

SOFTWARE



<https://cu-id.com/2284/v12n4e09>

# Determinación de los parámetros de diseño de un mezclador para la producción de alimento animal

## *Determination of the design parameters of a mixer for the production of animal feed*

Dr.C. Pedro A. Valdés-Hernández<sup>1</sup>, Dr.C. Pedro P. Paneque-Rondón, Ing. Lilian de la Caridad Cordero-Hernández, MSc. Alexander Laffita-Leyva, MSc. Héctor R. de las Cuevas-Milán, Ing. Carmen M. Chuairy-Medina, Dr.C. Yanoy Morejón-Mesa  
Universidad Agraria de La Habana, Facultad de Ciencias Técnicas, Centro de Mecanización Agropecuaria, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba.

**RESUMEN:** El diseño de las tecnologías de mezclado de productos en particular y de las máquinas agrícolas en general requieren del cálculo de varios parámetros que de forma manual se hace muy engorroso y en ocasiones es difícil las interpretaciones de las diferentes variables a evaluar. El objetivo del presente trabajo consistió en elaborar un *Software para la determinación de los parámetros de diseño de un mezclador de paletas tipo sin fin, en ambiente Mathcad 2000 profesional*, para la producción de piensos como alimento animal, por lo que se presenta el manual del usuario. El programa desarrollado permite el cálculo teórico y evaluación gráfica del paso del helicoides, la productividad del mezclador; diámetro de la helicoides; máximo valor permisible de revoluciones del helicoides del mezclador; potencia requerida por el mezclador y el momento necesario para vencer la resistencia (Mo), durante el empuje del material a mezclar, en función del coeficiente X.

**Palabras clave:** paso del helicoides, productividad del mezclador, potencia requerida.

**ABSTRACT.** The design of product mixing technologies in particular and of agricultural machines in general require the calculation of several parameters that manually become very cumbersome and sometimes the interpretations of the different variables to be evaluated are difficult. The objective of this work was to develop a Software for the determination of the design parameters of an endless type paddle mixer, in a professional Mathcad 2000 environment, for the production of feed as animal food, for which the manual of the mixer is presented. Username. The developed program allows the theoretical calculation and graphical evaluation of the pitch of the helicoid, the productivity of the mixer; helix diameter; maximum permissible value of mixer helicoid revolutions; power required by the mixer and the moment needed to overcome the resistance (Mo), during the pushing of the material to be mixed, as a function of the X coefficient.

**Keywords:** Helicoid Diameter, Mixer Productivity, Required Power.

## MANUAL DEL USUARIO

### INTRODUCCIÓN

El programa desarrollado permite el cálculo teórico y evaluación gráfica de forma automatizada de los principales parámetros de diseño y de explotación de las máquinas mezcladoras de paleta de tipo sin fin, para la mezcla de alimentos secos, durante la producción de piensos a emplear como alimento para el ganado según Ayala (2019); García (2016); Martínez & Preciado (2019); Paneque (1988); Pérez (2019). En

en la Figura 1a se muestra una máquina mezcladora; y en la Figura 1b, algunos tipos de órganos de trabajo, para alimentos secos molinado. Se utilizó como base para la modelación y cálculo de dichos parámetros, la metodología expuesta por Paneque (1988), realizando la interrelación entre los diferentes parámetros constructivos y de explotación que intervienen en el proceso tecnológico de dichas máquinas, con las propie-

<sup>1</sup> Autor para correspondencia: Pedro A. Valdés-Hernández, e-mail: pppvaldes1968@gmail.com ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-8570-0895>

dades físico-mecánicas del material procesado a mezclar, las cuales constituyen los parámetros de entrada fundamentales del software. Como principales parámetros de salida se obtienen: el paso del helicoides, la productividad del mezclador, área de la sección transversal de la vena de material que se mueve a lo largo de la artesa del mezclador; diámetro de la helicoides; máximo valor permisible de revoluciones de la helicoides del mezclador; potencia requerida por el mezclador y el momento necesario para vencer la resistencia ( $M_0$ ), durante el empuje del material a mezclar, en función del coeficiente X y la masa específica del material a mezclar (Crespo *et al.*, 2019; García, 2016; Giordano *et al.*, 2010).

