

Estudio de la ceniza de volcanes peruanos como materia prima para la industria de la construcción

Fredy Apaza^{1,2}, Rossibel Churata², Pamela Tupayachi², Jonhatan Almiron² y Francisco Velazco³

¹ Observatorio Vulcanológico del INGEMMET, Arequipa Perú – fapaza@aingemmet.gob.pe

² Universidad Católica San Pablo, Arequipa, Perú

³ Universidad Carlos III de Madrid, España

Palabras clave: ceniza volcánica, geopolímero, volcán.

En el sur del Perú se encuentran 8 volcanes activos ubicados en la zona volcánica central de los andes (ZVC), dentro de ellos se encuentran los volcanes Ubinas, Sabancaya y Misti. El volcán Ubinas se ubica a 80 km al sureste de la ciudad de Arequipa, en la provincia de Sánchez Cerro. Tiene una altura aproximada de 5672 msnm., el volcán Sabancaya se encuentra a 80 km al noroeste de la ciudad de Arequipa en el distrito de Achoma provincia de Caylloma y el volcán Misti se ubica a 18 Km al este de la ciudad de Arequipa (Figura. 1). Estos volcanes han presentado actividad reciente generando productos que afectan a las poblaciones cercanas, uno de los principales productos es la ceniza volcánica: partículas de lava fragmentada con un tamaño menor a 2 mm que es expulsada en las explosiones de los volcanes. Durante los últimos 5 años, los volcanes Ubinas y Sabancaya presentaron episodios eruptivos generando miles de toneladas de ceniza volcánica que se deposita alrededor del edificio volcánico. Este material no es utilizado y provoca daños en la salud de la población y animales.

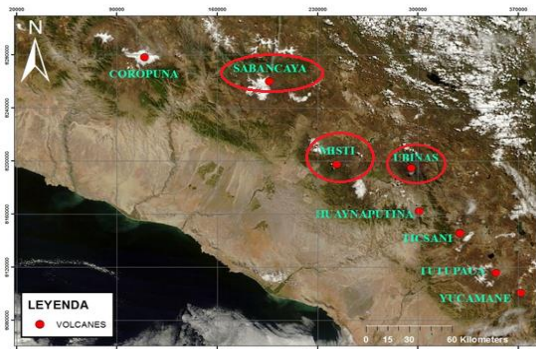


Fig. 1 – Ubicación de los volcanes Ubinas, Misti y Sabancaya.

Metodología

En la figura anterior se observa los tres volcanes en los cuales se ha realizado el estudio de la ceniza volcánica. Para esto, se inició con el muestreo del material en diferentes puntos del edificio volcánico, el cráter del volcán, las laderas y la base, procurando que el muestreo sea representativo. Se tomaron 6

puntos de muestreo de cada volcán haciendo un total de 18 puntos de muestreo.

Al material muestreado se le realizó la caracterización química y microestructural. Se emplearon métodos como el Microscopio Electrónico de Barrido MEB – SEM y Espectrometría de Masas con Plasma Acoplado Inductivamente (ICP-OES) para así determinar sus propiedades útiles para la elaboración de geopolímero.

El término Geopolímero fue designado por Joseph Davidovits (1988) para referirse a polímeros sintéticos inorgánicos de aluminosilicatos que proceden de la reacción química conocida como geopolimerización. Propuso que un líquido alcalino pudiera utilizarse para reaccionar con el silicio (Si) y el aluminio (Al) en una material fuente de origen geológico o en materiales secundarios tales como cenizas volantes y cáscaras de arroz para producir aglutinantes.

Para la obtención de geopolímero a partir de ceniza volcánica se realizó una homogeneización del material empleando tamices. Posteriormente, se llevó a molienda utilizando un molino planetario hasta llegar a un tamaño menor a 70 μm , estas partículas fueron mezcladas con una solución básica altamente básica a temperaturas cercanas a 70 °C por varias horas tomando como referencia a Memon, Nuruddin, Khan, Shafiq, & Ayub (2013) que estudiaron el efecto de soluciones básicas en un rango de 8M a 14M empleando ceniza volante, a temperatura de 70°C por 48 horas. Así mismo Rajini & Narasimha Rao (2014) estudiaron las propiedades del geopolímero obtenido con ceniza volante y como activadores alcalinos a una concentración de 10M, con un tiempo de curado de 1 día a 60°C.

Resultados

De la caracterización de la ceniza volcánica se ha determinado que, sin importar la procedencia de la ceniza, ya sea del volcán Misti, Sabancaya o Ubinas, todas ellas tienen características similares de composición química; con contenidos altos de SiO₂, Al₂O₃, Na₂O y CaO, (Figura 2).

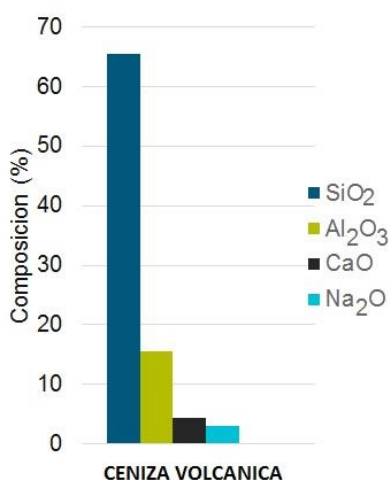


Fig. 2 – Composición química de la ceniza volcánica

La caracterización microestructura de la ceniza volcánica se realizó empleando el microscopio electrónico de barrido obteniéndose imágenes en las cuales se pueden observar la forma y el tamaño de las partículas con una superficie heterogénea y su composición principal es sílice y alúmina.

