



<http://opn.to/a/S2YXa>

Simulación de secadores solares tipo gabinete en función del colector solar y el conducto de extracción

Simulation of dryers solar type cabinet in function of the solar collector and the extraction conduit

Ing. Yoel Rodríguez Gago^{*1}, Dr.C. Yanoy Morejón Mesa^{II}

¹Instituto de Ciencia Animal (ICA), San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba.

^{II}Universidad Agraria de La Habana, Facultad de Ciencias Técnicas, Centro de Mecanización Agropecuaria, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba.

RESUMEN. El proceso de secado de productos agrícolas es una actividad principal dentro de la poscosecha de los mismos, siendo el secado solar una de las prácticas más extendidas por los pequeños productores. Este método de secado es realizado por varios modelos de secadores dentro de los que se encuentra el secador solar tipo gabinete. Por lo que el objetivo de la presente investigación es determinar mediante el diseño y la simulación de un secador solar tipo gabinete, empleando dos variantes de colector solar y tres geometrías de conducto de extracción para determinar la mejor combinación. Tomando en cuenta los materiales seleccionados, dimensiones y características físico-mecánicas. El diseño del secador solar se basa en ecuaciones de transferencia de calor, que permite simular el comportamiento de las temperaturas tanto de los sólidos como del fluido dentro del secador. Con la utilización del sistema informático SOLIDWORKS (versión 2018), se realizó el diseño del prototipo y mediante la herramienta Flow Simulation, se llevó a cabo el análisis de las temperaturas, bajo condiciones físicas y meteorológicas típicas de la provincia Mayabeque, Cuba, ubicada en las coordenadas geográficas 22°34', 23°12' de latitud N y los 82°28', 81°40' de longitud W. Se pudo determinar que de las seis variantes de estudio la número cuatro obtuvo mejores resultados, logrando un incremento promedio de la temperatura en la cámara de secado de 11 con respecto a la temperatura ambiente (20) utilizada en la simulación de manera homogénea, estando dentro de los valores recomendados en la literatura

Palabras clave: colector solar, placas planas, energía solar, secado solar.

ABSTRACT The drying process of agricultural products is a main activity inside the postharvest of the same ones, being the solar drying one of the most extended practices for the small producers. This drying method is carried out for several models of dryers inside those that it's the dryer solar type cabinet. For that the objective of the present investigation is to determine by means of the design and the simulation of a dryer solar type cabinet, using two variants of solar collector and three geometries of extraction conduit to determine the best combination. Taking into account the selected materials, dimensions and physical-mechanical characteristics. The design of the solar dryer is based on equations of transfer of heat that allows to simulate the behavior of the so much temperatures of the solids as of the fluid inside the dryer. With the use of the computer system SOLIDWORKS (version 2018), was carried out the design of the prototype and for means of the tool Flow Simulation, was carried out the analysis of the temperatures, under typical physical and meteorological conditions of the Mayabeque province, Cuba, located in the geographical coordinates 22°34 ' , 23°12 ' of latitude North and the 82°28', 81°40 ' of longitude West. Was possible determine that of the six study variants the number four obtained better results, achieving an increment average of the temperature in the drying chamber of 11°C with regard to the ambient temperature (20°C) used in the simulation in a homogeneous way, being inside the values recommended in the literature.

Keywords: solar collector, badges pages. Solar energy.

*Autor para correspondencia: Yoel Rodríguez Gago, e-mail: ygago@ica.co.cu

Recibido: 10/09/2019.

Aprobado: 06/12/2019.

INTRODUCCIÓN

Un colector solar transforma la energía solar incidente en otra forma de energía útil. Difiere de un intercambiador de calor convencional en que en éstos se realizan intercambios térmicos entre fluidos con elevados coeficientes de transferencia térmica, y en los que la radiación es un factor sin apenas importancia; en un colector solar, la transferencia térmica se realiza desde una fuente energética, (el Sol), a un fluido, sin concentración de energía solar, por lo que el flujo incidente puede ser del orden de 1 kW/m^2 variable con una serie de parámetros.

El análisis de los colectores solares implica problemas particulares de flujos de energía, bajos y variables, así como una gran relevancia de los fenómenos de radiación. En los colectores de placa plana, la superficie que absorbe la radiación solar es igual a la superficie que la capta. En la actualidad es posible diseñar colectores de placa plana para trabajar con temperaturas de placa absorbente comprendidas entre $40 \text{ }^\circ\text{C}$ y $130 \text{ }^\circ\text{C}$. Estos colectores utilizan tanto la radiación solar directa como la difusa, no requieren de sistemas de seguimiento solar y prácticamente no precisan de mantenimiento (López, 2011; Yuste, 2012).

