

Movimiento colectivo de un flujo de partículas inducido por oscilaciones biarmónicas

Tomás de Navascués Martínez¹, Martín Maza-Cuello¹ and Diego Maza¹

¹Departamento de Física y Matemática Aplicada, Facultad de Ciencias, Universidad de Navarra, E-31080 Pamplona, España.

El flujo de medios granulares se estudia, habitualmente, cuando las partículas están bajo la influencia de campos gravitatorios, y, por tanto, la aceleración de la gravedad controla la descarga. En esta línea, en nuestro grupo se han estudiado las formas de los perfiles de velocidad y de densidad en la apertura de un silo vertical [1].

Recientemente hemos reportado una nueva forma de controlar el movimiento de una partícula sin necesidad de la fuerza de la gravedad. En su lugar, el movimiento se consigue mediante una dinámica ratchet inducida por fricción. Se hace vibrar una superficie horizontal siguiendo un movimiento biarmónico y la propia asimetría de la señal produce una velocidad de deriva en los objetos que se encuentran apoyados sobre ella [2]. Si el movimiento de la base fuera armónico el desplazamiento de las partículas sería nulo en promedio, pero, al ser biarmónico, se produce una descompensación en las velocidades que produce un movimiento neto por ciclo. La oscilación biarmónica aplicada a la base tiene la siguiente forma:

$$a_B(t) = \gamma[\rho \sin(\omega t) + (1 - \rho) \sin(2\omega t + \phi)], \quad (1)$$

donde γ es la magnitud de la aceleración, ϕ es el desfase entre ambos armónicos y ρ controla su magnitud relativa.

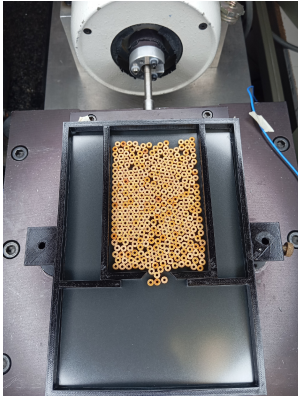


Fig. 1. Montaje experimental: un grupo de partículas se desplazan sobre una base oscilante.

La velocidad de deriva de las partículas sobre la base está dada por

$$v_d = \frac{\gamma}{4\pi} \cos\left(\phi - 2a \sin \frac{\pi \mu g}{\gamma}\right), \quad (2)$$

donde μ es el coeficiente de rozamiento. De este modo mediante la amplitud y el desfase de la señal aplicada al vibrador se puede controlar la velocidad de las partículas.

A partir de aquí estamos estudiando la descarga de un reservorio horizontal (Fig. 1) en el que las partículas libres tendrían una velocidad dada por Ec.(2) pero, como están atrapadas en un embotellamiento, interaccionan de modo que los perfiles de densidad y de velocidad a la salida del orificio tienen formas que pueden ser distintas de las esperadas. Así, estamos investigando la influencia que tienen las distintas variables de interés sobre la descarga, como el tamaño del orificio, el diámetro del reservorio o la cantidad de material acumulado. En relación a esta variable queremos medir la presión granular del sistema. Esto es, si las partículas que están cerca del orificio y, por tanto, cerca de ser evacuadas, se ven afectadas por una presión ejercida por el material que las presiona desde detrás.

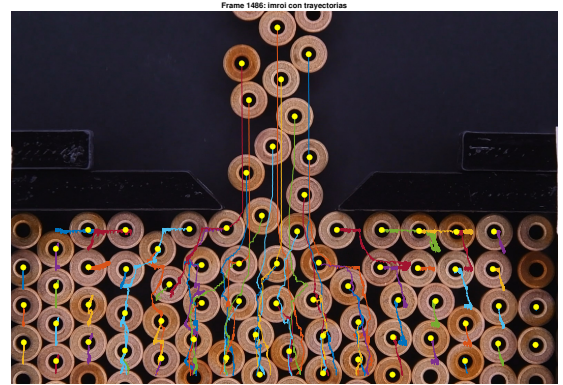


Fig. 2. Flujo granular a la salida del reservorio de partículas. Se marcan los centroides y las trayectorias de cada partícula.

[1] A. Janda, I. Zuriguel, and D.Maza, *Flow Rate of Particles through Apertures Obtained from Self-Similar Density and Velocity Profiles*, Phys. Rev. Lett. **108**, 248001 (2012).

[2] M. Maza-Cuello and D.Maza, *Efficient Transport Controlled by Biharmonical Frictional Driving*, Phys. Rev. Lett. **133**, 158201 (2024).