

Velocidades y concentraciones de aire en flujos bifásicos. Aplicación al modelo ALIVESCA

Estructuras hidráulicas

Soledad Estrella, Martí Sánchez-Juny, Juan Pomares, Josep Dolz.

Grupo de Investigación FLUMEN, Universitat Politècnica de Catalunya

soledad.estrella@upc.edu, marti.sanchez@upc.edu, juan.pomares@upc.edu, j.dolz@upc.edu

Rafael Ibáñez de Aldecoa, María Domínguez, Jesús Rodríguez.

DRAGADOS S.A.

ribanezl@dragados.com, mdominguezd@dragados.com, jrodriguez@dragados.com

Luis Balairon, David López.

Centro de Estudios Hidrográficos – CEDEX

luis.balairon@cedex.es

1 Resumen

El flujo en aliviaderos escalonados se caracteriza por la entrada natural de gran cantidad de aire. Este proceso de aireación se debe a que la macro-rugosidad del escalón ocasiona un aumento del grosor de la capa límite turbulenta.

Cuando la capa límite alcanza la superficie libre, se produce la entrada de aire y aguas abajo de este punto se inicia un flujo bifásico turbulento mezcla de agua y aire (Boes, 2000).

El sistema “*double fiber optical probe*” desarrollado por “RBI Instrumentation”, consiste en una sonda de doble fibra óptica que permite medir localmente concentraciones de aire y velocidades en flujos bifásicos en superficie libre.



Ilustración 2. Flujo bifásico en modelo ALIVESCA



Ilustración 1. Punto de inicio de aireación

En las instalaciones de los laboratorios del Instituto FLUMEN se ha construido un modelo reducido en metacrilato transparente de un aliviadero escalonado. El modelo, denominado ALIVESCA, opera bajo la semejanza de Froude y se correspondería a escala 1:15 con un aliviadero en prototipo.

Por medio de esta comunicación se pretende mostrar la aplicación de la técnica de medida “*double fiber optical probe*” en el estudio del modelo ALIVESCA, así como presentar algunos resultados obtenidos en laboratorio de perfiles de velocidad y de concentración de aire en puntos donde se produce el flujo bifásico.

2 Técnica “double fiber optical probe”

La técnica de medida presentada permite obtener tres medidas: la concentración de aire, la velocidad del gas y la distribución por tamaño de las burbujas.

La técnica ha sido utilizada en diferentes estudios donde se producen flujos bifásicos, especialmente en configuraciones donde se tienen concentraciones de aire elevadas. Específicamente en el estudio de aliviaderos escalonados se cuenta con la experiencia del “Federal Institute of Technology of Zurich” (Boes y Hager, 1998).

El instrumento básicamente consiste en tres partes: (1) una probeta de doble fibra óptica, (2) una unidad opto-electrónica, y (3) una unidad de adquisición con el software de procesamiento de información ISO Lite.



Ilustración 3. Double fiber optical probe

Principio de medición.

El principio de medición se basa en los diferentes índices de refracción del aire y el agua. El agua transparente tiene un índice de refracción $n_1 = 1,33$ (prácticamente no se refleja la luz), mientras que el aire seco el índice de refracción $n_2 = 1,0$ (toda la luz se refleja).

El *módulo opto-electrónico* transmite luz a través de un módulo de fibra óptica, que está conectado a la probeta ubicada en el flujo. La punta está afilada en un prisma óptico a través del cual una fracción de la luz se escapa, el resto se refleja, según el índice de refracción que detecte la probeta.

La señal óptica registrada se transfiere a manera de señal eléctrica por medio de un diodo fotosensible.

