

ESTACION MULTIPARAMETRO DE GALERAS: ESTUDIO MULTIDISCIPLINARIO DE UN VOLCAN DE LA DECADA EN COLOMBIA

Gómez M., Diego - Ortega E., Adriana - Torres C., Roberto
INGEOMINAS – Centro Operativo Regional Pasto

e-mails: dgomez@ingeomin.gov.co / aortega@ingeomin.gov.co / rtorres@ingeomin.gov.co

Resumen

Dos problemas comunes en vulcanología son: el entendimiento de los procesos físicos al interior de un volcán activo y el monitoreo de su actividad. Actualmente, en la mayoría de volcanes activos alrededor del mundo se miden varios parámetros geofísicos y geoquímicos, con irregularidad en el muestreo, en experimentos individuales y usualmente tomando ventanas de observación diferentes, que dificultan aproximarse al proceso físico interno del volcán y su vigilancia.

En 1997 se oficializó un proyecto entre el BGR e INGEOMINAS, denominado Estación Multiparámetro Galeras (EMG). En el momento cuenta con una red sísmológica compuesta por cuatro estaciones de banda ancha y un acelerómetro, ofreciendo grandes ventajas en cuanto al registro por el gran rango dinámico que manejan. Estos equipos se instalaron en la parte alta del volcán mejorando el procesamiento y análisis de la información sísmica y resaltando algunas características que no son evidentes o ni observables en el sistema de corto período. La EMG cuenta con una estación climatológica equipada por sensores de velocidad y dirección del viento, temperatura, presión atmosférica y un microbarómetro, que permite conocer las condiciones ambientales en la cima del volcán y apoya en la interpretación de la información sísmológica descartando influencias climáticas. Imágenes térmicas de Galeras, han permitido corroborar los focos principales de emisividad de roca que concuerdan con las fumarolas de temperaturas más altas. Cuenta además con una estación telemétrica de gases, a fin de reducir el riesgo que implican los muestreos e incrementar la cantidad y calidad de parámetros físico-químicos medidos. Se cuenta también, con dos estaciones electromagnéticas que permiten estudiar los campos tanto naturales como artificiales de potencial eléctrico y magnético en la Tierra, para identificar anomalías causadas por variaciones en las propiedades físicas de la roca y que puedan correlacionarse con los diferentes procesos que se dan al interior del volcán.

Palabras claves: Estación Multiparámetro, Volcán Galeras, estaciones sísmicas banda ancha, climatológica, termográfica.

Abstract

Two common vulcanology problems are: understanding of the physical processes into an active volcano and monitoring of its activity. At moment, in most active volcanos around the world several geophysical and geochemical parameters are measured, with irregular sampling, individual experiments and usually taking different observation windows hinder to approach at the internal physical process of the volcano and its surveillance.

In 1997 it was made a project between BGR and INGEOMINAS, called Estación Multiparámetro Galeras (EMG). At present it has a seismic network composed by four broadband stations and an accelerometer, offering big advantages for the records due to the high dynamic range. These equipments settled in the high part of the volcano improving the processing and analysis of the seismic information and standing out some characteristics that are not evident or neither observable in the short period system. The EMG has a weather station equipped by sensors of wind speed and direction, temperature, atmospheric pressure and a microbarometer. It allows to know the environmental conditions in the volcano summit and it supports in the interpretation of the seismic information discarding climatic influences. Thermal images of Galeras have allowed to corroborate the main focuses of rock emisivity that agree with the fumaroles of higher temperatures. It also has a telemetered gases station in order to reduce the risk that this activity implies and to increase the quantity and quality of physical-chemical measured parameters. It also has two electromagnetic stations that allow to study the natural and artificial fields of electric and magnetic potential in the Earth, to identify anomalies caused by variations in the physical properties of the rock and that they can be correlated with different processes that are given to the interior of the volcano.

Key words: Multiparameter Station, Galeras Volcano, broadband seismic stations, weather station, thermography

ESTACION MULTIPARAMETRO DE GALERAS

Desde 1997, El Instituto Federal para las Geociencias y los Recursos Naturales (BGR, Alemania) y el Instituto de Investigaciones e Información Geocientífica, Minero-Ambiental y Nuclear (INGEOMINAS, Colombia), vienen desarrollando e implementando una EMG. La concepción filosófica de la EMG, está fundamentada preferencialmente en realizar una vigilancia continua y en tiempo real, integrando diferentes parámetros geofísicos y geoquímicos que permitan concebir una visión integral del desarrollo del proceso volcánico (Figura 1). En el momento, este sistema está conformado por varias estaciones ubicadas en el entorno del edificio volcánico de Galeras, y su información es telemetrada y registrada en una de las oficinas regionales de INGEOMINAS, el Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Pasto (OVSP), ubicado aproximadamente a 8 km al oriente del volcán (Figura 2; Faber et al, 2000).



Figura 1. Diagrama que visualiza la filosofía de la Estación Multiparámetro, en el cual, un volcán activo es monitoreado en tiempo real, con adquisición simultánea de parámetros tales como: sismología, gases, electromagnetismo, video, climatología e infrasonido.

