



## II CONGRESO CHILENO DE INGENIERÍA AMBIENTAL EN SISTEMAS ACUÁTICOS, CChIASA

### IMPLEMENTACIÓN MFix PARA LA MODELACIÓN NUMÉRICA DEL CONCENTRADO DE COBRE TRANSPORTADO EN SUSPENSIÓN EN CANALES ALUVIALES CON LECHOS DE GRAVAS

NATALIA BUSTAMANTE <sup>1</sup>  
YARKO NIÑO <sup>2</sup>

#### RESUMEN EXTENDIDO

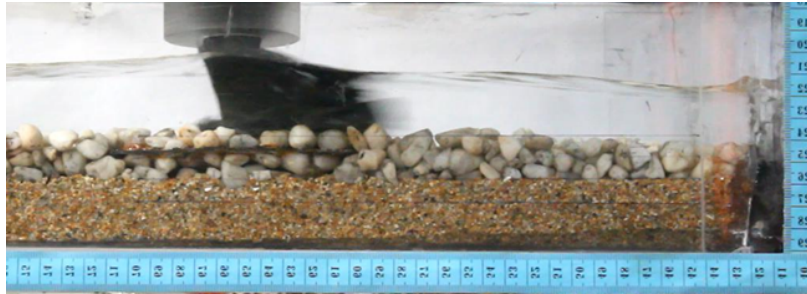
La minería es una de las principales actividades económicas de Chile, en particular, la extracción, refinación y venta de cobre. Los grandes yacimientos mineros y los ductos de transporte de mineral o relaves están localizados en las regiones norte y centro del país, donde predominan los ríos de alta pendiente con curvas granulométricas extendidas, asociadas a la geomorfología impuesta por la Cordillera de los Andes (Niño, 2002), generando así un alto riesgo ambiental asociado al derrame de concentrados o productos mineros en corrientes aluviales. Las condiciones geomorfológicas y la existencia previa de diversos accidentes mineros motivaron a Bustamante et al. (2017) a investigar la dinámica del concentrado de cobre en corrientes aluviales con lechos de grava.

Bustamante et al. (2017) experimentalmente estudiaron la dinámica del concentrado de cobre en canales abiertos. Particularmente, encontraron que, al verter el concentrado de cobre en el canal como una carga puntual, este es transportado inicialmente en suspensión (ver Figura 1) y posteriormente inicia el proceso de percolación entre el material del lecho. Esto motivó la implementación de una modelación numérica para el concentrado de cobre en suspensión en el software MFix-DEM. Este software permite modelar las partículas en suspensión mediante Reynolds Averaged Navier-Stokes (RANS) para el flujo, acoplado con Discrete Element Method (DEM) para las partículas. Las ecuaciones de flujo y transporte implementadas en MFix son continuidad y momentum 3D para el flujo, y para el movimiento de las partículas se tiene en cuenta la fuerza de arrastre, las colisiones entre partículas y el peso de las partículas (Garg et al., 2012, Gopalakrishnan y Tafti, 2013).

