

# Sistema de deshidratación solar de dos cámaras monitoreado remotamente mediante red 3G

## Remotely monitored two-camera solar dehydration system through 3G network

José Alfredo PALACIO [1](#); Bayardo Emilio CADAVID [2](#); William OROZCO [3](#)

Recibido: 09/07/2017 • Aprobado: 05/08/2017

### Contenido

- [1. Introducción](#)
- [2. Materiales y métodos](#)
- [3. Resultados](#)
- [4. Conclusiones](#)
- [Referencias bibliográficas](#)

#### RESUMEN:

Este artículo está basado en el proceso de deshidratación solar mediante una marquesina de doble pared, con adquisición de variables de temperatura, humedad, peso, almacenamiento de la información en una memoria ubicada in situ y su monitoreo remoto. Se logró mejorar los niveles térmicos en cámara de deshidratación. El sistema de monitoreo remoto redujo el movimiento de personas al sitio de deshidratación ya que solo se visitó el sistema, cuando el peso del material vegetal tenía una tendencia temporal constante.

**Palabras clave:** deshidratador, solar, cámara, monitoreo

#### ABSTRACT:

This paper is based on the process of solar dehydration that uses double wall, with acquisition of variables of temperature, humidity, weight, storage of the information in a memory located in situ and its remote monitoring. It was possible to improve the thermal levels inside the dehydration chamber. The remote monitoring system reduced the movement of people to the dehydration site since only the system was visited when the weight of the plant material had a constant temporal trend.

**Keywords:** dehydrator, solar, chamber, monitoring

## 1. Introducción

La producción de plantas aromáticas y medicinales en Colombia, se ha desarrollado a partir de pequeñas parcelas y con apoyo tecnológico mínimo. La especie con mayor volumen de comercialización, según una encuesta realizada por el instituto Alexander Von Humboldt, es la Caléndula (*Caléndula officinalis*), seguida por la Alcachofa (*Cynara scolymus*), Valeriana

(*valeriana officinalis*), Diente de León (*Taraxacum officinale*), Menta (*menta piperita*), Especies comunes en el oriente antioqueño (Palacio, Cadavíd, & Agudelo, 2016). Una forma de conservar por más tiempo los productos vegetales, es recurrir al proceso de deshidratación que permite reducir el porcentaje de humedad hasta niveles aceptables y que garanticen la conservación del producto más tiempo, sin reducir en gran medida la calidad del producto (Robles-Ocampo, y otros, 2013).

Debido al aumento del costo de la electricidad y los combustibles fósiles, las aplicaciones de energía solar para el secado de diversos productos agrícolas, se ha convertido en una necesidad no sólo por razones de costo, también de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (Munir, Sultan, & Iqbal , 2013). Sin embargo, se debe mejorar la capacidad térmica sobre todo en horas de baja radiación o en su ausencia, es así como en (Baniyadi, Ranjbar, & Boostanipour, 2017) emplean un colector solar que permite almacenar aire caliente obtenido con la radiación diurna para ser utilizado en la noche.

Como los sistemas de deshidratación pueden estar ubicados en zonas alejadas de los centros urbanos, requieren además de la adquisición de información de forma remota, para determinar el estado de deshidratación del material vegetal de acuerdo al nivel de peso y almacenar históricos de todo el proceso. Para cada uno de los sistemas o procesos instalados en una región, se puede medir cada una de las variables inherentes y mediante monitoreo y adquisición remota y dependiendo del volumen de datos, se puede realizar vía transceptor por radiofrecuencia que puede crear una red con menos de 100 nodos cada uno separado 30m, tal como se emplea en (Srbinovska, Gavrovski, Dimcev, & Krkoleva, 2015). Mediante Zigbee que conecta los sensores a un microcontrolador y en unión con sistema móvil GSM para control de todo el sistema (Veeramanikandasamy, Rajendran, Sambath , & Sangeetha , 2014).

---

## 2. Materiales y métodos

La estructura implementada está ubicada en el municipio de Guarne en Colombia, consta de un sistema de doble cámara construida en guadua y cubiertas plásticas de polietileno de alta densidad con un área de 6m<sup>2</sup> y una altura máxima de 2.6m (Figura 1). El interior consta de un sistema de tres niveles de camas en dos paralelas con capacidad de 100kg de material vegetal fresco. A una de las camas contenedores, se le adecuó un sistema de pesaje que consta de 6 celdas de carga de 5Kg cada una para lograr un peso máximo de 30Kg. La medición del peso se realizó empleando celdas de carga que sostienen una de las camas de prueba (Figura 2) La señal de las celdas de carga fueron acondicionadas mediante una tarjeta HX711 que obtiene de la celda de carga el voltaje diferencial y este es amplificado y acondicionado a valores en modo serial (Lu, Ji, & Liu , 2014).

