



COMPUTACIÓN Y MATEMÁTICA APLICADA *APPLIED COMPUTATION AND MATHEMATICS*

SOFTWARE

Software para la determinación racional de los parámetros de trabajo de las picadoras de forraje del tipo tambor con alimentación manual

Software for rational determination of the forage chopper work parameters of drum type with manual feeding

Pedro A. Valdés Hernández¹ y Arturo Martínez Rodríguez²

RESUMEN. Se presenta el manual de usuario del software “RACPIC” para el cálculo teórico y la evaluación de los parámetros de trabajo de las picadoras de forraje del tipo tambor con alimentación manual. El software permite la predicción de los parámetros racionales de dichas máquinas sobre la base de la modelación físico-matemática de su proceso tecnológico, de manera tal que se obtienen las relaciones existentes entre los principales parámetros de salida como son: el calibre de las partículas de los tallos procesados, el flujo o productividad de la picadora, las fuerzas producidas durante la interacción cuchilla- masa vegetal- sufridera, la potencia útil y total, en función de la variación del ángulo de la rampa de alimentación, la longitud de la sufridera y la cantidad de tallos alimentados a la picadora. Además el software posibilita a través de su graficación, la comparación de los resultados teóricos con los obtenidos experimentalmente para el caso del procesamiento de tallos gruesos, corroborándose la validez del modelo teórico para el diseño y perfeccionamiento de estos equipos.

Palabras clave: evaluación, perfeccionamiento, parámetros de trabajo, picadoras de forraje.

ABSTRACT. The user's manual of software “RACPIC” for theoretical calculation and evaluation of the forage chopper work parameters the drum type with manual feeding, is presented. The software allows the prediction of the rational parameters of this machines on the base physical-mathematical modelation of its technological process, in such way that the existent relationships are obtained among the main exit parameters as they are: the caliber of the processed shafts particles, the flow or productivity of the chopper, the forces taken place during the interaction knife - vegetable mass - kitchen knife, the useful and total power, in function of the variation of feeding ramp angle, the longitude of the kitchen knife and the quantity of shafts fed to chopper. The software also facilitates through its grafication, the comparison of the theoretical results with those experimentally obtained for the case of the prosecution of thick shafts, being corroborated the validity of the theoretical model for the design and improvement of these machines.

Keywords: evaluation, improvement, work parameters, forage chopper.

MANUAL DEL USUARIO INTRODUCCIÓN

El software posibilita la evaluación y el cálculo teórico racional de los parámetros de trabajo de las picadoras de forraje con órgano de trabajo del tipo tambor con alimentación manual (Figura 1). Se utiliza como base la modelación físico-matemática realizada para el proceso tecnológico de dichas máquinas, interrelacionando sus parámetros constructivos y

de explotación con las propiedades físico-mecánicas del material procesado, las cuales constituyen los parámetros de entrada fundamentales del software. Como principales parámetros de salida se obtienen: el calibre de las partículas de los tallos procesados, el flujo o productividad de la picadora, las fuerzas producidas durante la interacción cuchilla- masa vegetal- sufridera, así como el requerimiento de potencia, en función de la variación del ángulo de la rampa de alimentación, la longitud de la sufridera y la cantidad de tallos alimentados a la

Recibido 06/09/10, aprobado 31/03/11, trabajo 32/11, software.

¹ Dr. C., Prof. Auxiliar, Facultad de Mecanización, Centro de Mecanización Agropecuaria. CEMA. UNAH, Autopista Nacional km 23 ½, Carretera de Tapaste, San José de las Lajas, La Habana, Cuba. E-✉: pvaldes@isch.edu.cu.

² Dr. Cs. Prof e Inv. Titular, Facultad de Mecanización, Centro de Mecanización Agropecuaria. CEMA. UNAH. Cuba.

picadora. También se presentan los resultados del momento de inercia requerido para el tambor en función de la aceleración angular.

El programa y el modelo de cálculo desarrollado responden a las características específicas del procesamiento de tallos gruesos, tales como la caña de azúcar, el King Gras, el maíz, entre otros. En el ejemplo realizado se comparan los resultados teóricos con los obtenidos experimentalmente durante el procesamiento de la caña de azúcar variedad C323-68.

