



<https://eqrcode.co/a/8BrTiL>

SOFTWARE

Model and Software for the Regulation of an Inclined Belt Sorter for Agricultural Products

Modelo y software para la regulación de una clasificadora de banda inclinada para productos agrícolas

Ing. Raúl Torres-Cepero¹, Dr.Cs. Arturo Martínez-Rodríguez¹, MSc. Ana Rosario¹

¹ Universidad Agraria de La Habana (UNAH), Facultad de Ciencias Técnicas, Centro de Mecanización Agropecuaria (CEMA), San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba.

¹ de Tecnología del Estado de Trujillo. Venezuela.

ABSTRACT. As a result of the development of a sorting table for agricultural products for the selection of tomatoes, potatoes or other products with approximately spherical shape, a mechanical-mathematical model and software were developed that make it possible to determine and adjust the design parameters of that sorting table. The model interrelates a set of parameters such as the coordinates of the drop point of the fruits or tubers on the conveyor belt and the angle of transverse inclination of the conveyor belt. In addition, it interrelates the rolling friction angle of the product with respect to the conveyor surface, the components of the falling speed and the linear speed of the conveyor belt, among others. The modeling was carried out applying the laws of Newtonian mechanics. The development of the software was carried out on the basis of the Mathcad 2000 Professional software.

Keywords: Potato, Tomato, Other Spherical Products, Design Parameters, Conveyor.

RESUMEN. Como resultado del desarrollo de una mesa clasificadora de productos agrícolas para la selección de tomates, papas u otros productos con forma aproximadamente esférica, se elaboró un modelo mecánico-matemático y un software que posibilitan determinar y ajustar los parámetros de diseño de dicha mesa clasificadora. El modelo interrelaciona un conjunto de parámetros tales como: las coordenadas del punto de caída de los frutos o tubérculos en la banda transportadora; el ángulo de inclinación transversal de la banda transportadora; el ángulo de fricción por rodadura del producto con respecto a la superficie del transportador; los componentes de la velocidad de caída; la velocidad lineal de la banda transportadora, entre otros. La modelación se efectuó aplicando las leyes de la mecánica Newtoniana. La elaboración del software se efectuó sobre la base del software Mathcad 2000 Professional.

Palabras clave: papa, tomate, otros productos esféricos, parámetros de diseño, transportador.

INTRODUCTION

As part of a project financed by the Ministry of Higher Education and the Center for Plant Biotechnology of the Central University of Las Villas, the Center for Agricultural Mechanization of the Agrarian University of Havana was commissioned to develop an equipment for classification of mini potato tubers obtained from tissue culture and propaga-

INTRODUCCIÓN

Como parte de un proyecto financiado por el Ministerio de Educación Superior y el Centro de Biotecnología de las Plantas de La Universidad Central de Las Villas se encargó al Centro de Mecanización Agropecuaria de la Universidad Agraria de La Habana el desarrollo de un equipo destinado a la clasificación en clases de mini tubérculos de papa obtenidos a partir del cultivo de tejidos y

¹ Author for correspondence: Arturo Martínez-Rodríguez, e-mail:

Received: 20/06/2020.

Approved: 04/12/2020.

ted to produce potato seeds. This equipment was developed and installed in the mini tuber classification line of the Plant Biotechnology Center.

Initially, a bibliographic review was made on the cultivation of potatoes and other products with approximately spherical form and the models used. (Sablíkov, 1978; Mesemov, 1987; Paneque, 1988; McGarry *et al.*, 1996; Peters, 1996; Minag-Cuba, 1997; Baritelle *et al.*, 2000; Iglesias, 2002; Alvarado, 2004; Buitrago, 2004; Bentini *et al.*, 2006; Montesdeoca *et al.*, 2006; Polanco, 2007; Escalona y Elorza, 2008; Ramos *et al.*, 2010; FAO, 2014; López *et al.*, 2017; Infoagro, 2018).

The versatility of this sorting machine makes it suitable for the classification of other agricultural products with a spherical or similar shape, among which are tomato, seed or consumption potatoes, various types of fruit, etc.

As a result, a mechanical-mathematical model and software were developed. They facilitate the adaptation of the design and regulation parameters of this machine for its use during the processing of other agricultural products.

Although at the international level, agricultural product sorting machines with different working principles are marketed according to Sablíkov (1978) and Paneque *et al.* (2018), it was considered convenient to facilitate the generalization of this machine developed in Cuba for the classification of different products.

THEORETICAL FOUNDATION

Machine Productivity Calculation

For the calculation of productivity, the daily production of the machine (Q , kg/day) in which the classification service will be provided must be taken into account.

From this datum and the hours of work in clean time allocated to the daily service of the machine (T , h/day), the productivity of the equipment W (kg/h) is determined according to the expression:

$$W \equiv \frac{Q}{t}; kg/h \quad (1)$$

Classification table parameters

The main parameters of the classification Table (Fig. 1) are:

- The width of the conveyor belt b , m);
- The speed of the conveyor belt V_t , m/s;
- The transverse angle of the conveyor belt α , (°);
- The gaps of the sorting gates h_i , mm;
- The length of the gates L_i , m (Fig. 3);
- The angle of the exit ramps of the classified material β , (°) (Fig. 4).