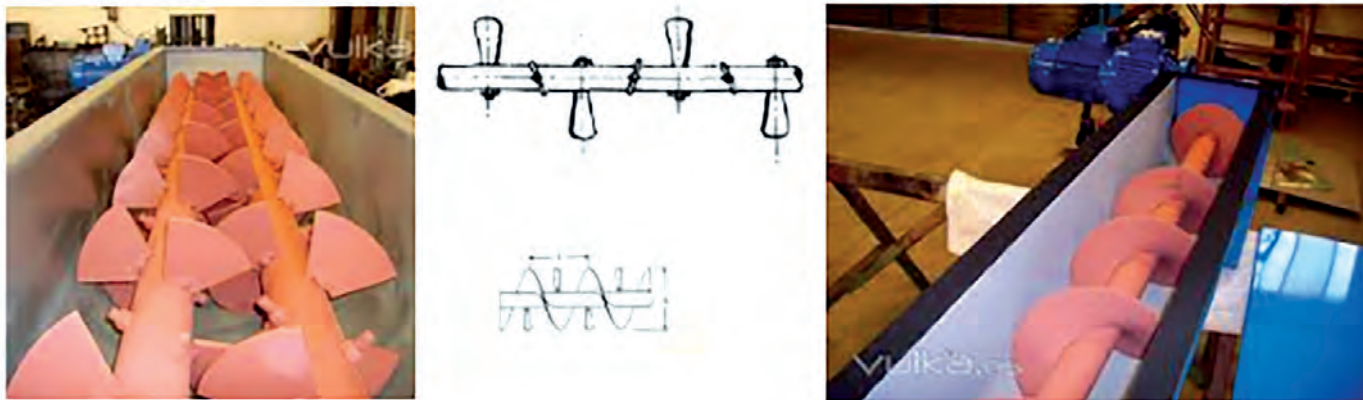


FIGURA 1. a) Máquina mezcladora; b) Tipos de órganos de trabajo, para alimentos secos molinado.

El programa y el modelo de cálculo desarrollado responden a las características específicas del procesamiento de alimento seco según Meza & Vargas (2021), previamente molinado provenientes de forrajes de diferentes tipos como pasto estrella, pangola, entre otros, o de tallos gruesos, tales como la caña de azúcar, el King Gras, el maíz, la moringa, morera, la tithonia, entre otros, empleados actualmente en Cuba y Latinoamérica como alimentos alternativo para la fabricación de pienso y contribuir a la sustitución de importaciones, según Acosta (2017); Alonso (2017); Cordero *et al.* (2020); Romero *et al.* (2009).

En el ejemplo realizado se determinan los resultados con los datos obtenidos, por Paneque (1988), para heno, paja, hierba, entre otros materiales. Las expresiones resultantes se programaron en ambiente Mathcad Profesional 2000, constituyendo una valiosa herramienta para el diseño y perfeccionamiento de estos equipos.

Este software ha sido desarrollado con el objetivo de proporcionar a los profesores, investigadores y técnicos de los centros de investigación científica y docentes, así como a los productores de estas máquinas, un sistema automatizado que permita determinar de forma teórica los parámetros de funcionamiento de las máquinas mezcladoras de alimentos secos, para su uso con fines investigativos con vistas a su diseño y perfeccionamiento. Además, es posible su uso como medio de enseñanza en la docencia.

El diseño de las tecnologías de mezclado de productos en particular y de las máquinas agrícolas en general requieren del cálculo de varios parámetros que de forma manual se hace muy engorroso y en ocasiones es difícil las interpretaciones de las diferentes variables a evaluar, y no se encontró un programa para el cálculo automatizado de los parámetros de diseño de máquinas mezcladoras. El objetivo del presente trabajo consistió en elaborar un *Software para la determinación automatizada de los parámetros de diseño de un mezclador de paletas de tipo sin fin, en ambiente Mathcad 2000 profesional*, dicho trabajo pertenece al proyecto de investigación titulado: Desarrollo de

un módulo de máquinas para la producción de alimento animal a partir de diferentes cultivos, asociado y aprobado por el Programa Nacional de Alimento Animal (PNAA).

### Obtención de los parámetros de entrada y salida del Software

Como parámetros de entrada al software se tienen las propiedades físico-mecánicas de los alimentos secos a mezclar, por la mezcladora. Para el ejemplo desarrollado en este caso, se toman para heno molido, paja, hierba y los parámetros constructivos según Paneque *et al.* (2018), para la determinación de los parámetros de diseño y de explotación de la mezcladora, tales como:

#### Parámetros de entrada al software:

##### Valores derivados de las propiedades físico-mecánicas de los materiales a mezclar:

$\gamma$ - Masa específica del material en  $t/m^3$ , para el heno molido oscila entre 0,15...0,18, se tomó para variar de 0,15...0,6;  
 $f$ - Coeficiente de rozamiento del material a mezclar, para heno molido, sobre chapas de acero: 0,25;  
 $\psi$ - Eficiencia del llenado 0,3, para el material, heno molido, paja y hierba.

