

ENSAYOS CON UN REACTOR Y MEDICIONES DE VELOCIDAD

Lanza Verónica^{1*}, Zenclussen Claudio

¹Estudiante de Ingeniería en Recursos Hídricos. Practicante de investigación. Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas - Ciudad Universitaria, Ruta Nacional n° 168, Santa Fe, Argentina.

*veronicalanza-22@hotmail.com

Área temática: Ingeniería

Sub-área: Recursos Hídricos

INTRODUCCION

Los ensayos de laboratorio en la mecánica del transporte de sedimentos fluviales, desempeñan un papel importante, debido a que permiten experimentar en condiciones controladas y obtener mediciones de variables de interés práctico con relativa facilidad. En esta línea de investigación se propone analizar la interacción de un trazador fluorescente, Amidorodamina G, con sedimentos finos floculados del río Salado. Estudiar en el río este aspecto del problema es relativamente complejo, debido a la necesidad de cuantificar diversas variables con precisión en escalas espaciales relativamente extensas, por ejemplo las típicas de la profundidad y el ancho del río. Mientras que en laboratorio, por ejemplo, en un reactor de mezcla completa resulta una operación más simple, si se cuenta con instrumentos adecuados. El empleo de reactores para el estudio de flujos turbulentos con sedimentos finos ha sido documentado con amplitud en Ives and Bohle (1977), Coufort et al. (2005), Kumar et al. (2010), entre otros.

Se ha diseñado especialmente un reactor cilíndrico de sección circular con un rotor en la parte inferior, regido por un motor, que permite realizar ensayos, de acuerdo a las pautas consultadas en Nagata (1975) para flujo turbulento. Los resultados de dichos ensayos permitirán comprender el nivel de interacción entre los sedimentos y el trazador en distintos regímenes como así también el complejo fenómeno de la dispersión de constituyentes asociados a sedimentos finos floculados, en los flujos reales en general y en ríos en particular.

OBJETIVOS

Como primera instancia en el proceso de investigación, se propone realizar un estudio de la hidrodinámica del reactor. Por un lado se espera construir una curva de calibración en la cual se relacione la frecuencia de control del motor, con las revoluciones de la paleta del reactor lo cual permitirá cuantificar en variables específicas los diferentes escenarios propuestos. Por otro lado, se pretende obtener mediciones de velocidad en diferentes posiciones dentro del reactor, para determinar el campo de velocidades.

METODOLOGÍA

Descripción del equipo

El equipo se compone de dos partes fundamentales: el reactor propiamente dicho y el motor, ambas vinculadas por una estructura de montaje. El reactor consiste en un tubo cilíndrico de acrílico transparente de 0.40cm de espesor, 19.5 cm diámetro (D) y 39.5 cm de altura (H) que se apoya sobre una base de acrílico de 31 cm de diámetro. Esta cuenta con dos orificios: uno permite el vaciado del reactor mediante una válvula y el otro el acople al eje del motor. Para generar el movimiento rotacional, se cuenta con dos paletas de acero de 10 y 14 cm de longitud (d) las cuales se fijan al eje del motor mediante un tornillo de ajuste. La estructura de montaje que sirve de soporte del reactor, está compuesta por un tablero de metal rectangular de 35 x 60 cm, con una altura de 75cm. Para su correcta nivelación cuenta con tornillos nivelantes en sus apoyos inferiores, complementado con un nivel de burbuja. (Ver figura 1).

El motor es trifásico de marca Siemens® con una potencia es de 0.25 HP. Posee una carcasa de aluminio montado en rulemanes y está posicionado con el eje de rotación en sentido vertical extendiéndose hasta el interior del reactor. El motor es regulado por un convertidor compacto de compensación automática cuya alimentación es monofásica y con una frecuencia de salida de hasta 400 Hz. Este permite asignar al motor la frecuencia requerida por el usuario. A partir de la regulación de la frecuencia del motor es posible variar la velocidad de rotación de la paleta y de esa forma lograr las condiciones hidrodinámicas deseadas.

El equipo permite la formación de escenarios de características turbulentas constantes dentro de un volumen de control predeterminado por el usuario. Estos escenarios pueden ser caracterizados a partir de variables características como ser velocidad angular (ω), gradiente de velocidad (G), número de Reynolds (Re), velocidad de corte (u^*), etc específicas en corrientes naturales de interés.

Determinación de curva frecuencia vs. rpm

Las revoluciones por minuto (rpm) de la paleta de agitación es una de las variables principales a caracterizar según la bibliografía consultada. Nagata (1975) realiza un amplio estudio de la teoría de reactores utilizando esta variable fundamental desde la base de su desarrollo. En este sentido resulta imperioso definir dicha variable para todos los ensayos.