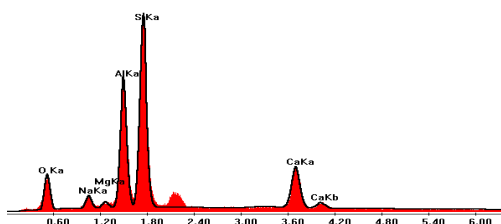
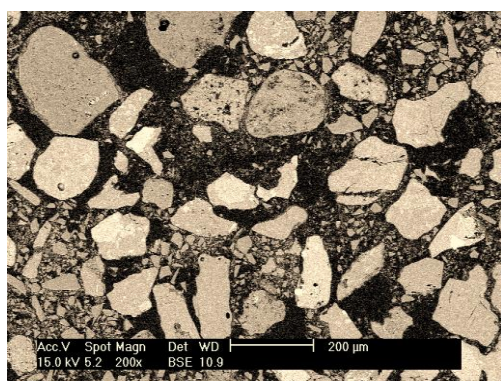


Fig. 3 – Microestructura de la ceniza volcánica y su composición principalmente sílice y alúmina.

Para la obtención de las propiedades físicas del geopolímero, se elaboraron probetas cilíndricas para realizar ensayos mecánicos y determinar si estas propiedades son suficientes para emplearlas en la construcción.



Fig. 4 – Probetas obtenidas a partir de ceniza volcánica.

Las probetas obtenidas se muestran en la figura anterior y poseen características similares a las del cemento. El ensayo de resistencia a compresión fue realizado a las probetas después de un periodo de curado de 7, 14 y 28 días, encontrándose valores de hasta 60 MPa, superiores a las del cemento Portland tradicional.

Tabla N° 1 Resistencia a la compresión de las probetas

Periodo curado (días)	Resistencia a la compresión (MPa)
7	30
14	60
28	64

Los resultados de resistencia a la compresión obtenidos superan a los valores normales del cemento, por lo tanto, nos permiten estimar diversas aplicaciones, desde fabricar pisos de alta resistencia (Min 10 MPa), bloques geopolimerizados, bloquetas tipo ladrillo (min 12 MPa), adoquines (min 23 MPa) entre otros.

Conclusiones

La composición química de la ceniza volcánica es principalmente SiO₂, Al₂O₃, Na₂O y CaO con un alto contenido de sílice.

Las composiciones químicas y microestructural nos muestran que la ceniza es un material que puede ser utilizado para la obtención de un geopolímero.

Los ensayos mecánicos realizados a las probetas obtenidas nos dan como resultado elevados valores de resistencia a la compresión, por tal motivo puede ser una alternativa ecológica para la construcción.

Agradecimientos

A FONDECYT- CONCYTEC y a la Universidad Católica San Pablo (UCSP) por co-financiar el

presente proyecto de investigación. A la Universidad Carlos III de Madrid e INGEMMET por su apoyo.

Referencias

- Davidovits, J. (1994). High-Alkali Cements for 21st Century Concretes. in *Concrete Technology, Past, Present and Future* (Vol. 144).
- Davidovits, J. (1988). *Geopolymer'88*. Compeigne: Procead. First European Co.
- Davidovits, J., Davidovits, M., & Davidovits, N. (1994). US Patente nº 5342595.
- Duxson, P., Fernández-Jiménez, A., Provis, J., Lukey, J., Lukey, G., Palomo, A., & Van Deventer, J. (2007). Geopolymer technology: the current state of the art. *Journal of Materials Science*, 42, 2917–2933.
- Memon, F., Nuruddin, M., Khan, S., Shafiq, N., & Ayub, T. (2013). Effect of sodium hydroxide concentration on fresh properties and compressive strength of self-compacting geopolymer concrete. *Journal of Engineering Science and Technology*, 8(1), 44-56.
- NTP 334.051. (2013). CEMENTOS. Método para determinar la resistencia a la compresión de morteros de Cemento Portland cubos de 50 mm de lado.
- Rajini, B., & Narasimha Rao, A. (2014). Mechanical Properties of Geopolymer Concrete with Fly Ash and GGBS as Source Materials. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, 3(9).
- Cas R.A.F., Wright J.V., 1987. *Volcanic Successions – Modern and Ancient*. Allen & Unwin, London, pp 1–528
- Rivera, M., Martin, H., Le Pennec, J-L., Thouret, J-C. 2017, Petro-geochemical constraints on the source and evolution of magmas at El Misti volcano (Peru). *Lithos*, 268-271, 240-259
- Samaniego, P., Rivera, M., Mariño, J., Guillou, H., Liorzou, C., Zerathe, S., Delgado, R., Valderrama, P., Scao, V., 2016. The eruptive chronology of the Ampato-Sabancaya volcanic complex (southern Peru). *J. Volcanol. Geotherm. Res.* 323, 110–128.
- Thouret, J.-C., Rivera, M., Worner, G., Gerbe, M., Finizola, A., Fornari, M., Gonzales, K., 2005. Ubina: the evolution of the historically most active volcano in southern Peru. *Bulletin of Volcanology* 67, 557–589.