



Descripción Tomografía con Muones del Volcán Galeras

Tatiana Cusís¹, David Dueñas¹, Jairo Rodríguez¹, Jaime Betancourt¹, Alex Tapia², David Martínez³,



¹Universidad de Nariño, Pasto, Colombia.
²Departamento de Ciencias Básicas, Universidad de Medellín, Medellín, Colombia.
³IIT Center for Accelerator and Particle Physics, Illinois Institute of Technology, Chicago-IL (USA).

Resumen

Mediante esta descripción del proyecto se menciona algunos métodos relevantes para estudiar la estructura interna del Volcán Galeras (VG) a través del uso de muones de alta energía provenientes de los rayos cósmicos los cuales tienen la capacidad de penetrar el volcán. Se muestra en el presente poster una recopilación de los diferentes estudios realizados hasta el momento dentro del grupo de altas energías de la Universidad de Nariño asociados a un sistema de detección de muones cósmicos en un perfil previamente evaluado en la zona del VG y poner en marcha un método análisis de datos que permita obtener imágenes en 3D del interior del volcán. Como resultado de la investigación a un futuro cercano se pondrá en funcionamiento un método de análisis de datos de manera continua tal que permita el monitoreo constante del volcán.

Introducción

El volcán Galeras con una altura de 4276 msnm, localizado en la Ciudad de San Juan de Pasto con una edad estimada en cerca de 4.500 años, es uno de los de mayor actividad en Colombia con reportes de erupciones importantes. El asentamiento y crecimiento de poblaciones en zonas de alto riesgo, ha conllevado a tener una especial vigilancia del cono volcánico, especialmente por los antecedentes del Galeras en la generación de flujos piroplásticos. La tomografía con muones ayuda a comprender la estructura volcánica interna y la dinámica presente durante un proceso eruptivo [1]. Los muones generados por decaimientos en las EAS interactúan débilmente con la atmósfera perdiendo una mínima energía, lo cual permite obtener un flujo considerable de muones que arriban a la superficie terrestre. La tomografía posibilitará el desarrollo de un método para la detección temprana de una posible erupción del Galeras.

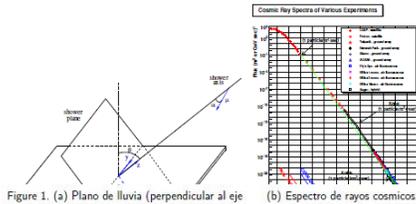


Figure 1. (a) Plano de lluvia (perpendicular al eje Superficie terrestre y sistema de coordenadas [2]. (b) Espectro de rayos cósmicos.

Tomografía de Muones

La tomografía es una técnica empleada para explorar estructuras complejas y heterogéneas debajo de la superficie terrestre mediante la construcción de imágenes. Los modelos tridimensionales (3D) de la estructura terrestre, permiten dar respuesta a algunos cuestionamientos básicos de su geodinámica. La radiografía Muon se basa en la observación de la absorción de muones en la materia, como la radiografía ordinaria hace mediante el uso de rayos-X[3].

Rayos Cósmicos

Se denominan rayos cósmicos a partículas subatómicas procedentes del espacio exterior (fig.1) cuya energía, debido a su gran velocidad, es muy elevada. La interacción de los rayos cósmicos con la atmósfera produce grandes lluvias de aire, que proporcionan abundante fuente de muones. Estas partículas se pueden utilizar para diversas aplicaciones de radiografía muon, en particular para estudiar la estructura interna de diferentes volcanes [4]



Figure 1: Lluvia de Rayos Cósmicos provenientes del exterior [5].

Evolución de las cascadas y Producción de Muones

1. Su baja densidad atómica permite una extensa dispersión de las partículas secundarias (como muones).
2. El espesor vertical es suficiente para que las cascadas alcancen el desarrollo máximo de partículas, permitiendo relacionar proporcionalmente el número total de partículas con la energía total.
3. La inhomogeneidad del perfil de densidad permite establecer para su estudio las diferentes zonas de desarrollo de las cascadas donde se producen los procesos de multiplicación (ej.como producción de muones) y absorción de partículas[6].