##### Valores derivados de los parámetros constructivos de la mezcladora:

X- Coeficiente que oscila entre 0,7...1,25, se hace variar entre 0,1...20;  
 D-Diámetro del helicoides, para el material heno, paja y hierba;  
 C- Factor en función del ángulo de inclinación del mezclador, 1, para posición horizontal;  
 L- Longitud de recorrido del material a mezclar.

**Los parámetros de salida fundamentales que se muestran son:**

- Q- Productividad del mezclador en t/h;
- D- Diámetro del helicoide, en función de la productividad del mezclador;
- Nmax- **Máximo valor permisible de revoluciones** del helicoide del mezclador;
- V- Velocidad de traslación de la carga;
- H- Fuerza que se opone para vencer la resistencia, durante el empuje del material a mezclar;
- Mo- Momento necesario para vencer la resistencia, durante el empuje del material a mezclar;
- No- Potencia requerida por el mezclador.

Dichas salidas se ofrecen en el software, tanto de forma tabulada como gráfica, obteniéndose cómo varía teóricamente cada parámetro de salida en función de la variación del coeficiente X y la masa específica del material a mezclar, lo que permite obtener las tendencias funcionales durante la predicción teórica de dichos parámetros de salida y además se puede realizar su comparación con respecto a valores obtenidos experimentalmente.

**Requisitos para la instalación y corrida del programa**

El software ha sido elaborado en ambiente Mathcad Profesional 2000, de manera que, para su uso, debe estar instalado

en su PC dicho programa. Para instalar y ejecutar Mathcad Profesional 2000 se requiere Computadora Pentium base 90 IBM o compatible; Torre de CD ROM o memoria FLASH con capacidad suficiente (1 GB) mínimo; Windows 95 o superior o Windows NT 4.0 o superior y por lo menos 16 MB de memoria RAM, se recomiendan 32.

**Para ejecutar el software se procederá de la forma siguiente:** Instalar en su PC el software Mathcad Profesional 2000; Crear una carpeta de trabajo; Abrir el fichero del software; Copiar el fichero a partir de "INTRODUCCIÓN DE DATOS PARA LA CORRIDA DEL PROGRAMA" hasta el final; Abrir nuevo fichero y pegar; Guardar en la carpeta creada y nombrar el nuevo archivo; Comenzar a introducir los datos solicitados por el programa.

**Instrucciones para la corrida del programa:** Con el software Ud. puede emplear las facilidades que éste ofrece, tales como evaluar un intervalo de variables u otras; para la corrida del programa, Ud. solamente debe introducir los datos que se van solicitando; para efectuar la introducción de cualquier dato, borre o marque el anterior y teclee el nuevo dato; al cambiar cualquier dato, el programa instantáneamente recalculará y brindará los nuevos resultados, haciendo clic fuera de las expresiones de cálculo. El ambiente de trabajo del software y los resultados de la evaluación y graficación de los parámetros de salida fundamentales, se muestran en las Figuras 2, 3, 4, 5, 6 y 7.