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 picadoras de forraje 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.

OBTENCIÓN DE LOS PARÁMETROS DE ENTRADA Y SALIDA DEL SOFTWARE

Como parámetros de entrada al software se tienen las propiedades físico-mecánicas de los tallos a procesar por la picadora. Para el ejemplo desarrollado en este caso, se determinan para tallos de caña de la variedad C323-68, (Valdés *et al.*, 2008), y los parámetros constructivos se toman de la picadora de forraje *MF IIMA modelo EM-01* (Figura 1) derivados de su previa caracterización (Valdés, 2008), tales como:



FIGURA 1. Picadora de forraje MF-IIMA Modelo EM-01.

Valores derivados de las propiedades físico-mecánicas estudiadas:

- Diámetro de los tallos, $d = 0,028$ m;
- Longitud de los tallos, $L = 1,5$ m;
- Densidad de los tallos, $\rho_c = 1\,088$ kg/m³;
- Angulo de fricción dinámico, $\psi_d = 13,02^\circ = 0,227$ rad;
- Energía específica invertida durante el corte de los tallos, $A_c = 14\,810$ Nm/m², obtenida aplicando los modelos estadístico-matemáticos (polinomial y exponencial) (Valdés *et al.*, 2009), para el ángulo de deslizamiento ($\tau = 11^\circ$) y para la velocidad periférica de corte del tambor $V_c = 34,67$ m/s, obtenidos de la caracterización de la picadora original.

Valores derivados de la caracterización de la picadora original:

- Diámetro del tambor, $D = 0,337$ m;
- Radio de corte del tambor, $r = 0,168$ m;
- Ancho del tambor, $B = 0,24$ m;
- Número de cuchillas, $z = 4$;
- Angulo de deslizamiento de las cuchillas, $= 11^\circ = 0,192$ rad;
- Frecuencia de rotación del tambor, $n = 1\,960$ min⁻¹;
- Velocidad periférica de corte del tambor, $V_c = 34,67$ m/s;

En los casos del ángulo de la rampa de alimentación (ξ_r), la longitud de la sufridera (L_r) y el momento de inercia del tambor (I_t) se introducen en correspondencia al diseño experimental realizado (Valdés, 2008) y atendiendo al tipo de proceso de alimentación, con ángulo de alimentación (α) constante para cuando $L_r = 0$, y con α variable para cuando $L_r \neq 0$ (Figura 2). Para el ejemplo mostrado se evalúa el modelo para el primer tipo.

Los parámetros de salida fundamentales que se muestran son:

- El calibre teórico de las partículas de los tallos procesados (ΔL), m;
- El flujo o la productividad teórica de la picadora (q), kg/s;
- La fuerza teórica de corte-succión e impulsión de las partículas (P_{cor}), N;
- La potencia teórica útil y total consumida por la picadora (N), W;
- El momento de inercia teórico requerido para el tambor (I_t), kg m².

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 ángulo de la rampa de alimentación, la longitud de la sufridera y la cantidad de tallos alimentados a la picadora, lo que permite la predicción teórica de dichos parámetros de salida y facilita su comparación con respecto a los valores obtenidos durante las corridas experimentales realizadas, según se muestra en las Figuras 5, 6 y 7.

