

# SIMULACIONES DEL PROCESO DE LIMPIEZA DE UNA MÁQUINA LIMPIADORA DE TRIGO A TRAVÉS DE ACOPLERES DEM-CFD

**Autores:**  
Luiguie Sagastegui R. & Helard Álvarez S.

**Afiliación:**  
Universidad de Ingeniería y Tecnología - UTEC, Lima, Perú.

**Núcleo Temático: Simulaciones numéricas computacionales DEM-CFD**

## Resumen

Existe una falta de estudios fundamentales por el estado del arte numérico computacional y sus aplicaciones en la ingeniería moderna, como es el caso de las simulaciones acopladas entre DEM y CFD (Método de elementos discretos y Fluido dinámico computacional, respectivamente), las cuales explican la teoría y el aspecto técnico del proceso de limpieza aerodinámica de una máquina limpiadora de trigo. Así mismo, estas evitan las pruebas experimentales tradicionales, las cuales anteriormente se realizaban constantemente para lidiar con los problemas de bajo rendimiento de limpieza y sobredemanda de energía de parte del motor del ventilador centrífugo de la máquina. Las causas de los efectos mencionados de acuerdo con la literatura se deben a factores operativos y diseño como por ejemplo entre los más comunes una mala calibración de los flujos de aire-partícula y las dimensiones del conducto neumático. Y a través de las simulaciones mencionadas dichos factores operativos y de diseño se pueden variar libremente con el fin de entender el comportamiento de las partículas bajo la influencia de un flujo de aire forzado, tal como ocurre en la máquina limpiadora de trigo.

En este sentido, se realizaron tres simulaciones DEM-CFD con estrategia unidireccional entre Rocky-DEM y ANSYS-Fluent, con el fin de simular el proceso de limpieza de la máquina limpiadora de trigo para tres direcciones de flujo de aire ( $0^\circ$ ,  $22.5^\circ$  y  $45^\circ$ ). Para la realización de estas se inició en primer lugar la simulación CFD, la cual fue configurada con una velocidad del flujo de aire de 7.5 m/s (velocidad terminal del trigo) y un diámetro hidráulico del área de entrada de 0.25 m (calculado con la **Ecuación 1**) para las tres direcciones, tal como se muestra en la **Figura 1**: Velocidades del flujo de aire direccionados  $0^\circ$ ,  $22.5^\circ$  y  $45^\circ$  con respecto a la horizontal. Estas soluciones CFD posteriormente se exportaron en un formato "f2r" a través de la opción de "Exportar solución a Rocky" ubicada en el menú superior "File" del software Fluent y posteriormente se importaron en Rocky-DEM en donde; además, se configuró las propiedades físicas y mecánicas de las partículas de trigo y broza (ver **Tabla 1**: Propiedades requeridas para la configuración de las partículas en Rocky-DEM.), la razón de entrada de alimentación para ambas partículas (ver **Tabla 2**: Razón de entrada de las partículas de trigo y broza en Rocky-DEM \*(d: diámetro).) y por último se dio inicio a la simulación unidireccional con un paso de tiempo de 0.05 segundos para una duración de 2 segundos para cada una de las tres direcciones.

Los resultados de las simulaciones DEM-CFD se obtuvieron directamente en Rocky-DEM y fueron básicamente el monitoreo de la velocidad traslacional de las partículas de trigo y broza en cada paso de tiempo para los 3 flujos, las cuales se muestran en la **Figura 2**: . Además, se validó y se comparó el desplazamiento final de las partículas, obtenidas de las simulaciones, a través de pruebas experimentales que

se realizaron en un banco de prueba a escala configurados bajo los mismos parámetros de operación y diseño, y se obtuvo un margen de error de 5% para el trigo y 10% para la broza, tal como se muestra en la **Figura 2**: . Siguiendo con los resultados de las simulaciones realizadas, la velocidad traslacional de trigo y la broza a la entrada y salida de la zona de interacción estuvieron en el rango de 0.5-1.5 m/s y 3-4.5 m/s, respectivamente (ver **Figura 2**: ), y para los tres flujos  $0^\circ$ ,  $22.5^\circ$  y  $45^\circ$  se dieron rendimientos de limpieza de 99%, 98% y 96% (calculado con la **Ecuación 2**). Adicionalmente, se muestra la configuración CFD para el banco de prueba a escala (ver **Figura 4**), la cual requirió de 3 entradas circulares para simular los flujos generados por las 3 secadoras de cabello durante las pruebas experimentales bajo las mismas condiciones validando la velocidad del flujo de aire con un anemómetro en la zona de cruce aire-partícula y por último se muestran los resultados de las simulaciones del banco de prueba en la **Figura 5**.