The calculation and selection of these parameters will depend on the kinematic and dynamic relationships that occur during the tuber-sorting table interaction, and of course, the main physical-mechanical properties of the materials involved in the process will also intervene.

For the analysis, the free body of the tuber starts from its interaction with the conveyor belt (Figure 1).

propagados con vistas a la producción de semillas de papa. Este equipo fue desarrollado e instalado en la línea de clasificación de mini tubérculos del Centro de Biotecnología de las Plantas.

En un principio se hizo una revisión bibliográfica donde se buscaron las investigaciones realizadas relacionadas con el cultivo de la papa y otros productos en forma aproximadamente esférica y los modelos utilizados (Sablíkov, 1978; Mesemov, 1987; Paneque, 1988; McGarry *et al.*, 1996; Peters, 1996; Minag-Cuba, 1997; Baritelle *et al.*, 2000; Iglesias, 2002; Alvarado, 2004; Buitrago, 2004; Bentini *et al.*, 2006; Montesdeoca *et al.*, 2006; Polanco, 2007; Escalona y Elorza, 2008; Ramos *et al.*, 2010; FAO, 2014; López *et al.*, 2017; Infoagro, 2018).

La versatilidad de esta máquina clasificadora la hace apta para la clasificación de otros productos agrícolas con forma esférica o similar, entre los cuales se encuentra el tomate, las papas de semilla o de consumo, diversos tipos de frutas, etc.

Producto de esto se elaboró un modelo mecánico-matemático y un software que facilitan la adaptación de los parámetros de diseño y regulación de esta máquina, con vistas a su utilización durante el procesamiento de otros productos agrícolas.

Aunque al nivel internacional, se comercializan máquinas clasificadoras de productos agrícolas con diferentes principios de trabajo según Sablíkov (1978) y Paneque *et al.* (2018), se consideró conveniente facilitar la generalización de esta máquina desarrollada en Cuba para la clasificación de diferentes productos.

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

Cálculo de la productividad de la máquina

Para el cálculo de la productividad debe tenerse en cuenta la producción diaria de la misma (Q , kg/día) en la que se brindará el servicio de clasificación.

A partir de ese dato y las horas de trabajo en tiempo limpio destinadas al servicio diario de la máquina (T , h/día), se determina la productividad del equipo W (kg/h) de acuerdo a la expresión:

$$W \equiv \frac{Q}{t}; kg/h \quad (1)$$

Parámetros de la mesa de clasificación.

Los principales parámetros de la mesa de clasificación (Fig. 1) son:

- El ancho de la banda transportadora b , m);
- La velocidad de la banda transportadora V_t , m/s;
- El ángulo transversal de la banda transportadora α , (°);
- Las holguras de las compuertas de clasificación h_i , mm;
- La longitud de las compuertas L_i , m (Fig. 3);
- El ángulo de las rampas de salida del material clasificado β , (°) (Fig. 4).

El cálculo y selección de estos parámetros dependerá de las relaciones cinemáticas y dinámicas que ocurren durante la interacción tubérculo-mesa clasificadora, interviniendo además por supuesto, las principales propiedades físico-mecánicas de los materiales envueltos en el proceso.

Para el análisis se parte del cuerpo libre del tubérculo en su interacción con la banda transportadora (Figura 1).

