

Mecanismo dosificador para el empaque de tuna: síntesis y análisis

LÓPEZ-DELGADO Juan Manuel, VALIENTE-GONZALES, Javier y SOLÍS-DE LA CRUZ, Flavio y FITZ-RODRÍGUEZ, Efrén

J. López, J. Valiente, F. Solís y E. Fitz

Universidad Autónoma Chapingo, Departamento de Ingeniería Mecánica Agrícola, km 38.5 carretera México-Texcoco, Chapingo, Estado de México, C.P. 56230, México.
efitzr@gmail.com

D. Sepúlveda, F. Rérez, D. Sepúlveda, E. Figueroa, R. Salazar, L. Godínez (eds.) Matemáticas Aplicadas. Handbook T-I. -©ECORFAN, Texcoco de Mora-México, 2016.

Abstract

Even though postharvest processes (scrubbing, sorting and classification) of prickly pear are mechanized, dosing in the packing process is still done manually. Usually on the market it is required three different packing containers, including cases of 20, 25 and 30 kg. To solve this problem, it is proposed to design a machine that allows for an accurate dosing of the prickly pear while packing, accordingly to the weight selected. The main mechanism of the proposed device is a simple four-bar linkage with a crank-shaft movement. In order to build the preliminary prototype, economic materials were used, such as wood, to prove the concept and functionality. The design was done with analytical synthesis and then an analytical analysis was done to assess the kinematic performance of the dosing mechanism. The resulting prototype had an adequate performance, simplifying the dosing process and obtaining a more uniform weight on each of the containers.

8 Introducción

La producción de tuna representa una actividad económica importante en México, dado que participan alrededor de 20 mil productores. Los cuales ocupan una superficie aproximada de 65 mil hectáreas y, se concentra principalmente en tres regiones: Puebla (Acatzingo y Quecholac), Valle de México (Estado de México e Hidalgo) y el Altiplano Potosino-Zacatecano (Aguascalientes, Jalisco, Guanajuato, San Luis Potosí y Zacatecas) (Méndez Gallegos y García Herrera, 2006). Una de las ventajas de este cultivo es que se puede producir sin ningún problema en condiciones desérticas y semidesérticas; además de lograr una rápida recuperación de la inversión.

Para la distribución y comercialización de este producto se requiere una fruta de buena presentación y calidad; por lo que es necesario que tenga un proceso de post-cosecha denominado “barrido”, en el que con una máquina que tiene un mecanismo de rodillos con cerdas se le quitan las espinas, antes de que se empaquete y estibe.

El llenado de cajas, como parte del proceso de barrido y empaque de tunas, representa un problema, dado que el peso de las cajas no es homogéneo. Esto resulta debido a que los llenadores carecen de un sistema que les permita cuantificar el peso exacto durante el proceso de llenado. Obteniendo cajas con una sub y sobre estimación del peso solicitado por el cliente. Esto genera la necesidad de pesar las cajas antes de estibarlas y, con esto agregar o remover tunas para que se obtenga el peso adecuado. Esto trae pérdidas de tiempo e incluso entorpece todo el proceso de barrido, provocando que en ocasiones se detenga completamente el proceso, debido al flujo lento en el llenado y el estibado.

Para resolver este problema se propone diseñar un mecanismo sencillo que permita hacer eficiente y consistente el proceso de llenado de cajas de tuna, reduciendo tiempos y optimizando recursos al no haber interrupciones en el proceso de post-cosecha. También se busca que el mecanismo sea lo más simple posible para que en caso de requerir mantenimiento, cualquier trabajador lo pueda realizar, además de que los costos sean mínimos, tanto en la fabricación como en la operación y su mantenimiento.

8.1 Materiales y métodos

El dispositivo propuesto para la dosificación de tuna, consiste en un mecanismo simple de cuatro barras del tipo manivela-corredora (Figura 1). Este mecanismo fue sintetizado y analizado siguiendo la metodología de lazo vectorial propuesta por Norton (2013).

Como primer paso se determinaron las dimensiones de la estructura general, definida por la altura y ancho de una mesa de rodillos. Esta mesa funciona como banda transportadora, una vez que se logra el peso requerido en cada una de las cajas. En esta mesa se acopló el mecanismo dosificador.

Cuando empieza el proceso de llenado de las cajas, el mecanismo se encuentra en el punto muerto superior. Conforme se va llenando la caja, los resortes donde está situada la base de apoyo de las cajas, se comprimen hasta que alcanzan el peso predefinido. Una vez comprimidos se activa un interruptor que acciona el moto-reductor que genera el movimiento de 180° y el mecanismo manivela-corredera produce el movimiento vertical de la base. Una vez que se alcanza el punto muerto inferior, las cajas de tuna quedan al nivel de la mesa de rodillos con lo cual se pueden desplazar y comenzar nuevamente el proceso de llenado.

