

ESTUDIO MEDIANTE MODELACIÓN CFD DE UN DIFUSOR DE COAGULANTE

Guillermo Nociari y Diego N. Bottelli

AySa, Argentina.

E-mail: guillermo_nociari@aysa.com.ar, diego_n_bottelli@aysa.com.ar

Resumen

En el presente trabajo se analiza el comportamiento de un trazador inyectado a agua en proceso de potabilización, mediante jet (chorro), en una tubería circular. Se aplicaron metodologías analíticas con grado creciente de complejidad, hasta la aplicación del modelo CFD, del sistema completo.

Introducción

En Kaushik (2015), se revisan los estudios de simulación numérica y CFD, llevados a cabo en los últimos cincuenta años, para comprender las características del chorro controladas y las no controladas. La referencia, aporta un análisis comparativo de los estudios realizados, en la materia, que permite organizarlos en función de la relevancia que cada uno presenta, respecto de cada aspecto del jet libre.

El presente estudio también destaca las complejidades involucradas en la simulación realista de jets libres. Estas complejidades definen el costo computacional de la resolución del problema al cual deben asignarse al estudio de los siguientes aspectos:

1. Arrastre de los chorros
2. Grandes perturbaciones presentes en números bajos de Reynolds, en chorros subsónicos
3. Fuertes interacciones de onda, en chorros que salen a números de Mach supersónicos desde las toberas convergentes-divergentes.

Ante la imposibilidad de efectuar medidas directas de concentraciones de coagulante, la validación resulta de la verificación de que el comportamiento del CFD, es el límite al que tiende el sistema, a medida que se contempla un régimen más realista: se parte de la resolución de un modelo Fickiano, luego se plantea un jet laminar y por último, el análisis del sistema completo (del chorro dispersado en régimen turbulento), se efectúa mediante modelación CFD.

Objetivo

El objetivo del presente estudio es realizar un análisis de eficiencia de un dispositivo de difusión de coagulante en el agua cruda a instalar en la Planta Manuel Belgrano (PMB) de AySA (producción 1.800.000m³/d).

Datos

La Figura 1 presenta la geometría del difusor posicionado en el centro de una cañería de diámetro 2.50m, por la cual circula un caudal de agua cruda de 13m³/s. La velocidad nominal de inyección (en la salida del difusor es de 8m/s).

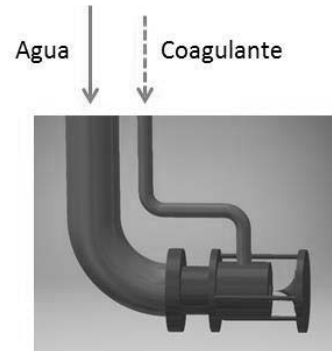


Figura 1.- Difusor estudiado.

Desarrollo

a. Análisis de la dispersión pasiva en el centro de la cañería

El primer análisis realizado se basó en un modelo Fickiano, Fischer et al., (1979; **Error! No se encuentra el origen de la referencia.**) considerando una distribución Gaussiana de las concentraciones en la pluma de dilución para flujo uniforme y estacionario.

b. Análisis del jet libre en régimen laminar:

Se desarrolló un modelo Gaussiano del jet libre laminar, a partir de NS:

Por superposición del problema 1D con las dos dimensiones restantes

$$\partial_t c = D_x \partial_x^2 c$$

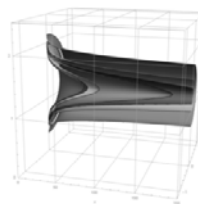
$$c_0 = \text{masa "sembrada"} = M[t] = \text{Momento de orden 0} = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} c[x, y, z, t] dx dy dz$$

$$\sigma_x[t]^2 = (2D_x t)^2$$

$$\sigma_y[t]^2 = (2D_y t)^2$$

$$\sigma_z[t]^2 = (2D_z t)^2$$

$$c[x, y, z, t] = \frac{M_0}{(2\pi)^{3/2} \sigma_x[t]^2 \sigma_y[t]^2 \sigma_z[t]^2} e^{-\left[\frac{x^2}{\sigma_x[t]^2} + \frac{y^2}{\sigma_y[t]^2} + \frac{(z-H)^2}{\sigma_z[t]^2} \right]}$$



Jet libre Laminar

_ Régimen laminar
_ Jet libre (8 m/s)
_ vProducción (2.28 m/s)

La longitud de mezcla ~ 100m

Figura 2.- Superficies de nivel de concentraciones del modelo analítico de tipo Gaussiano.

La longitud de mezcla calculada con el modelo de jet laminar es de 100m (

Figura 2).

c. Análisis del chorro dispersado en régimen turbulento

Inicialmente se analiza un Jet libre en régimen turbulento sin plato distribuidor mediante modelación CFD.