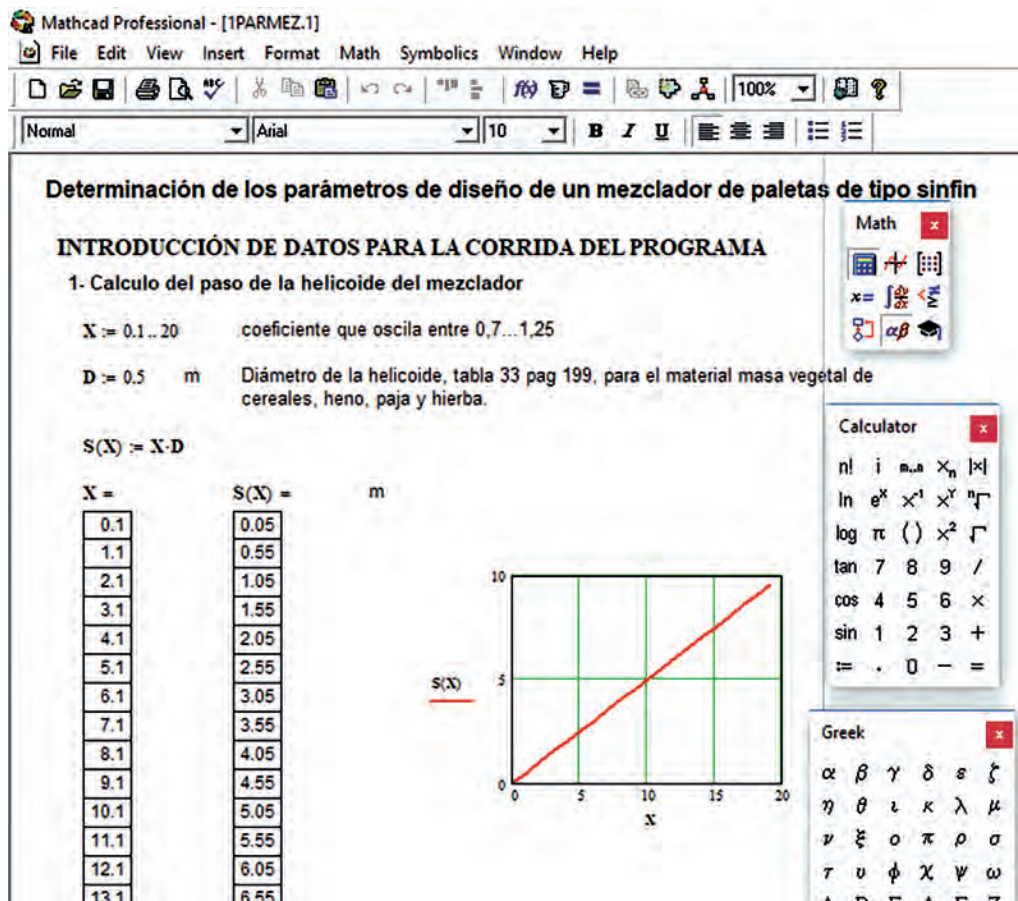


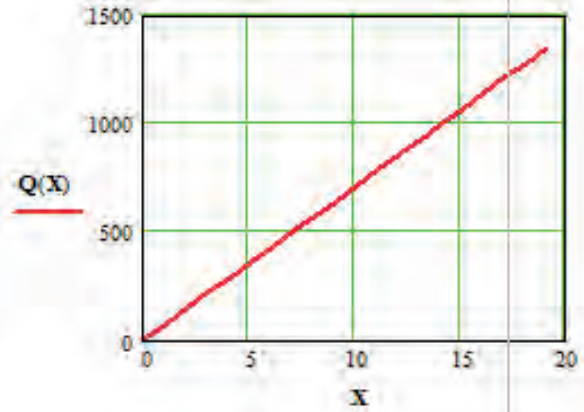
FIGURA 2. Introducción de los datos de entrada del programa, haciendo variar el coeficiente X.



**c) Cálculo de la productividad del mezclador en t/h**

$$Q(X) = 3600 \cdot A \cdot \gamma \cdot V(X)$$

X =	Q(X) =	t/h
0.1	7.069	
1.1	77.754	
2.1	148.44	
3.1	219.126	
4.1	289.812	
5.1	360.498	
6.1	431.184	
7.1	501.869	
8.1	572.555	
9.1	643.241	
10.1	713.927	
11.1	784.613	
12.1	855.299	
13.1	925.984	
14.1	996.67	
15.1	1.067 · 10 <sup>3</sup>	



**d) Cálculo de la productividad volumétrica del mezclador**

$$q(X) = 3600 V(X) \cdot A$$

X =	q(X) =	m <sup>3</sup> /h
0.1	44.179	
1.1	485.965	
2.1	927.752	
3.1	1.37 · 10 <sup>3</sup>	
4.1	1.811 · 10 <sup>3</sup>	
5.1	2.253 · 10 <sup>3</sup>	
6.1	2.695 · 10 <sup>3</sup>	
7.1	3.137 · 10 <sup>3</sup>	
8.1	3.578 · 10 <sup>3</sup>	
9.1	4.02 · 10 <sup>3</sup>	
10.1	4.462 · 10 <sup>3</sup>	
11.1	4.904 · 10 <sup>3</sup>	
12.1	5.346 · 10 <sup>3</sup>	
13.1	5.787 · 10 <sup>3</sup>	

