

# Discriminación del ruido de fondo en muografía usando técnicas de machine learning

Alejandro Ramirez Muñoz  
ale.jito.09@hotmail.com

David Villabona Ardila  
davidardila910@gmail.com

Universidad Industrial de Santander  
Bucaramanga, CO

## 1 Objetivo general.

- Discriminar el ruido de fondo en la técnica de muografía usando herramientas de aprendizaje automatizado.

## 2 Objetivos Específicos.

- Extraer características discriminantes de los datos proporcionados por el detector Cherenko de Agua (WCD) de MuTe (Muon Telescope) para separar la componente muónica y electromagnética.
- Implementar un clasificador de aprendizaje supervisado que permita separar la componente muónica y electromagnética.
- Explorar algoritmos de aprendizaje no supervisado para separar los muones de bajo momentum.
- Validar la información recolectada con los clasificadores para analizar los resultados y concluir con certeza con qué método se extrajo mejor la información requerida.

## 3 Justificación.

La muografía es una técnica que proporciona información interna de grandes estructuras mediante la atenuación del flujo de los muones atmosféricos que la atraviesan [1]. Los muones son partículas provenientes de las lluvias aéreas extendidas (EAS), generadas por la interacción de rayos cósmicos y la atmósfera terrestre, capaces de penetrar grandes cantidades de roca [2]. En consecuencia, la muografía ha encontrado aplicaciones en muchos campos tales como: mediciones subterráneas, arqueología, seguridad nacional, reactores nucleares e imágenes de residuos; haciendo una inspección no invasiva del objeto. [3].

Uno de los retos de la muografía es ayudar en el estudio de los volcanes y los fenómenos relacionados, entre ellos se tiene el uso de imágenes muónicas para escaneo de volcanes, donde ya se han hecho estudios en diferentes lugares, uno de ellos es el proyecto DIAPHANE [4], con el volcán La Soufrière, prestando especial atención a las posibles variaciones del contenido interno de líquido/vapor que pueden estar relacionados con la dinámica del sistema hidrotermal.[4] Desde el punto de vista del monitoreo de volcanes, el fin principal es detectar movimientos de material en cámaras y ductos magmáticos, para lo cual la resolución espacial de las imágenes es importante debido a que la estructura interna de los volcanes es altamente heterogénea [4] además, es importante imponer restricciones a los modelos de sistemas de ductos magmáticos basadas en datos observacionales. El flujo de muones que atraviesan una estructura geológica varía en función longitudinal de la densidad, es decir, a mayor densidad menor flujo [4]. Debido a que el flujo de muones de alta energía usados en muografía es bajo, los niveles de ruido de fondo pueden generar una sobre estimación del flujo penetrante y como consecuencia una subestimación de la densidad del objeto estudiado. [4]. Los principales actores del ruido de fondo son los componentes electromagnéticos (electrones, positrones y rayos gama) de las EAS y muones de bajo momento ( $< 1 \text{ GeV/c}$ ) que desvían su trayectoria inicial por interacción con objetos externos [4].

Durante el desarrollo de este proyecto se propondrá una solución para la eliminación del ruido en muografía usando técnicas de aprendizaje automatizado de forma sistemática. Por medio de un algoritmo de clasificación se abordará el problema atacándolo desde los datos, haciendo en primera instancia un clasificador de aprendizaje supervisado para separar la componente electromagnética de la muónica, guiados por las distribuciones que describen su comportamiento. En la segunda parte se va a desarrollar un clasificador de aprendizaje no-supervisado donde se va a separar, teniendo en cuenta la etapa anteriormente mencionada, los muones de bajo momento ( $< 1 \text{ GeV/c}$ ) contra los muones que tienen baja probabilidad de desviación.

## References

- [1] S Béné, Pierre Boivin, Emmanuel Busato, C Cârloganu, C Combaret, P Dupieux, F Fehr, Pascal Gay, Philippe Labazuy, I Laktineh, et al. Air shower simulation for background estimation in muon tomography of volcanoes. 2013.
- [2] H Gómez, D Gibert, C Goy, K Jourde, Y Karyotakis, S Katsanevas, J Marteau, M Rosas-Carbajal, and A Tonazzo. Forward scattering effects on muon imaging. *Journal of Instrumentation*, 12(12):P12018, 2017.
- [3] Kevin Jourde, Dominique Gibert, Jacques Marteau, J D’ars, Serge Gardien, Claude Girerd, J-C Ianigro, and Daniele Carbone. Effects of upward-going cosmic muons on density radiography of volcanoes. *arXiv preprint arXiv:1307.6758*, 2013.
- [4] Taro Kusagaya and Hiroyuki KM Tanaka. Muographic imaging with a multi-layered telescope and its application to the study of the subsurface structure of a volcano. *Proceedings of the Japan Academy, Series B*, 91(9):501–510, 2015.
- [5] Paola La Rocca, Domenico Lo Presti, and Francesco Riggi. *Cosmic ray muons as penetrating probes to explore the world around us*. InTechOpen, 2018.

- 
- [6] Jacques Marteau, Jean de Bremond d'Ars, Dominique Gibert, Kevin Jourde, J-C Ianigro, and Bruno Carlus. Diaphane: muon tomography applied to volcanoes, civil engineering, archaeology. *Journal of Instrumentation*, 12(02):C02008, 2017.
- [7] R Nishiyama, S Miyamoto, and N Naganawa. Experimental study of source of background noise in muon radiography using emulsion film detectors. *Geoscientific Instrumentation, Methods and Data Systems*, 3(1):29–39, 2014.
- [8] Ryuichi Nishiyama, Akimichi Taketa, Seigo Miyamoto, and Katsuaki Kasahara. Monte carlo simulation for background study of geophysical inspection with cosmic-ray muons. *Geophysical Journal International*, 206(2):1039–1050, 2016.