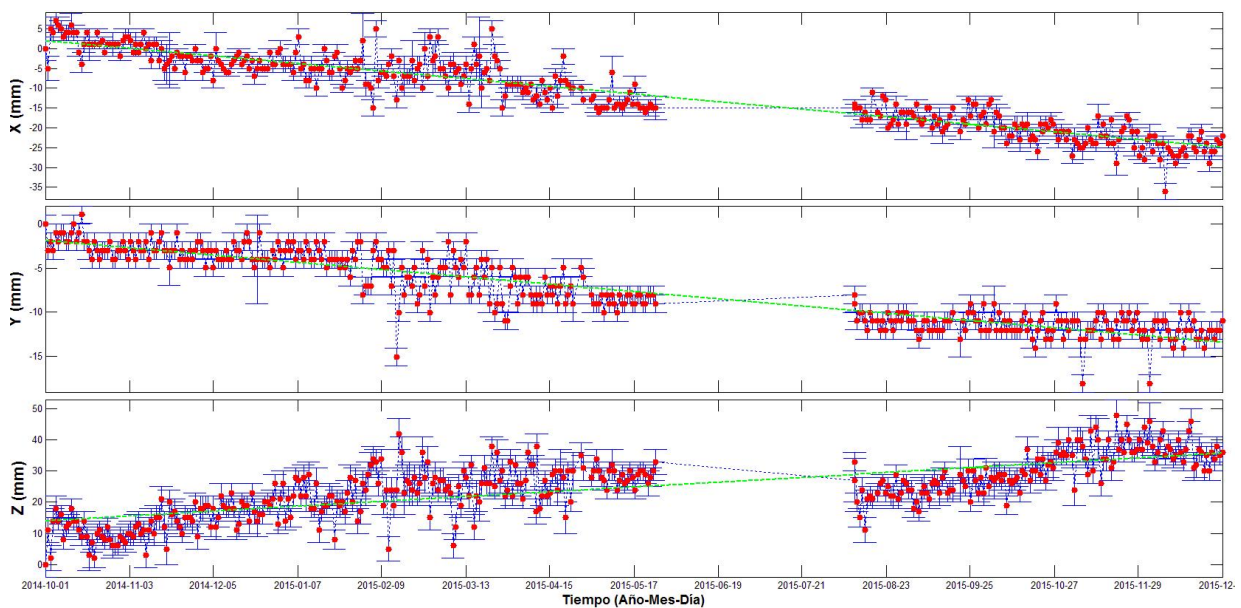
Este del volcán con una magnitud de 4.7 ML reportado por la NEIC (National Earthquake Information Center).

NOMBRE	CODIGO	X (mm)	Y (mm)	Z (mm)	$\Delta X$ (mm)	$\Delta Y$ (mm)	$\Delta Z$ (mm)
MUCURCA	SBMU	27.61	11.80	21.16	$\pm 3$	$\pm 2$	$\pm 4$
HORNILLOS	SBHO	16.19	12.97	30.27	$\pm 2$	$\pm 2$	$\pm 3$
BASE SURESTE	SBSE	5.45	28.41	37.62	$\pm 2$	$\pm 1$	$\pm 4$