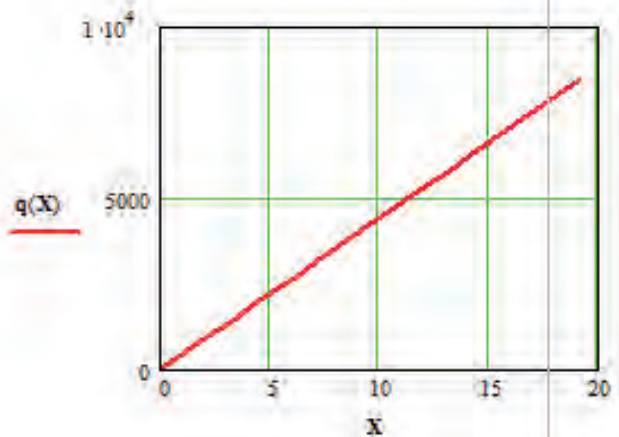


FIGURA 3. Determinación de la productividad del mezclador en el programa.

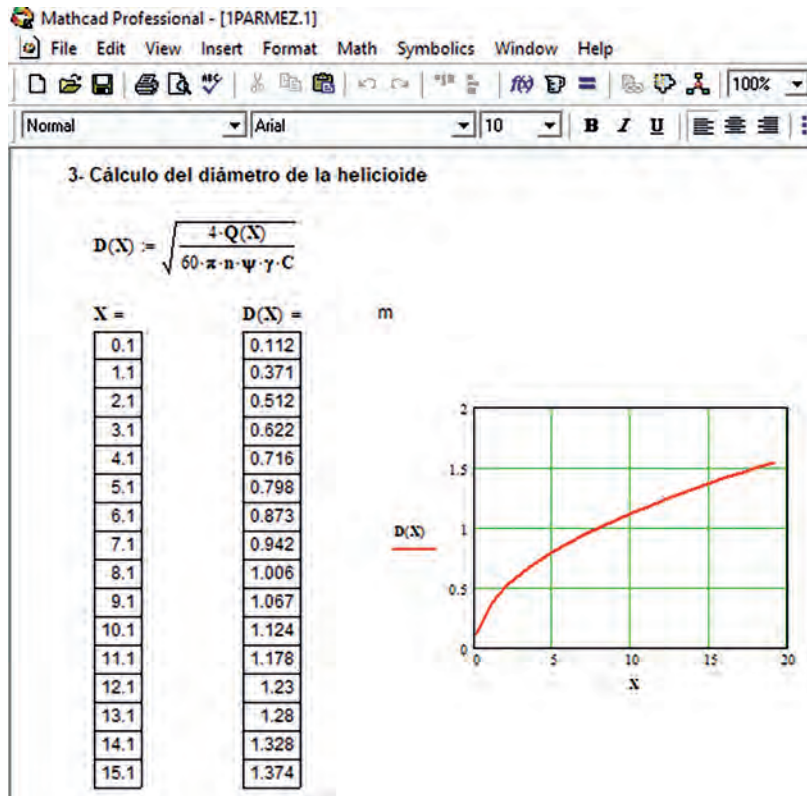


FIGURA 4. Determinación del diámetro del helicioide del mezclador en el programa.