Estos elementos tienen la capacidad de aprovechar la radiación solar para el calentamiento de un fluido. El tipo de radiación se clasifica según como llegue la luz solar a la superficie de la tierra, puede ser en tres tipos diferentes: Directa, Dispersa o Difusa y Albedo.

- La radiación solar directa es la que llega directamente del sol, es una radiación que tiene una dirección bien definida, es decir que viaja en línea recta hacia el sistema de captación, este puede reflejarse y concentrarse para su utilización.
- La radiación solar difusa es aquella que son interceptados por partículas y moléculas contenidas en el aire, se dispersan en la atmosfera, esta radiación proviene de las nubes, esta no es direccional y su distribución es uniforme, es decir los gases y partículas desvían la radiación o lo dispersan.
- Se llama albedo a la fracción de la radiación reflejada por la superficie de la tierra o cualquier otra superficie. El albedo es variable de un lugar a otro y de un instante a otro. La radiación solar albedo es la que llega a la superficie una vez reflejado en la superficie del entorno, esta no es claramente diseccionada.

Las geometrías de estos elementos encontrada en la bibliografía no difieren en cuanto a su forma, ya que todos siguen un patrón rectangular donde sus planos opuestos son paralelos y los consecutivos son perpendiculares.

Las tipologías básicas de colectores solares calentadores de aire son cuatro, diferenciadas por el lugar por donde fluye el aire en contacto con la placa colectora de radiación solar:

1. Flujo de aire entre la placa colectora (absorbedor) y la cubierta transparente
2. Flujo de aire entre la placa colectora y el fondo del colector.
3. Doble flujo: una corriente de aire entre la placa colectora y la cubierta y otra corriente entre la placa colectora y el fondo del colector, en flujo paralelo o en contra-corriente.
4. Flujo de aire a través de una matriz porosa o de una placa perforada.

La placa absorbidora puede ser lisa, corrugada con perfil diente de sierra o bien acanalada con perfil sinusoidal. Estas dos últimas son preferibles a la plana, ya que, a igual tamaño de cubierta transparente, poseen mayor área para la transferencia de calor. Los colectores de doble flujo paralelo y de doble paso en contracorriente se desarrollaron para aumentar el contacto entre la placa absorbidora y el aire circulante. Estos colectores tienen eficiencias instantáneas y diarias superiores a los de paso simple. Otra forma de aumentar el contacto entre la placa absorbidora y el aire a calentar incorporando aletas rectangulares adheridas a la placa absorbidora perpendiculares a la dirección del flujo (Laborde y Williams, 2016).

Los procesos de diseño y dimensionamiento de colectores solares deben atender la necesidad de incrementar las tasas de flujo de calor sin que esto signifique un incremento desproporcionado de las pérdidas por fricción (Bracamonte y Baritto, 2013).

El empleo de herramientas informáticas para la simulación de colectores solares, tienen una gran importancia en el incremento de la eficiencia en el diseño. Como datos iniciales se toman las características físicas y meteorológicas típicas de la localidad de Güines, Mayabeque, Cuba, ubicada en las coordenadas geográficas $22^\circ 34'$, $23^\circ 12'$ de latitud N y los $82^\circ 28'$, $81^\circ 40'$ de longitud W y las características típicas de un colector solar de placa plana para calentamiento de aire.

Por lo que el objetivo del presente estudio es determinar, para un secador solar tipo gabinete, la mejor combinación entre seis variantes propuestas de dos geometrías para el colector solar y tres disposiciones del conducto de extracción de aire, descritas más adelante.

MÉTODOS

Durante el secado de productos agrícolas empleando secadores solares, se debe mantener la temperatura del aire de secado sobre los $40 \text{ }^\circ\text{C}$. Teniendo en cuenta que, si el contenido de humedad del lote de producto a secar es mayor al 18% se aconseja que la temperatura del aire de secado no exceda los 35°C (Moratinos, 2012). En este sentido Bird, (2014) planteó que la temperatura para el secado de productos agrícolas varía entre 35°C y 45°C , dependiendo del tipo de producto, la variedad, humedad y las condiciones ambientales. Mientras más alto es el contenido inicial de humedad, más alta es la susceptibilidad del producto a sufrir pérdidas de calidad durante el secado. Por lo que es recomendable secar a temperaturas menores de 40°C . Cuando desciende la humedad por debajo del 20% las temperaturas de secado se pueden incrementar hasta 45°C para lograr un porcentaje de humedad entre el 10% y 14% (Bird, 2014).