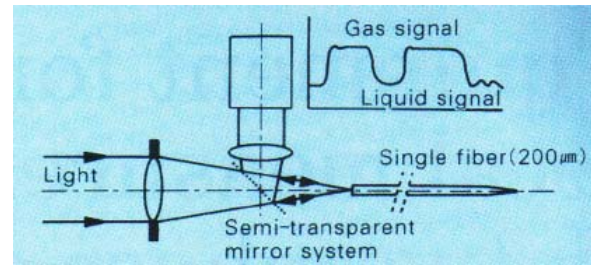


Ilustración 4. Principio de medición

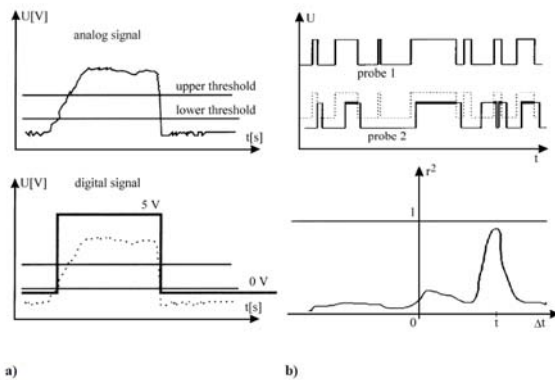


Ilustración 5. a) Paso de señal analógica a digital, b) arriba: señal de la doble fibra óptica, abajo: correlación cruzada

Para el procesamiento de la señal, la amplificación directa realizada por el *módulo opto-electrónico* y los rangos umbrales de la señal analógica permiten obtener una señal digital TTL correspondiente según la reflectividad encontrada (Ilustración 5, a).

Las señales digitales se transfieren a la interfaz gráfica utilizando el software ISO Lite, donde cada paso de 0 V a 5 V y viceversa es procesado y guardado.

La medida de *concentración de aire*, se calcula como la relación entre el tiempo total en que la probeta de fibra óptica detecta gas y el tiempo total de medición.

Para la medida de velocidad se obtienen mediante una probeta de *doble fibra* alineada en la dirección del flujo. Conocida la distancia (d) existente entre los dos hilos de fibra óptica, la velocidad se estima como d/t .

El principio de determinación consiste en reconocer la coincidencia de las señales. La señal recibida por el segundo hilo es desplazada por un tiempo de retraso Δt y comparado con la señal de el primer hilo. Mediante un proceso de correlación cruzada se obtiene una curva de probabilidad de coincidencia de las dos señales, esta probabilidad es expresada por un coeficiente de correlación r^2 (Ilustración 5, b). Coeficientes de correlación sobre 0.7 determinan el tiempo t requerido para el cálculo de la velocidad.

3 Resultados preliminares de velocidad y concentración de aire en ALIVESCA

Una vez realizadas las pruebas de calibración correspondientes se han realizado diversos ensayos para obtener perfiles de velocidad longitudinal y concentración de aire.

En la Ilustración 6 se muestra como ejemplo la relación entre los perfiles de velocidad y concentración de aire medidos en el escalón 58 del modelo a 30 cm del eje de simetría, para un caudal específico en modelo de $0,26 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}$, que se corresponden a un caudal específico en prototipo de $15 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}$. Estos perfiles se han realizado desde el pseudo-fondo (unión de los vértices de los escalones) hacia la superficie libre.

En esta ilustración se observan velocidades de 3 a 6 m/s y un calado correspondiente a una concentración de 90% de aire de alrededor de los 57 mm.

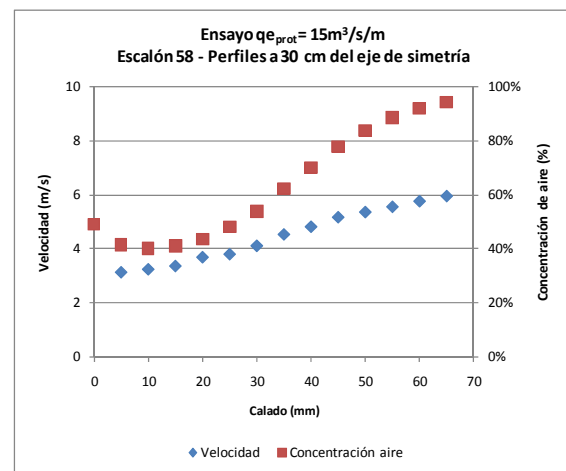


Ilustración 6. Relación entre v y C .
Ensayo $q_{e,prot} = 15 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}$
Escalón 58 a 30 cm del eje de simetría