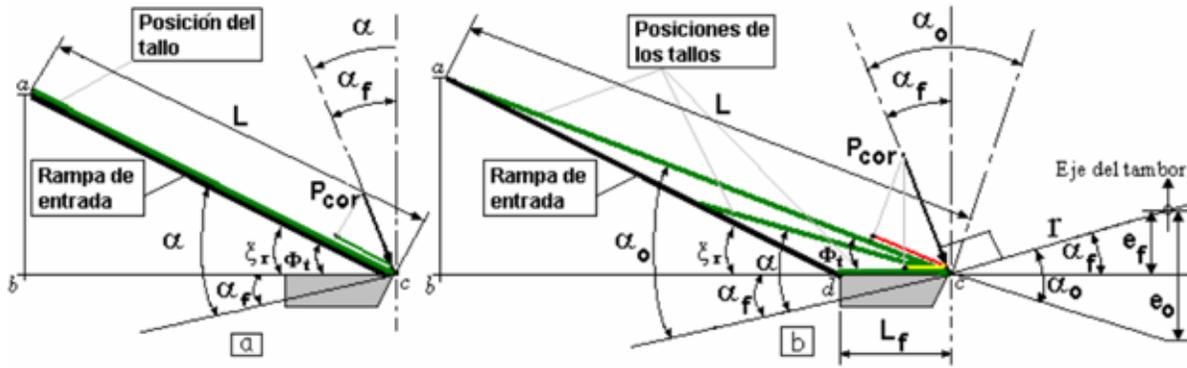


FIGURA 2. Representación del proceso de alimentación. a) con ángulo de alimentación ó succión (α) constante y $L_f = 0$, b) con α variable y $L_f \neq 0$.

REQUISITOS PARA LA INSTALACIÓN Y CORRIDA DEL PROGRAMA

El software RACPIC 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 ó memoria FLASH con capacidad suficiente (1 GB) mínimo; Windows 95 ó superior ó Windows NT 4.0 ó 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 ó 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 RACPIC y los resultados de la evaluación y graficación de los parámetros de salida fundamentales, se muestra en las figuras 3, 4, 5, 6, 7 y 8.

INTRODUCCIÓN DE DATOS PARA LA CORRIDA DEL PROGRAMA

1)-Declarar las propiedades del material a procesar por la picadora, tallos de caña, variedad C323-68:

$d := 0.028$	m	diámetro medio de los tallos
$L := 1.5$	m	longitud de los tallos alimentados
$\rho_c := 1088$	kg/m ³	densidad de los tallos
$\psi_d := 0.227$	rad	ángulo de fricción dinámico
$A_e := 14810$	Nm/m ²	energía específica de corte

2)-Declarar el número de tallos a alimentar simultáneamente

$C := 3$ tallos

3)-Declarar el valor del ángulo de la rampa de alimentación de la picadora

$\xi_{rg} := 1..30$ grados

FIGURA 3. Datos de entradas.