Para lograr estas condiciones de secado se deben diseñar secadores solares que logren incrementos de temperatura que no comprometan la calidad del producto. Por lo que para el diseño de estos es fundamental tener en cuenta las propiedades y características de los elementos que lo conforman, teniendo en cuenta su geometría y los materiales empleados para su construcción.

La utilización de colectores solares térmicos integrados a secadores solares de productos agrícolas es cada vez más

común. En la tabla 1 se detallan las partes del secador con las características de los materiales empleados en la simulación. Inicialmente se determinó la geometría de las variantes de estudio con el objetivo de determinar la más óptima, en la Figura 1 se observa una vista isométrica de las seis variantes a analizar con las principales dimensiones.

TABLA 1. Materiales de construcción del colector solar

Parte	Material	Características
Cristal colector	Vidrio templado	Espesor 3,2 mm Contenido de Fe<0,03% Transmitancia 90,8% Área 4 m ²
Absorbedor	Aluminio	Absortividad 94% Emisividad 5%
Aislamiento	Madera de pino	Espesor 20 mm Densidad volumétrica 550 kg/m ³ Conductividad térmica Perpendicular a la veta 0,14 W/m

Para determinar las dimensiones aproximadas de un colector solar, con el propósito de que este logre incrementar la temperatura del aire necesaria para un secador solar a baja temperatura, se realizó una búsqueda en la literatura sobre el diseño de colectores solares para el secado de productos agrícolas y para ello se propone la siguiente metodología:

Una vez definida la masa de producto (W_0 , kg) a secarse y conociendo el contenido inicial (M_{wb1} , %) y final (M_{wb2} , %) de humedad es posible determinar la cantidad de agua a retirar del producto (m_w , kg) por unidad de tiempo teniendo en cuenta las características psicrométricas del aire, mediante la siguiente ecuación (Díaz et al., 2011; Akoy et al., 2006).

$$W_a = W_0 \cdot \left[\frac{(M_{wb1} - M_{wb2})}{100 - M_{wb2}} \right] / t; \text{ kg/h.} \quad (1)$$

Conociendo la cantidad de humedad que se desea eliminar, puede calcularse el flujo másico de aire que debe pasar a través del lecho del producto para remover el exceso de humedad. El consumo de aire necesario está dado por la ecuación:

$$m_a = \frac{W_a}{w_2 - w_1} \quad (2)$$

donde: m_a : es el consumo de aire seco en kg/h; w_1 : Humedad absolutas del aire a la entrada del colector en unidades de kg de agua por kg de aire seco; w_2 : Humedad absolutas del aire a la salida del colector en unidades de kg de agua por kg de aire seco.

Existen una serie de cálculos que permiten conocer el consumo de energía necesario para la eliminación de determinada cantidad de agua en un producto. Varios autores han descrito y utilizado ecuaciones necesarias para la obtención de estos elementos. Para ello es necesario conocer la cantidad de agua que va a ser eliminada del producto en un tiempo determinado. Dicho resultado puede ser calculado tanto en términos de base seca como en base húmeda. La siguiente ecuación muestra la forma de realizar este cálculo (Díaz et al., 2011; Jiménez, 2012).

Conociendo la masa de agua a evaporar y teniendo en cuentas la humedad y la temperatura promedio del lugar, se determina la energía necesaria para evaporar el exceso de humedad ($Q_a; W$) (Díaz et al., 2011; Akoy et al., 2006; Vásquez et al., 2019; Haro et al., 2019; García-Valladares et al., 2019)

$$Q_a = m_a (h_2 - h_1) \quad (3)$$

donde: son la entalpía del aire a la entrada y la salida del colector en kJ/kg de aire respectivamente.

Conociendo la cantidad de calor ($Q_a; W$) necesaria para la evaporación del agua del producto y la cantidad de energía solar de la región se puede determinar el área del colector solar mediante la siguiente ecuación:

$$A_c = \frac{Q_a}{I_t \cdot \eta}; m^2 \quad (4)$$

donde: A_c : área de captación, m²; I_t : radiación solar, W/m²; η : eficiencia del colector (Akoy et al., 2006; Vásquez et al., 2019).

