

Simulación por dinámica de fluido computacional (CFD) de torre de descarga de picadora de forraje

Computational Fluid Dynamics (CFD) Simulation of Forage Chopper Discharge Tower



CU-ID: 2177/v31n2e04

^{ORCID} Pedro A. Valdés-Hernández*, ^{ORCID} Alexander Laffita-Leyva, ^{ORCID} Jesús Borrego-Orta,
^{ORCID} María del Carmen Chuairey-Medina

Universidad Agraria de La Habana, Facultad de Ciencias Técnicas, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba.

RESUMEN: El trabajo forma parte de un proyecto de investigación aprobado por el Programa Nacional de Alimento Animal. El objetivo del trabajo consistió en realizar la simulación por CFD de la torre de descarga de una maquina picadora de forraje, empleando la herramienta SOLIDWORKS, con vista al perfeccionamiento de su diseño. Se establecen las condiciones de fronteras para el modelo en estudio, de velocidad, flujo volumétrico y presión atmosférica a la entrada y salida de la torre dividida en cuatro zonas. Se obtienen el perfil de velocidades, de presión y la fuerza aerodinámica, con y sin partículas de material vegetal, en el interior de la torre. Los resultados muestran velocidades similares de 12,9 - 50,3 m/s, tanto a la entrada como a la salida de la torre con y sin partículas. En la presión se manifiesta a la salida de la torre, una disminución de 1 466,33 - 2 508,22 Pa con respecto a la presión de entrada. La fuerza aerodinámica promedio para las cuatro zonas estudiadas, superan la fuerza de arrastre 0,0195 N necesaria de la partícula, lo que posibilita su expulsión por la salida de la torre de descarga.

Palabras clave: diseño, perfil de velocidades, presión y fuerza aerodinámica.

ABSTRACT: The work is part of an investigation project approved by the National Program of Food Animal. The objective of the work was to carry out the simulation by CFD of forage chopper discharge tower, using SOLIDWORKS tool to improve its design. The conditions of frontiers of speed, volumetric flow and atmospheric pressure to the inlet and outlet of the tower divided in four areas are established for the pattern in study. The speeds profile, pressure and the aerodynamic force, with and without particles of vegetable material, inside the tower were obtained. The results show similar speeds of 12,9 - 50,3 m/s, at the inlet and at the outlet of the tower with and without particles. A decrease of pressure of 1 466,33 - 2 508,22 Pa is manifested at the outlet of the tower with respect to the inlet pressure. The aerodynamic force average for the four studied areas, overcome the necessary haulage force of the particle of 0,0195 N, what facilitates their expulsion through the outlet of the discharge tower.

Keywords: design, speeds profile, pressure and aerodynamics force.

INTRODUCCIÓN

En los últimos 20 años, el Centro de Investigación en Mecanización Agropecuaria (CEMA), ha desarrollado varias investigaciones encaminadas primeramente, al diseño y construcción de las máquinas picadoras de forraje para el procesamiento de tallos gruesos y posteriormente a su perfeccionamiento, llevadas a cabo por parte de diferentes investigadores, según [Martínez et al. \(1998\)](#) para el caso de picadoras con órgano de trabajo del tipo disco, así como por [Valdés \(2008\)](#); [Valdés y](#)

[Martínez \(2009\)](#); [Valdés et al. \(2010, 2012\)](#), para el caso de órgano de corte del tipo tambor, realizando la elaboración de un modelo teórico físico-matemático del proceso tecnológico, que interrelaciona las propiedades físico mecánicas del material a procesar, con los parámetros de diseño y de explotación, el cual se validó experimentalmente con el prototipo de picadora de forraje de producción nacional MF-IIMA modelo EM-01, durante el desmenuzamiento de tallos de caña de azúcar variedad C323-68, y se obtuvo la influencia del momento de inercia y de diferentes

*Autor para correspondencia: Pedro A. Valdés-Hernández, e-mail: pppvaldes1968@gmail.com