En el mecanismo manivela-corredera se requiere que tenga dos detenimientos: 1) Cuando empieza el proceso de llenado y hasta que se logra el peso requerido, cuando se activa el interruptor y 2) Cuando se alcanza el punto muerto inferior y se requiere de un tiempo para retirar la caja llena y poner una nueva. Por lo tanto un moto-reductor (con un rango de giro de 0 a 180°) proporciona el movimiento requerido en el eslabón motriz.

Para probar el concepto y funcionalidad del prototipo se utilizaron materiales económicos, como madera, en su fabricación y componentes reciclados como por ejemplo el moto-reductor de un parabrisas de 9 watts, los resortes e interruptores.

Análisis de posición, velocidad y aceleración del mecanismo manivela-corredera

Analizando el mecanismo con el método de lazo vectorial (Figura 2), para estudiar su comportamiento cinemático, en donde lo principal son los puntos de unión del mecanismo (A y B). Se parte de la ecuación de suma de vectores (Ecuación 1) que definen la posición del punto B (que es la distancia del eje de rotación del motor al punto de acoplamiento de la base de apoyo a las cajas, d).

Figura 8 Diagrama esquemático del prototipo, donde se indican los componentes y puntos de acoplamiento del mecanismo principal. O es el punto de acoplamiento del rotor con la manivela. A es el punto de acoplamiento de la manivela con el eslabón acoplador. B es la unión del eslabón acoplador con el eslabón de salida (soporte de las cajas)

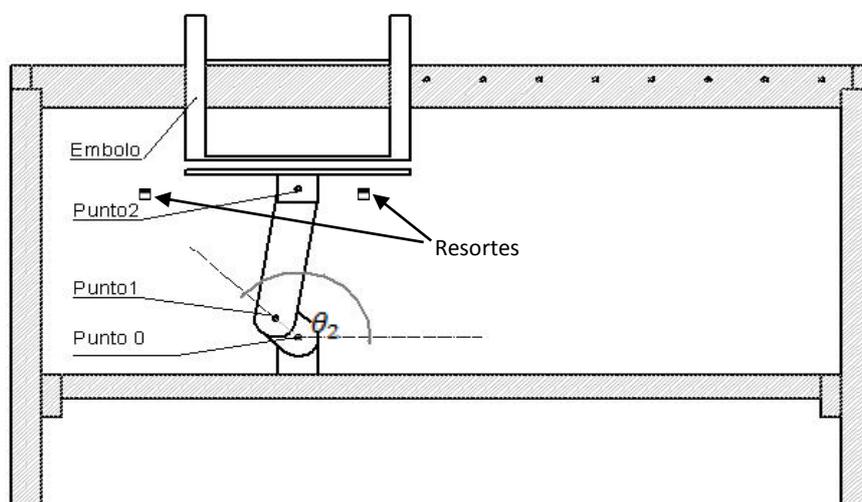
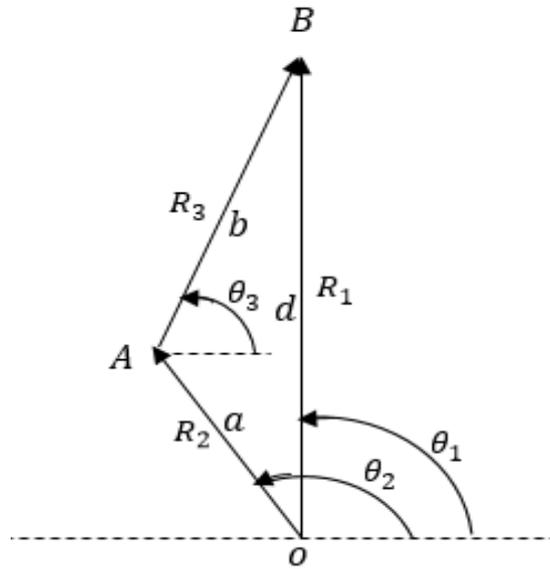


Figura 8.1 Representación en lazo vectorial del mecanismo manivela-corredera



$$R_2 + R_3 - R_1 = 0, \quad (8)$$

Donde R_2 , R_3 y R_1 son los vectores que representan a los eslabones de entrada, acoplador y de salida respectivamente. Reescribiendo esta ecuación en notación de Euler:

$$ae^{j\theta_2} + be^{j\theta_3} - de^{j\theta_1} = 0, \quad (8.1)$$

Donde a , b y c representan las longitudes de los eslabones. Expandiendo esta ecuación a notación compleja.