El procedimiento para ajustar curvas frecuencia vs. rpm fue el siguiente: se incorporó al reactor un volumen conocido de agua de red, y se seleccionó el diámetro de la paleta. Se puso en marcha el equipo y se asignó una frecuencia eléctrica al motor. Durante el movimiento de la paleta -con la frecuencia eléctrica asignada-, se realizó una filmación detallada de 10s con una cámara digital de alta resolución (Kodak EasyShare C813). Posteriormente, se asignó otra frecuencia al motor y se realizó el mismo procedimiento de filmación. De esta forma se completó este proceso en un rango de frecuencias comprendido entre 0 y 7 Hz. Simultáneamente a las filmaciones, para cada frecuencia propuesta se midió el tirante (Z_2) y la altura del vórtice (h) con 13 intervalos (ver Figura 1). Las profundidades de vórtice se midieron desde la superficie del agua con una regla graduada al centímetro apoyada sobre las paredes de acrílico del reactor.

Utilizando un software especializado para el tratamiento de videos, se descompuso cada filmación en imágenes o "*frames*". Se obtuvieron 30 *frames* por cada segundo de filmación. A partir de las imágenes obtenidas se logró determinar de manera detallada las rotaciones realizadas por la paleta.

Esta metodología se realizó para diferentes volúmenes de agua y para ambas paletas: 6 litros (L) y $d = 10$ cm; 6 L y $d=14$ cm; 8 L y $d=10$ cm y 8 L y $d= 14$ cm; en la Figura 1 se presentan algunos resultados del ensayo.

Determinación del campo de velocidades

Para la determinación de velocidades dentro del reactor se realizaron mediciones con un equipo *FlowTracker* (Sontek®) de tecnología acústica *Doppler* que permite registrar velocidades puntuales de corriente en 2D. Consta de un emisor acústico (que envía pulsos) y dos receptores que reciben las señales reflejadas en el medio y las transforman en velocidad de la corriente.

Se realizaron mediciones de velocidades sobre una vertical ubicada a 2 cm del centro del reactor a diferentes profundidades y variando las rpm del motor. Se puso en marcha el reactor con un volumen de 6 L de agua y diámetro de paleta de 10 cm, para 97 y 225 rpm respectivamente. Se ubicó el *FlowTracker* sobre un soporte que garantizaba la verticalidad durante el descenso y la perpendicularidad del emisor con el eje del rotor; se realizaron mediciones cada 2 cm de profundidad durante 30 s en cada punto hasta una profundidad de 14 cm. La primera medición se realizó a 2 cm de profundidad. (ver Figura 2)

RESULTADOS

Se presentan a continuación los resultados de las mediciones realizadas:

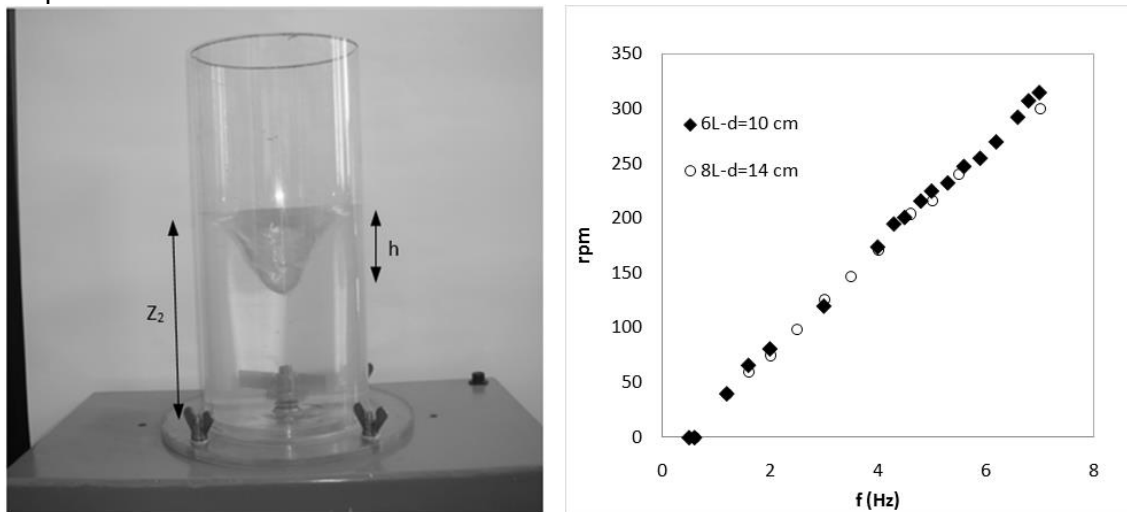


Figura 1: Vista del reactor de acrílico con vórtice (izquierda) y relación frecuencia – rpm (derecha).