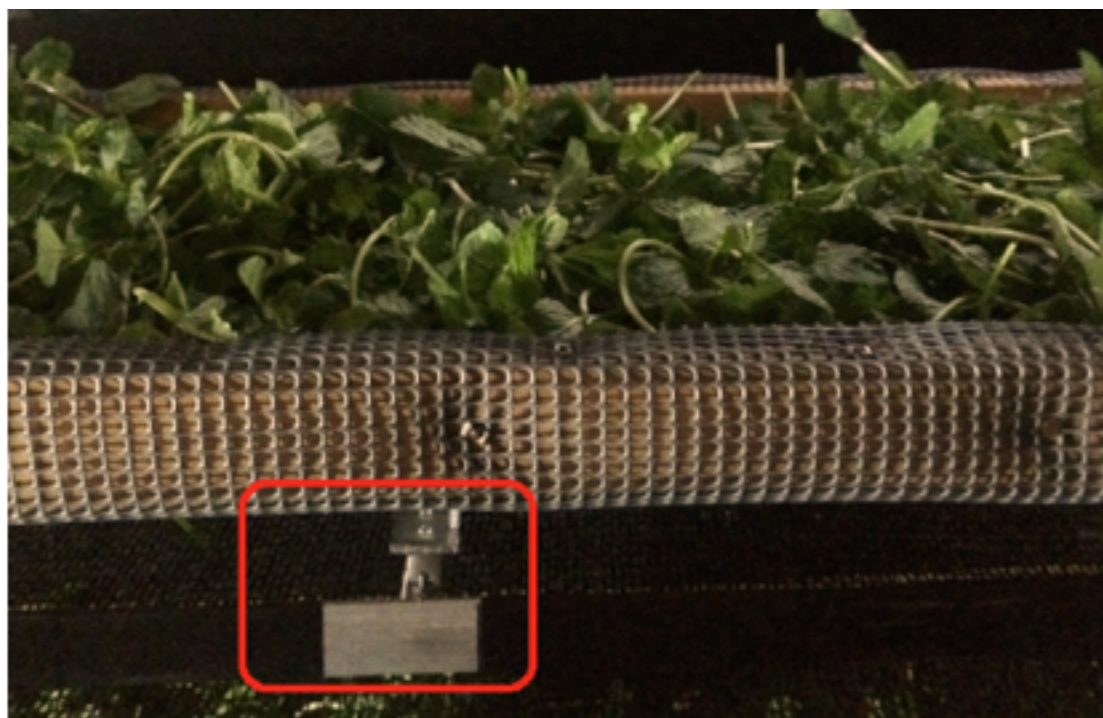
**Figura 1.**Ubicación del prototipo construido



Fuente: elaborada por los autores

Mediante una aplicación en Python con sistema operativo Linux instalado en una Raspberry pi 2, con datos obtenidos a través de sistemas de desarrollo Arduino Leonardo, se logró monitorear remotamente el peso del material en proceso de deshidratación. La experimentación se realizó con menta producida en la misma región.