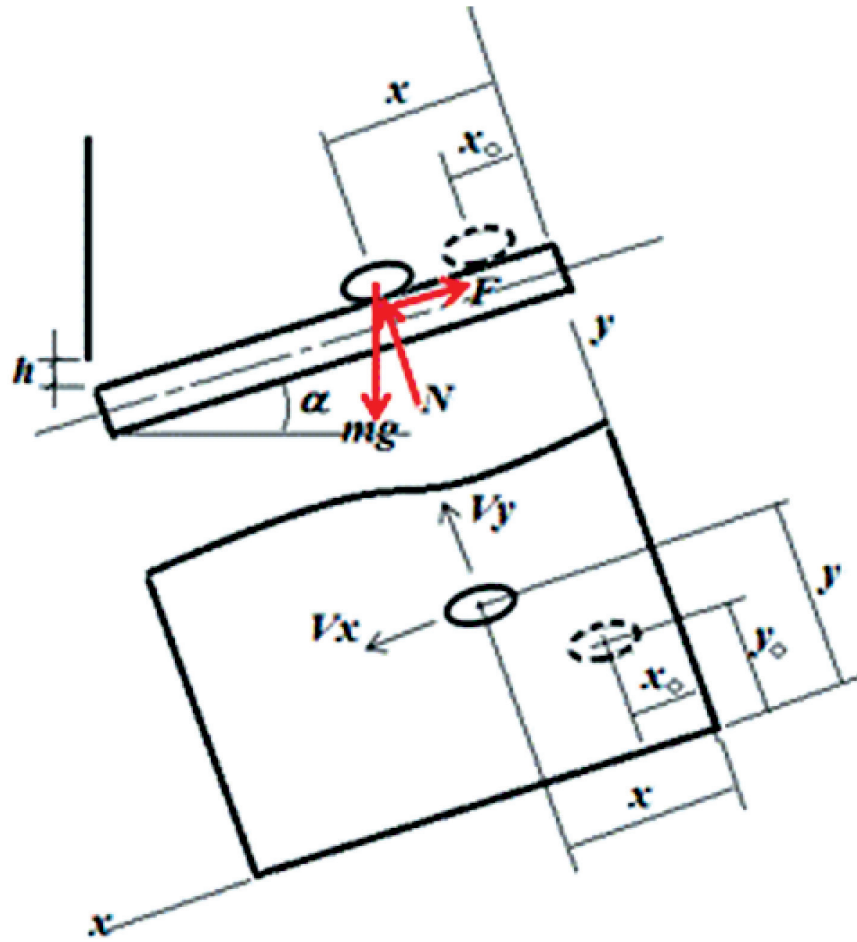


FIGURE 1. Diagram of the analysis of interaction tuber-conveyor belt. Source: Authors' elaboration.
 FIGURA 1 Esquema de análisis de la interacción tubérculo-banda transportadora. Elaboración propia.

The system of forces acting on the tuber consists of the weight force ($m \cdot g$, N), the normal reaction of the conveyor surface (N, N) and the friction force between the tuber and the conveyor belt (F, N). For the analysis of the dynamics of movement in the direction of the X-axis, it is assumed that the transported fruits roll on the surface of the conveyor belt in this direction. While in the direction of the Y-axis, it is assumed that the fruit is transported without relative slippage with the conveyor belt.

Applying Newton's second law in the direction of the X-axis, it is obtain:

$$mg \cdot \sin a - F = m \cdot a_x \quad (2)$$

being

$$F = N \cdot \tan \phi_r \quad (3)$$

where

ϕ_r : Rolling friction angle between the tuber and the conveyor belt ($^\circ$).

a_x : x component of the absolute acceleration of the tuber in its movement on the conveyor belt, m/s^2

The normal reaction N is given by:

$$N = m \cdot g \cdot \cos a \quad (4)$$

Sobre el tubérculo actúa el sistema de fuerzas compuesto por: la fuerza peso ($m \cdot g$, N); la reacción normal de la superficie transportadora (N, N) y la fuerza de fricción entre el tubérculo y la banda transportadora (F, N). Para el análisis de la dinámica del movimiento en la dirección del eje x, se asume que los frutos transportados ruedan por la superficie de la banda transportadora en esta dirección. Mientras que en la dirección del eje y se asume que el fruto es transportado sin deslizamiento relativo con la banda transportadora

Aplicando la segunda ley de Newton en la dirección del eje x se obtiene:

$$mg \cdot \sin a - F = m \cdot a_x \quad (2)$$

siendo

$$F = N \cdot \tan \phi_r \quad (3)$$

donde

ϕ_r : Ángulo de fricción por rodadura entre el tubérculo y la banda transportadora, ($^\circ$).

a_x : Componente en x de la aceleración absoluta del tubérculo en su movimiento sobre la banda transportadora, m/s^2 .

La reacción normal N está dada por:

$$N = m \cdot g \cdot \cos a \quad (4)$$

Substituting 4 and 3 into 2 and grouping together the acceleration in the X direction it is obtained:

$$a_x = g(\sin \alpha - \cos \alpha \cdot \tan \phi_r) \quad (5)$$

Since g , α and ϕ_r are constant, a uniformly accelerated movement in the X direction will be obtained, and the velocity in X (V_x) and the X coordinate can be calculated as follows:

$$V_x = V_{ox} + a_x \cdot t \quad (6)$$

$$x = x_o + V_{ox} \cdot t + \frac{1}{2} a_x \cdot t^2 \quad (7)$$

In the direction Y , the tubers move at constant speed, together with the conveyor. The acceleration, speed and displacement in this direction being given by:

$$a_y = 0 \quad (8)$$

$$V_y = V_t \quad (9)$$

$$y = y_o + V_t \cdot t \quad (10)$$

The evaluation of these expressions will allow calculating, based on the knowledge of the physical-mechanical properties of the tubers, the different parameters under study. For this evaluation, a program was developed in Mathcad 2000 Professional, whose description is shown below.

RESULTS AND DISCUSSION

Software Description

The input parameters to the program are:

- The coordinates of the tuber drop point on the conveyor belt: (x_o, y_o) ;
- The angle of transverse inclination of the conveyor belt: α ;
- The rolling friction angle of the tuber with respect to the conveyor surface: ϕ_r ;
- The acceleration of gravity: g ;
- The components of the speed of fall according to X and Y : V_{ox}, V_{oy} ;
- The linear speed of the conveyor belt: V_t (m/s).

As output parameters of the program, the components of the acceleration, speed and displacement of the tubers on the conveyor belt as a function of time are obtained, which makes it possible to obtain, graphically or tabulate, the trajectory of the tubers in the X coordinate system, X, Y .

Figure 2 shows the output graphs of the program, where the trajectories corresponding to different angles of friction, productivities and speeds of the conveyor belt can be seen.

The linear speed of the conveyor belt (V_t) is determined from an analysis of load and capacity of the machine. For the analysis, it is considered that, to achieve satisfactory quality in the classification process, the tubers must be lined in a single row at the entrance to the gates so that there is no agglomeration of the product (Figure 3).