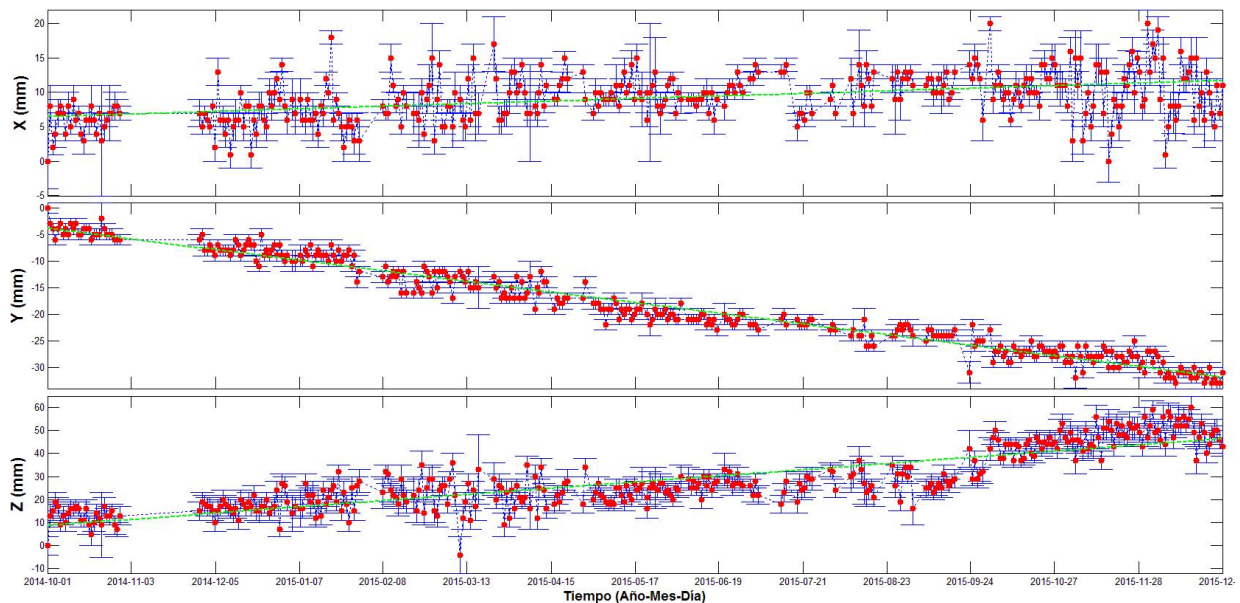
*Tabla 1.- Desplazamientos estimados periodo, septiembre de 2014 a diciembre de 2015.*



*Figura 3.- Series de tiempo para la estación GPS permanente SBHO.*



*Figura 4.- Series de tiempo para la estación GPS permanente SBMU.*



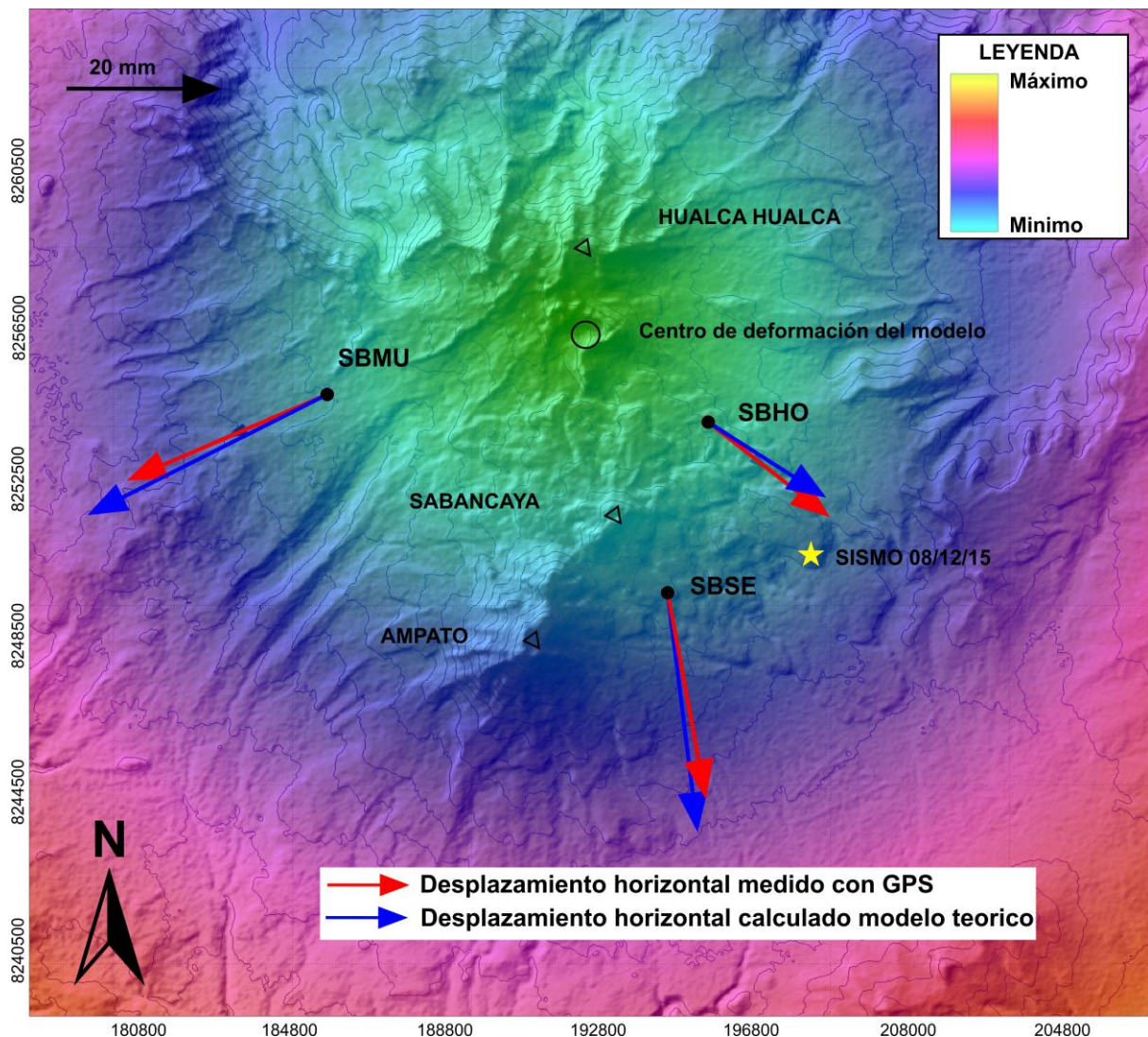
**Figura 5.-** Series de tiempo para la estación GPS permanente SBSE.