**Figura 2.** Ubicación de una de las celdas de carga

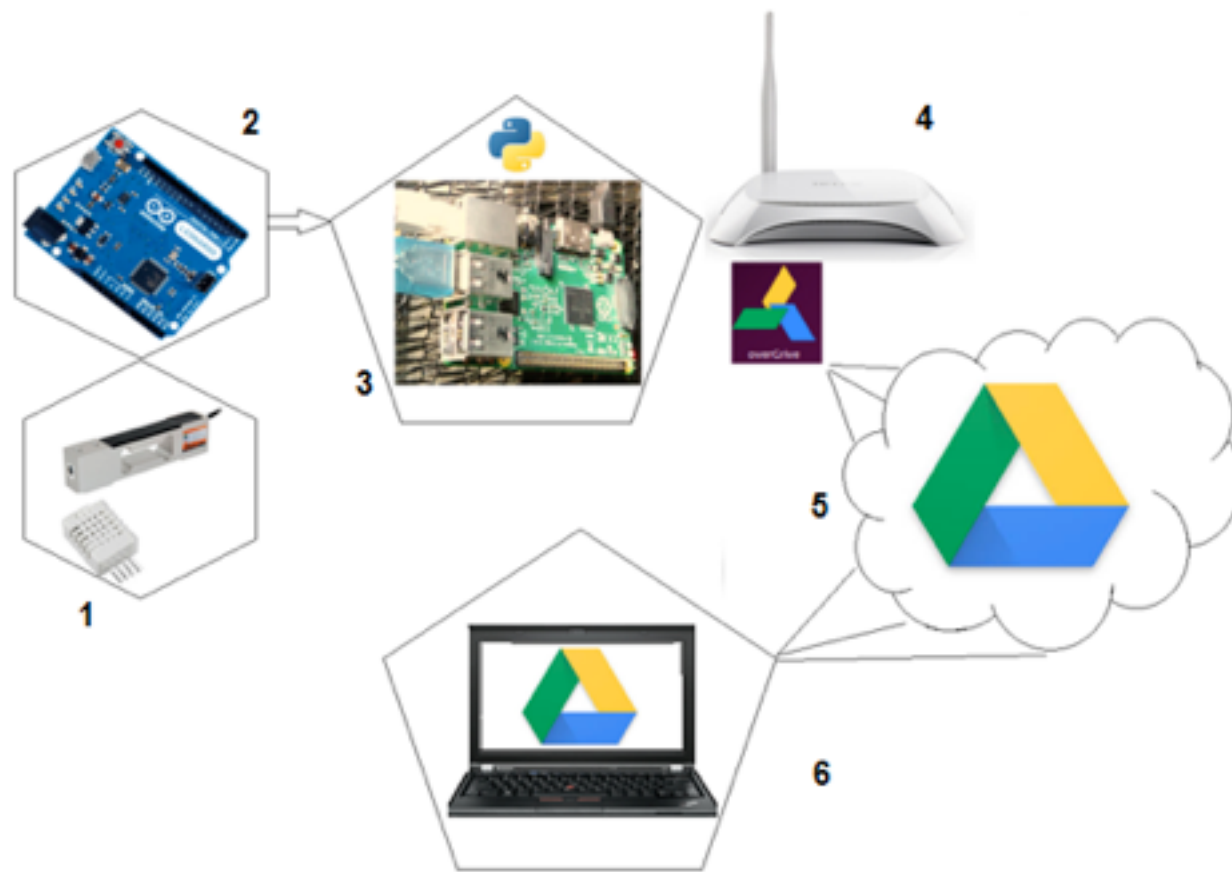


Fuente: elaborada por los autores

Los datos entregados por la celda de carga a HX711 (etapa 1, Figura 3), son adquiridos por el Arduino (etapa 2, Figura 3), y luego de calcular la tara antes de colocar el material fresco sobre la cama contenedora, se procede a sumar el aporte de cada celda de carga y este valor es enviado serial mente a la Raspeberry PI cada 10 minutos (etapa 3-Figura 3), el dato obtenido por la Raspberry, es almacenado en una carpeta previamente creada cuando se instala programa OverGrive el cual es un cliente para Google Drive y que corre bajo Linux-Ubuntu que es el instalado en la Raspberry PI. La Raspberry está conectada a internet mediante red 3G (etapa 4, Figura 3), al modificar el archivo en el disco local cada que se adquiere un nuevo valor de peso, este se ve modificado en la nube (etapa 5, Figura 3), y puede ser consultado

remotamente desde un PC que tenga acceso a Google Drive (etapa 6, Figura 3).

