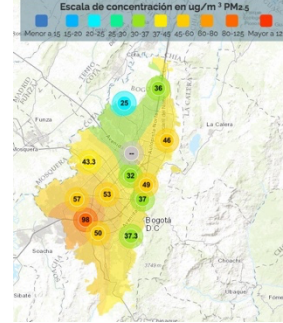


## Posibles Proyectos Métodos de Simulación en Física 2024-I

### 1. Propagación por Bogotá del humo de un incendio forestal.

Es común que en temporada seca se presenten incendios forestales que afectan la calidad del aire en Bogotá, como sucedió a principios de 2024. Esta contaminación queda registrada en la Red de Monitoreo de la Calidad del Aire de Bogotá (RMCAB), conformada por alrededor de 20 estaciones (<http://rmcab.ambientebogota.gov.co/home/map>). Las partículas generadas son transportadas por el viento y caen por acción de la gravedad para eventualmente rebotar y depositarse finalmente sobre todas las superficies que tocan. La evolución es gobernada por la ecuación de advección-difusión,

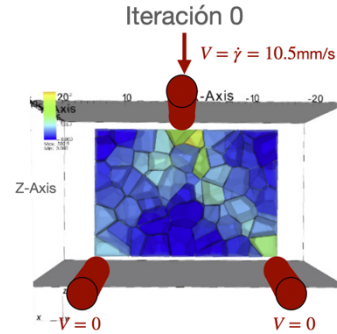


$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho \vec{u}) = D \nabla^2 \rho + \vec{S}(\vec{x}, t)$$

donde  $\vec{u}$  es el campo de velocidades y el último término  $\vec{S}(\vec{x}, t)$  representa fuentes o sumideros. La advección-difusión se puede simular con un modelo de lattice-Boltzmann, y el campo de velocidades promedio ha sido medida por las mismas estaciones de monitoreo que miden la contaminación. El objetivo es reproducir exitosamente la evolución de la contaminación por humo de Bogotá.

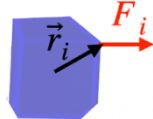
### 2. Fractura de un material sólido.

Una de las maneras de modelar la fractura de un bloque sólido es con elementos finitos. El bloque se modela como un conjunto de granos pegados por enlaces con cierta fuerza de cohesión (de resorte o de viga), y el bloque completo se somete a fuerzas de flexión externas. Cada enlace tiene un umbral de fractura, representado por una deformación máxima. Cuando el enlace alcanza el umbral dado por cierto criterio de falla (como, por ejemplo, Mohr-Coulomb), deja de hacer fuerza (se rompe), y el sistema sigue evolucionando sin él.



El objetivo es modelar con YADE un bloque sólido bidimensional como multiesferas unidas por fuerzas de viga y simular su fractura bajo una flexión bidimensional, como se muestra en la figura. Adicionalmente, el objetivo es también calcular el tensor de esfuerzos para cada grano, encontrar sus valores propios  $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$  y a partir de ellos calcular el Strain Energy Field para cada grano,

$$\sigma = \frac{1}{V} \sum_i \vec{r}_i \otimes \vec{F}_i$$



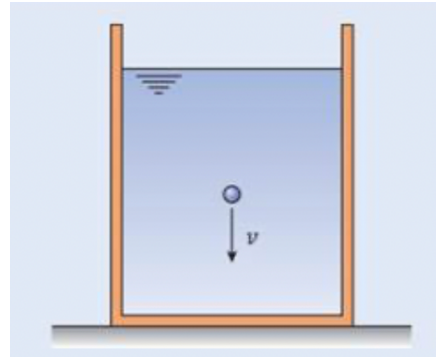
$$\psi = \left[ \frac{2}{3} (1 + \nu) \sigma_v^2 + 3(1 - 2\nu) \sigma_h^2 \right]^{1/2}$$

donde

$$\sigma_h = \frac{\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3}{3}, \quad \sigma_v = \sqrt{\frac{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2}{2}}$$

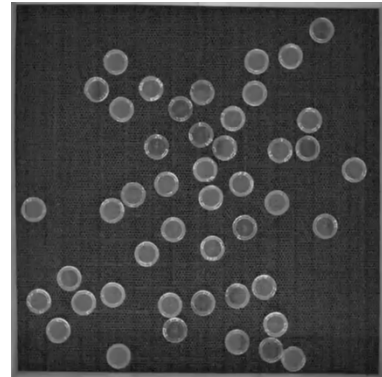
son los valores de presión hidrostática y de tensor de von Mises, respectivamente.