Recibido: 17/10/2021

Aceptado: 14/03/2022

ángulos de alimentación constante y variable, sobre el calibre de las partículas, la productividad y la potencia consumida. Posteriormente dicha picadora modificada a partir de los resultados obtenidos, se evaluaron y compararon los indicadores tecnológicos y de explotación, con respecto a la picadora de origen brasileño JF-50, en las condiciones de producción de las entidades ganaderas del Instituto de Ciencia Animal (ICA), según [Valdés et al. \(2015, 2017\)](#), obteniéndose resultados positivos a favor de la picadora de origen nacional. No obstante a pesar de haberse avanzado en esta dirección, aún existen reservas para el perfeccionamiento de dichas máquinas picadoras, debido al batimiento del aire que genera el rotor (tambor picador) durante su movimiento rotacional (en vacío) e interacción de las cuchillas con los tallos del material a procesar y con las partículas después de cortados (bajo carga), lo que crea fluctuaciones en la expulsión de dichas partículas hacia el exterior a través de la torre de descarga, lo cual puede ser simulado con la aplicación de las herramientas computacionales avanzadas, como lo constituye la Dinámica de Fluido Computacional (CFD), para su posible perfeccionamiento.

El desarrollo de los sistemas CAD avanzados, ha permitido incrementar los campos de aplicación de la Ingeniería de Simulación y especialmente la Dinámica de Fluido Computacional (CFD). Este método constituye una de las ramas de la mecánica de fluidos que utiliza métodos numéricos y algoritmos para resolver y analizar problemas sobre el flujo de fluidos. El hecho de que la CFD se haya desarrollado más tarde que otros CAD, como los utilizados para el análisis de tensiones térmicas, es debido a las dificultades inherentes que se presentan en las ecuaciones que describen el flujo de fluidos. Hoy en día, con las enormes posibilidades de los ordenadores y los desarrollos de los métodos numéricos, la CFD se está convirtiendo en una herramienta muy práctica y eficiente para el análisis de situaciones en las que estén involucrados fluidos y por consiguiente, en una inestimable herramienta de análisis y diseño, según [Fujun \(2004\)](#).

A nivel nacional e internacional se han desarrollado múltiples investigaciones relacionadas con la CFD, dentro de las cuales se presentan las realizadas por [Toneva et al. \(2011\)](#); [Chuanzhong et al. \(2012\)](#); [Lisowski et al. \(2012\)](#); que realizan desarrollo de un molino de martillo con dispositivos de tamizado o cribas; la caracterización del flujo en una fase, durante el molinado en un molino clasificador de aire; el movimiento del material picado en la boquilla de descarga de la cosechadora de forraje con unidad de corte de volante, para mediciones con maíz y simulación numérica, respectivamente. Además [Coussirat et al. \(2012\)](#), realiza estudio mediante CFD de la interacción rotor-estator en una bomba centrífuga con difusor, así como [Lisowski et al. \(2012\)](#), realiza

un análisis teórico y por elementos finitos de las pérdidas de carga en un sistema de riego de pivote central; [Salcedo et al. \(2017\)](#), introduce la dinámica de fluidos computacional en el análisis de flujos en medio poroso y [García & Rodríguez \(2018\)](#), evalúa el proceso de sedimentación de partículas discretas en flujo turbulento.

Por otro lado, [Herrera et al. \(2006; 2012; 2013; 2014; 2015\)](#); [Endalew et al. \(2010\)](#), realizan investigaciones sobre la modelación y simulación mediante la dinámica de flujo computacional de la corriente de aire de un pulverizador, analizando el efecto de la velocidad del viento en el desempeño de los pulverizadores agrícolas de ventilador, por otro lado, además realizan análisis de la aerodinámica del ventilador del pulverizador ASS-800 empleado en frutales.

En las investigaciones mencionadas no se aprecian estudios relacionados con el objeto de estudio. Por tanto, se presenta como objetivo realizar la simulación por CFD de la torre de descarga de una máquina picadora de forraje, empleando la herramienta SOLIDWORKS, con vista al perfeccionamiento de su diseño; asociado al proyecto de investigación titulado: Desarrollo de un módulo de máquinas para la producción de alimento animal a partir de diferentes cultivos, código: P131LH002 - 068, aprobado en el Programa Nacional de Alimento Animal.

MATERIALES Y MÉTODOS

En la [Figura 1](#), se muestra el modelo tridimensional de la picadora de forraje original y una vista en isométrico de su digitalización, empleando el programa de diseño tridimensional, en este caso el SOLIDWORKS 2017. En la [Figura 1a](#)), se aprecia una vista del modelo original de la picadora de forraje, completa y en la [Figura 1b](#)), se aprecia el modelo de la torre de descarga.