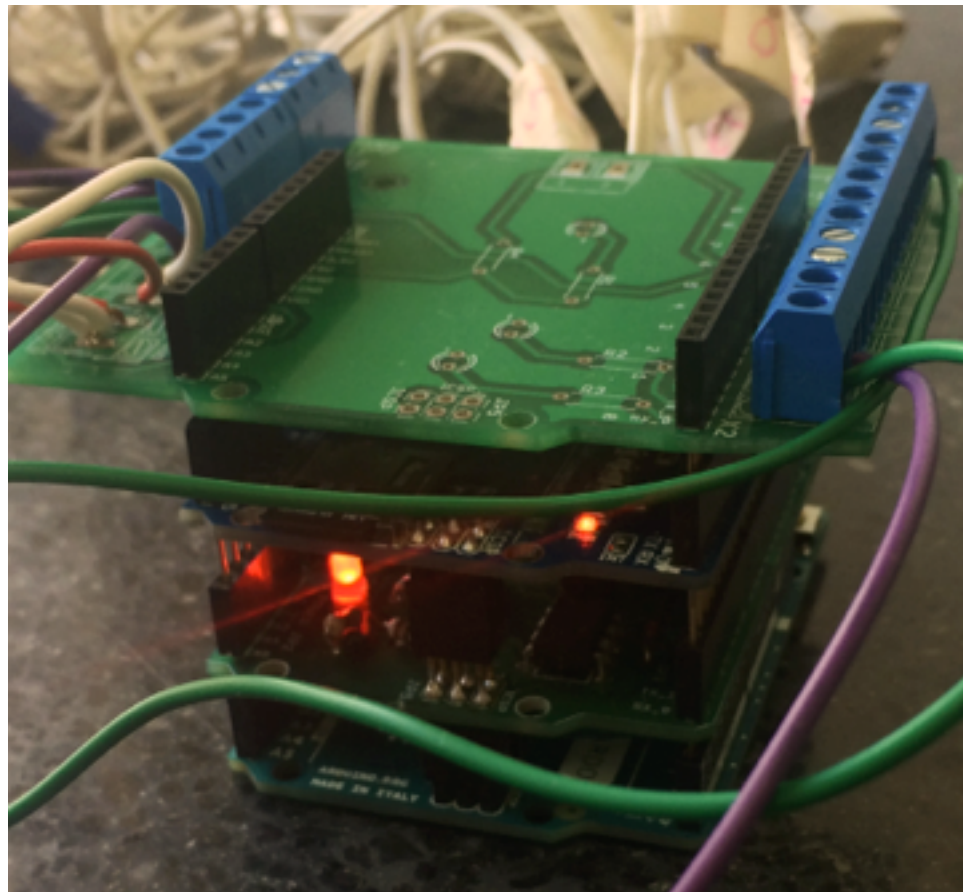
**Figura 3.** Esquema de comunicación remota.



Fuente: Elaborada por los autores

Para las demás variables a medir y almacenar in situ, se desarrolló un sistema que permitió obtener el comportamiento de la humedad en los tres niveles al interior del sistema y almacenar la información de los datos experimentales en una memoria SD en formato txt.

**Figura 4.** Tarjetas electrónicas de adquisición y almacenamiento



Fuente: elaborada por los autores

Con el fin de determinar los puntos en que los tres niveles de camas estuviera la mayor parte del tiempo en una temperatura de 40°C para el producto a deshidratar, que para la primera

experimentación se llevó a cabo con las aromáticas menta y romero. Los sensores empleados para medir la temperatura y la humedad fueron los AM2302 que tienen un rango de operación de 0% a 100% de humedad relativa (RH) y precisión de  $\pm 2\%$  RH y un rango de temperatura  $-40^{\circ}\text{C}$  a  $80^{\circ}\text{C}$ . con precisión de  $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ .

Para determinar la respuesta del sistema a las variaciones de radiación solar medida mediante un pirómetro SP110 que es autoalimentado y entrega niveles de voltaje de 0 a 350mV y una sensibilidad de 0.2mV por W/m<sup>2</sup> pudiendo alcanzar medidas máximas de radiación de 1750 W/m<sup>2</sup>