## Tablas y Figuras

Material	Densidad	Módulo de Young
Trigo	790 kg/m <sup>3</sup>	450 MPa
Broza	200 kg/m <sup>3</sup>	4.5 GPa

**Tabla 1:** Propiedades requeridas para la configuración de las partículas en Rocky-DEM.

Material	Geometría	Razón de Entrada
Trigo	d = 0.01 m	0.8 t/h (80%)
Broza	5x50x 1/2 mm	0.6 t/h (20%)

**Tabla 2:** Razón de entrada de las partículas de trigo y broza en Rocky-DEM \*(d: diámetro).

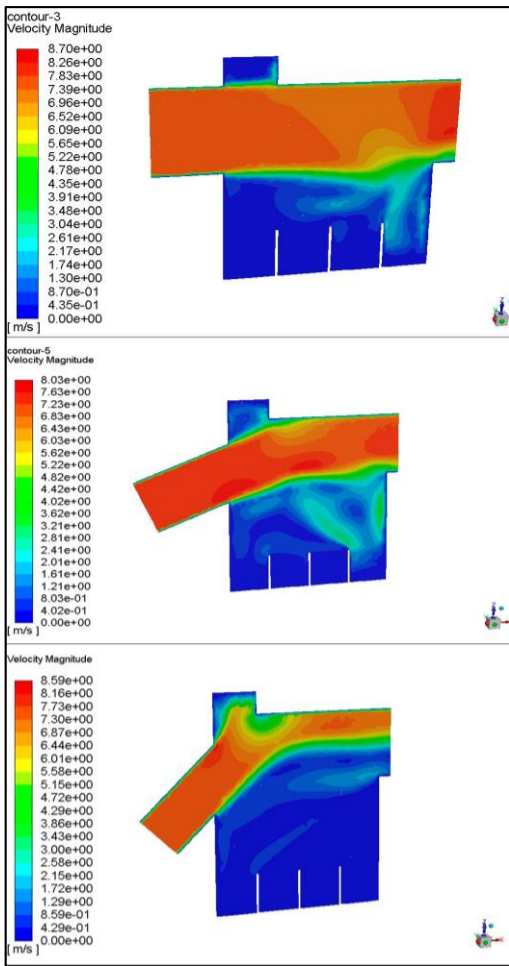


Figura 1: Velocidades del flujo de aire direccionados 0°, 22.5° y 45° con respecto a la horizontal.

y 45° a 7.5 m/s con un paso de tiempo de 0.05s y una razón de entrada de 1 t/h.

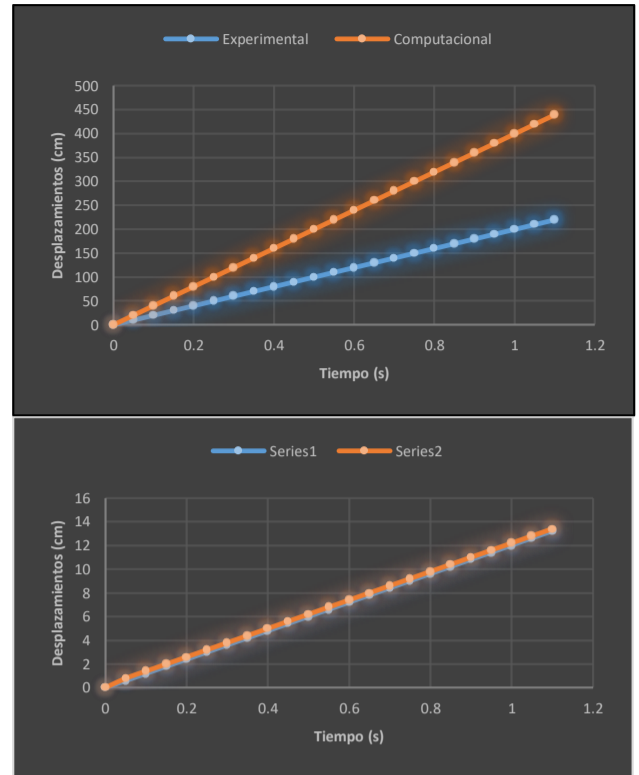


Figura 3: Comparación real y virtual del desplazamiento de las partículas de broza y trigo, respectivamente, en cada paso de tiempo (margen de error 10% broza y 4% trigo).