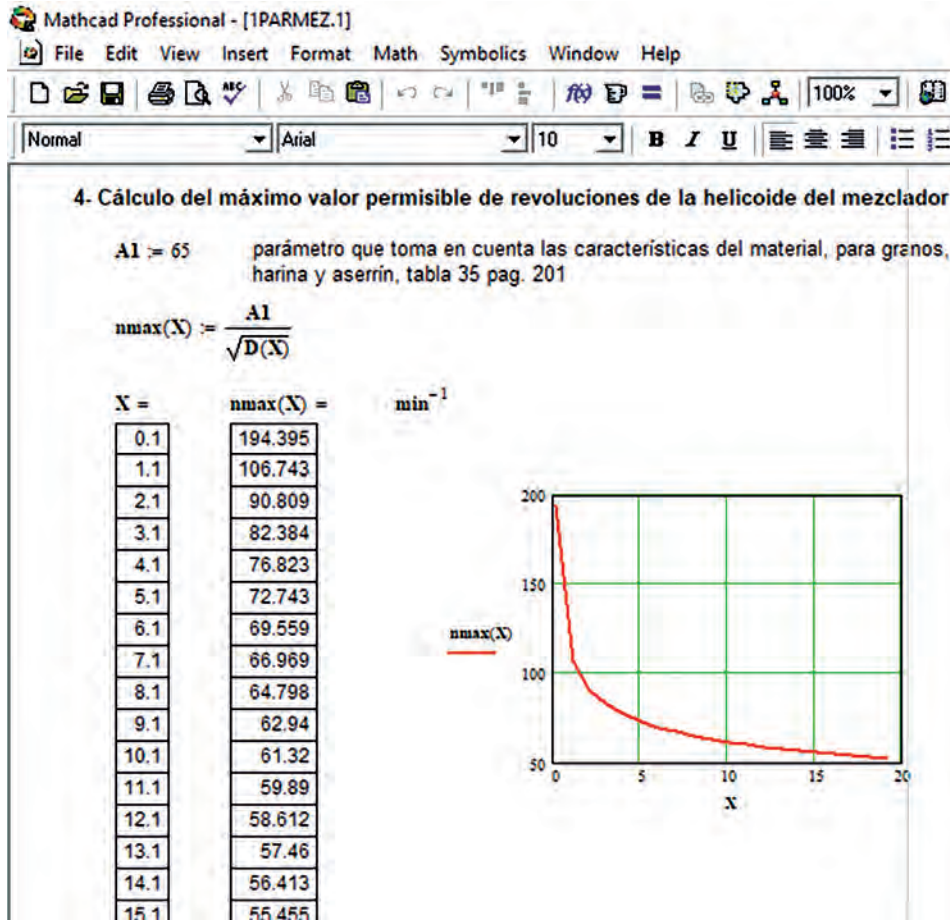


FIGURA 5. Determinación del máximo valor permisible de revoluciones del helicioide del mezclador en el programa.

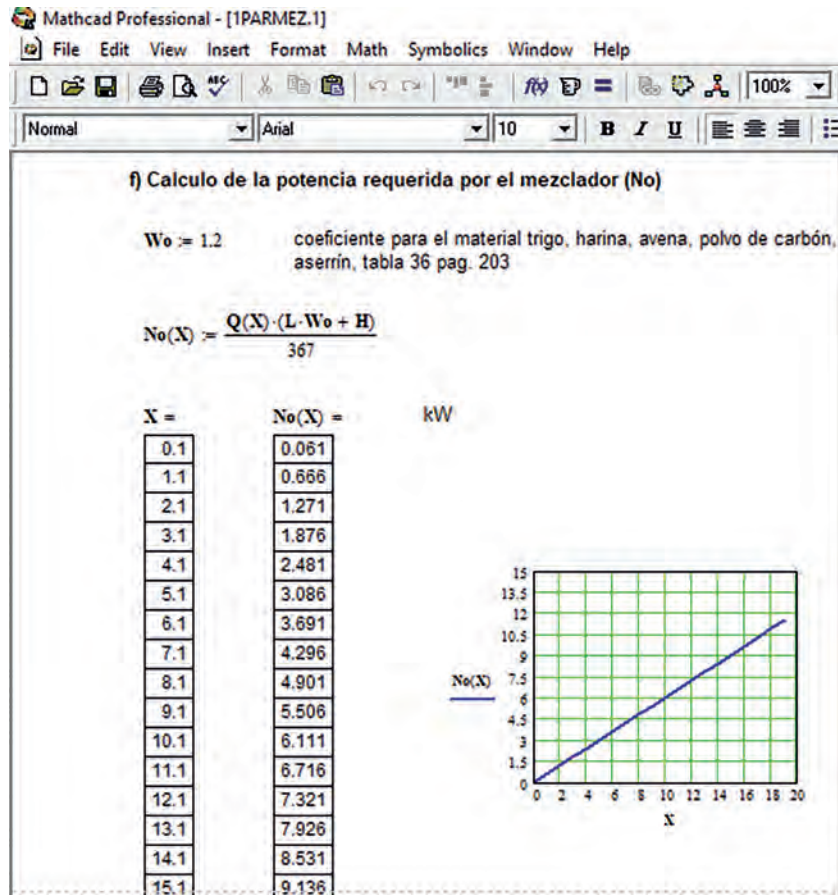


FIGURA 6. Determinación de la potencia requerida por el mezclador en el programa.