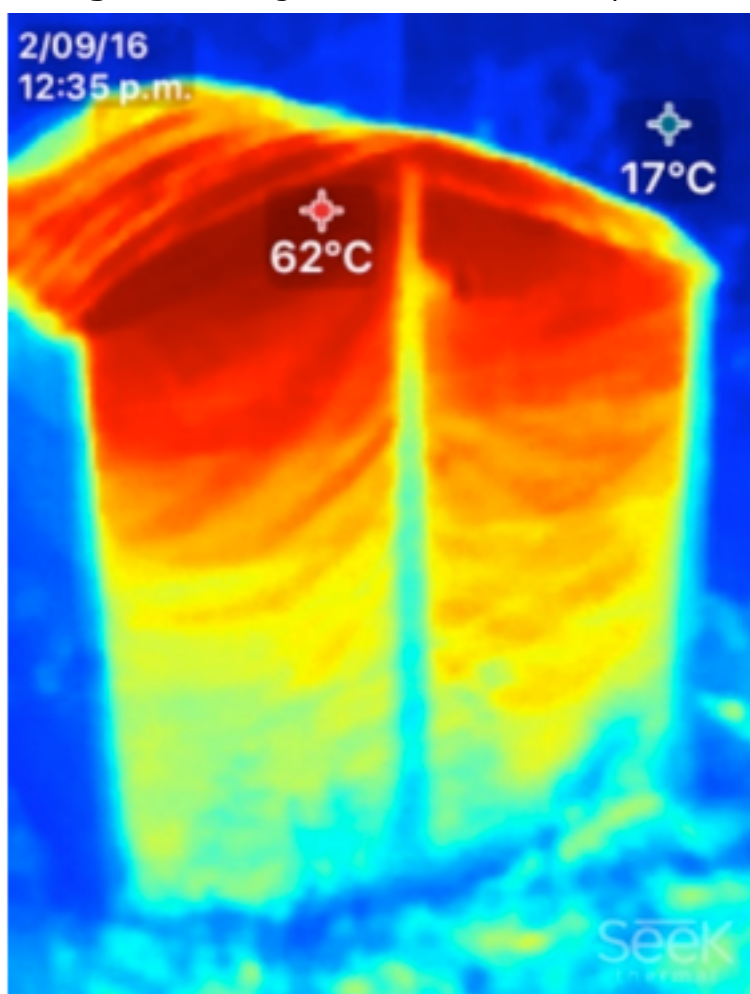
### 3. Resultados

El sistema deshidratación solar de doble cámara permitió alcanzar niveles térmicos superiores a los niveles de temperatura requeridos por los productos a deshidratar que es de 30 a 40°C (Banchero, Carballo, & Telesca, 2008), lo que se traduce en la posibilidad de realizar un control para adecuar la temperatura al nivel deseado, el cual se puede alcanzar mediante ventilación forzada y apertura de ventilación externa.

La ubicación de las camas en los niveles superiores, quedan sometidas a niveles térmicos muy elevados cercanos a los 60°C en las horas del mediodía (ver figuras 5 y 6) por lo que se requiere mayor control del aire de esta zona para llevarlo a los niveles adecuados de temperatura que requiere el material vegetal a deshidratar.

Dependiendo del tipo de planta o producto a deshidratar, se elige la ubicación de las camas contenedoras del material vegetal, la separación entre camas es de 60 cm, aunque se puede reducir para que más camas estén al nivel adecuado de temperatura para la deshidratación. Y aumentar el volumen de material a deshidratar.

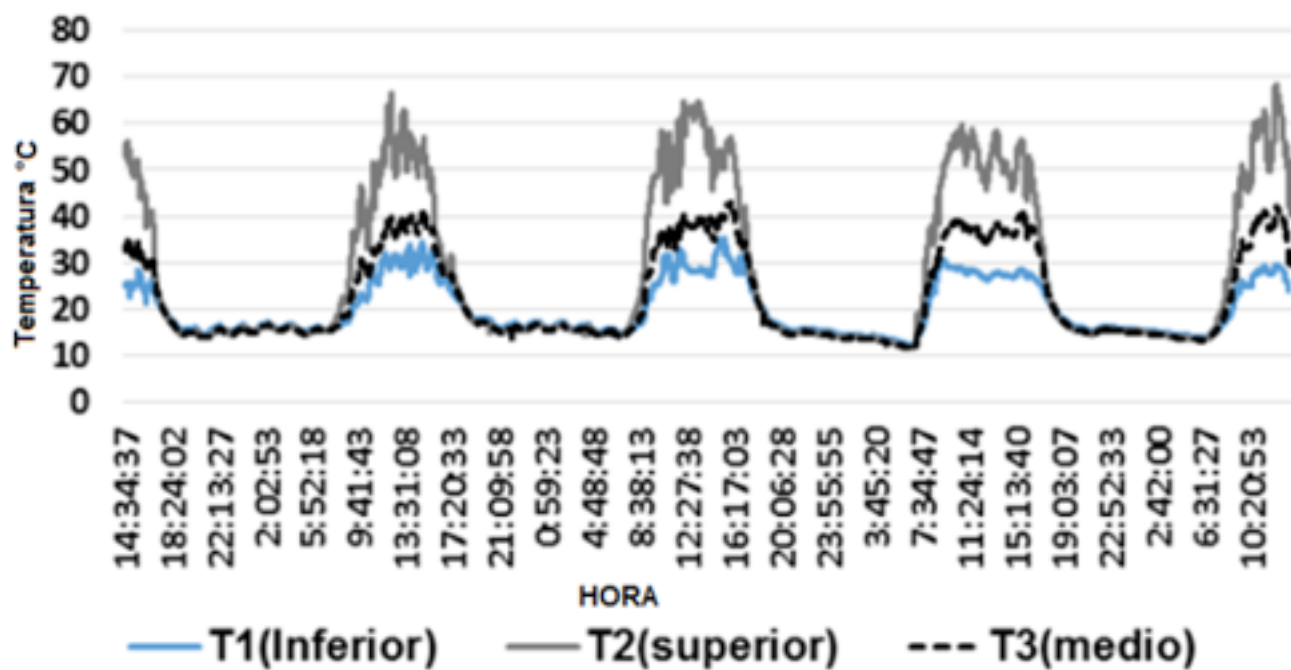
**Figura 5.** Imagen térmica de la marquesina