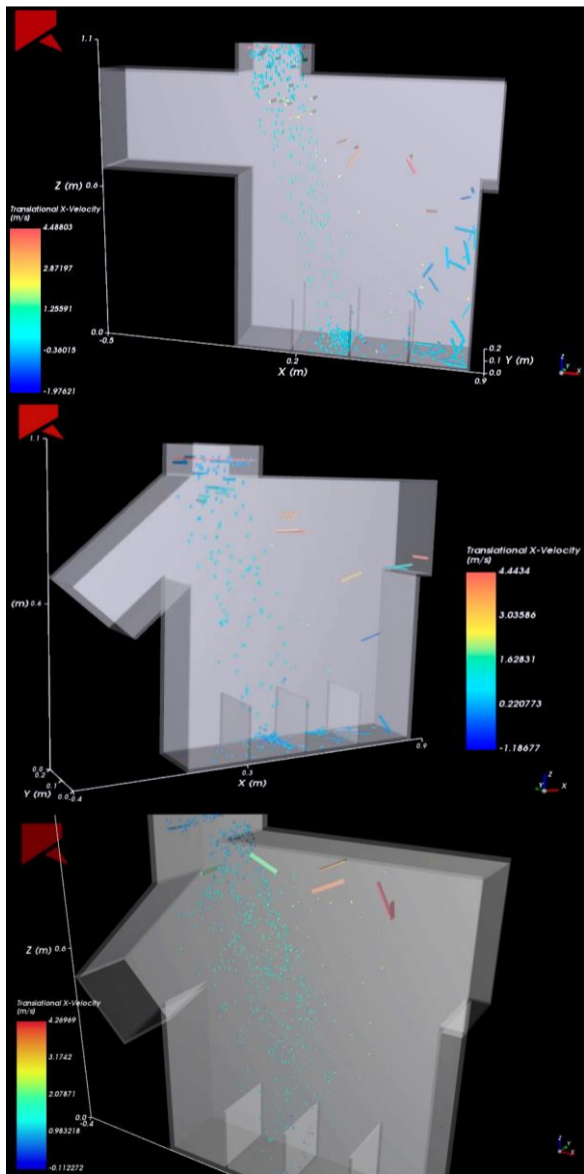


Figura 2: Velocidad traslacional de las partículas de trigo y broza para flujos de aire horizontal y direccionados 22.5°