Sustituyendo 4 y 3 en 2 y agrupando se obtiene la aceleración en la dirección x :

$$a_x = g(\sin \alpha - \cos \alpha \cdot \tan \phi_r) \quad (5)$$

Como quiera que g , α y ϕ_r son constantes, se obtendrá un movimiento uniformemente acelerado en la dirección x , pudiéndose calcular la velocidad en x (V_x) y la coordenada x de la siguiente forma:

$$V_x = V_{ox} + a_x \cdot t \quad (6)$$

$$x = x_o + V_{ox} \cdot t + \frac{1}{2} a_x \cdot t^2 \quad (7)$$

En la dirección y los tubérculos se trasladan a velocidad constante, conjuntamente con el transportador, estando dadas la aceleración, velocidad y desplazamiento en esta dirección por:

$$a_y = 0 \quad (8)$$

$$V_y = V_t \quad (9)$$

$$y = y_o + V_t \cdot t \quad (10)$$

La evaluación de estas expresiones permitirá calcular, apoyados en el conocimiento de las propiedades físico-mecánicas de los tubérculos, los diferentes parámetros objeto de estudio. Para esta evaluación se elaboró un programa en Mathcad 2000 Professional, cuya descripción se muestra a continuación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Descripción del software

Los parámetros de entrada al programa son:

- Las coordenadas del punto de caída de los tubérculos en la banda transportadora: (x_o, y_o) ;
- El ángulo de inclinación transversal de la banda transportadora: α ;
- El ángulo de fricción por rodadura del tubérculo con respecto a la superficie del transportador:
- La aceleración de la gravedad: g ;
- Los componentes de la velocidad de caída según x e y : V_{ox}, V_{oy} ;
- La velocidad lineal de la banda transportadora: V_t (m/s).

Como parámetros de salida del programa se obtienen los componentes de la aceleración, velocidad y desplazamiento de los tubérculos sobre la banda transportadora en función del tiempo, lo que posibilita obtener, en forma gráfica o tabulada la trayectoria de los tubérculos en el sistema de coordenadas x, y . La Figura 2 se muestra gráficos de salida del programa, donde puede apreciarse las trayectorias correspondientes a diferentes ángulos de fricción, productividades y velocidades de la banda transportadora.

La velocidad lineal de la banda transportadora (V_t) se determina a partir de un análisis de carga y capacidad de la máquina. Para el análisis se parte de considerar que, para lograr una calidad satisfactoria en el proceso de clasificación, los tubérculos deben quedar hilerados en una sola fila a la entrada de las compuertas de manera que no se produzca aglomeración del producto (Figura 3).

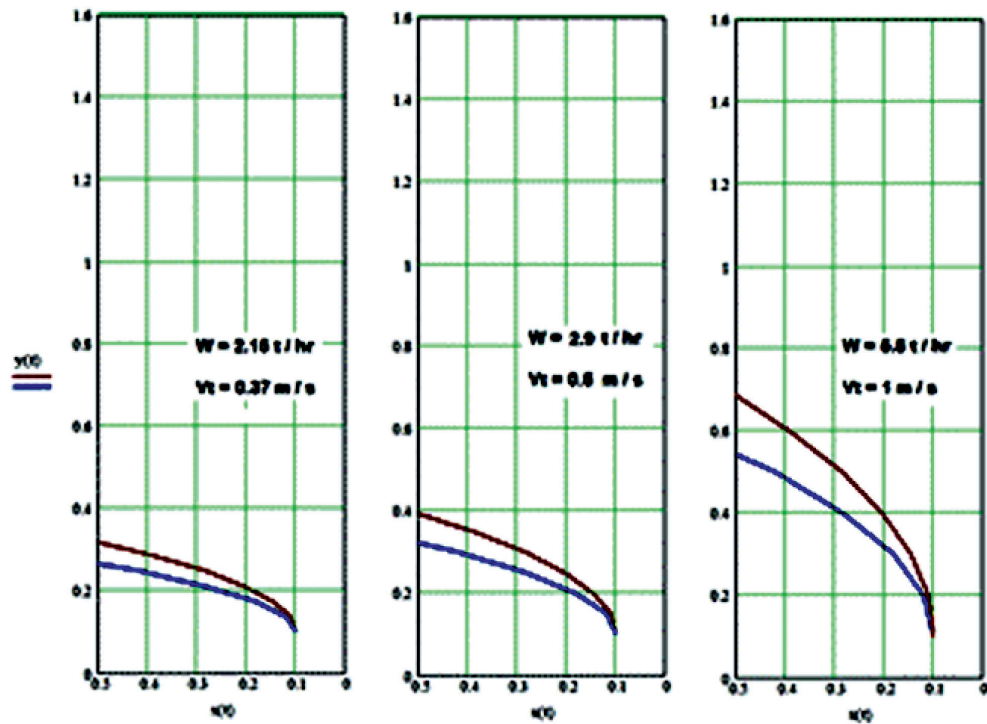


FIGURE 2. Graphic output of the program developed in Mathcad.
 FIGURA 2. Salida gráfica del programa elaborado en Mathcad.