Fuente: elaborada por los autores

-----

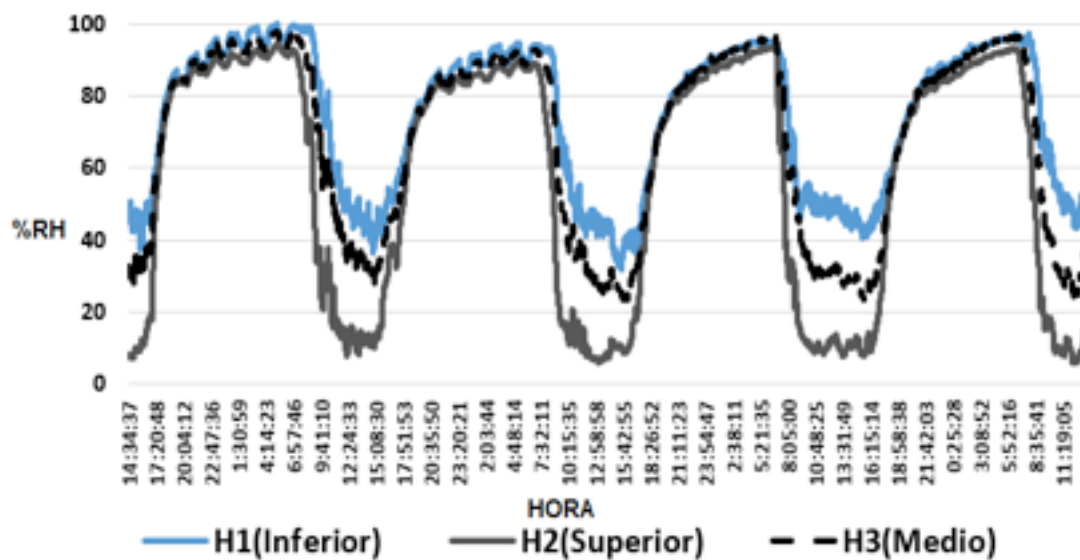
**Figura 6.** Temperatura para tres niveles al interior de la marquesina



Fuente: elaborada por los autores

Los dos primeros días del proceso de deshidratación, se conectaron los ventiladores en forma intermitente durante la noche y los otros dos días se dejaron conectados toda la noche. Se logra observar en la figura 6 que la humedad se reduce cuando mantenemos la ventilación forzada activa, aunque el consumo energético puede no compensar la disminución de humedad alcanzada en el ambiente.