El mezclado con el agua de dilución se da, a partir de la acometida del caño de coagulante, en la tobera convergente. La longitud de penetración de la corriente incidente, en el flujo de agua de dilución, es baja (penetración de corto alcance).

El modelado CFD del jet libre toma en cuenta el efecto pared (reflexión del trazador). Los resultados obtenidos muestran una longitud de mezcla para el chorro libre en régimen turbulento es de 30m (ver Figura 3).

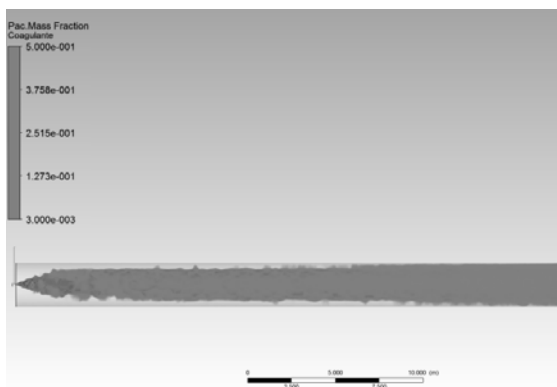


Figura 3.- Jet libre turbulento - CFD.

Posteriormente en la modelación CFD, teniendo en cuenta las conclusiones de Durbin (1996) y Thies (1996), se incluyó la configuración completa con el plato distribuidor, en el que impacta el jet. La

Figura 4 presenta los resultados obtenidos.

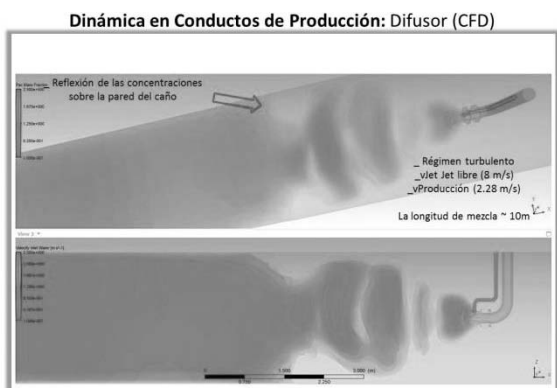


Figura 4.- Resultados de la modelación CFD difusor completo

Las inestabilidades producidas por desprendimiento de capa en el plato de distribución son del tipo de "calle de vórtices de Von Karman". Estas inestabilidades favorecen el mezclado por acarreo convectivo del trazador desde la región de aporte del mismo a zonas periféricas con menor presencia del trazador: La característica saliente de los vórtices de la calle de Von Karman es que presentan mayor intensidad con menor diámetro efectivo en su génesis y mayor diámetro con menor intensidad hacia su extinción en la longitud de mezclado.

La longitud de mezcla para el CFD del Difusor en régimen turbulento es de 10m.

Conclusiones

- El método CFD es válido como herramienta de análisis, dada la consistencia de sus resultados, con la fenomenología imperante para el conjunto y para cada elemento del Difusor.
- Las longitudes de mezcla obtenidas son 1) jet laminar 100m, 2) jet libre turbulento, 30m y 3) difusor adoptado PMB, 10m
- Un aumento del caudal de agua de dilución contribuye a consolidar la alta performance del Difusor
- Las inestabilidades de Von Karman inducen vibraciones, cuya frecuencia puede estimarse, por ejemplo, por la expresión de Strouhal:

$$\frac{f_d}{v} \cong 0.198 \left(1 - \frac{19.7}{Re} \right)$$

Para el régimen altamente turbulento imperante en el sistema de dispersión la frecuencia determinada es la siguiente:

$$F = 6.56 \text{ s}^{-1}$$

- Las fijaciones mecánicas del difusor deben dimensionarse a la fatiga considerando esta frecuencia.

Referencias

- Durbin, P.A.**, 1996, On the $k-\epsilon$ stagnation point anomaly. International Journal of Heat and Fluid Flow, Vol. 17, pp. 89-90.
- Fischer, H. B., List, E. G., Koh, R. C. Y., Imberger, J. & Brooks, N. H.** (1979). "Mixing in Inland and Coastal Waters". Academic Press.
- Grant, A.J.**, 1974, A numerical model of instability in axisymmetric jets. Journal of Fluid Mechanics, Vol. 66, part 4, pp. 707-724.
- Kaushik, M, Kumar R. , Humrutha G.** (2015). "Review of Computational Fluid Dynamics Studies on Jets". American Journal of Fluid Dynamics 2015, 5(3A): 1-11.
- Thies, A.T., and Tam, C.K.W.**, 1996, Computation of Turbulent Axisymmetric and Nonaxisymmetric Jet Flows Using the K-epsilon Model. AIAA Journal, Vol. 34, No. 2, pp. 309-316