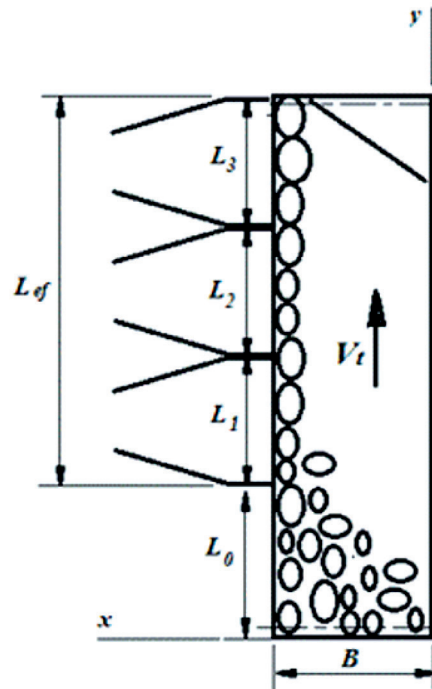


FIGURE 3. Diagram of the inclined belt sorter (top view).
 FIGURA 3. Esquema de la clasificadora de banda inclinada (vista superior).

The number of tubers aligned per linear meter of the conveyor belt in the longitudinal direction (Y-axis) is given by:

$$n_y = \frac{1}{l}, tub / m \quad (11)$$

where l: is the average length of the tubers, m.

El número de tubérculos alineados por metro lineal de la banda transportadora en la dirección longitudinal (eje y) está dado por:

$$n_y = \frac{1}{l}, tub / m \quad (11)$$

donde l: es la longitud media de los tubérculos, m.

The tuber flow per second will be:

$$q_t = n_y \cdot V_t = \frac{V_t}{\ell}, \text{ tub/s} \quad (12)$$

The mass flow (processing capacity) will be given by:

$$q = q_t \cdot P_e = \frac{V_t}{\ell} \cdot P_e, \text{ kg/s} \quad (13)$$

where: P_e is the average mass of the tubers, kg.

On the other hand, the load of the machine (productivity in clean time) is known:

$$W = \frac{Q}{3600 \cdot T}, \text{ kg/s} \quad (14)$$

To obtain an optimal operating regime, it is necessary to equalize the load with the capacity, from which it is obtained:

$$\frac{Q}{3600 \cdot T} = \frac{V_t}{\ell} \cdot P_e$$

Clearing the expression to calculate the speed of the conveyor belt is obtained:

$$V_t = \frac{Q \cdot \ell}{3600 \cdot T \cdot P_e}, \text{ m/s} \quad (15)$$

Other parameters to be determined, such as α , B and the dead space L_0 , are determined by evaluating the program with successive runs. The dimensions of the gates L_1 , L_2 and L_3 are determined based on the probability distribution of frequencies of the classes to be classified. The product properties required for the evaluation of the equations, such as ϕ_r , P_e and l are determined experimentally.

The regulation of the opening h of the gates is also determined on the basis of the standard dimensions for the classes to be classified, taking into account the consideration of a small opening angle in the direction of the longitudinal axis to avoid blocking of the tubers against the contact line of the gates.

The angle β (Figure 4) of the evacuation channels of the classified tubers is determined according to the condition:>

$$\beta > \phi_r \quad (16)$$

El flujo de tubérculos por segundo será:

$$q_t = n_y \cdot V_t = \frac{V_t}{\ell}, \text{ tub/s} \quad (12)$$

El flujo de masa (capacidad de procesamiento) estará dado por:

$$q = q_t \cdot P_e = \frac{V_t}{\ell} \cdot P_e, \text{ kg/s} \quad (13)$$

donde: P_e es la masa media de los tubérculos, kg.

Por otro lado, la carga de la máquina (productividad en tiempo limpio) es conocida:

$$W = \frac{Q}{3600 \cdot T}, \text{ kg/s} \quad (14)$$

Para obtener un régimen óptimo de operación es necesario igualar la carga con la capacidad, de donde se obtiene:

$$\frac{Q}{3600 \cdot T} = \frac{V_t}{\ell} \cdot P_e$$

Despejando se obtiene la expresión para el cálculo de la velocidad de la banda transportadora:

$$V_t = \frac{Q \cdot \ell}{3600 \cdot T \cdot P_e}, \text{ m/s} \quad (15)$$

Otros parámetros a determinar, tales como α , B y el espacio muerto L_0 , se determinan evaluando el programa con corridas sucesivas. Las dimensiones de las compuertas L_1 , L_2 y L_3 se determinan partiendo de la distribución probabilística de frecuencias de las clases a clasificar. Las propiedades del producto requeridas para la evaluación de las ecuaciones, tales como ϕ_r , P_e y l se determinan experimentalmente.

La regulación de la abertura h de las compuertas se determina asimismo sobre la base de las dimensiones normadas para las clases a clasificar, debiendo tenerse en cuenta la consideración de un pequeño ángulo de abertura en la dirección del eje longitudinal para evitar el atoro de los tubérculos contra la línea de contacto de las compuertas.