En la [Figura 2](#), se muestran las características geométricas ([Figura 2a](#)) y físicas ([Figura 2b](#)) de las partículas que fueron incorporadas al modelo tridimensional de la torre de descarga. La fuerza mínima necesaria que requiere la partícula para su arrastre está en el orden de 0,0195 N, obtenida a partir de la masa conocida según programa. En la [Figura 3](#) se aprecian los dos modelos tridimensionales elaborados de la torre de descarga, [Figura 1a](#)), sin partículas y [Figura 1b](#)), con partículas, las mismas fueron distribuidas a través de tres planos diferentes de forma irregular, a lo largo del interior de la torre de descarga de la picadora de forraje, con el objetivo realizar una simulación lo más cercana posible a la realidad.

En la [Figura 4](#), se presentan las cuatro zonas o regiones para determinar la fuerza aerodinámica promedio que ejerce el fluido sobre las partículas (zona 1, 2, 3 y 4) en el plano YZ, comenzando por la

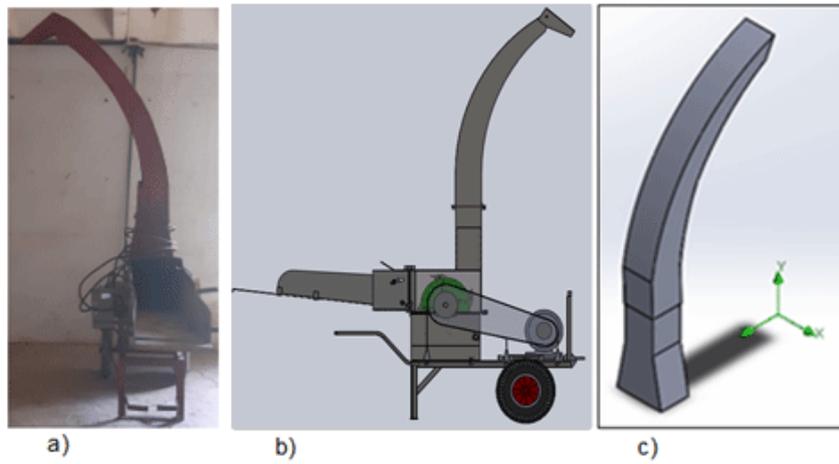


FIGURA 1. Modelo tridimensional de la picadora de forraje. a) Picadora original; b) Picadora digitalizada y c) Torre de descarga.

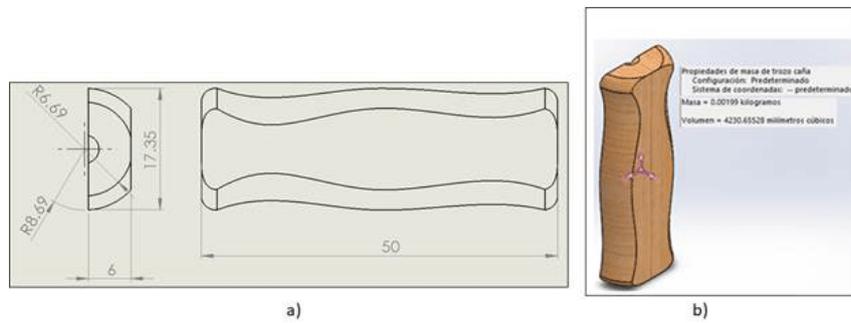


FIGURA 2. Modelo tridimensional de la partícula empleada en la simulación, a) características geométricas; b) características físicas.

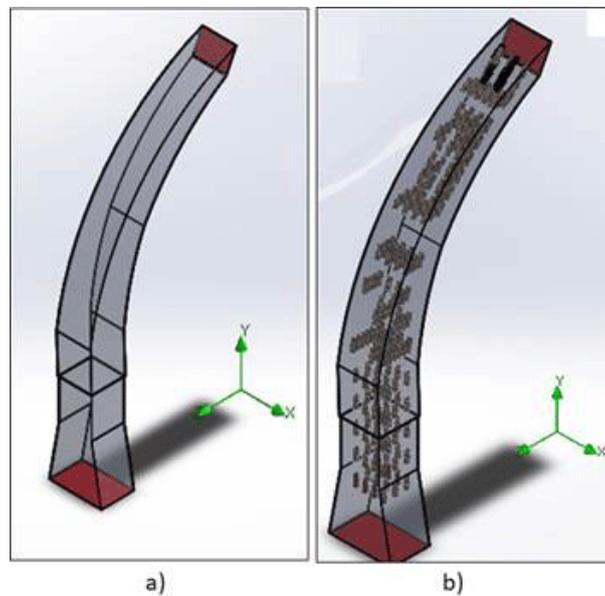


FIGURA 3. Vista traslúcida de la torre de descarga para el análisis CFD, a) sin presencia de partículas y b) con partículas.