Con el volumen de 6L y la paleta de 10 cm, se tiene un tirante de agua de 21.2 cm. Se comenzó a observar la presencia de vórtices de 2 cm de profundidad a partir de 174 rpm. Para mayores revoluciones, la profundidad del vórtice aumentó de manera potencial llegando a un valor de 7 cm para 315 rpm y el tirante a 22 cm. Con el volumen de 8L y la paleta de 14 cm, la altura de agua fue de 27.5 cm y el vórtice comenzó a formarse a partir de 167 rpm con una profundidad de 2 cm. A las 300 rpm, la profundidad del vórtice llegó a los 8 cm y el tirante aumentó a 29.4 cm.

Se observó un comportamiento lineal en la relación frecuencia-rpm para el rango de valores de frecuencia asignadas. Se observa además, coincidencia entre los valores medidos para ambos ensayos, lo que estaría demostrando la independencia de la variable Z_2 y d respecto de rpm.

Las mediciones de velocidades se realizaron hasta los de 14 cm de profundidad ya que a partir de esta, se obstaculizaba el posicionamiento del *FlowTracker* debido a las paletas del reactor.

El valor promedio de velocidad tangencial para 97 rpm es de 0.11 m/s, mientras que para 225 rpm este valor asciende a 0.25 m/s. En tanto que para la velocidad radial, los valores promedios fueron de 0.023 m/s y 0.10 m/s para 97 y 225 rpm respectivamente.

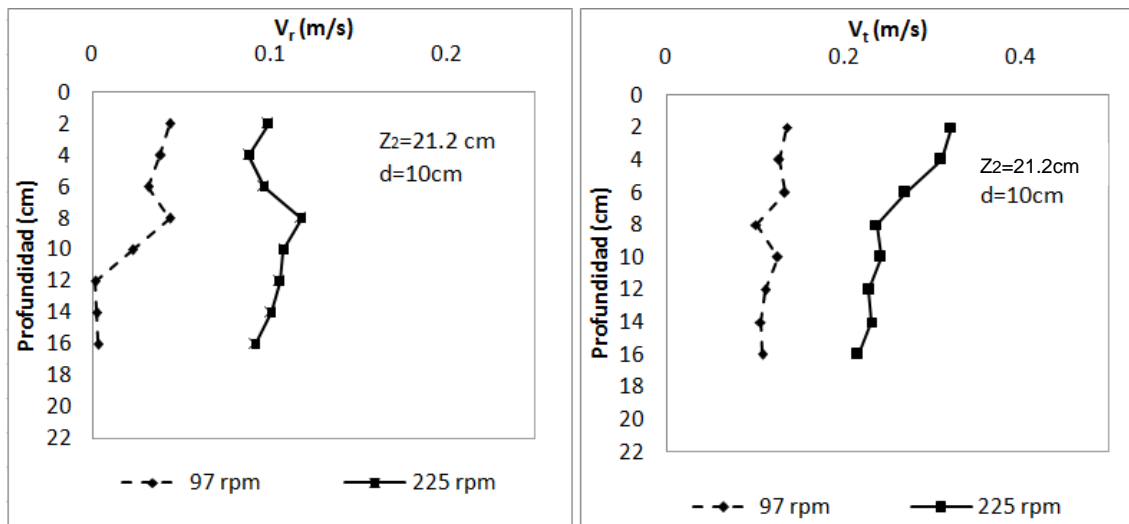


Figura 2: Distribución de velocidades en la vertical. Velocidad radial (izquierda). Velocidad tangencial (derecha).

CONCLUSIONES

El empleo de filmaciones para el conteo de vueltas de la paleta, resultó apropiado, generando resultados admisibles para ser utilizados en próximos experimentos.

Las mediciones las velocidades fueron satisfactorias y coherentes con lo que establece la teoría (Nagata, 1975). Las variaciones que se presentan podrían deberse a que la presencia del *FlowTracker* altera el campo de velocidades. No obstante se están llevando adelante mediciones para diferentes verticales y variando las rpm para definir el campo de velocidades del reactor. Se determinó para ambos ensayos que Z_2 y d son independientes de la frecuencia.

BIBLIOGRAFÍA

- Coufort C., Bouyert D. and Linè A.** 2005, Flocculation related to local hydrodynamics in a Taylor-Couette reactor in a jar. *Chemical Engineering Science*, 60, 2179-2192.
- Ives K. J. and Bhole A. G.** 1977, Study of FlowthroughCouetteFlocculators - II. Laboratories Studies of Flocculation Kinetics. *Water Research*, 11, 209-215.
- Kumar R. G., Strom K. B. and Keyvani A.**, 2010, Floc properties and settling velocity of San Jacinto estuary mud under variable shear and salinity conditions. *Continental Shelf Research*, 30, 2067-2081.
- Nagata S.** 1975, *Mixing: principles and applications* halsted press wiley, chichester.