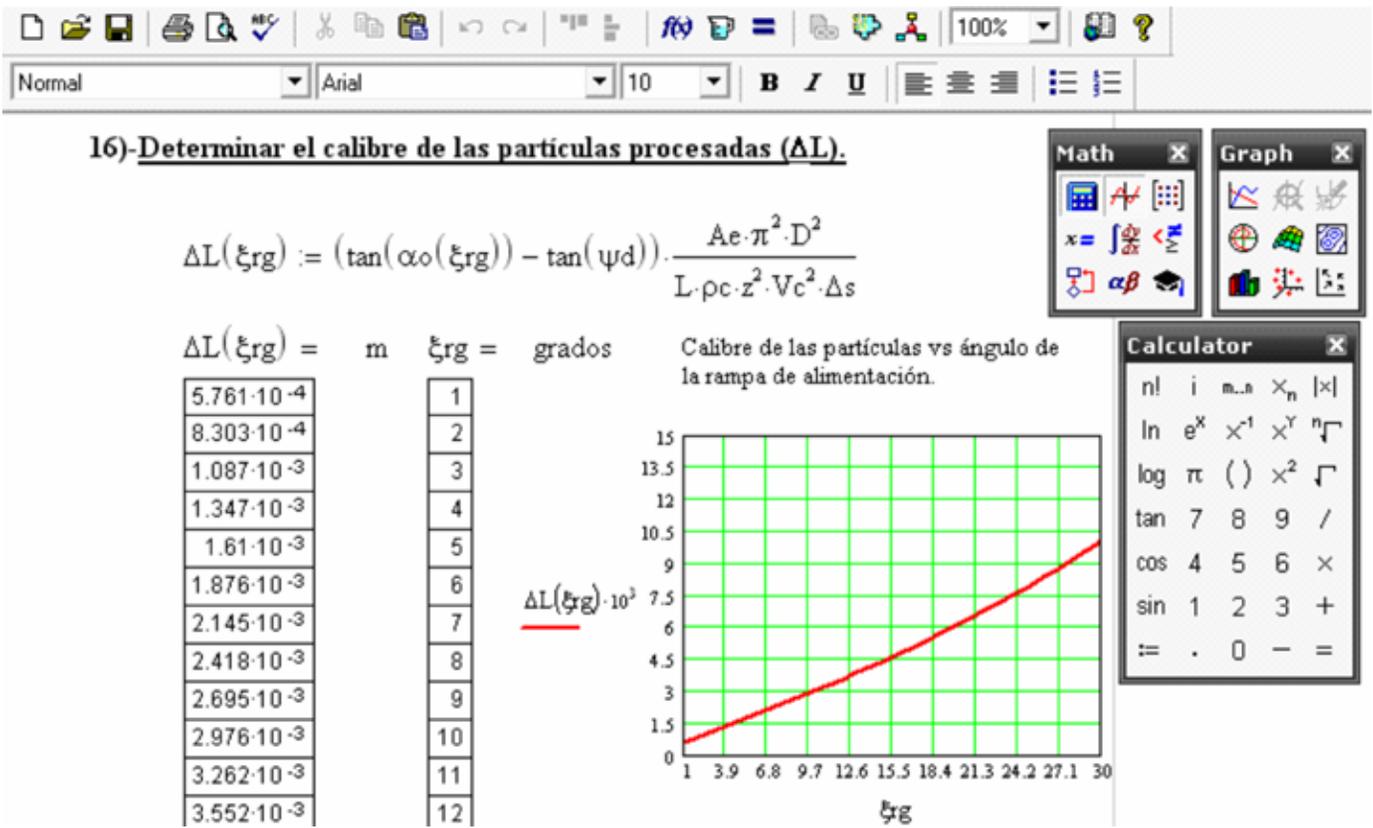


FIGURA 4. Evaluación del calibre de las partículas (ΔL), para C= 3 tallos.

