

## Algunos conceptos de CFD

1

2

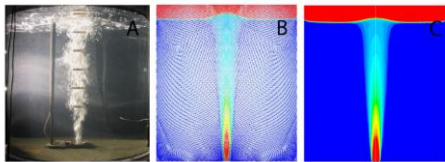
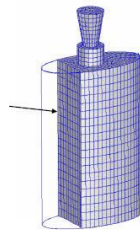


Fig. 2. Simulating the gas flow in a 1 m<sup>3</sup> lab-scale setup. This figure shows a picture of the model setup (A), the liquid velocity field (B) and the gas plume structure (C) at a 15 l/min airflow and 3 mm bubbles. (B) is showing the direction and velocity of the liquid with the red color showing the maximum velocity of 0.34 m/s and the dark blue the lowest velocities. (C) is showing the amount of gas in the digester with the red representing a gas volume fraction above 1% and the dark blue the lowest gas volume fraction.

3

4

- Se divide el dominio de cómputo en un gran número de celdas o volúmenes de control. (MALLADO)
- En cada celda las ecuaciones diferenciales de conservación que describen el movimiento del fluido se aproximan con **ecuaciones algebraicas** que relacionan las variables como presión, velocidad, temperatura de la celda con los valores en las celdas adyacentes.
- Estas ecuaciones se resuelven numéricamente para obtener la configuración del flujo, con la resolución de la malla.



$\nabla \cdot \vec{v} = 0$  Continuity equation (Global mass balance)  
 $\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho \vec{v}) = \rho \nabla^2 \vec{u} - \nabla p + \rho \vec{g}$  Momentum equation (Force balance)  
 $\frac{\partial c_{i,j}}{\partial t} + \nabla \cdot \vec{v} c_{i,j} = D_{i,j} \nabla^2 c_{i,j} + r_{i,j}$  Species transport equation (Mass balance for each specie  $i,j$ )

convective mass transfer    molecular diffusion    net rate of production

5

6

- Hasta el momento hemos considerado sistemas pseudohomóneos: No hay fenómenos de resistencia a la transferencia de masa en el seno de la fase líquida y las zonas de mezcla ocupa todo el reactor, o eventualmente cada una de las zonas de un modelo combinado.
- Evidentemente, aún considerando pseudohomóneo, un sistema real presenta distintas zonas de mezcla. Una aproximación modelística debe recurrir a la fluidodinámica computacional (CFD).
- La CFD permite estudiar los efectos de los sistemas de mezclado, los tiempos de mezcla, la aparición de zonas muertas, la disipación de la energía, efectos térmicos, etc.

- Lo primero que se hace en CFD es construir un mallado que tenga en cuenta la geometría del objeto a representar. Hay diferentes técnicas de mallado; cuanto más elementos tenga la malla, mejor será la representación, pero también involucrará mayores necesidades computacionales. En general se trata de trabajar con el menor número de elementos a partir del cual no se notan diferencias significativas en los resultados.
- Una vez definido el mallado, en cada elemento es necesario resolver las ecuaciones fundamentales (Ecuaciones de Navier Stokes) para determinar la fluidodinámica.
- Para los sistemas reactivos se deben acoplar los términos de reacción. Esto puede generar complejidades numéricas por los distintos tiempos involucrados en los procesos.

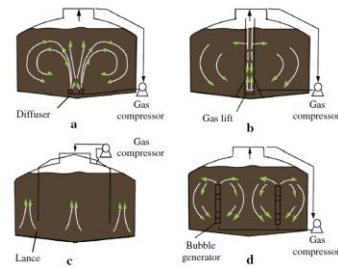


Fig. 1. Schematic diagram of four gas mixing designs: (a) bottom diffusers, (b) gas lift, (c) cover mounted lances, and (d) bubble guns.

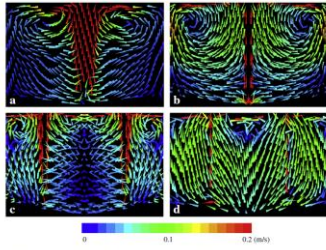


Fig. 3. Velocity vectors for liquid phase from the front view: (a) bottom diffusers, (b) gas lift, (c) cover mounted lances, and (d) bubble gums. Note that, blue arrows represent low velocity while red arrows represent high velocity as indicated in the velocity contour bar, and the velocity magnitudes in red are greater than (or equal to) the maximum value specified in the bar (0.2 m/s). These representations apply to Figs. 4-8. (For interpretation of the references to colour in this figure legend, the reader is referred to the web version of this article.)

7

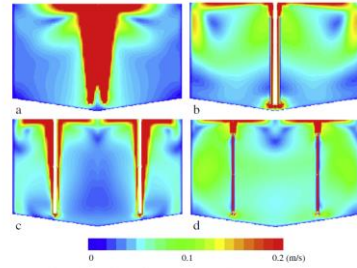


Fig. 4. Contours of velocity magnitude for liquid phase from the front view: (a) bottom diffusers, (b) gas lift, (c) cover mounted lances, and (d) bubble gums.

8

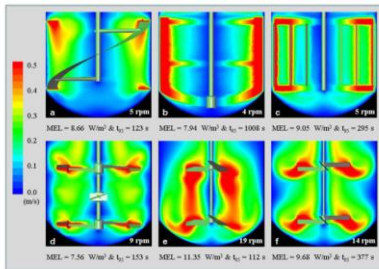


Figure 5. Flow patterns with 0.2 m/s of average velocity at 15 °C generated by six mixing designs: (a) dual-Mixte-Mixte, (b) one-bottom-anchored, (c) certain-type, (d) OF-2, (e) MAG-329, and (f) PFT-4. Note that, in the velocity contours, blue represents areas that have low velocity while red represents areas of high velocity as indicated in the velocity contour bar, and the velocity magnitudes in the red area are greater than (or equal to) the maximum value specified in the bar. These representations apply to all the contour figures in this article.

9

### Principales softwares

- COMSOL
- FLUENT
- OPEN FOAM

10