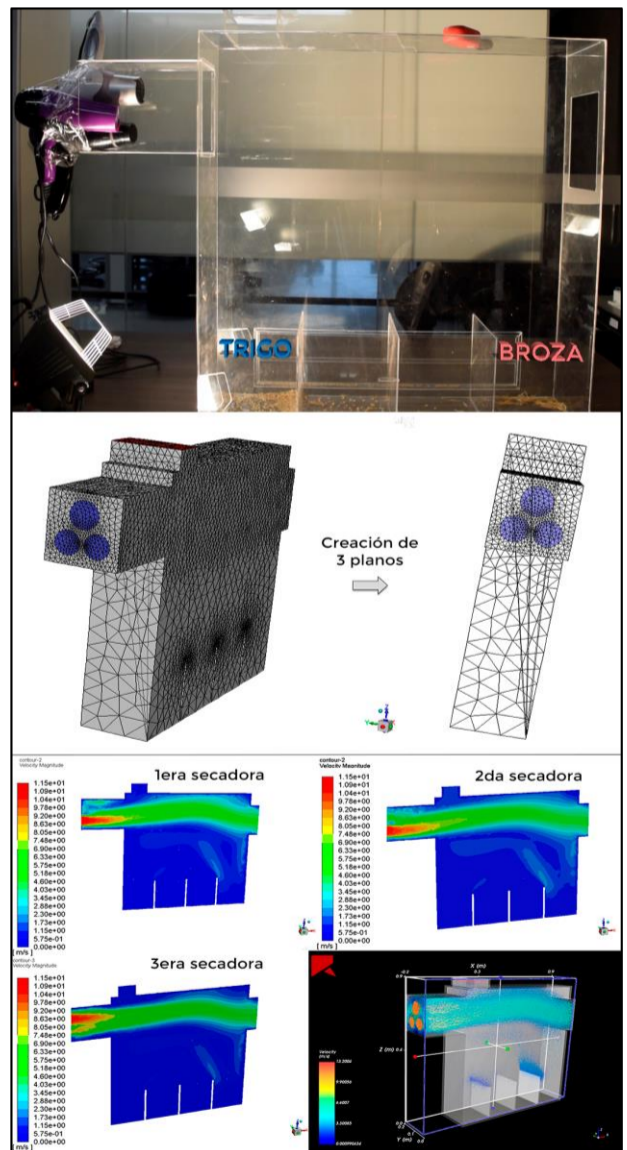
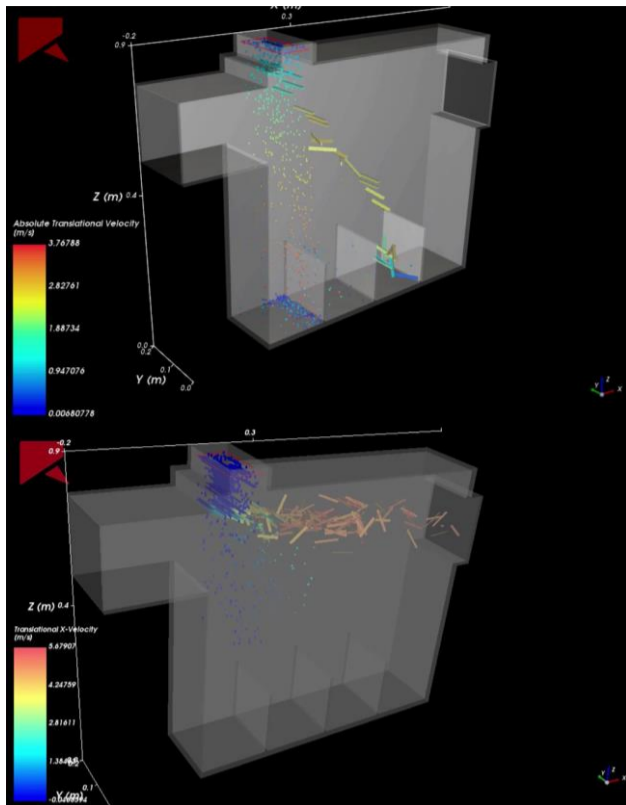


Figura 4: Prueba experimental con su respectiva simulación DEM-CFD con acople 1-way bajo las mismas condiciones.



**Figura 5:** Simulación DEM-CFD 1-way del banco de prueba a escala bajo las mismas condiciones. (validación del trigo y la broza, respectivamente)

R. Bharadwaj, Using DEM to solve bulk material handling problems, Jenike & Johanson, pp: 1-5, 2012.  
 Y. Tsuji, Multiscale modeling of dense phase gas-solid flow, 2007.

## Ecuaciones

*Ecuación 1*

$$D_h = \frac{4 \times (AB)}{2A + 2B}$$

Donde,  $D_h$  es el diámetro hidráulico (m), A y B son los lados del rectángulo.

*Ecuación 2*

$$n_c = \frac{G_0}{G_0 + C_{cg}} \times 100$$

Donde,  $n_c$  es el rendimiento de limpieza (%),  $G_0$  es el peso de los granos a la salida (g) y  $C_{cg}$  es el peso de los contaminantes embebidos entre los granos limpiados (g).

## Referencias

- B. A. Adewumi *et al*, Grain classification using aerodynamic principles, pp:1-3, 2007.
- C. K. K. Lun & H. S. Liu, Numerical simulation of dilute of turbulent gas-solid flows in horizontal channels, pp. 1571-1584, 1997.
- separator, pp: 5-30, 2015.
- H. Reza Norouzi *et al*, Coupled CFD-DEM Modeling, pp: 310-360, 2016.
- H. Vidal, Diseño y fabricación de una máquina limpiadora de trigo, pp: 5-15, 2004.
- J. E. Hilton *et al*, Dynamics of gas-solid fluidized bed with non-spherical particle geometry, Chemical Engineering Science, 2010.
- L. Almeida, Workshop: 1-way coupling CFD-DEM, pp. 1-30, 2016.
- M. Hauhouot-O'hara *et al*, Selected physical and aerodynamic properties for cheat seed, pp: 1-14, 2000.
- M. Warechowska *et al*, Interrelation between selected physical and technological properties of wheat grain, pp: 1-10, 2013.