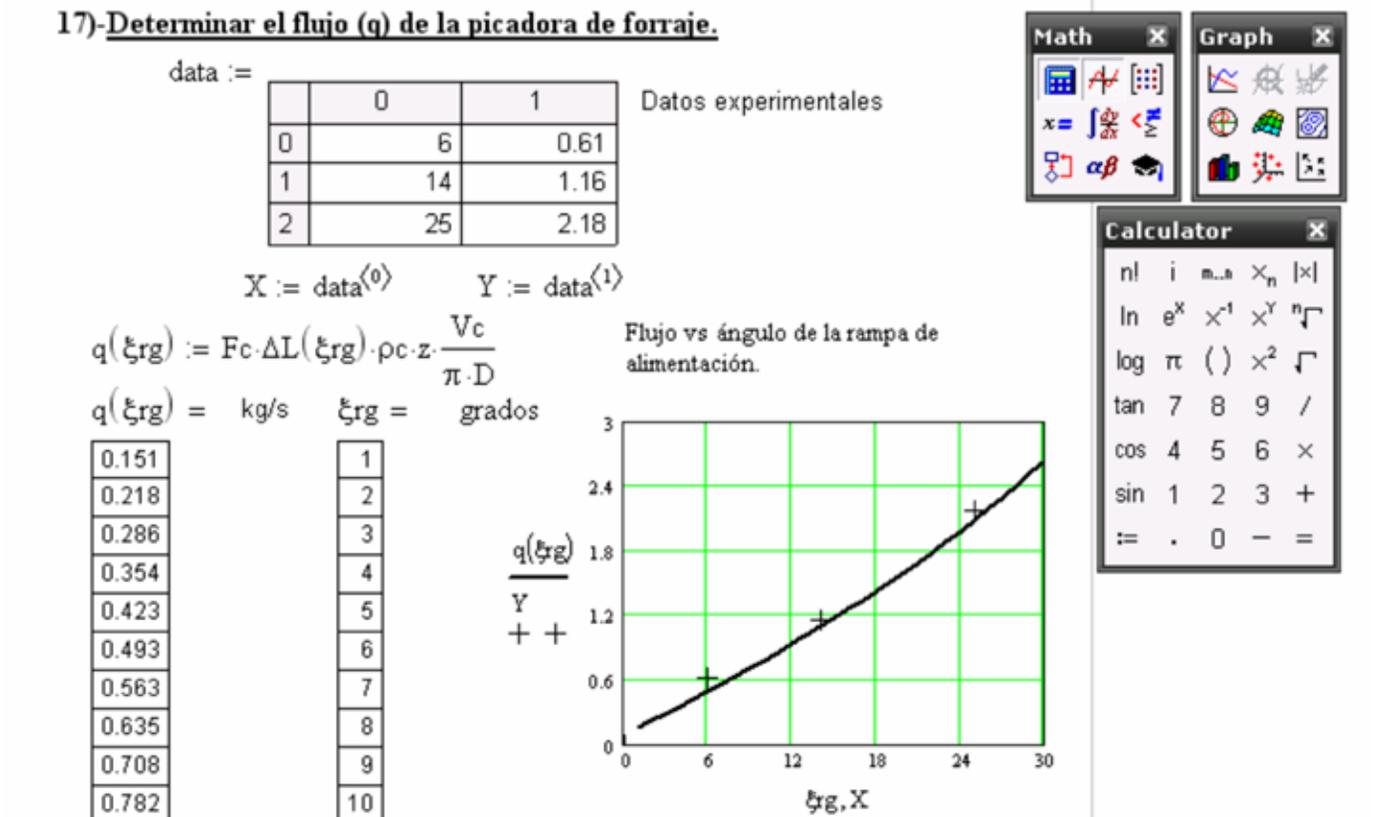


FIGURA 5. Evaluación del flujo (q), para C= 3 tallos.

33)-Determinar la potencia útil del proceso tecnológico (N_{útil}) de la picadora.

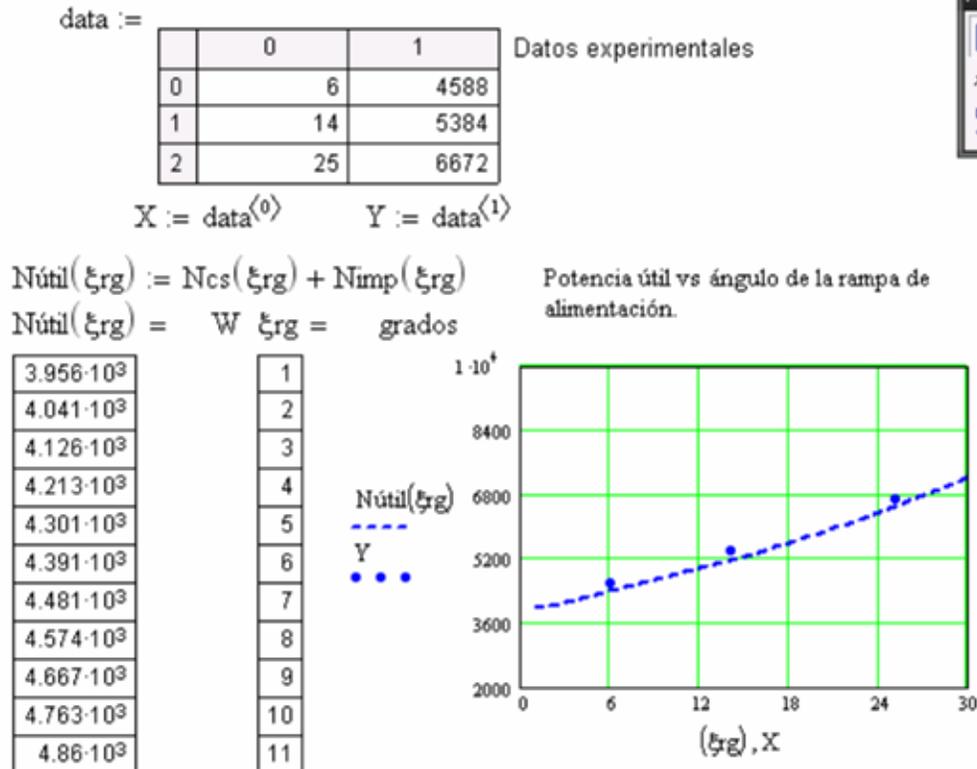


FIGURA 6. Evaluación de la potencia útil (N_{útil}), para C= 3 tallos y I₁ = 1,117 kg m².