$$a(\cos\theta_2 + j\text{sen}\theta_2) + b(\cos\theta_3 + j\text{sen}\theta_3) - d(\cos\theta_1 + j\text{sen}\theta_1) = 0 \quad (8.2)$$

Sabiendo que $\theta_1 = 90^\circ$ y separando la parte real e imaginaria resultan las dos siguientes ecuaciones que representan las componentes en x y en y , respectivamente:

$$a \cdot \cos\theta_2 + b \cdot \cos\theta_3 = 0 \quad (8.3)$$

$$a \cdot \text{sen}\theta_2 + b \cdot \text{sen}\theta_3 - d = 0 \quad (8.4)$$

Despejando y resolviendo simultáneamente se encuentran las variables de interés, θ_3 y d .

$$\theta_3 = \cos^{-1}\left(\frac{a \cdot \cos\theta_2}{b}\right) \quad (8.5)$$

$$d = a \cdot \text{sen}\theta_2 - b \cdot \text{sen}\theta_3 \quad (8.6)$$

Derivando con respecto al tiempo la ecuación de posición (Ecuación 2) y despejando para obtener las variables de interés ω_3 (velocidad angular del eslabón acoplador) y \dot{d} (velocidad lineal del eslabón de salida), resultan las siguientes ecuaciones:

$$\omega_3 = \frac{a \cdot \cos\theta_2}{b \cdot \cos\theta_3} \omega_2 \quad (8.7)$$

$$\dot{d} = -a\omega_2 \text{sen}\theta_2 + b\omega_3 \text{sen}\theta_3 \quad (8.8)$$

De la misma manera se aplica la segunda derivada la Ecuación 2 para obtener las aceleraciones angulares y lineales de los mismos puntos, resultando en:

Con estas ecuaciones de despejan α_3 y \ddot{d} .

$$\alpha_3 = \frac{a\alpha_2 \cos\theta_2 - a\omega_2^2 \text{sen}\theta_2 + b\omega_3^2 \text{sen}\theta_3}{b \cos\theta_3} \quad (8.9)$$

$$\ddot{d} = -a\alpha_2 \sin\theta_2 - a\omega_2^2 \cos\theta_2 + b\alpha_3 \sin\theta_3 + b\omega_3^2 \cos\theta_3 \quad (8.10)$$

8.2 Análisis y discusión de resultados

Las ecuaciones analíticas para el análisis de posición se implementaron en un algoritmo programado en MatlabTM, con el cual se obtuvo un análisis completo de posición (Figura 3), velocidad y aceleración (Figura 4), en función del ángulo de rotación (θ_2) del eslabón motriz (R_2).

Figura 8.2 Posición vertical de los pares cinemáticos A (articulación entre la manivela y eslabón acoplador) y B (articulación entre el eslabón acoplador y el eslabón de salida) en función del ángulo de rotación (θ_2) de la manivela.

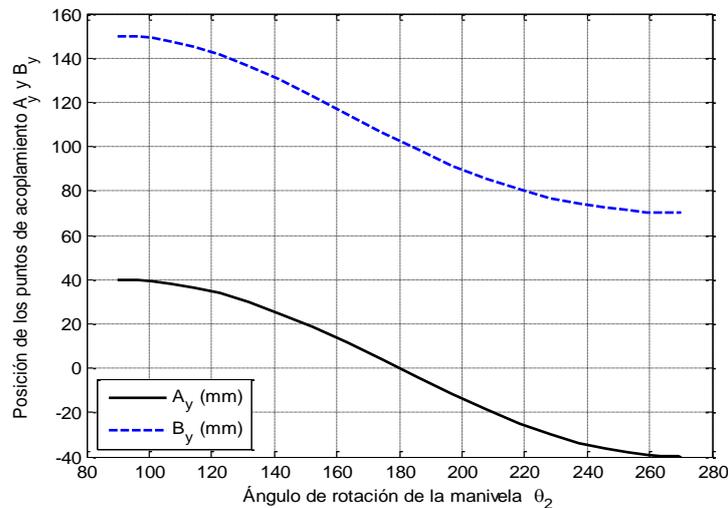
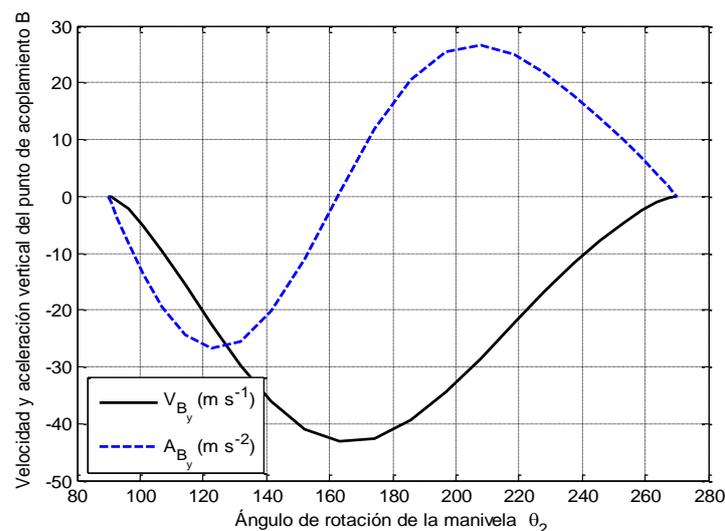