## CONCLUSIONES

El resultado más importante de este procesamiento son los campos de desplazamiento según los puntos monitoreados, dado que el periodo de análisis no nos permite calcular velocidades, solo nos referiremos al desplazamiento para el periodo de análisis, además de considerar solo los desplazamientos horizontales ya que corresponden a los de mayor precisión, es así, que se prepara el mapa de la figura 6, en cual se puede observar los vectores de desplazamiento de cada uno de las estaciones (flechas azules), las orientaciones y magnitudes de estos vectores las evaluamos considerando diferentes modelos de deformación teóricos entre ellos el modelo de Mogi (Mogi, 1958), siendo este el que explicaría mejor el fenómeno de deformación medido en los puntos GPS.

El modelo propuesto por Kiyoo Mogi (Mogi, 1958), propone que se puede estimar la posición de la fuente de la deformación, este modelo del mecanismo de la deformación supone que la corteza de la tierra es un cuerpo elástico ideal semi-infinito y que la deformación de la corteza terrestre es causado por una fuente esférica con presión hidrostática en la corteza terrestre. Como parámetros conocidos se consideraron los resultados de los estudios hechos por Gerbe y Thouret (2004) que proponen que la cámara magmática se encontraría a 13 km de profundidad y según el mismo modelo, se está asumiendo que esta cámara tendría un radio de 4.5 km. Con estos datos se modela la ubicación de la fuente de deformación, encontrando un nivel de correlación al 95% con una probable fuente ubicada entre el Sabancaya y el extremo sur del volcán Hualca Hualca, tal como se puede ver en el mapa de la figura 6. En esta misma grafica se han dibujado el campo de deformación (escala de colores) y los vectores (flecha rojas) de desplazamiento calculados según el modelo de Mogi.

Siendo corregidos los efectos tectónicos evidentes en las data y considerando en el periodo de análisis podemos proponer que la deformación medida en el volcán Sabancaya estaría asociada al incremento de presión en una cámara magmática ubicada en el extremo sur del volcán Hualca Hualca, la cual se encontraría a una profundidad de 13 Km y tendría un radio inicial de 4.5 Km.



**Figura 6.-** Mapa de vectores de desplazamiento y su relación con el modelo de deformación teórico.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Gerbe M.C. y Thouret J.C. (2004). —Role of magma mixing in the petrogenesis of tephra erupted during the 1990-1998 explosive activity of Nevado Sabancaya, southern Peru. *Bulletin Volcanology*. 2004, 66: 541-561.
- Herring, T. A., King R. W. y McClusky S. C. (2010), *Introduction to GAMIT/GLOBK Release 10.4*, Departement of Earth, Atmospheric, and Planetary Sciences. Massachusetts Institute of Technology, Cambridge., 48.
- Mogi, K. (1958). Relations between the eruptions of various volcanoes and the deformation of the ground surfaces around them. *Bull. Earthq. Res. Inst. U. Tokyo*, 36, 99–134.
- Rivera, M., Mariño J., Samaniego P., Delgado R. & Manrique N. (2015) – Geología y evolución de peligros del complejo volcánico Ampato – Sabancaya (Arequipa), INGEMMET. *Boletín, Serie: Geodinámica e Ingeniería Geológica*, 61, 122p, 2 mapas.