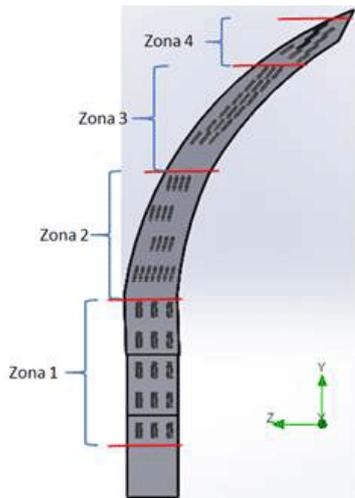


FIGURA 4. Regiones para determinar la fuerza aerodinámica promedio del fluido sobre las partículas, a lo largo de la sección transversal de la torre de descarga, plano YZ.

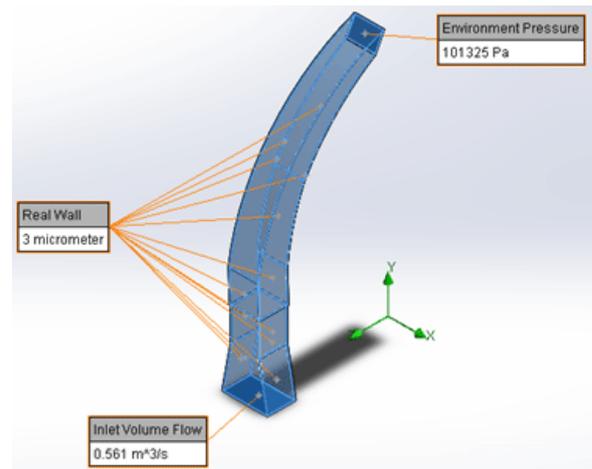


FIGURA 6. Condiciones de fronteras impuestas al modelo tridimensional para el análisis.

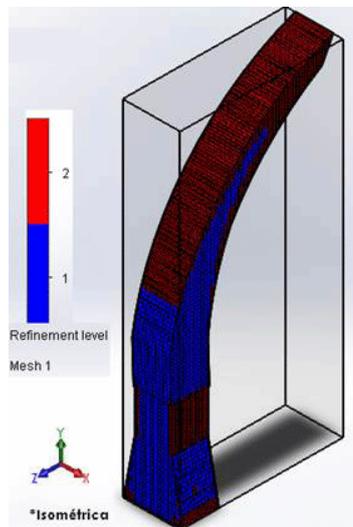


FIGURA 5. Dominio computacional y detalle del refinamiento del malla en la interfase del fluido-sólido, de la torre de descarga.

parte inferior y a lo largo de la sección transversal de la torre de descarga.

En la [Figura 5](#) se presenta una vista en isométrico del dominio computacional y detalle del refinamiento del malla en la interfase del fluido-sólido, del modelo tridimensional de la torre de descarga. Se realizó dos tipos de refinamientos 1: en la parte lateral e inferior de la torre y 2: en la parte posterior y anterior de la torre.

En la [Figura 6](#), se presentan las condiciones de fronteras impuestas al modelo tridimensional para el análisis por CFD. Los parámetros introducidos al programa fueron: una velocidad estimada teóricamente de 30 m/s, según [Valdés \(2008\)](#), a la salida del órgano picador, obteniéndose un flujo volumétrico a la entrada de la torre de 0,561 m³/s; una

presión atmosférica de $103,325 \times 10^3$ Pa, introducida a la salida de la torre de descarga, y una rugosidad superficial del interior de la torre que se declaró en 3 micras.

En la [Figura 7](#), se presenta la convergencia de las metas del proyecto y número de iteraciones alcanzadas durante el análisis de la CFD, con la presencia de partículas en el fluido, observándose que con la cantidad de iteraciones realizadas se presenta la convergencia adecuada, de las metas del proyecto, lo cual permite garantizar una confiabilidad en los resultados obtenidos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la [Figura 8](#), se presentan los resultados de la distribución del perfil de presión del aire en tres planos en el interior de la torre de descarga, a) sin la presencia de partículas y b) con partículas. Se obtienen valores de presión similares para ambos modelos analizados, que oscilan entre $101,325$ y $103,811 \times 10^3$ Pa, para una diferencia de 2 486,21 Pa, con respecto a la entrada y la salida de la torre de descarga respectivamente.