El ángulo β (Figura 4) de las canales de evacuación de los tubérculos clasificados se determina de acuerdo a la condición:

$$\beta > \phi_r \quad (16)$$

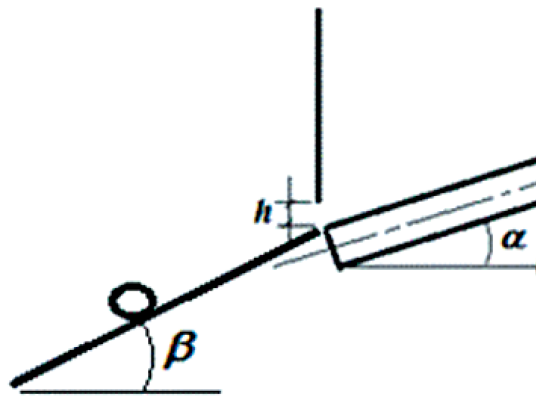


FIGURE 4. Angle of the outlet channels of the classified product.
FIGURA 4. Ángulo de las canales de salida del producto clasificado.

Some screenshots during the program run for a specific case study are shown below.

Seguidamente se muestran algunas capturas de pantalla durante la corrida del programa para un estudio de caso determinado.

CÁLCULO DE LA TRAYECTORIA DE LOS TUBÉRCULOS SOBRE EL TRANSPORTADOR DE CLASIFICACIÓN

Declaración de Términos:

Coordenadas del punto de caída del tubérculo en el transportador

$$x_0 := 0.1 \quad \text{m}$$

$$y_0 := 0.1 \quad \text{m}$$

Ángulo de inclinación transversal del transportador

$$\alpha := 35 \cdot \frac{\pi}{180} \quad \text{rad}$$

Ángulo de fricción por rodadura del tubérculo con respecto a la superficie del transportador

$$\phi_r := 30 \cdot \frac{\pi}{180} \quad \text{rad}$$

Aceleración de la gravedad

$$g := 9.8 \quad \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Velocidad lineal de la banda transportadora

$$V_t := 1 \quad \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Componentes de la velocidad de caída según x e y

$$V_{ox} := 0 \quad \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad V_{oy} := 0 \quad \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Rango de tiempo a analizar (variable independiente)

$$t := 0, 0.1 \dots 1.0$$

Programación de variables de salida:

Aceleración en la dirección transversal

$$ax := g \cdot (\sin(\alpha) - \cos(\alpha) \cdot \tan(\phi_r))$$

$$ax = 0.986 \quad \frac{m}{s^2}$$

Componentes de la velocidad

$$Vx(t) := V_{ox} + ax \cdot t \quad \frac{m}{s}$$

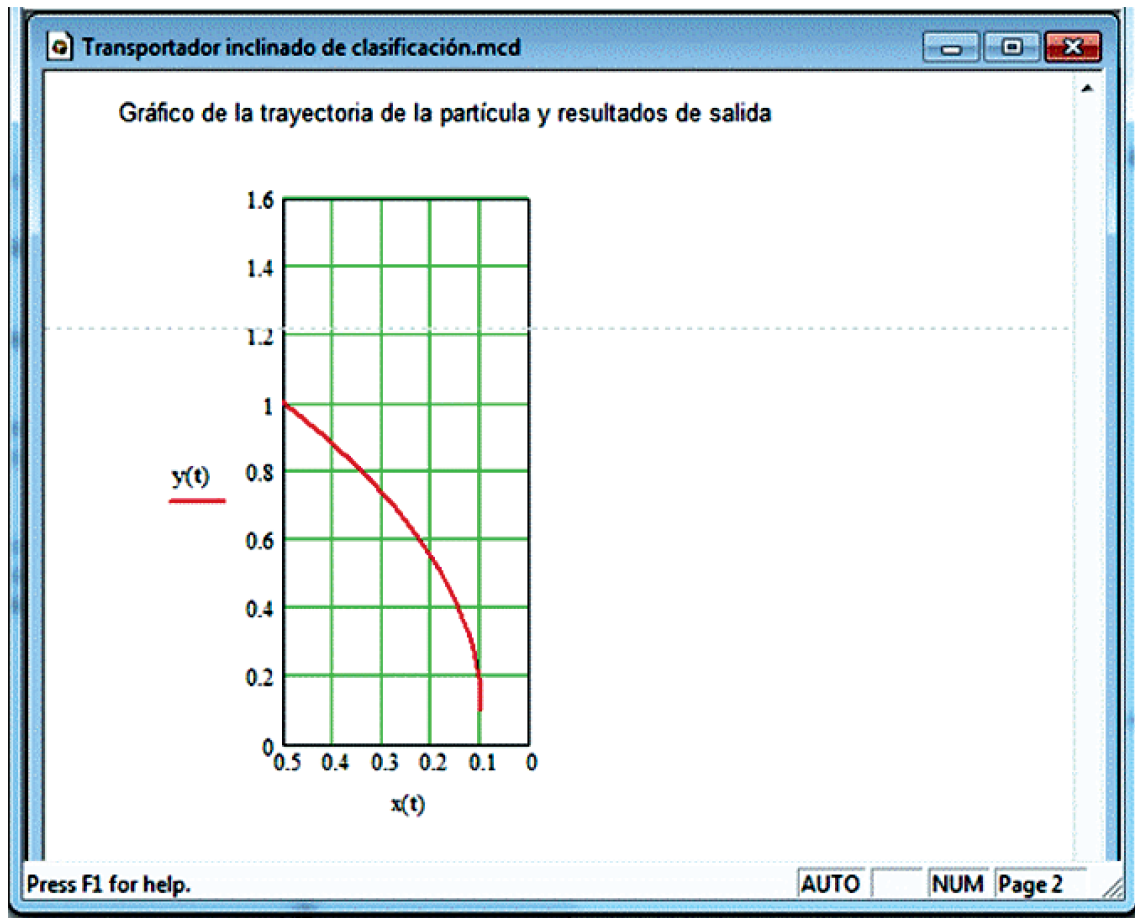
$$Vy(t) := V_t$$

Coordenadas de la partícula en función del tiempo

$$x(t) := x_0 + V_{ox} \cdot t + \frac{1}{2} \cdot ax \cdot t^2 \quad m$$

$$y(t) := y_0 + Vy(t) \cdot t$$

t =	x(t) =	y(t) =	Vx(t) =	Vy(t) =
0	0.1	0.1	0	1
0.1	0.105	0.2	0.099	1
0.2	0.12	0.3	0.197	1
0.3	0.144	0.4	0.296	1
0.4	0.179	0.5	0.395	1
0.5	0.223	0.6	0.493	1
0.6	0.278	0.7	0.592	1
0.7	0.342	0.8	0.69	1
0.8	0.416	0.9	0.789	1
0.9	0.499	1	0.888	1
1	0.593	1.1	0.986	1
1.1	0.697	1.2	1.085	1
1.2	0.81	1.3	1.184	1
1.3	0.933	1.4	1.282	1
1.4	1.067	1.5	1.381	1
1.5	1.21	1.6	1.479	1



CONCLUSIONS

- A mechanical-mathematical model is developed that makes it possible to calculate the main design and regulation parameters for agricultural product classification machines that use a conveyor belt with a transverse inclination;
- The model is complemented by software, developed in a Mathcad 2000 Professional environment, which facilitates the quick execution of the calculations.

CONCLUSIONES

- Se elabora un modelo mecánico-matemático que posibilita calcular los principales parámetros de diseño y regulación para las máquinas clasificadoras de productos agrícolas que utilizan banda transportadora con inclinación transversal;
- El modelo se complementa con un software, elaborado en ambiente Mathcad 2000 Professional, que facilita la ejecución expedita de los cálculos.

REFERENCES

- ALVARADO, A.: *Maquinaria y mecanización agrícola*, Inst. EUNED, San José, Costa Rica, 2004.
- BARITELLE, A.; HYDE, G.; THORNTON, R.; BAJEMA, R.: "A classification system for impact-related defects in potato tubers", *American Journal of Potato Research*, 77(3): 143-148, 2000, ISSN: 1099-209X.
- BENTINI, M.; CAPRARA, C.; MARTELLI, R.: "Harvesting damage to potato tubers by analysis of impacts recorded with an instrumented sphere", *Biosystems engineering*, 94(1): 75-85, 2006, ISSN: 1537-5110.
- BUITRAGO, G.: *Determinación de las características físicas y propiedades mecánicas de la papa cultivada en Colombia*, Inst. Universidad Nacional de Colombia, Colombia, 2004.
- ESCALONA, M.R.; ELORZA, P.B.: "Daños mecánicos en patata: evaluación mediante productos electrónicos", *Tierras de Castilla y León: Agricultura*, (142): 94-100, 2008, ISSN: 1889-0776.
- FAO: *Alimentar al mundo*, *Anuario Estadístico de la FAO 2014 "La Alimentación y la Agricultura en América Latina y el Caribe"*, Ed. FAO, Santiago de Chile, Chile, 90-100 p., 2014, ISBN: 978-92-5-308149-3.
- IGLESIAS, C.: *Administración de las Máquinas Agrícolas*, Ed. Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo ed., vol. II, Chapingo Texcoco, Edo. México, 119-120 p., 2002.
- INFOAGRO: *Infoagro Systems, S.L., [en línea]*, Infoagro.com.Ingemecanica, 2018, *Disponible en: <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn121.html>*.

