XX Jornadas de Ciencias, Tecnologías e Innovación

SIMULACIÓN COMPUTACIONAL DE TRAYECTORIA DE PARTÍCULAS DURANTE LA DESCARGA DE UN DOSIFICADOR MONOGRANO DE SEMILLAS

AGUIRRE, Joaquín[1]; CATALANO, Juan Cruz[1,2]; PAIRETTI, César[1,2]; NARDON, Gustavo[1]; VENIER, César[1,2].

[1] Escuela de Ingeniería Mecánica, Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura, Universidad Nacional de Rosario.
[2] Instituto de Física de Rosario, CCT-Rosario (CONICET-UNR).

Palabras claves: DEM; LIGGGHTS; CLUMP; DOSIFICADOR DE SEMILLAS.

INTRODUCCIÓN

La calidad de la siembra de precisión depende de que las semillas sean dosificadas, transportadas o conducidas y depositadas de manera uniforme, tanto en la distancia entre semillas, como en la profundidad de siembra. Las variaciones en su trayectoria, tiempo de descarga y posición final de las semillas en el surco pueden generar distribuciones irregulares en la siembra, un uso ineficiente de la semilla y pérdidas de productividad. En este trabajo se estudia el comportamiento de semillas de maíz durante la etapa donde la semilla es conducida a través del tubo de descarga hacia el suelo. Para ello, se utilizó como referencia un banco de siembra instalado en laboratorio de agroindustria (EIM, FCEIA), y se desarrolló un modelo numérico basado en el método de elementos discretos (**DEM**), implementado en el software **LIGGGHTS**, que permite representar el movimiento individual, las colisiones, las rotaciones e interacciones de esferas con las paredes y otras esferas.

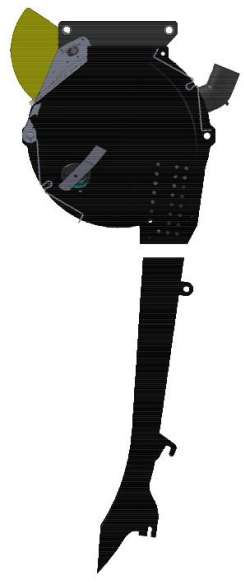


Figura 1. CAD del dosificador.

HIPOTESIS Y MARCO TEÓRICO

El software LIGGGHTS por medio del método de elementos discretos (DEM, por sus siglas en inglés), presentado por Cundall y Strack [1], modela las interacciones entre partículas mediante una interpenetración entre ellas. En las simulaciones DEM, dichas trayectorias se determinan mediante la integración de la segunda ley de Newton. Siendo Uα y ωα la velocidad lineal y angular de la partícula α, respectivamente.

$$m_\alpha \frac{d\mathbf{U}_\alpha}{dt} = \sum_{\beta=1}^{n_\alpha^c} \mathbf{F}_{\alpha\beta}^c + \mathbf{F}_\alpha^g \quad ; \quad I_\alpha \frac{d\boldsymbol{\omega}_\alpha}{dt} = \sum_{\beta=1}^{n_\alpha^c} \mathbf{M}_{\alpha\beta}^c$$

Específicamente LIGGGHTS utiliza el modelo de Hertz:

$$F = \underbrace{\left(k_n \underbrace{\delta \mathbf{n}_{ij}}_{\text{normal overlap}} - \gamma_n \underbrace{\mathbf{vn}_{ij}}_{\text{normal relative vel.}}\right)}_{\text{normal force}} + \underbrace{\left(k_t \underbrace{\delta \mathbf{t}_{ij}}_{\text{tangential overlap}} - \gamma_t \underbrace{\mathbf{vt}_{ij}}_{\text{tangential relative vel.}}\right)}_{\text{tangential force}}$$

Los coeficientes (*kn*, *γn*, *kt*, *γt*) son calculados mediante las propiedades físicas de los pares interactuantes: módulo de Young (*Y*), módulo de corte (*G*), coeficiente de Poisson (*v*), coeficiente de restitución (*e*).

Con el modelo en claro plantamos múltiples casos de simulación donde se suelta la semilla desde la entrada del tubo de descarga con distintas orientaciones para barrer todas las alternativas de caída, con el objetivo de estudiar la trayectoria y las posiciones de contacto con el suelo (que se encuentra 0.4 metros de la entrada del tubo).

ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

Las semillas de maíz tienen una geometría irregular, por lo tanto, para su modelado usaremos **clumps**, los cuales son grupos de esferas unidas rígidamente que permiten simular formas complejas (ver Fig. 2). Para un primer abordaje del problema realizamos un estudio preliminar de sensibilidad del modelo. Utilizando archivos CAD para el tubo de descarga y la semilla de maíz, variamos la orientación de entrada del clump y la cantidad de esferas que lo componen.



Figura 2. CAD y clumps de la semilla de maíz.

La Figura 3 presenta la métrica DRMS (dispersión RMS respecto al centroide de todos los puntos de contacto con el suelo). Se observa una convergencia a partir de 16 esferas, con lo cual se considera que este clump ofrece un adecuado compromiso entre la dispersión de los resultados y el costo computacional.