En la [Figura 9](#), se presentan los resultados de la distribución del perfil de velocidades del aire en tres planos en el interior de la torre de descarga, a) sin la presencia de partículas y b) con partículas. Se obtienen valores de velocidad similares para ambos modelos analizados, que oscilan entre 9,5 a 50 m/s, para una diferencia de 40,5 m/s, con respecto a la entrada y la salida de la torre de descarga respectivamente.

Por otro lado, en la [Figura 10](#), se presenta el comportamiento de la intensidad de turbulencia en tres planos en el interior de la torre de descarga, a) sin la presencia de partículas y b) con partículas. Los valores obtenidos manifiestan una turbulencia similar para ambos modelos analizados, pero se aprecia una mayor cantidad de regiones con turbulencia en dicha torre, para el modelo con partículas.

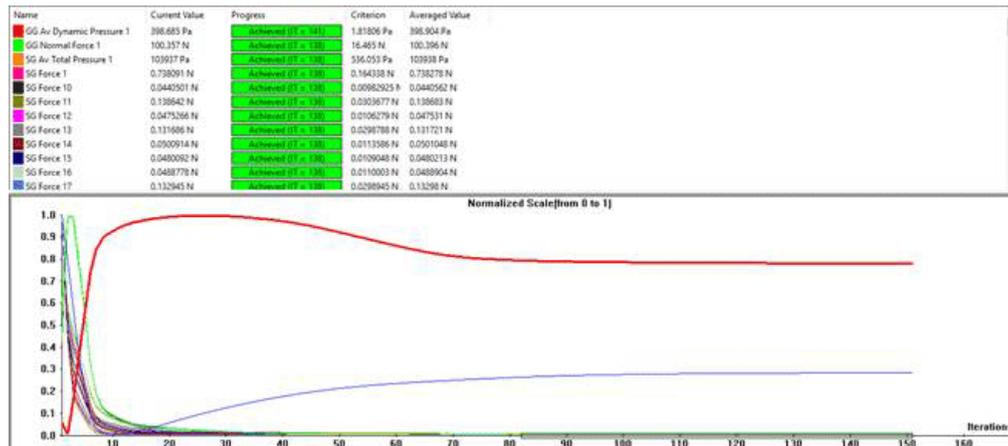


FIGURA 7. Convergencia de las metas del proyecto y número de iteraciones alcanzadas durante el análisis CFD, con la presencia de partículas en el fluido

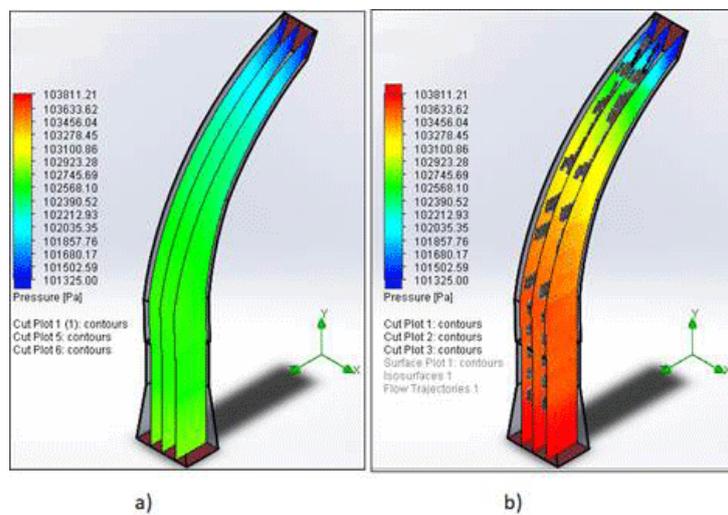


FIGURA 8. Distribución del perfil de presión del aire en tres planos en el interior de la torre de descarga, a) sin la presencia de partículas y b) con partículas.