Galeras fue elegido para la implementación de este proyecto, por su nominación en 1992 por el programa International Decade for Natural Disaster Reduction (IDNDR), como uno de los volcanes del decenio en Sudamérica y porque INGEOMINAS instaló en 1989 un observatorio permanente, equipado con estaciones sísmicas telemétricas de corto período, inclinómetros electrónicos y otras técnicas de monitoreo (como muestreo periódico de gases y métodos de deformación), los cuales proporcionaron un sistema de referencia y un nivel base de información para la EMG.

Los datos de las estaciones sísmicas, electromagnéticas, de infrasonido, climatológica y gases son telemetrados continuamente al OVSP donde se registran y almacenan. Con excepción de la estación de gases, los parámetros restantes se digitalizan en cada estación por medio de un módulo digitalizador CMG-DM26/6, el cual puede transmitir hasta 6 señales a alta velocidad (hasta 200 muestras por segundo) y 8 señales (climatológica) de baja velocidad a 16-bit y 4 muestras por segundo. La transmisión se realiza por medio de radios FreeWave, caracterizados por trabajar en espectro ensanchado. La información es registrada en el OVSP, con el programa SCREAM!, para adquisición de los datos en formato Guralp (GCF) y su visualización en tiempo real. Este programa, recibe los datos a partir de un multipuerto serial y visualiza las trazas por medio de ventanas. Los datos se registran de manera continua, generando archivos consecutivos de cinco minutos. En campo, cada módulo de digitalización está provisto con un GPS Guralp el cual proporciona información relacionada con tiempo universal. Adicionalmente, una de las estaciones cuenta con un Módulo Combinado de Repetición (CRM), utilizado para recibir señales de diferentes estaciones (hasta 8 canales) y de allí obtener una señal única multiplexada de salida que se transmite por medio de radios FreeWave (Guralp Systems Ltd).

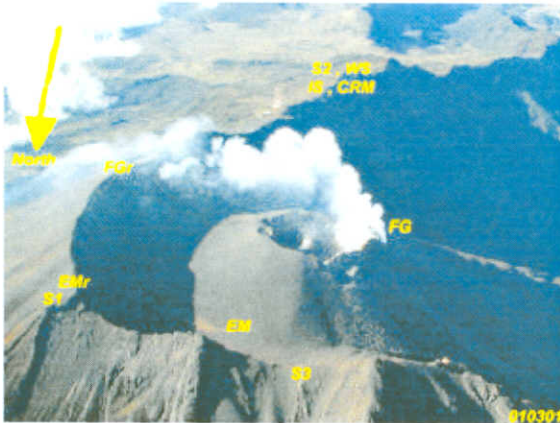


Figura 2. Localización de algunos de los equipos que hacen parte de la EMG. S1, estación Anganoy, sismómetro de banda ancha y acelerómetro. S2, estación Cráter, sismómetro de banda ancha. S3, estación Achalay, sismómetro de banda ancha. WS, Estación Climatológica. IS, Sensor de infrasonido. EM, Estación Electromagnética. Emr, repetidora de Electromagnetismo. FG, Sensor de gases fumarólicos. FG, repetidora de gases. CRM, Modulo combinado de repetición

El programa PC-SUDS mueve automáticamente el último archivo del computador de adquisición al de análisis por medio de red, y transforma los archivos de formato Guralp a SUDS; posteriormente, los datos son almacenados en CD.

El grupo de trabajo de gases fumarólicos del BGR, desarrolló un sistema electrónico que permite coleccionar señales análogas múltiples de gases fumarólicos, las direcciona a sus respectivos sensores y las digitaliza en una unidad llamada Sistema ADAM, aproximadamente a una muestra cada seis segundos. La transmisión de datos al OVSP se realiza utilizando los radios FreeWave, donde el programa VisAdam se encarga de recibir y visualizar la información. VisAdam es un programa desarrollado en Visual Basic por el grupo de trabajo de gases del BGR (Faber et al, 1999).

Debido a un deslizamiento ocurrido en una de las laderas del cono activo de Galeras, el equipo de Gases fue destruido y por las condiciones de orden público en el país, el personal del BGR no ha podido viajar a Colombia para reemplazar los equipos de gases. Por otra parte, por daños registrados en una de las estaciones sísmicas de banda, su sensor y digitalizador se envió a la casa distribuidora en Estados Unidos (Digital Technology Ltda), para su correspondiente revisión y reparación.