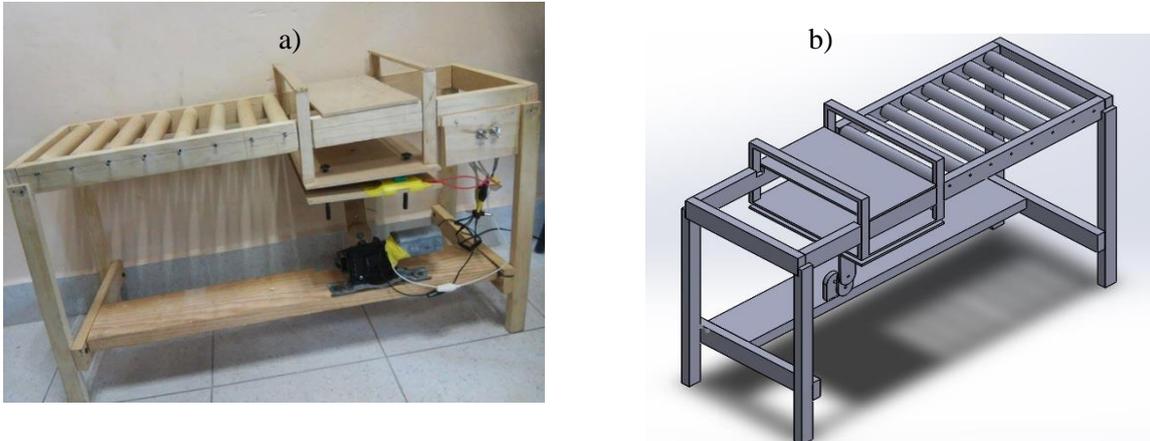
Figura 8.3 Velocidad y aceleración del punto B (articulación entre el eslabón acoplador y el eslabón de salida). Que representa el movimiento vertical del soporte de las cajas de tuna. El desplazamiento hacia abajo se considera negativo, por lo tanto la velocidad y aceleración en el mismo sentido también son negativas



La velocidad angular del moto-reductor tiene un comportamiento senoidal, el cual se ve reflejado en el mismo comportamiento del punto de unión B, que empieza y termina su movimiento con una velocidad lineal igual a cero (Figura 4). Por otro lado, la aceleración que sufre el mismo punto de interés, experimenta una desaceleración y aceleración en el mismo rango de movimiento (Figura 4).

Después del análisis de posición, velocidad y aceleración, con el cual se corroboró el funcionamiento adecuado del mecanismo se procedió a la fabricación del prototipo. Primero se realizó un ensamble 3D en SOLIDWORKS (Figura 5a) y finalmente su manufactura (Figura 5b).

Figura 8.4 Prototipo del mecanismo dosificador para el empaque de tuna. a) Ensamble 3D en SOLIDWORKS y b) Prototipo preliminar



8.3 Conclusiones

Con los métodos analíticos de síntesis y análisis se logró proponer un mecanismo sencillo, de cuatro barras del tipo manivela-corredera, que simplificara el proceso de llenado de cajas de tunas logrando consistencia en el peso de las cajas. Por la simplicidad del mecanismo se obtiene un dispositivo de bajo costo y de fácil manufactura y mantenimiento. Dado que es un prototipo preliminar, los materiales utilizados no fueron los más adecuados, sin embargo, permitió probar el concepto y el diseño. Para implementar este prototipo en un sistema de producción a mediana y gran escala se recomienda la fabricación del prototipo utilizando materiales más adecuados como acero.

8.4 Referencias

Méndez Gallegos, S.J, y J. García Herrera. 2006. La tuna: Producción y diversidad. CONABIO. Biodiversitas 68:2-3

Norton, R.L. 2013. Diseño de maquinaria: síntesis y análisis de máquinas y mecanismos. Quinta edición. McGraw-Hill. 601 Pp.