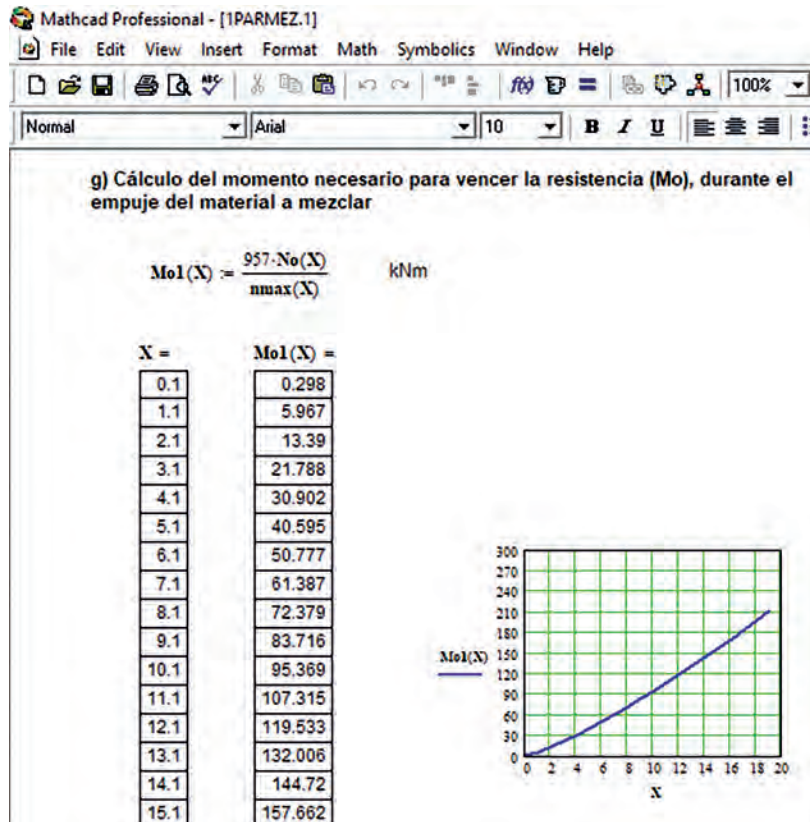


FIGURA 7. Determinación del momento necesario para vencer la resistencia, durante el empuje del material a mezclar.



## CONCLUSIONES

- Se elaboró un software que facilita la evaluación de los modelos teóricos y que constituye una herramienta de utilidad durante el diseño y el perfeccionamiento de las máquinas mezcladoras de paletas de tipo sinfín para la producción de pienso, a base harina de diferentes tipos de forrajes, como alimentos secos.
- El software permite realizar la evaluación, análisis y graficación de los modelos teóricos elaborados para cualquier intervalo de los parámetros, así como la comparación con respecto a su obtención experimental, determinándose el comportamiento de las diferentes variables en estudio.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta, G. (2017). Siembran más plantas proteicas para alimentar el ganado. *Agencia Cubana de Noticias (ACN), La Habana, Cuba*. <http://www.acn.cu/economia/26743-siembran-mas-plantas-proteicas-para-alimentar-el-ganado>.
- Alonso, I. (2017). Presentan en Cuba texto sobre uso de plantas proteicas en Latinoamérica y el Caribe, [en línea]. *Sistema de Naciones Unidas en Cuba, FAO/Cuba/ONU, La Habana, Cuba*. <http://onu.org.cu/news/e3030b5c36881e7a36800163e211c9e/presentan-en-cuba-texto-sobre-uso-de-plantas-proteicas-en-latinoamerica-y-el-caribe/>
- Ayala, T. J. L. (2019). *Diseño de una transportadora de harina para el traslado de molido en la Empresa Agroindustrial Vásquez SAC* [Informe técnico]. Universidad Nacional del Centro del Perú.
- Cordero, H. L. de la C., Valdés, H. P. A., Paneque, R. P., & Fernández, G. T. (2020). Revisión sobre el mezclado de productos en la fabricación de piensos y conglomerados. *Ingeniería Agrícola*, 10(4), 59-67, ISSN: 2306-1545, e-ISSN: 2227-8761.
- Crespo, A. R. M., Valdés, H. P. A., Paneque, R. P., Miranda, C. A., & Gómez, A. M. V. (2019). Costo energético y de explotación para la producción de forraje fresco, triturado y molinado. *Ingeniería Agrícola*, 9(4), 56-62, ISSN: 2306-1545, e-ISSN: 2227-8761.
- García, C. A. A. (2016). *Diseño de una máquina mezcladora de alimentos con diferentes frecuencias. Destinada al gremio de pequeños productores de animales en el recinto San Luis, del cantón Mocache 2015* [Quevedo: UTEQ]. Gremio de pequeños productores de animales en el recinto San Luis, del cantón Mocache, Quevedo, Ecuador.
- Giordano, I. A., Gallardo, M., Bragachini, M., Peiretti, J., Cattani, P., & Casini, C. (2010). *Mecanización de la alimentación uso del mixer para formular dietas balanceadas (TMR) en base a forrajes conservados*.
- Martínez, O. P. H., & Preciado, G. F. L. (2011). *Diseño y Construcción de una Máquina Transportadora y Clasificadora de Humus de Lombriz de Capacidad de 1500 kg/h*. (Quito/EPN/2011) [Informe técnico]. EPN.
- Meza, M. A. R., & Vargas, N. C. (2021). *Diseño y simulación de un molino compacto con transmisión interna para granos secos y cargue automatizado del producto*. Universidad Antonio Nariño, México.
- Paneque, R. P. (1988). *Transportadores en la Agricultura* (primera edición). Departamento de Ediciones del ISCAH, ENPES, La Habana, Cuba.
- Paneque, R. P., López, C. G., Mayans, C. P., Muñoz, G. F., Gaytán, R. J. G., & Romantchik, K. E. (2018). *Fundamentos Teóricos y Análisis de Máquinas Agrícolas* (Vol. 1). Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco, México.
- Pérez, P. L. E. (2019). *Propuesta de diseño de máquina mezcladora de pienso para el municipio San Luis, Santiago de Cuba*. Universidad de Holguín, Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería, Holguín, Cuba.
- Romero, V. M. E., Córdova, D. G., & Hernández, G. E. O. (2009). Producción de forraje verde hidropónico y su aceptación en ganado lechero. *Acta Universitaria*, 19(2), 11-19.