RED SISMICA DE BANDA ANCHA

En 1997 comenzó la instalación de una red, que hoy en día cuenta con cuatro sismómetros triaxiales de banda ancha y un acelerómetro (Figura 3). La estación de Anganoy ubicada a 0.9 km al este del cráter activo cuenta con un sismómetro Guralp de banda ancha CMG-40T y un acelerómetro Guralp CMG-5T. La estación Achalay, temporalmente fuera de servicio, localizada a unos 0.9 km hacia el norte del cráter cuenta con un sismómetro Guralp CMT-40T4929, compuesto por una unidad compacta formada por un sensor y un digitalizador. La estación Cráter se localiza aproximadamente a 1.6 km hacia el sur del anfiteatro. Cráter cuenta con un sismómetro de banda ancha Streikeissen STS-2. Finalmente, la estación Obonuco, ubicada 5 km hacia el sur del volcán cuenta con un sismómetro tipo STS-2. Obonuco se utiliza como estación de referencia para diferenciar posibles fuentes externas a la actividad volcánica. Las estaciones de banda ancha ubicadas en la cima del volcán (Achalay, Cráter-2 y Anganoy), se instalaron de tal manera que conforman una triangulación en torno al cono activo con el propósito de lograr un mejor análisis de la sismicidad proveniente del volcán.

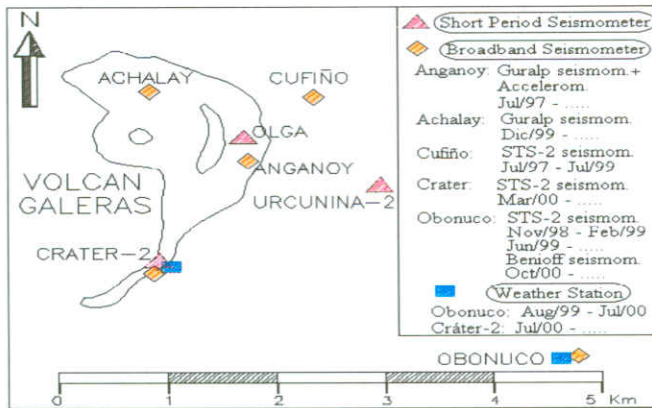


Figura 3. Mapa de la parte alta de Galeras con la localización de estaciones sísmicas de corto periodo y banda ancha y los lugares de la estación Climatológica.

El rango dinámico de las estaciones sísmicas de banda ancha permite el registro y análisis tanto de señales de nivel energético pequeño, como eventos tipo Mariposas, así como señales y fenómenos sísmicos más energéticos o con un rango frecuencial más amplio (tanto en altas como en bajas frecuencias), tales como Tornillos, Tremor volcánico, sismos Volcano-Tectónicos, sismos tectónicos, explosiones entre otros (Gómez et. al., 1999; Gómez and Torres, 1997). Las figuras 4, 5, 6, 7, y 8 muestran algunos ejemplos de este tipo de señales.

Entre algunas de las principales características de las estaciones digitales de banda ancha que permiten incrementar su grado de detección y confiabilidad, pueden mencionarse las siguientes:

- Sismómetros triaxiales. Frecuencia de esquina inferior $1/120s = 0.008$ Hz (Streikeissen STS-2) y $1/60s = 0.017$ Hz (Guralp CMG-40T)
- Conversor A/D de 24 bits
- Gran rango de amplitud ($Ra = 2^{24} = 16'777.216$)
- Rango dinámico 142 dB sistema digital (24 bits)
- Gran linealidad en respuesta

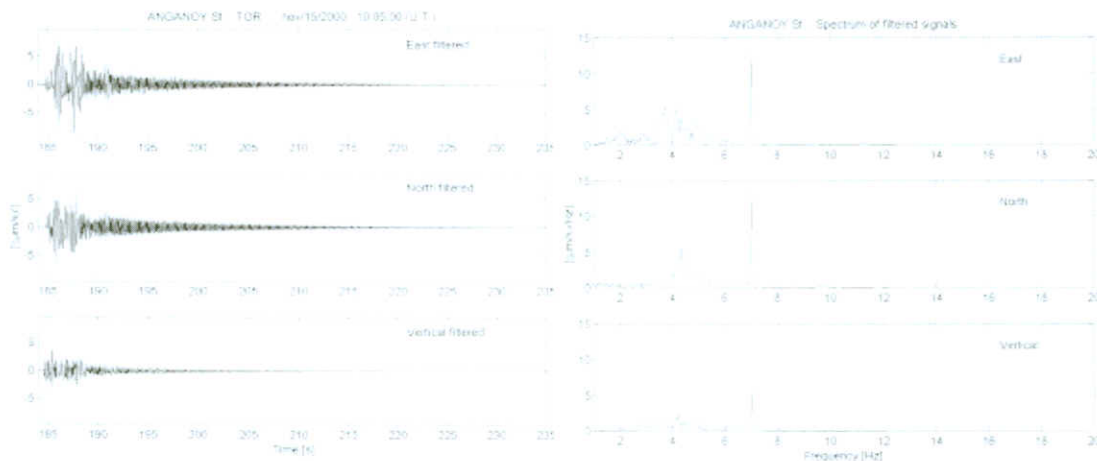


Figura 4. Evento tipo Tornillo obtenido al filtrar el registro de banda ancha de las tres componentes del sismómetro de Anganoy (izquierda) y su correspondiente espectro (derecha).