---

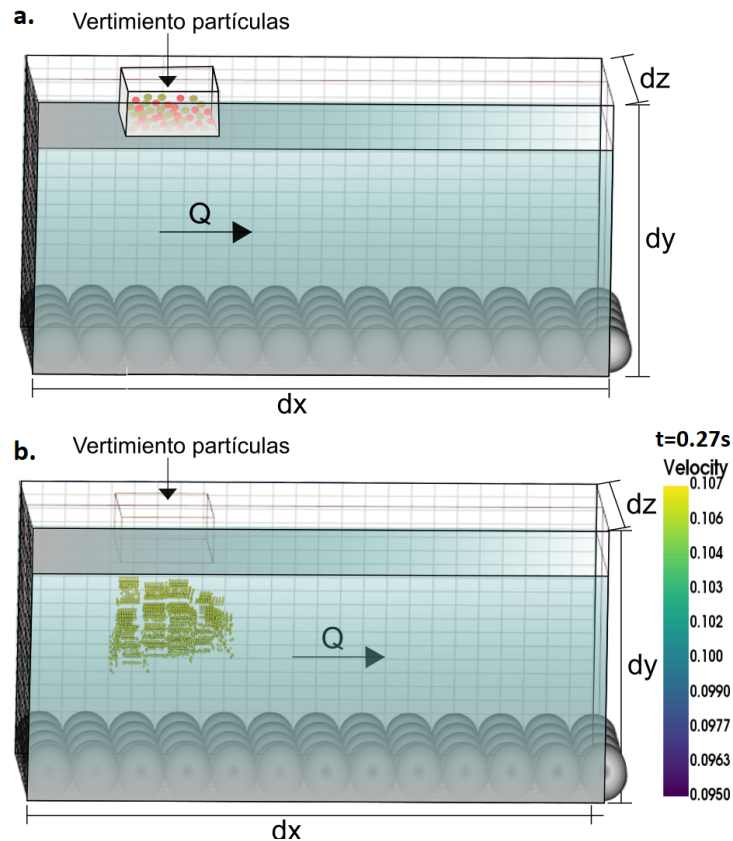
<sup>1</sup>Departamento de Ingeniería Civil, Universidad de Chile. Contacto: [nataliabustamante@ug.uchile.cl](mailto:nataliabustamante@ug.uchile.cl)

<sup>2</sup>Departamento de Ingeniería Civil, Advanced Mining Technology Center, Universidad de Chile. Contacto: [ynino@ing.uchile.cl](mailto:ynino@ing.uchile.cl)



**Figura 1:** Vertimiento puntual del concentrado de cobre en un canal abierto con lecho de gravas.

La Figura 2a presenta las características geométricas del volumen modelado cuyas dimensiones son:  $dx = 0.25m$ ,  $dy = 0.12m$  y  $dz = 0.1m$ , donde  $dx$ ,  $dy$ ,  $dz$  son las dimensiones longitudinal, profundidad y ancho del canal, respectivamente. Las dimensiones del canal son iguales a las de Bustamante et al. (2017). Las esferas en el lecho simulan las gravas en el canal cuyo diámetro es,  $ds = 0.02m$ . Las partículas en suspensión se siembran con un diámetro  $dc = 0.001m$  y una densidad del concentrado de cobre  $\rho_c = 4.2 g/cm^3$ , para diferentes concentraciones. La Figura 2b muestra las partículas en suspensión según MFix para  $t = 0.27s$ , con las velocidades de las partículas de concentrado de cobre.



**Figura 2:** Volumen modelado numéricamente, a. Descripción geométrica, b. suspensión para  $t = 0.27s$ .



Esta modelación se realizó con partículas suspendidas de mayor tamaño que las partículas de concentrado de cobre real, debido a la capacidad de cómputo disponible a la fecha. Sin embargo, se optimizarán geometrías y escenarios de modelación con el objetivo de simular condiciones muy similares a las trabajadas en laboratorio por Bustamante et al, (2017).

### **Agradecimientos**

Los autores de este trabajo agradecen al Departamento de Ingeniería Civil de la Universidad de Chile, al Proyecto Fondecyt 1140767 y a Conicyt Beca Doctorado Nacional N°21181620.

### **Referencias**

- Bustamante, N., Tapia, C., & Niño, Y. (2017). Estudio Experimental de Derrame de Concentrado de Cobre en Lechos de Gravas. In XXIII Congreso Chileno de Ingeniería Hidráulica (p. 14).
- Garg, R., Galvin, J., Li, T., & Pannala, S. (2012). Open-source MFI-X-DEM software for gas-solids flows: Part I-Verification studies. *Powder Technology*, 220, 122–137. <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2011.09.019>
- Gopalakrishnan, P., & Tafti, D. (2013). Development of parallel DEM for the open source code MFI-X. *Powder Technology*, 235, 33–41. <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2012.09.006>
- Niño, Y. (2002). Simple Model for Downstream Variation of Median Sediment Size in Chilean Rivers. *Journal of Hydraulic Engineering*, 128(October), 934–941. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9429\(2002\)128:10\(934\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9429(2002)128:10(934))