Para la análisis y evaluación de la transferencia de calor combinando todas las fases del análisis se empleó el entorno CAD en 3d SOLIDWORKS Flow Simulation mediante el cual se analizó la distribución de la temperatura en las áreas del fluido y los sólidos. Teniendo en cuenta los procesos físicos de conducción de calor, convección de calor, transferencia de calor conjugada entre fluidos, materiales sólidos circundantes y radiación, calculando los tres modos de transferencia de calor en 3D: conducción, convección y radiación, con el objetivo de analizar su eficiencia desde el punto de vista térmico y predecir la caída de presión en las variantes propuestas.

-Convección, donde el medio calorífico, usualmente aire (fluidos), se encuentran en contacto directo con el material sólido (Incropera et al., 2007; Cengel, 2007; Recinos, 2017);

$$Q_{conv} = hA_s(T_s - T_\infty); W \quad (5)$$

donde: h: es el coeficiente de transferencia de calor por convección, W/m².°C; A_s : área superficial a través de la cual tiene lugar la transferencia de calor por convección, m; T_s : temperatura de la superficie, °C; T_∞ : temperatura del fluido suficientemente alejado de esta superficie, °C.

-Conducción, donde el calor es transmitido indirectamente por contacto del material sólido y una superficie caliente (Incropera et al., 2007; Cengel, 2007; Recinos, 2017);

donde: la constante de proporcionalidad k es la conductividad térmica del material, W/m°C, que es una medida de la capacidad de un material para conducir calor. En el caso límite de $\rightarrow 0$, la ecuación que acaba de darse se reduce a la forma diferencial.

-Radiación, donde el calor se transmite directamente y solo de un cuerpo caliente al material sólido (Incropera et al., 2007; Cengel, 2007; Recinos, 2017).

$$Q_{emitida, max} = \epsilon \cdot \sigma \cdot A_s \cdot T_s^4; W \quad (7)$$

donde: ϵ es la emisividad de la superficie. La emisividad cuyo valor está en el intervalo $0 \leq \epsilon \leq 1$; $\sigma = 5,67 \times 10^{-8}$ W/m²K⁴, es la constante de Stefan- Boltzmann. La superficie idealizada que emite radiación a esta razón máxima

se llama cuerpo negro y la radiación emitida por este es la radiación del cuerpo negro.

La razón neta de la transferencia de calor por radiación entre dos superficies se da por

$$Q_{rad} = \varepsilon \cdot \sigma \cdot A_s \cdot (T_1^4 - T_2^4); W \quad (8)$$

El rango de estudiado para el diseño del colector solar abarcó las posibles dimensiones prácticas que pudiera adoptar un colector solar. Para fines referenciales puede verificarse que si se fija el valor de la temperatura ambiente en 20°C y la intensidad de radiación solar en 900 W/m² (valores representativos en regiones tropicales), el rango de flujo de masa estudiado estaría acotado entre 0,002 y 0,03 kg/s. Mientras que la velocidad del viento asociado al factor de pérdidas de calor estaría entre 0,5

y 0,7 m/s, valores que se registran comúnmente en espacios abiertos (Bracamonte y Baritto, 2013)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las variantes obtenidas estarán formadas por combinaciones entre dos colectores solares (uno con cristal y superficie captadora paralelas) utilizado en las variantes 1, 3 y 5 (colector A) y otro con cristal y superficie captadora no paralelas con un ángulo de 7° de inclinación entre ambas) utilizado en las variantes 2, 4 y 6 (colector B) en combinación con tres disposiciones para el conducto de extracción de aire, el primero con extracción central (a) el segundo con extracción a la derecha (b) y el tercero con extracción a la izquierda (c) como se muestra en la Figura 1.