*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: [ppvaldes1968@gmail.com](mailto:ppvaldes1968@gmail.com) ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-8570-0895>

*Pedro Paneque-Rondón*, Inv. Titular, Universidad Agraria de La Habana (UNAH), Facultad de Ciencias Técnicas, Centro de Mecanización Agropecuaria (CEMA), Carretera de Tapaste y Autopista Nacional km 23 ½. San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba, e-mail: [paneque@unah.edu.cu](mailto:paneque@unah.edu.cu) ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0003-1769-7927>

*Lilian de la Caridad Cordero-Hernández*, Estudiante de Maestría, Universidad Agraria de La Habana (UNAH), Facultad de Ciencias Técnicas, Carretera de Tapaste y Autopista Nacional km 23 ½. San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba, e-mail: [jaem1964@infomed.sld.cu](mailto:jaem1964@infomed.sld.cu) ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0001-9444-9025>

*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: [pvaldes@unah.edu.cu](mailto:pvaldes@unah.edu.cu) ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0001-5584-4786>

*Héctor R. de las Cuevas-Milán*, Inv. Auxiliar, Universidad Agraria de La Habana (UNAH), Facultad de Ciencias Técnicas, Centro de Mecanización Agropecuaria (CEMA), Carretera de Tapaste y Autopista Nacional km 23 ½. San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba, e-mail: [cuevasm@nauta.cu](mailto:cuevasm@nauta.cu) ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-0467-9749>

*Marta del Carmen Chuairy-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](mailto:carmencha@unah.edu.cu) ORCID iD <https://orcid.org/0000-0003-4007-1789>

*Yanoy Morejón-Mesa*, Profesor Titular, Universidad Agraria de La Habana Fructuoso Rodríguez Pérez, Facultad de Ciencias Técnicas, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba, e-mail: [yym@unah.edu.cu](mailto:yym@unah.edu.cu) ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-1125-3105>

## CONTRIBUCIONES DE AUTOR:

*Conceptualización:* P. Valdés, P. Paneque. *Curación de datos:* P. Valdés, P. Paneque. *A. Laffita: Análisis formal:* P. Valdés, P. Paneque. *A. Laffita, H. de las Cuevas. Investigación:* P. Valdés, P. Paneque. *A. Laffita, H. de las Cuevas, M. del: Chuairy, Y. Morejón. Metodología:* P. Valdés, P. Paneque. *Administración de proyectos:* P. Valdés. *Software:* P. Valdés. *Supervisión:* P. Valdés, P. Paneque. *A. Laffita Validación:* P. Valdés, P. Paneque. *Visualización:* P. Valdés, P. Paneque. *A. Laffita Redacción–borrador original:* Y. Morejón, P. Valdés, P. Paneque. *A. Laffita. Redacción–revisión y edición:* P. Valdés, P. Paneque, M. del: Chuairy, Y. Morejón.

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

Este artículo se encuentra sujeto a la Licencia de Reconocimiento-NoComercial de Creative Commons 4.0 Internacional (CC 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.