35)-Determinar la potencia total (N_t) consumida por la picadora.

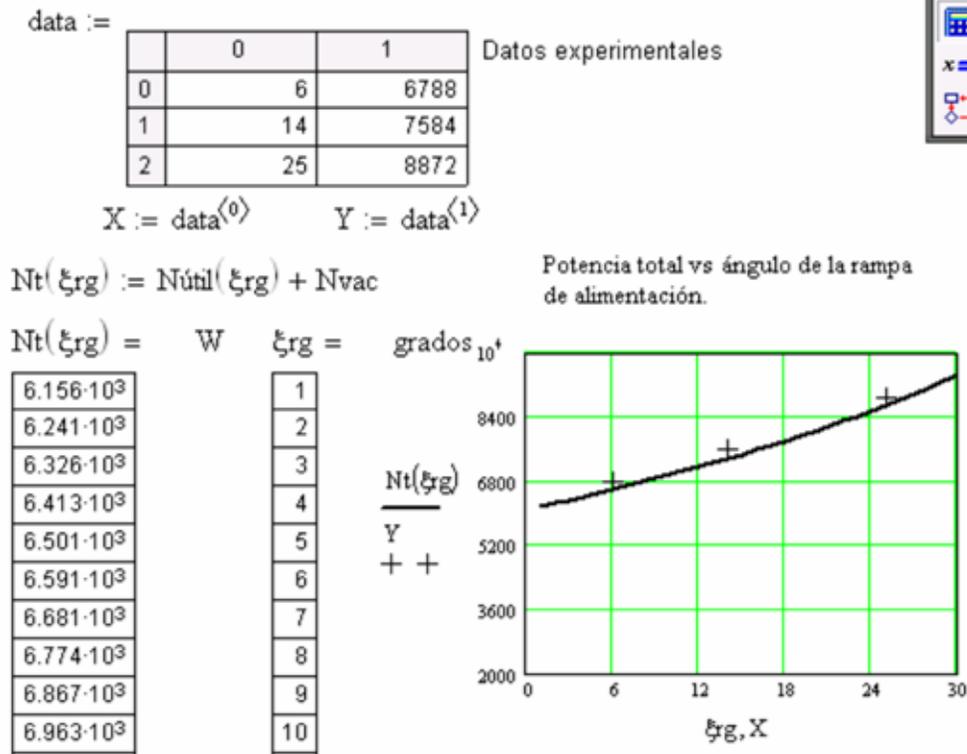


FIGURA 7. Evaluación de la potencia total (N_t), para C= 3 tallos y I₁ = 1,117 kg m².