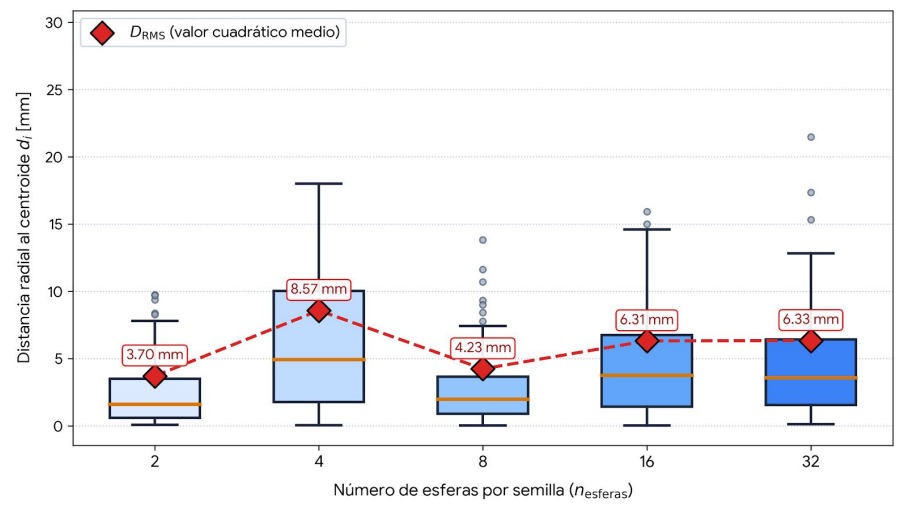


Figura 3. Dispersión de posiciones finales de los clumps.

RESULTADOS y DISCUSIÓN

En base al modelo de clump elegido, vamos a explorar la influencia de los parámetros físicos más relevantes, considerando los rangos reportados en la literatura [2, 3].

En la Tabla 1 se aprecia, mediante el parámetro *p* (valor de prueba estadística), que los resultados son altamente sensibles a la elección del coeficiente de restitución. Esto puede apreciarse en la Figura 4, que, para la misma orientación de semilla, la trayectoria cambia. Asimismo, no se observa tal sensibilidad al estudiar otros parámetros físicos (e. g. módulo de Young o módulo de Poisson).

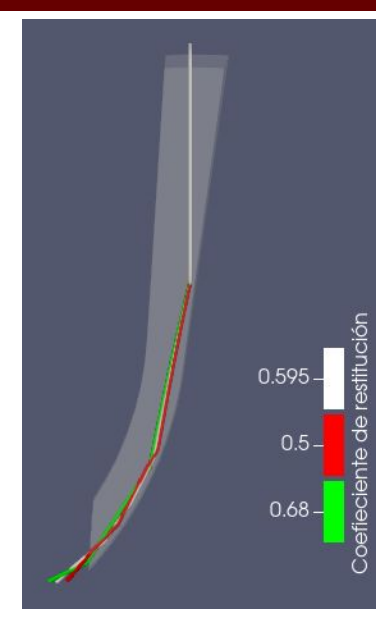


Figura 4. Trayectorias de casos con variaciones de e_{12}

Parámetro Físico Variado	Nivel / Variación	D_{RMS} [mm]	Valor *p*
Restitución grano-tubo (e_{12})	0.500 (-16.0%)	**3.56**	**0.0085**
	0.595 (Base)	**5.39**	
	0.680 (+14.3%)	**7.10**	
Módulo Young tubo (E_t)	0.85 GPa (-20.6%)	**6.12**	0.2391
	1.07 GPa (Base)	**5.39**	
	1.25 GPa (+16.8%)	**5.31**	
Poisson tubo (ν_t)	0.420 (-8.7%)	**6.46**	0.2976
	0.460 (Base)	**5.39**	
	0.440 (-4.3%)	**5.46**	
Poisson grano (ν_m)	0.370 (-7.5%)	**5.45**	0.1695
	0.400 (Base)	**5.39**	
	0.430 (+7.5%)	**5.23**	

Tabla 1. DRMS y valor *p* de los parámetros variados.

REFERENCIAS

[1] Cundall P.A. y Strack O.D. A discrete numerical model for granular assemblies. geotechnique, 1979.
[2] Józef Horabik, Marek Molenda. Parameters and contact models for DEM simulations of agricultural granular materials: A review. Biosystems Engineering, 2016.
[3] F Dai, WY Zhao, ZS Han, FW Zhang. "Experiment on Poisson's ratio determination about corn kernel". Advanced Materials Research, 2013.

CONCLUSIONES

Los resultados de este estudio muestran que la simulación DEM es una herramienta adecuada para complementar los ensayos de laboratorio, orientar el diseño y la optimización del sistema de descarga de semillas. Particularmente, se pudo determinar un modelo de clump adecuado para caracterizar morfológicamente la semilla de maíz, y se observó la sensibilidad relativa de algunos parámetros físicos en el punto de deposición de la semilla sobre el suelo. Este poster muestra los resultados de un trabajo en progreso, con un correlato experimental actualmente en desarrollo en el banco de siembra instalado en el taller de la Escuela de Ingeniería Mecánica (FCEIA-UNR) con el objetivo de validar el estudio computacional.