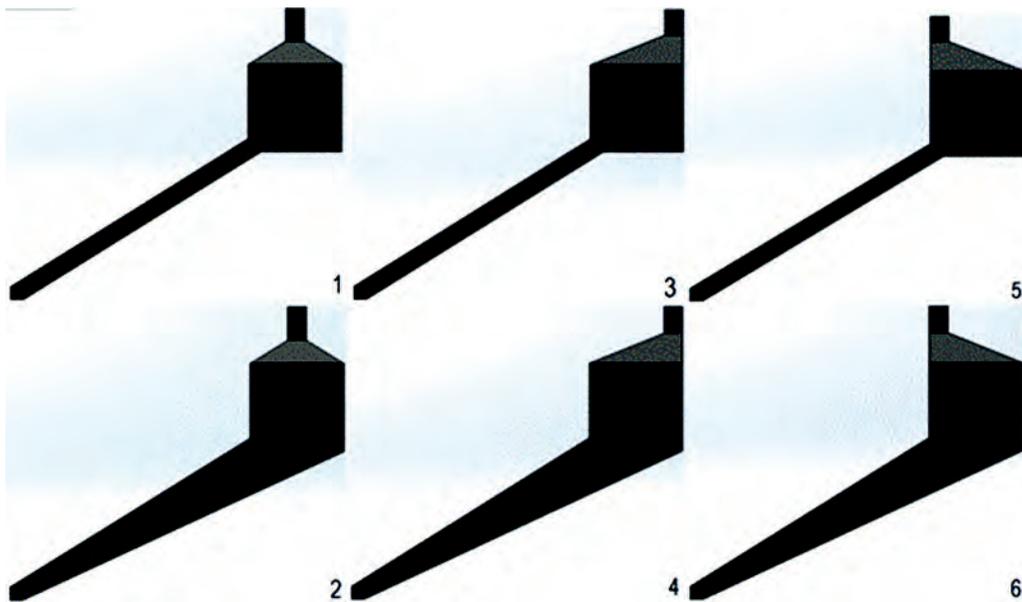


FIGURA 1. Vista lateral de las variantes de colector y conducto de extracción.

Una vez realizada la simulación para cada variante se seleccionaron los datos de temperatura máxima de los sólidos (T_{máx}) y la temperatura máxima del fluido (T_{máx} Fluido) caloportador (aire). Al realizar una comparación entre las variantes se puede observar que las variantes 2, 4 y 6 alcanzan como mínimo 18 por encima de las variantes 1, 3 y 5 llegando hasta los 119,9 en la variante 4. Al analizar

el comportamiento (T_{máx} fluido) las variantes que logran las temperaturas más altas son las 2 y la 4 superando esta última los 66. Estos resultados demuestran que al emplear el colector con la abertura de salida igual a la abertura de entrada de la cámara de secado se logran temperaturas más altas y una mejor distribución de las mismas en la cámara de secado, como se puede observar en la Tabla 2

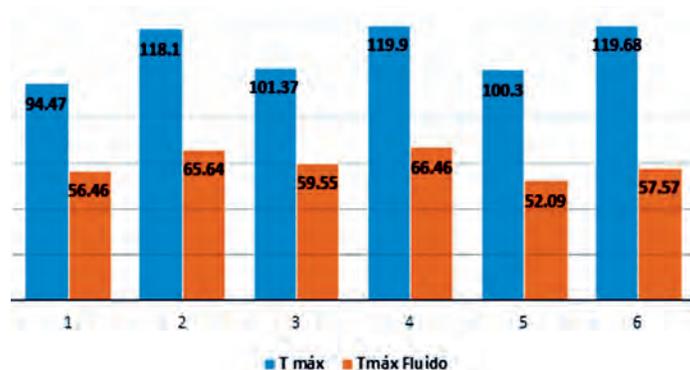


FIGURA 2. Temperaturas máximas de los componentes y del fluido para cada variante.

En la Figura 3 y 4 se muestra una distribución de temperatura del fluido y de los sólidos respectivamente. Observándose que a lo largo del colector la diferencia de temperatura entre la placa de absorción y el flujo tiende a disminuir, mientras que la diferencia de temperatura entre la placa de fondo y el flujo tiende a aumentar, pero en menor proporción. Este comportamiento se repite en todos los casos estudiados, observándose que, a medi-

da aumenta el flujo de aire, la diferencia de temperatura entre la placa de absorción y el flujo se hace más pequeña, aun cuando el calentamiento experimentado por el fluido y las paredes del colector es menor. Lo contrario ocurre para valores menores de flujo de aire, donde se mantiene una diferencia de temperatura apreciable a la salida del colector y un mayor calentamiento tanto de la placa de absorción como del flujo de aire.