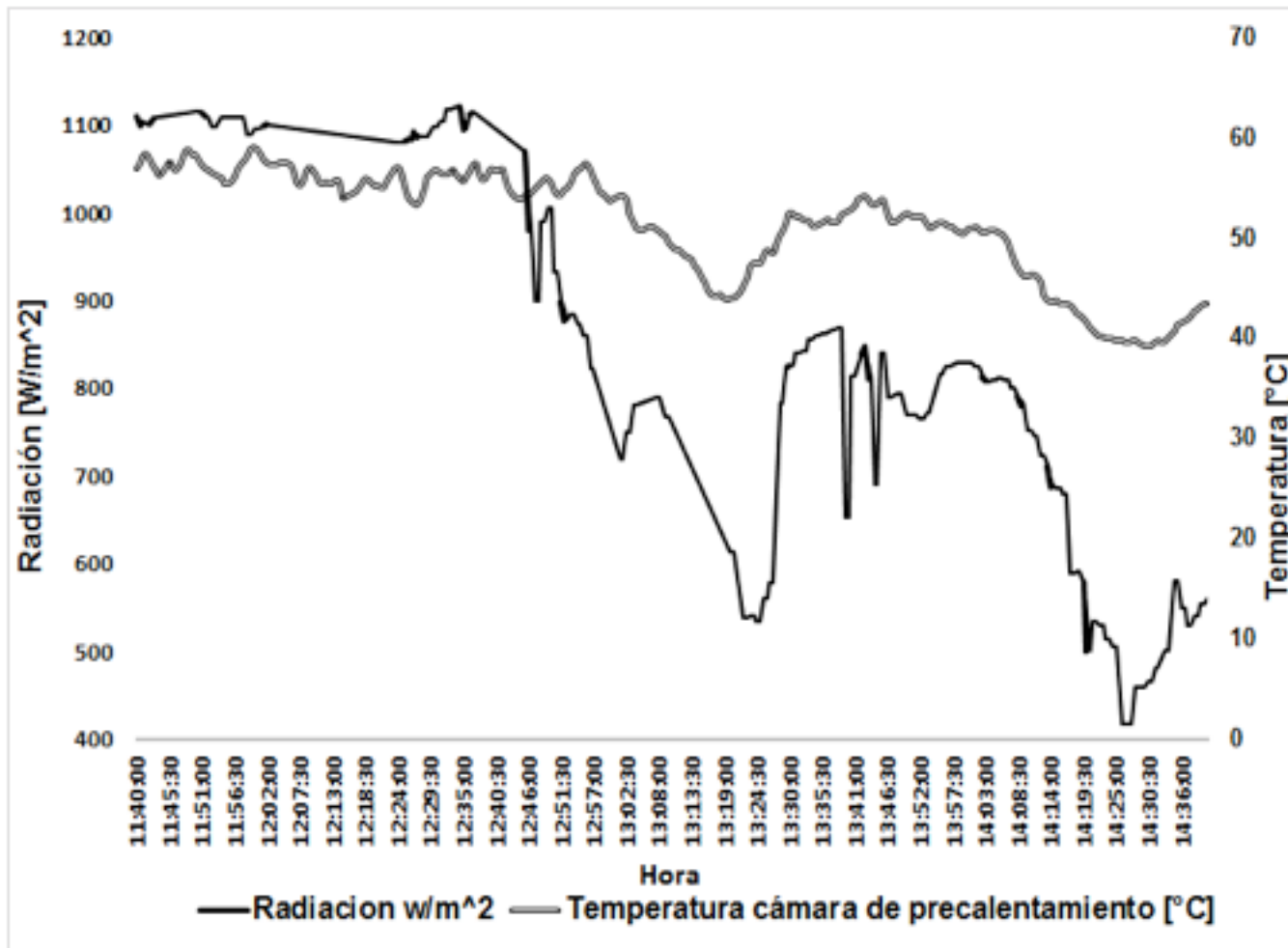
**Figura 7.** Humedad relativa para tres niveles al interior de la marquesina



Fuente: elaborada por los autores

De los datos de radiación, se puede observar que la temperatura al interior de la marquesina es muy dependiente de la radiación, aunque no cambia bruscamente ante variaciones instantáneas de radiación.

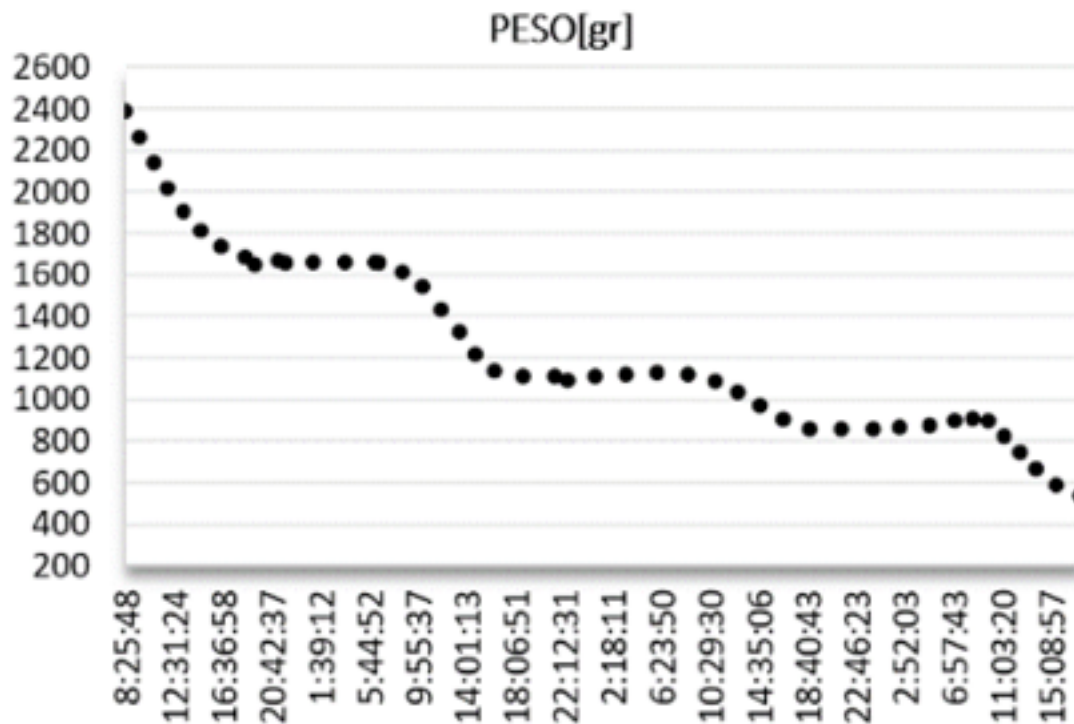
**Figura 8.** Variación térmica respecto a la radiación solar



