

## MEZCLADO DEL SOLIDO EN UN REACTOR CON LECHO EN SUSPENSION

Gabriel Salierno<sup>1</sup>, María Sol Fraguío<sup>1,2</sup>, Mauricio Maestri<sup>1</sup>, Stella Piovano<sup>1</sup>, Miryan Cassanello<sup>1</sup>, María Angélica Cardona<sup>2,3</sup>, Daniel Hojman<sup>2</sup>, Héctor Somacal<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup>PINMATE, Depto. Industrias, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires. Int. Güiraldes 2620, C1428BGA C.A.B.A. e-mail: miryan@di.fcen.uba.ar

<sup>2</sup>Laboratorio de Diagnóstico por Radiaciones – LADiR, Dpto de Física Experimental, Centro Atómico Constituyentes, Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA).

<sup>3</sup>ECyT, Universidad Nacional de San Martín, San Martín, Argentina

Uno de los temas principales de la química industrial se centra en la optimización del diseño de los reactores donde se llevan a cabo las transformaciones químicas. El desafío actual en esta área involucra el desarrollo de tecnologías que optimizan el consumo atómico, evitando eliminar contaminantes al medio ambiente, para lo cual es preciso desarrollar criterios de diseño que tengan en cuenta los diversos factores que influyen sobre el rendimiento en la escala industrial, evitando considerar al reactor como una caja negra [1,2]. En el caso de reactores con sólidos en suspensión, donde el sólido puede ser un reactivo, un componente inerte de las corrientes a tratar y más frecuentemente un catalizador heterogéneo, resulta relevante conocer el movimiento del sólido. Cuando el sólido es un catalizador que puede estar expuesto a deterioro por ser un material sensible a la abrasión (enzimas inmovilizadas, catalizadores porosos), determinar el movimiento del sólido permite analizar posibles zonas de estancamiento y de excesiva abrasión que puedan ocasionar un pobre aprovechamiento y/o destrucción del catalizador. Asimismo, la caracterización cuantitativa de la turbulencia y la distribución espacial de los esfuerzos de corte permiten optimizar la selección y ubicación de agitadores y baffles. Si no se conocen las propiedades reológicas del medio, por ejemplo en medios no-Newtonianos o que cambian de viscosidad con el avance de reacción, el mezclado puede ser insuficiente y resulta importante definir parámetros que caractericen el mezclado de sólidos a nivel macroscópico y su relación con el consumo de energía.

Los reactores de interés industrial tienen paredes de metal y los medios con sólidos en suspensión son inherentemente opacos, lo cual inhibe el uso de las técnicas ópticas comúnmente empleadas para realizar velocimetría de partículas, como Laser Doppler Anemometry (LDA) o Particle Image Velocimetry (PIV). En consecuencia, las técnicas que permiten medir en forma no invasiva el movimiento del sólido implican el uso de trazadores que emiten radiación de alta energía y que se conocen como técnicas de "Particle Tracking", ya sea de emisión de positrones (positrón emission particle tracking-PEPT) o de radiación gama (Computer Automated Radioactive Particle Tracking – CARPT o simplemente Radioactive Particle Tracking – RPT) [3,4]. La técnica de CARPT es más versátil en lo referente a selección del radioisótopo, facilitando por este motivo su aplicación en equipos de gran escala. Esta técnica consiste en determinar la posición de una partícula radiactiva (un trazador que representa al sólido) en libre movimiento dentro del equipo, mediante un conjunto de detectores de centelleo dispuestos alrededor del mismo y la implementación de un algoritmo de reconstrucción. La tecnología actual permite efectuar mediciones estroboscópicas de hasta 5 ms de resolución temporal y 1-2 mm de resolución espacial [4].

Para que el trazador represente en forma adecuada a las partículas sólidas en suspensión, se puede tomar una de ellas y activarla por bombardeo neutrónico para que algún componente isotópico se transforme en otro radiactivo. De no ser posible, debe prepararse un trazador con densidad, tamaño y mojabilidad (interacción de la superficie del trazador con la fase dispersa) similar al sólido que representa, con masa suficiente para que alcance una actividad tal que permita un apropiado conteo en los detectores obteniendo una adecuada relación señal/ruido.

En este trabajo, se estudia el movimiento de partículas de un catalizador agitadas en iso-octano por una paleta axial dentro de un reactor de vidrio encamisado de 2L de capacidad, provisto de 3 baffles solidarios a la pared. El trazador es una partícula de NaCl activada en el reactor nuclear RA1 del Centro Atómico Constituyentes de la CNEA. Se analiza la influencia de la velocidad de agitación y de la concentración de sólidos en suspensión. Alrededor del reactor se disponen 8 detectores de centelleo de NaI(Tl) que cuentan los fotones emitidos por el trazador en períodos de muestreo de 30ms en forma continua por entre 1 y 3 horas. A partir de las señales adquiridas e implementando un algoritmo de reconstrucción adecuado (basado en un modelo que considera el carácter estadístico de la radiación cuyos parámetros se ajustan mediante una calibración del sistema de detección) se puede obtener la trayectoria del trazador durante todo el período de observación. A partir de esta trayectoria, se calculan distribuciones espaciales de diversos parámetros de interés para el diseño de reactores, tales como distribución del contenido de sólidos, campo de velocidades del sólido, energía cinética de turbulencia, tiempos de residencia en las distintas zonas del reactor o esfuerzos de corte y otras características particulares determinadas con técnicas de minería de datos y de dinámica no-lineal. [3-6].

## Referencias

- [1] Dudukovic, M.P. (2010) Reaction engineering: Status and future challenges. *Chemical Engineering Science*, 65, 3-10.
- [2] Dudukovic, M.P. (2009) Frontiers in Reactor Engineering. *Science*, 325, 698–701
- [3] Chaouki, J., Larachi, F., Dudukovic, M.P. (Eds.) (1997) *Non-Invasive Monitoring of Multiphase Flows*. Elsevier, Amsterdam.
- [4] Abdullah, J., Cassanello, M., Dudukovic, M., Dyakowski, T., Hamada, M., Jin, J., Johansen, G., Kim, J., Legoupil, S., Maad, R., Mesquita, C., Nowakowski, J., Ramírez-García, F., Sankowski, D., Sipaun, S., Thyn, J. (2008) IAEA-TECDOC-1589 *Industrial Process Gamma-Tomography*, IAEA, Austria
- [5] Doucet, J., Bertrand, F., Chaouki, J. (2008) A measure of mixing from Lagrangian tracking and its application to granular and fluid flow systems, *Chemical Engineering Research and Design*, 86, 1313–1321
- [6] Bhusarapu, S., Cassanello, M.C., Al-Dahhan, M., Dudukovic, M.P., Trujillo, S., O'Hern, T. (2007) Dynamical Features of the Solid Motion in Gas-Solid Risers. *International Journal of Multiphase Flow*, 33, 164–181