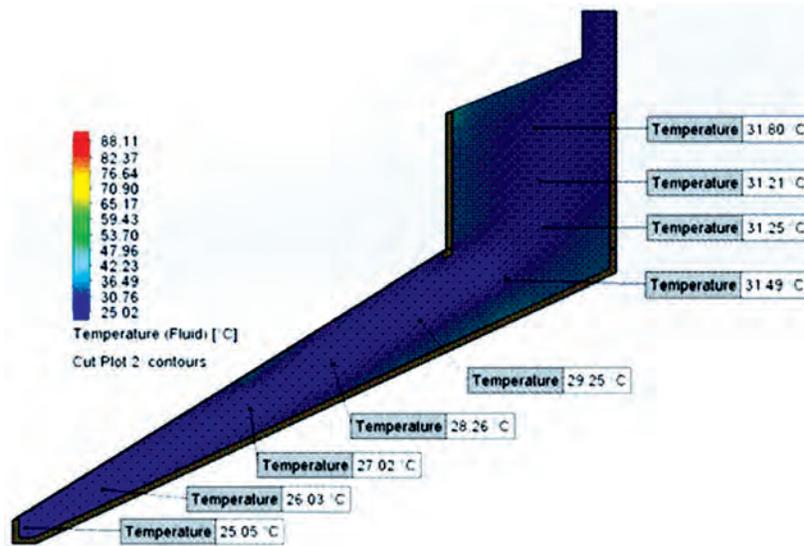


FIGURA 3. Análisis de temperatura del fluido en el interior del colector de la variante 4.

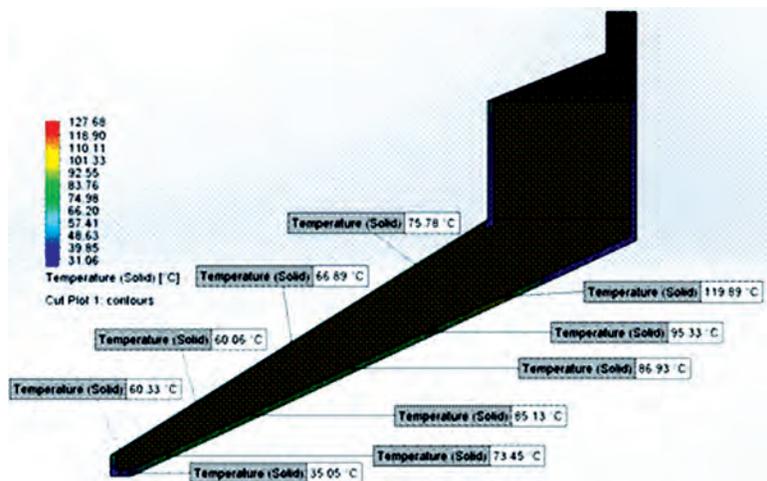


FIGURA 4. Análisis de temperatura de los sólidos de la variante 4.

Las temperaturas de la cubierta de cristal y la placa absorbadora del colector varía entre los 60 y los 35 respectivamente con una diferencia de 25 a la entrada entre ambas superficies. Este mismo comportamiento de las temperaturas ocurre a lo largo de la superficie interna del colector y del fluido, incrementando tanto en cristal colector como en la placa absorbadora los valores de temperatura hasta los 76 y 119, respectivamente con una diferencia de 43 a la salida entre ambas superficies. El incremento de la temperatura que se obtuvo tanto en la superficie del colector como en la placa absorbadora, logra incrementar la temperatura del fluido hasta los 31, siendo 11 superior a la

temperatura ambiente (20) utilizada en la simulación.

CONCLUSIONES

- Mediante el empleo del sistema informático SolidWorks, se pudo determinar que de las seis variantes de estudio la número cuatro obtuvo mejores resultados, logrando un incremento promedio de la temperatura en la cámara de secado de 11 con respecto a la temperatura ambiente (20) utilizada en la simulación de manera homogénea, estando dentro de los valores recomendados en la literatura