- LÓPEZ, J.E.G.; CHAVEZ, J.C.; SÁNCHEZ, A.K.J.: “Modelado de una red de sensores y actuadores inalámbrica para aplicaciones en agricultura de precisión”, En: *2017 IEEE Mexican Humanitarian Technology Conference (MHTC)*, Ed. IEEE, pp. 109-116, 2017, ISBN: 1-5090-6450-8.
- MCGARRY, A.; HOLE, C.; DREW, R.; PARSONS, N.: “Internal damage in potato tubers: a critical review”, *Postharvest Biology and Technology*, 8(4): 239-258, 1996, ISSN: 0925-5214.
- MESEMOV, G.C.: “Development of elevator for potato harvester”, *Transaction of ASAE*, 28, 1987, ISSN: 2151-0032, e-ISSN: 2151-0040.
- MINAG-CUBA: *Instructivo Técnico para el Cultivo de la Papa*, Ed. Minag-Cuba, Instituto de Investigaciones Hortícolas “Liliana Dimitrova”, Quivicán, La Habana, Cuba, 1997.
- MONTEDEOCA, F.; MORA, C.; BENÍTEZ, B.; NARVÁEZ, P.: *Manual de control interno de calidad (CIC) en tubérculo-semilla de papa, [en línea]*, Inst. INIAP, COSUDE, Papa Andina, Quito, Ecuador, 39 p., 2006, Disponible en: <http://cipotato.org/es/sin-categorizar/manejo-del-tuberculo-semilla/#sthash.MIFIUIPj.dpuf>.
- PANEQUE, R.P.: *Transportadores en la Agricultura*, Ed. Departamento de Ediciones del ISCAH, ENPES, primera ed., La Habana, Cuba, 276 p., 1988.
- PANEQUE, R.P.; LÓPEZ, C.G.; MAYANS, C.P.; MUÑOZ, G.F.; GAYTÁN, R.J.G.; ROMANTCHIK, K.E.: *Fundamentos Teóricos y Análisis de Máquinas Agrícolas*, Ed. Universidad Autónoma Chapingo, vol. 1, Chapingo, Texcoco, México, 456 p., 2018, ISBN: 978-607-12-0532-2.
- PETERS, R.: “Damage of potato tubers, a review”, *Potato Research*, 39(4): 479-484, 1996, ISSN: 0014-3065.
- POLANCO, P.M.F.: *Maquinaria y Mecanización Agrícola*, Bogota, Colombia, 2007.
- RAMOS, E.M.; BARREIRO, E.P.; MACÍAS, S.I.: “Daños mecánicos en patata y evaluación mediante productos electrónicos”, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 19(1): 18–23, 2010, ISSN: 1010-2760, e-ISSN: 2071-0054.
- SABLIKOV, M.V.: “Fundamento de la teoría y el cálculo tecnológico”, En: *Máquinas Agrícolas Parte II*, Editorial KOLOS, Moscú, Rusia. URSS, pp. 285-286, 1978.

Raúl Torres-Cepero, Especialista, Universidad Agraria de La Habana (UNAH), Facultad de Ciencias Técnicas, Centro de Mecanización Agropecuaria (CEMA), San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba, e-mail: raul@unah.edu.cu

Arturo Martínez-Rodríguez, Profesor e Investigador Titular, Universidad Agraria de La Habana (UNAH), Facultad de Ciencias Técnicas, Centro de Mecanización Agropecuaria (CEMA), San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba, e-mail: armaro466@gmail.com

Anna Rosario, Profesora, Investigadora, Instituto de Tecnología del Estado de Trujillo, Venezuela, e-mail: armaro466@gmail.com

The authors of this work declare that they have no conflict of interest.

This article is subject to the Creative Commons 4.0 International Attribution-Non-Commercial License (CC BY-NC 4.0).

The mention of trademarks of specific equipment, instruments or materials is for identification purposes, there being no promotional commitment in relation to them, neither by the authors nor by the publisher.

FACILIDADES PARA PUBLICAR CONTRIBUCIONES EN REVISTAS CIENTÍFICAS

Si desean que su trabajo se publique en las revistas Ciencias Técnicas Agropecuarias (RCTA), Ingeniería Agrícola (IA) o Gestión del Conocimiento y desarrollo local, deben revisar en el sitio WEB www.unah.edu.cu las normas editoriales y contactar con los directores de las publicaciones.

CJAS: www.cjascience.com, Directora Editorial: Dra. Sandra Lok Mejías slok@ica.co.cu

Pastos y Forrajes: <https://payfo.ihatuey.cu> / <http://www.ihatuey.cu>, Editor Jefe: Dr. Osmel Alonso Amaro osmel@ihatuey.cu

Si desea publicar en revista técnico popular contactar con: Casa Editorial ACPA. Director. Jorge Luis Álvarez Calvo, revista@acpa.cu



Centro de Mecanización Agropecuaria

MISIÓN

Promover el desarrollo de la Ingeniería Agrícola y la formación de cuadros Científico Técnicos de alto nivel en este campo.

Ubicado en la carretera de Tapaste, en San José de las Lajas, en las áreas de la Universidad Agraria de La Habana, el CEMA se distingue:

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

- Ingeniería Agrícola para sistemas conservacionistas
 - Mecanización de Cultivos Tropicales
 - Energía en la Agricultura
- Sensoramiento en Agricultura de Precisión

DEFENSAS DE DOCTORADOS

- Sede del Tribunal Nacional de Defensa de Doctorado en Ingeniería Agrícola • Sede del Programa Doctoral en Mecanización Agrícola

SUPERACIÓN POSTGRADUADA

- Diplomados • Maestrías • Doctorados • Cursos y Entrenamientos de Postgrado • Cursos de Verano
 - Cursos de Superación para profesionales

● TALLER DE PROTOTIPOS

● MÁQUINAS Y EQUIPOS PARA LA PRODUCCIÓN Y TRANSPLANTES DE CEPELLONES

● BÁSCULAS ELECTRÓNICAS PARA LA GANADERÍA

● EQUIPO PORTÁTIL PARA DEPURAR ACEITES