

Estimación de la densidad interna en torres de hidrotratamiento mediante detectores de centelleo en la industria petroquímica.

R. A. Martínez Rivero, C. Sarmiento-Cano, J. Baldovino, J. Stephany, L. Nuñez.

En la industria moderna, especialmente en instalaciones de gran escala como las torres de hidrotratamiento, es fundamental estudiar las estructuras internas y su evolución temporal. Las técnicas convencionales, como la espectroscopía de Raman, Gamma y la absorción de rayos X [1][2][3], presentan limitaciones logísticas y riesgos radiológicos. El uso de radiación ionizante implica un riesgo potencial para los trabajadores y requiere estrictos protocolos de seguridad, lo que dificulta su aplicación para monitoreos continuos o en tiempo real, además de incrementar la complejidad operativa. A diferencia de estas técnicas, que requieren una fuente radiactiva, en la radiación cósmica de fondo tenemos una fuente pasiva y continua de muones. Los muones, partículas altamente penetrantes, pueden proporcionar información detallada sobre estructuras densas y de gran tamaño, como volcanes o represas. La tasa de atenuación de los muones está directamente relacionada con la densidad del material que atraviesan, lo que convierte a la muografía en una herramienta prometedora para detectar variaciones de densidad en el interior de torres de hidrotratamiento en la industria petroquímica.

Este estudio propone la evaluación de la muografía como una técnica alternativa para identificar variaciones de densidad en torres de hidrotratamiento. Se simuló la radiación cósmica de fondo para Bucaramanga utilizando ARTI [4], que considera las condiciones geográficas, atmosféricas y geomagnéticas locales. En Geant4 se modeló el detector, compuesto por dos paneles de centelladores acoplados a una fibra óptica y un SiPM (fotomultiplicador de silicio). Se diseñó un blindaje de plomo para la componente electromagnética de la radiación cósmica y se simuló la atenuación del flujo de electrones monocromáticos con espesores de 0.5 a 3 cm y energías de hasta 6 GeV. El modelado de la torre incluyó una envolvente de acero para el lecho de catalizador, una capa de calorifugado con aire para aislamiento térmico, y una envolvente de aluminio que añade protección y estabilidad estructural. Dentro de la torre modelamos el lecho con diésel, 75% parafina y 25% benceno, junto catalizadores de $\text{NiMo/Al}_2\text{O}_3$. Se evaluaron distribuciones homogéneas de densidad en la cámara de catálisis, así como una interfase de dos densidades. Posteriormente, se simuló la propagación de las partículas secundarias a través de la torre y la respuesta del detector.

Los resultados obtenidos permitieron determinar el flujo de la radiación cósmica de fondo en Bucaramanga. Además se determinó que es posible lograr una atenuación completa con 2 cm de blindaje frente a electrones de hasta 6 GeV. Además, se reconstruyó el muograma de la respuesta del detector ante el flujo de muones que atraviesa la torre de hidrotratamiento, detectando contrastes de densidad de hasta un 20%. Estos hallazgos muestran la factibilidad de realizar un diagnóstico temprano para optimizar la eficiencia operativa en plantas de hidrotratamiento.

- [1] Tranter, R., Kastengren, A., Porterfield, J., Randazzo, J., Lockhart, J., Baraban, J., & Ellison, G. (2017). Measuring flow profiles in heated miniature reactors with X-ray fluorescence spectroscopy. , 36, 4603-4610. <https://doi.org/10.1016/J.PROCI.2016.06.104>.
- [2] Hampel, U., Hristov, H., Bieberle, A., & Zippe, C. (2007). Application of high-resolution gamma ray tomography to the measurement of gas hold-up distributions in a stirred chemical reactor. *Flow Measurement and Instrumentation*, 18, 184-190. <https://doi.org/10.1016/J.FLOWMEASINST.2007.06.001>.
- [3] Ferreño, D., Mañanes, A., Rábago, D., Casado, J., González, J. A., Gómez, S., Carrascal, I., Ruiz, E., Diego, S., Gómez, F., & Sarachaga, E. (2018). Mechanical behavior and microstructural changes in polyurethane exposed to high doses of X rays, gamma rays or neutron irradiation. *Polymer Testing*, 67, 359-369. <https://doi.org/10.1016/J.POLYMERTESTING.2018.03.033>
- [4] Sarmiento-Cano, C., Suárez-Durán, M., Calderón-Ardila, R. *et al.* The ARTI framework: cosmic rays atmospheric background simulations. *Eur. Phys. J. C* **82**, 1019 (2022). <https://doi.org/10.1140/epjc/s10052-022-10883-z>