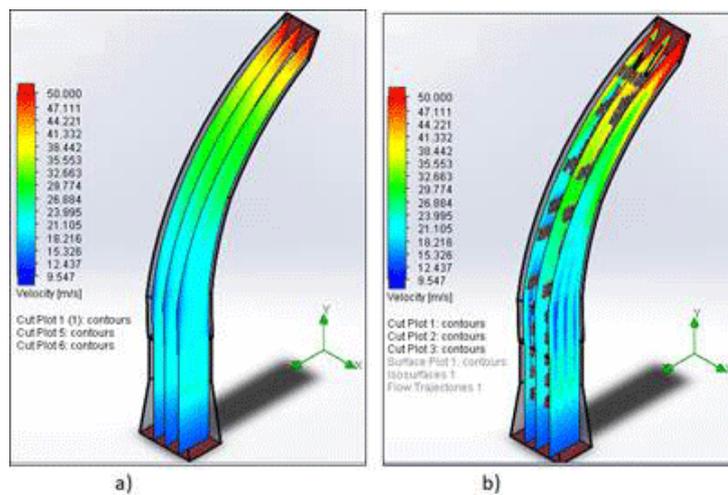


FIGURA 9. Distribución del campo de velocidades del aire en tres planos en el interior de la torre de descarga, a) sin la presencia de partículas y b) con partículas.

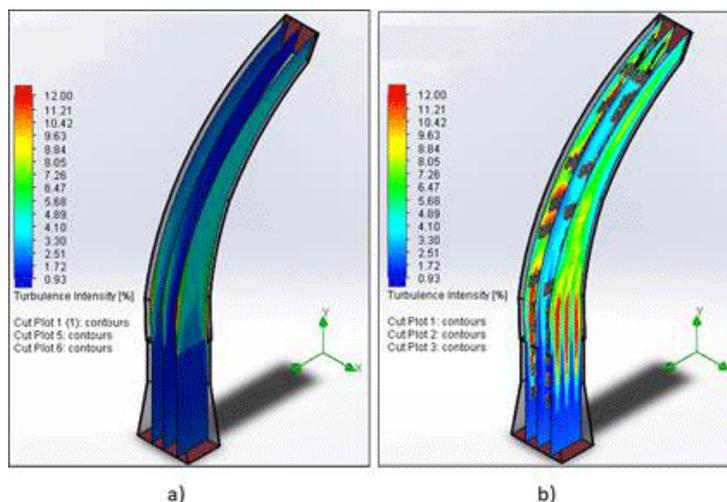


FIGURA 10. Comportamiento de la intensidad de turbulencia en tres planos en el interior de la torre de descarga, a) sin la presencia de partículas; b) con partículas.

Finalmente, en la [Tabla 1](#), se presentan los resultados del cálculo de la fuerza aerodinámica promedio del fluido sobre cada una de las partículas en cada zona. Los valores promedios de dicha fuerza, en las cuatro zonas estudiadas, superan la fuerza mínima necesaria que requiere la partícula para su arrastre (0,0195 N), con una diferencia de 0,8635 N para el caso del valor de la menor fuerza obtenida en la zona 1, lo que posibilita su expulsión por la salida de la torre de descarga.

CONCLUSIONES

- Los resultados muestran que se obtienen valores promedios de velocidad similares tanto en la entrada como en la salida en el orden de 9,54 - 50 m/s para el caso de sin y con partículas, por lo que es posible realizar la simulación del fluido por CFD, lo mismo sin partículas que con partículas;
- En los valores de presión generados se aprecia una ligera diferencia en la entrada de la torre de 1 041,16 Pa, lo que no se manifiesta a la salida de la torre, pero sí una disminución de 1 466,33 - 2 508,22 Pa con respecto a la presión de entrada, comparando ambos casos sin y con la presencia de partículas respectivamente, por la disminución de su sección transversal fundamentalmente, lo que genera un aumento de la velocidad del fluido en la

salida de la torre, en correspondencia con el principio de conservación de la energía;

- Los valores promedios de la fuerza aerodinámica, en las cuatro zonas estudiadas, superan la fuerza mínima necesaria que requiere la partícula para su arrastre (0,0195 N), con una diferencia de 0,8635 N para el caso del valor de la menor fuerza obtenida en la zona 1, lo que posibilita su expulsión por la salida de la torre de descarga;
- Con la simulación por CFD realizada de la torre de descarga de la picadora de forraje, objeto de estudio, se obtienen parámetros necesarios, para el perfeccionamiento de su diseño.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CHUANZHONG, X.; CAO, L.; WU, P.; HAN, D.: “Development on a Hammer Mill with Separate Sieving Device”, *TELKOMNIKA Indonesian Journal of Electrical Engineering*, 10(6): 1151-1156, 2012, ISSN: 2087-278X.

COUSSIRAT, N.M.G.; FONTANALS GARCÍA, A.; GUARDO, Z.A. de J.: “Estudio mediante CFD de la interacción rotor-estator en una bomba centrífuga con difusor”, [en línea], En: *Anales AFA*, vol. 23, pp. 34-38, 2012, Disponible en: <https://www.recercat.cat/handle/2072/220297>, [Consulta: 20 de noviembre de 2019].