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AKOY, E. A.; ISMALI, M.; AHMED, E. F.; LUECKE, W.: "Design and Construction of A Solar Dryer for Mango Slices", [en línea] En: *Tropentag 2006 Prosperity & poverty in a globalized world: Challenges for Agricultural Research.*, pp. 7, Bonn, Germany, 2006. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/237472327_Design_and_Construction_of_A_Solar_Dryer_for_Mango_Slices
- BIRD, N.B.: *Guía técnica. Buenas prácticas de acondicionamiento de semillas de granos básicos; Infraestructura, y equipamiento*, [en línea] Ed. Consultoría ATI, Nicaragua, pp. 132, República de Nicaragua, 2014. Disponible en: https://images.engormix.com/externalFiles/6_BominllaBird-GuiaTecnica-semillas.pdf [Consulta: 11 de abril de 2019].
- BRACAMONTE, J. H.; BARITTO, M. L.: "Análisis de las irreversibilidades en colectores solare de placas planas no isotérmicos para calentamiento de aire utilizando un modelo adimensional", *Ingeniería Investigación y Tecnología*, XIV(2): 237-247, 2013. ISSN-1405-7743.
- CENGEL, U.A.: *Transferencia de calor y masa. Un enfoque práctico*, Ed. McGraw-Hill Interamericana, S.A, III ed., pp. 930, University of Nevada, Reno, 2007. ISBN-978-970-10-6173-2.
- DÍAZ, R. I.; ENRIQUEZ, J.P.; ACOSTA, J.M.; FERRERA, N.; DUHARTE, G.I.: "Diseño de un secador solar con circulación forzada", *Lacandonia*, 5(1): 79-88, 2011.
- GARCÍA-VALLADARES, O.; ORTIZ, N.M.; PILATOWSKY, I; MENCHACA, A.C.: "Solar thermal drying plant for agricultural products. Part 1: Direct air heating system", [en línea] *Renewable Energy*, (19)3:1560-1565, octubre de 2019, ISSN-0960-1481, DOI-10.1016/j.renene.2019.10.069, S0960-1481.
- HARO, A.; PARRA, M.; LLOSAS, Y.; LOPEZ, M.; PERUGACHI, N.: "Modelo de Simulación del Funcionamiento de un Secador Solar de Placas Planas", [en línea] En: *Novena Conferencia Iberoamericana de Complejidad Informática y Cibernética*, pp. 7, Orlando, Estados Unidos, 2019. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/332258013_Modelo_de_Simulacion_del_Funcionamiento_de_un_Secador_Solar_de_Placas_Planas
- INCROPERA, F.; DEWITT, D.; BERGMAN, T.; LAVINE, A.: *Fundamentals of Heat and Mass Transfer*, Ed. John Wiley & Sons, Inc, VI ed., pp. 1070, United States of America, 2007. ISBN-978-0-471-45728-2.
- JIMÉNEZ, G. F.: *Diseño y Construcción de un Secador Solar para Secado de Setas*, 154pp., Tesis (en opción al Máster en Ingeniería Energética), Universidad Veracruzana. Facultad de Ingeniería Mecánica Eléctrica, México, 2012.
- LABORDE, M. A.; WILLIAMS, R. J.: *Energía Solar*, ser. Publicación Científica N. 10, Ed. Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, III ed., pp. 161, Buenos Aires, Argentina, 2016. ISBN-978-987-41-1100-5.
- LÓPEZ, E. C.: *Caracterización y evaluación de la eficiencia térmica y de secado en un deshidratador híbrido (solar-gas)*, 144pp., Tesis (en opción al título de Master), Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Oaxaca, México, 2011.
- MORATINOS, H.: *Procesos de acondicionamiento de semillas*, 12pp., Facultad de agronomía. UCV. Maracay. Venezuela. 12 p. 2012.
- RECINOS, M.: *Diseño, construcción y caracterización de prototipo de deshidratador solar para productos agrícolas*, 98pp., Tesis (en opción al título de Master en Energías Renovables y Medio Ambiente), Universidad de el Salvador. Facultad de Ingeniería y Arquitectura. Escuela de Posgrado, El Salvador, 2017.
- VÁSQUEZ, J.; REYES, A.; PAILAHUEQUE, N.: "Modeling, simulation and experimental validation of a solar dryer for agro-products with thermal energy storage sistem", [en línea] *Renewable Energy*, DOI-10.1016/j.renene.2019.02.085, 135: 38, 2019. ISSN-0960-1481.
- YUSTE, C. M.: *Colectores solares de aire para el secado de maíz*, 196pp., Tesis (en opción al título de Ingeniería Técnica Industrial-Mecánica), Universidad Carlos III de Madrid. Escuela Politécnica Superior, Madrid, España, 2012.

Yoel Rodríguez Gago, Investigador, Instituto de Ciencia Animal (ICA), San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba, e-mail: ygago@ica.co.cu

Yanoy Morejón Mesa, Profesor Auxiliar, Universidad Agraria de La Habana, Facultad de Ciencias Técnicas, Centro de Mecanización Agropecuarias, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba, e-mail: yymm@unah.edu.cu

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.