3. Considere una celda cuasi-bidimensional formada por dos placas de vidrio de 10cm x 15cm separadas por una distancia de 1.2cm. La celda, colocada en posición vertical, se llena de glicerina y se dejan caer en ella esferas de acero de 1cm de diámetro. El objetivo es simular el movimiento de las esferas, usando para ello lattice Boltzmann para el fluido y elementos discretos para las esferas, acoplando los dos métodos a través del método de la frontera inversa. Este trabajo ha sido solicitado en colaboración por el Prof. Raúl Cruz Hidalgo, de la Universidad de Navarra (Pamplona, España).

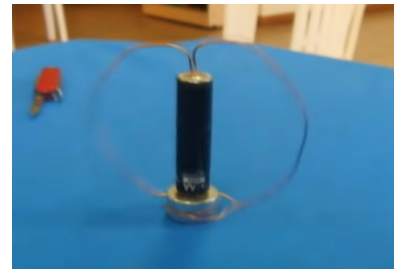


[1] Alfredo Pinelli, I. Z. Naqavi, Ugo Piomelli, Julien Favier. Immersed-boundary methods for general finite-difference and finite-volume Navier-Stokes solvers. *Journal of Computational Physics*, 2010, **229** (24), pp.9073-9091. Doi: 10.1016/j.jcp.2010.08.021 . hal-00951516.

4. Considere un conjunto de discos que giran y flotan en una mesa de aire sobre un flujo de aire constante, uniforme y turbulento. Los discos, impresos en 3D, están contruidos para girar en una dirección, como efecto del fluido. El movimiento de los discos ha sido grabado de los experimentos, y al analizarlo se encuentra una correlación entre las componentes  $v_x$  y  $v_y$  de la velocidad, pero no se ha podido explicar. El objetivo del trabajo es explorar si la fuerza de Magnus puede ser suficiente para explicar el movimiento y dicha correlación. Este trabajo ha sido solicitado en colaboración por Prof. Francisco Vega Reyes, de la Universidad de Extremadura (España).

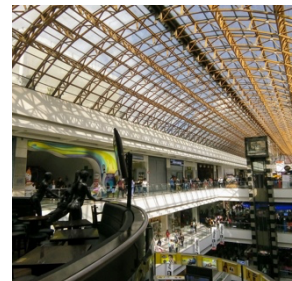


5. El motor homopolar es uno de los motores más sencillos posibles, y consiste de un alambre entorchado que conecta los dos polos de una batería cilíndrica a través de un imán. El objetivo del proyecto es emplear un Lattice-Boltzmann para electromagnetismo para simular el funcionamiento del motor.



<https://www.youtube.com/watch?app=desktop&v=kXUDtZvrBkc> .

6. Las plazoletas de comidas de nuestros centros comerciales suelen ser lugares extremadamente ruidosos, con una cantidad de reverberación que hace casi imposible escuchar una conversación a nivel normal. Estos sitios suelen tener techos en forma cilíndrica cubiertos de teja. El objetivo del proyecto es simular la acústica de uno de estos sitios, colocando un conjunto de fuentes de sonido similares a los de la realidad, calcular el tiempo de reverberación y ver si se reproduce el sonido que se percibe. Adicionalmente, de ser posible, proponer qué se podría hacer para reducir el nivel de ruido y la reverberación.



7. Cuando se agrega una masa grande en un punto de un neumático inflado y se hace rodar, bajo ciertas condiciones el neumático salta, lo que se conoce como el *hooping hoop* (<https://www.youtube.com/watch?v=ETRpkp03stQ>). El objetivo del proyecto es estudiar el fenómeno usando dinámica molecular y hallar las condiciones para que salte. Este fue uno de los problemas del International Physicist Tournament 2024.



8. En la pirámide maya de Chichén-Itzá, en Yucatán (que se conoce como *El Castillo*), ocurre un fenómeno muy curioso. Si uno se para a cierta distancia de la pirámide y aplaude, el eco se escucha como el grito de un pájaro ([https://www.youtube.com/watch?v=cvC\\_deZuDDg](https://www.youtube.com/watch?v=cvC_deZuDDg)). Las escaleras actúan como una rejilla de difracción inclinada que devuelve parte del sonido en la dirección original. El proyecto consiste en simular con un Lattice Boltzmann para ondas en dos dimensiones la propagación del sonido desde la fuente, su reflexión en el piso y en los escalones de la pirámide inclinada y reproducir el sonido que llega. Este fue uno de los problemas del International Physicist Tournament 2024.



9. Una de las formas de apagar un fuego es usar una explosión para lanzar un vórtice de aire sobre él (<https://www.youtube.com/watch?v=x5-O3ffWso8>). De manera similar, se puede generar un vórtice anular en agua simplemente soplando una burbuja desde el fondo. El objetivo del proyecto es simular el fenómeno de generación del vórtice utilizando un lattice Boltzmann para fluidos en 3D. Este fue uno de los problemas del International Physicist Tournament 2023.