TABLA 1. Resultados del cálculo de la fuerza aerodinámica promedio del fluido sobre cada una de las partículas en cada zona

	Fuerza promedio, N			
	Resultante	Componente X	Componente Y	Componente Z
Zona 1	0,883	0,018	0,883	- 0,007
Zona 2	1,792	- 0,009	1,284	- 1,250
Zona 3	2,779	0,019	0,940	- 2,615
Zona 4	3,759	0,112	0,228	- 3,750

- ENDALEW, A.M.; DEBAER, C.; RUTTEN, N.; VERCAMMEN, J.; DELELE, M.A.; HERNAN, R.; NICOLAÏ, B.; VERBOVEN, P.: “A new integrated CFD modelling approach towards air-assisted orchard spraying. Part I. Model development and effect of wind speed and direction on sprayer airflow”, *Computers and electronics in agriculture*, 71(2): 128-136, 2010, ISSN: 0168-1699.
- FUJUN, W.: *Computational fluid dynamics analyze-CFD theory and application, [en línea]*, Inst. Tsinghua University Press, Beijing, China, 122-138 p., 2004, Disponible en: [https://www.scirp.org/\(S\(lz5mqp453edsnp55rrgjet55\)\)/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=1846871](https://www.scirp.org/(S(lz5mqp453edsnp55rrgjet55))/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=1846871), [Consulta: 20 de noviembre de 2019].
- GARCÍA, R.I.X.; RODRÍGUEZ, B.R.: “Evaluación del proceso de sedimentación de partículas discretas en flujo turbulento”, *Ingeniería Mecánica*, 21(3): 138-144, 2018, ISSN: 1815-5944.
- HERRERA, M.I.; GARCÍA DE LA FIGAL, C.A.E.; DE LAS CUEVAS, M.H.: “Análisis de la aerodinámica del ventilador del pulverizador ASS-800 empleado en frutales”, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 22(4): 15-19, 2013, ISSN: 2071-0054.
- HERRERA, P.I.; GARCÍA DE LA FIGAL, C.A.; DE LAS CUEVAS, M.H.R.; TEXEIRA, M.: “Evaluación mediante la Dinámica de los Fluidos por Computadora (CFD) de la corriente de aire del pulverizador agrícola ASS-800”, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 23(2): 5-11, 2014, ISSN: 2071-0054.
- HERRERA, P.M.I.; GARCÍA DE LA FIGAL, C.A.; RAMOS, C.E.; MARTIN, T.M.: “Simulación mediante la dinámica de fluidos por computadora del efecto de la velocidad del viento en el desempeño de los pulverizadores agrícolas de ventilador”, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 21(1): 19-25, 2012, ISSN: 2071-0054.
- HERRERA, P.M.I.; GARCÍA DE LA FIGAL, C.A.E.; DE LAS CUEVAS MILÁN, H.; MARTINS, T.M.: “Efecto del viento en el flujo de aire de un pulverizador”, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 24(2): 44-48, 2015, ISSN: 2071-0054.
- HERRERA, P.M.I.; TEIXEIRA, M.M.; RODRIGUES, G.J.; DE LAS CUEVAS, M.H.: “Modelación mediante la dinámica de flujo computacional de la corriente de aire de un pulverizador”, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 15(1): 12-18, 2006, ISSN: 1010-2760.
- LISOWSKI, A.; ŚWIĄTEK, K.; KLONOWSKI, J.; SYPUŁA, M.: “Movimiento del material picado en la boquilla de descarga de la cosechadora de forraje con unidad de corte de volante: mediciones con maíz y simulación numérica”, *Biosystems Engineering*, 111(4): 381-391, 2012, DOI: <http://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2012.01.003>.
- MARTÍNEZ, A.; NÚÑEZ, J.; VALDÉS, P.: “Modelos para el cálculo de molinos desmenuzadores de tallos gruesos de tipo disco”, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 7(1): 1-7, 1998, ISSN: 1010-2760.
- SALCEDO, R.; BAYÓN, A.; CHUECA, P.: “Introduciendo la dinámica de fluidos computacional en el análisis de flujos en medio poroso”, *Modelling in Science Education and Learning*, 10(1): 261-276, 2017, ISSN: 1988-3145, DOI: <http://doi.org/10.4995/msel.2017.6700>.
- TONEVA, P.; EPPLE, P.; BREUER, M.; PEUKERT, W.; WIRTH, K.E.: “Grinding in an air classifier mill-Part I: Characterisation of the one-phase flow”, *Powder technology*, 211(1): 19-27, 2011, ISSN: 0032-5910, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2011.03.009>.
- VALDÉS, H.P.: *Modelación físico-matemática del proceso tecnológico del órgano de corte de tambor en las picadoras de forraje con alimentación manual, [en línea]*, Universidad Agraria de La Habana (UNAH), Tesis (en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas Agropecuarias), La Habana, 186 p., 2008, Disponible en: : <https://www.researchgate.net/publication/328209761>, [Consulta: 20 de noviembre de 2019].
- VALDÉS, H.P.; MARTÍNEZ, R.A.: “Validación del modelo de cálculo de la potencia consumida por las picadoras de forraje del tipo de tambor con alimentación manual”, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 18(1): 83-84, 2009, ISSN: 1010-2760.
- VALDÉS, H.P.A.; DE LAS CUEVAS, M.H.; RODRÍGUEZ, A.D.; GÓMEZ, A.M.V.; DELGADO, R.R.: “Análisis comparativo de los costos de explotación de dos máquinas picadoras de forraje”, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 26(2): 4-11, 2017, ISSN: 2071-0054.
- VALDÉS, H.P.A.; DE LAS CUEVAS, M.H.; RODRÍGUEZ, A.D.; SUÁREZ, L.R.; GÓMEZ, A.M.V.; DELGADO, R.R.: “Determinación de los indicadores tecnológicos y de explotación de la máquina picadora de forraje MF IIMA modelo EM-01 modificada”, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 24(3): 28-34, 2015, ISSN: 2071-0054.
- VALDÉS, H.P.A.; MARTÍNEZ, R.A.; VALENCIA, O.Y.; BRITO, D.E.: “Influencia del momento de inercia del tambor y de diferentes ángulos de