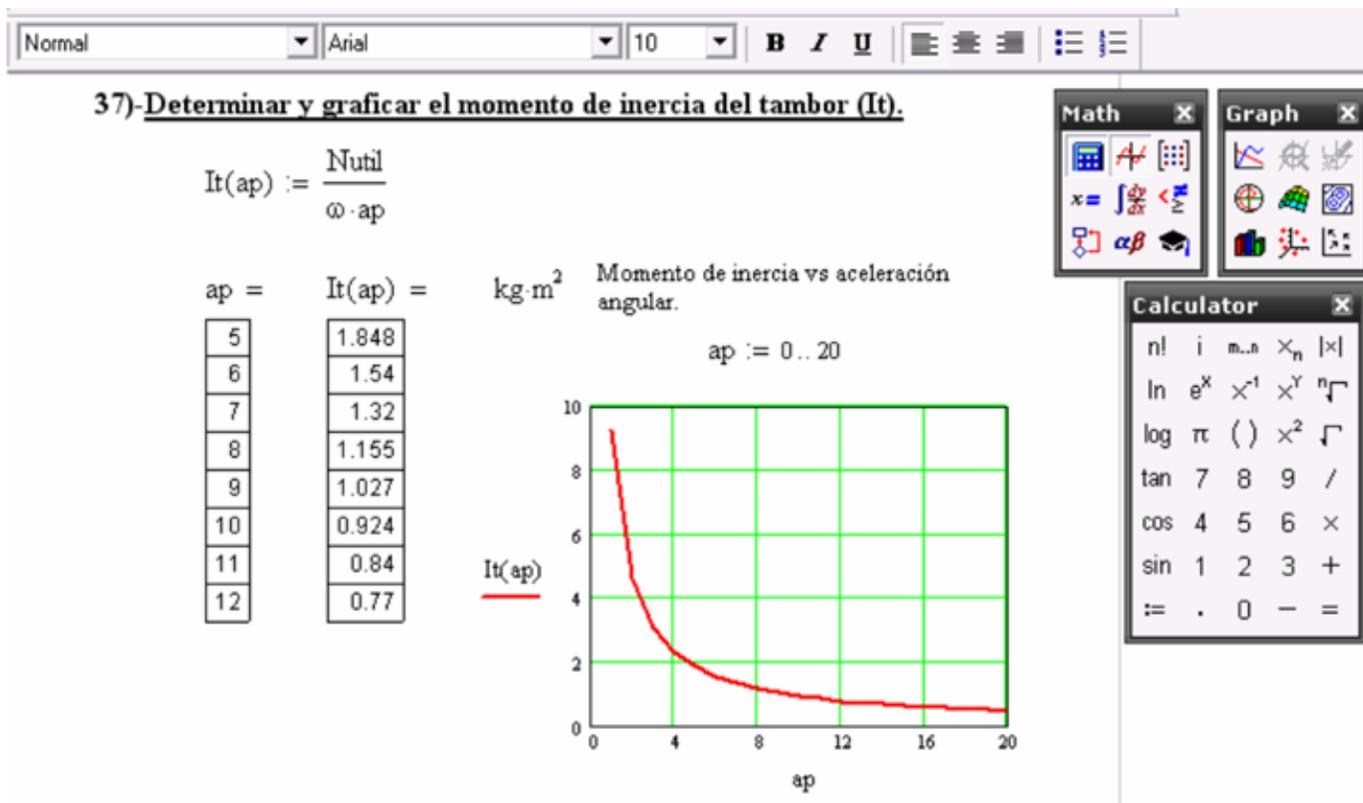


FIGURA 8. Evaluación teórica del modelo del momento de inercia en función de la aceleración angular de 0...20 rad/s².

CONCLUSIONES

- Se elabora y registra un software (RACPIC) que facilita la evaluación de los modelos teóricos y que constituye una herramienta de utilidad durante el diseño y el perfeccionamiento de las picadoras de forraje del tipo de tambor con alimentación manual para el caso de tallos gruesos;
- El software permite realizar la evaluación, análisis y graficación de los modelos teóricos elaborados para cualquier

- intervalo, determinándose como varían las diferentes variables en estudio;
- El software facilita la comparación (a través de su graficación) de los resultados teóricos obtenidos mediante las expresiones de cada parámetro de salida, con respecto a los obtenidos durante las corridas experimentales realizadas, a través de lo cual se corroboró la validez de la modelación teórica.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

VALDÉS, P; D. GONZÁLES y A. MARTÍNEZ: “Determinación experimental de propiedades físico–mecánicas de la caña de azúcar para su procesamiento en molinos forrajeros”, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 17(2): 1-6, 2008.

VALDÉS, P. A.: *Modelación físico-matemática del proceso tecnológico del órgano de corte de tambor en las picadoras de forraje con alimentación manual*. 186pp., **Tesis (en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas Agropecuarias)**, Universidad Agraria de La Habana, La Habana, Cuba, 2008.

VALDÉS, P; A. MARTÍNEZ; R. AJALLA; E. BRITO y R. ALBÓNIGA: “Influencia del ángulo de deslizamiento y la velocidad de la cuchilla sobre la energía específica durante el corte de tallos de caña de azúcar”, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 18(1): 21-26, 2009.

*Todos nuestros servicios
a su disposición*

BIBLIOTECA ANTONIO MACHADO RUIZ
UNIVERSIDAD DE GRANMA (UGR)