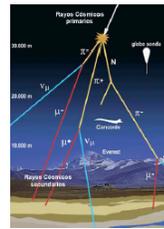


Figure 2: Diagrama esquemático mostrando los procesos principales en las cascadas[7].

Metodología Usada En Previos Estudios

En un trabajo realizado recientemente usamos GEANT4 [8][9] con el cual simulamos muones que interactúan con el volcán y su cráter. La geometría fue construida utilizando el programa SolidWorks (SW) y posteriormente por medio de otro software llamado FASTRAD se convirtió a una extensión en un archivo GDML que es leído por GEANT4. Para la construcción Se utilizaron las curvas de nivel proporcionadas por el "Servicio Geológico se realizó una simulación en GEANT4 además de la aplicación de simulación de la geometría volcán como se muestra en la figura 3 (b), se simuló 1000 muones de energías de 1 TeV atravesando el volcán A través del cráter. Se realizó un estudio con dos tipos diferentes de cráter:

- roca estándar figura (d)
- aire figura (c)



figura (a)

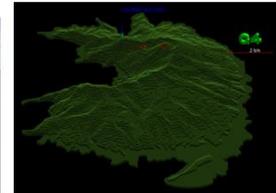


figura (b)

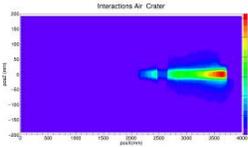


figura (c)

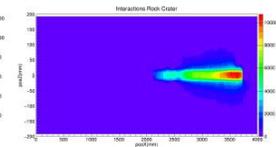


figura (d)

Figure 3

Como una primera aproximación se envió partículas a través de la geometría del volcán en un escalado 1: 1000. Este escala fue hecho por una simulación a escala real la cual tendrá una potencia de cálculo cada vez mayor. Además Se desea en un futuro desarrollar un proceso para poder tener acceso a la escala de la simulación a las dimensiones reales del volcán Galeras[10].

Conclusiones

- En un futuro cercano el grupo de investigación de la Universidad de Nariño desarrollará una simulación completa de la geometría del volcán Galeras, y su composición usando GEANT4.
- Un siguiente paso posible a futuro será calcular el perfil atmosférico de la ciudad de Pasto a partir de datos almacenados en la asimilación de datos global.

Referencias

[1] TANAKA, H. K. M. ET AL, Radiographic Visualization of Magma Dynamics in an Erupting Volcano, Nat. Commun. 5:3381 doi: 10.1038/ncomms4381 (2014).
[2] L. CAZON ET AL, A model for the transport of muons in extensive air showers, Astropart. Phys. 36 (2012) 211-223.
[3] F. Beauducell et. al. (2008), Muon radiography of volcanoes and the challenge at Mt. Vesuvius, Cosmic radiation and Geoparticle Physics, 10, pp 1-19.
[4] Abraham et. al., J. (2004), (Pierre Auger Collaboration), Properties and performance of the Prototype Instrument for the Pierre Auger Observatory, Nuc. Instr. Meth. Phys. Res. A., 523, pp 50-95.
[5] <http://astrofi.org/publication/images/8420/los-rayos-cosmicos-a-efectan-a-la-habitabilidad-en-exoplanetas-primary.jpg>
[6] Moreno, J. C. (2012). Estudio de rayos cósmicos ultraenergéticos en el Observatorio Pierre Auger. Nuevo modelo de profundidad atmosférica y su influencia en observables, Tesis Doctoral, Universidad Nacional de la PLata, 224 p.
[7] userscontent2.emaze.com/images/a98890a9-e2e8-4768-a887-eeb8496a93d/2729a10-de96-46d1-b461-eeb8d51814a3image9.jpeg.
[8] Geant4 Developments and Applications, J. ALLISON ET AL, IEEE Transactions on Nuclear Science 53 No. 1, (2006) 270-278.
[9] Geant4 - A Simulation Toolkit, S. AGOSTINELLI ET AL, Nuclear Instruments and Methods A 506, (2003) 250-303.
[10] indico.cern.ch/event/432527/contributions/1071873/attachments/1333362/2004792/poster_tomografia_final.pdf