alimentación constantes sobre el calibre de las partículas de forraje procesado con picadores del tipo de tambor con alimentación manual. Parte I”, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 19(3): 53-56, 2010, ISSN: 2071-0054.

VALDÉS, H.P.A.; MARTÍNEZ, R.A.; VALENCIA, O.Y.; BRITO, D.E.: “Validación del modelo de

cálculo de la potencia consumida por las picadoras de forraje del tipo de tambor con alimentación manual”, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 21(2): 05-10, 2012, ISSN: 2071-0054.

Pedro Antonio Valdés-Hernández, Profesor Titular, Universidad Agraria de La Habana, Facultad de Ciencias Técnicas, Autopista Nacional km 23 ½, Carretera de Tapaste, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba, e-mail: pvaldes@unah.edu.cu pppvaldes1968@gmail.com.

Alexander Laffita-Leyva, Profesor, Universidad Agraria de La Habana, Facultad de Ciencias Técnicas, Autopista Nacional km 23 ½, Carretera de Tapaste, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba, e-mail: pppvaldes1968@gmail.com.

Jesús Borrego-Orta, Profesor Asistente, Universidad Agraria de La Habana, Facultad de Ciencias Técnicas, Autopista Nacional km 23 ½, Carretera de Tapaste, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba, e-mail: jesusb@unah.edu.cu.

María del Carmen Chuairey-Medina, Profesora, Universidad Agraria de La Habana, Facultad de Ciencias Técnicas, Autopista Nacional km 23 ½, Carretera de Tapaste, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba, e-mail: carmencha@unah.edu.cu.

AUTHOR CONTRIBUTIONS: Conceptualization: P. Valdes. **Data curation:** P. Valdes, A. Laffita. **Formal analysis:** P. Valdes, A. Laffita. **Investigation:** P. Valdes, A. Laffita, Y. Cruz, C.M. Chuairey **Methodology:** P. Valdes, A. Laffita, Y. Cruz, C.M. Chuairey **Supervision:** P. Valdes, **Validation:** P. Valdes, A. Laffita. **Roles/ Writing, original draft:** P. Valdes, **Writing, review & editing:** P. Valdes, A. Laffita.

Los autores de este trabajo declaran no presentar conflicto de intereses.

Este artículo se encuentra bajo licencia [Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional \(CC BY-NC 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

La mención de marcas comerciales de equipos, instrumentos o materiales específicos obedece a propósitos de identificación, no existiendo ningún compromiso promocional con relación a los mismos, ni por los autores ni por el editor.