Fuente: elaborada por los autores

La curva de peso final mostrada en la figura 9, obtenida remotamente, indica como durante el día se pierde peso rápidamente y en la noche permanece aproximadamente constante debido a la dependencia de la radiación y al no contar con una fuente térmica adicional durante la noche. También se puede apreciar que obtiene una pérdida de peso o relación de masa fresca sobre masa seca de 5:1 Kg en 4 días, lo que reduce en un día este valor con respecto a una marquesina tradicional de una sola cubierta (Castro Restrepo, y otros, 2013).

**Figura 9.** Curva de pérdida de peso en cuatro días



Fuente: elaborada por los autores

## 4. Conclusiones

La temperatura en la cámara intermedia, es un buen nivel para ubicar el producto vegetal cuando se trata de algunas variedades de plantas aromáticas y medicinales la cual debe estar cercana a los 40°C.

La cámara superior, permite niveles térmicos superiores y la ventaja de realizar control a niveles inferiores sin requerir sistema de calefacción adicional mientras exista radiación solar

La comunicación inalámbrica vía 3g, permitió recoger el material vegetal cuando el nivel de pérdida de peso, estaba cercano a los niveles sugeridos en la literatura.

El tipo de estructura diseñado, ha permitido reducir en 1 día, el tiempo de deshidratación para la planta experimentada en relación a una marquesina de una sola cámara.

---

## Referencias bibliográficas

Banchero, L., Carballo, S., & Telesca, J. (2008). *Manual de Secado Solar de Especies Medicinales y Aromáticas para Predios Familiares*. Montevideo: Unidad de Comunicación y Transferencia de Tecnología del INIA.

Baniasadi, E., Ranjbar, S., & Boostanipour, O. (2017). Experimental Investigation of the Performance of a Mixed-mode Solar Dryer with Thermal Energy Storage. *Renewable Energy*, 112, 143-150.

Castro Restrepo, D., Díaz García, J. J., Serna Betancur, R., Martínez Tobón, M. D., Urrea, P. A., Muñoz Durango, C., & OsorioDurango, E. J. (2013). *Cultivo y Producción de Plantas Aromáticas*. Rionegro: Universidad Católica del Oriente.

Lu, L., Ji, R., & Liu, M. (2014). Design of Real-Time Body Weight Monitor Systems Based on Smart Phones. *International Conference on Mechatronics and Control (ICMC)* (págs. 1392-1396). Jinzhou: IEEE.

Munir, A., Sultan, U., & Iqbal, M. (2013). Development and Performance Evaluation of a Locally Fabricated Portable Solar Tunnel Dryer for Drying of Fruits, Vegetables and Medicinal Plants. *Pakistan Journal of Agricultural Sciences*, 50 (3), 493-498.

Palacio, J. A., Cadavíd, B. E., & Agudelo, D. (2016). Sistema tipo marquesina de doble cámara, para el deshidratado de plantas aromáticas y medicinales empleando energía solar. *Revista Politécnica* (22), 51-55.

Robles-Ocampo, J. B., Medoza-Gonzalez, C., Balboa-Ríos, J., Peña-Gomar, G., Palacios, M. J., & Sevilla-Camacho, P. Y. (2013). Solar plane collector for dehydration of chamomile. *ISES Solar World Congress*. Cancún.

Srbinovska, M., Gavrovski, C., Dimcev, V., & Krkoleva, A. (2015). Environmental parameters monitoring in precision agriculture using wireless sensor networks. *Journal of Cleaner Production*, 88 (1), 297-307.

Veeramanikandasamy, T., Rajendran, K., Sambath, K., & Sangeetha, D. (2014). Remote Monitoring and Closed Loop Control System for Social Modernization in Agricultural System Using GSM and Zigbee Technology. *Advances in Electrical Engineering (ICAEE)*. Vellore.

---

1. Instituto Tecnológico Pascual Bravo, Colombia, [josealpa@pascualbravo.edu.co](mailto:josealpa@pascualbravo.edu.co),
  2. Instituto Tecnológico Pascual Bravo, Colombia, [b.cadavid@pascualbravo.edu.co](mailto:b.cadavid@pascualbravo.edu.co)
  3. Instituto Tecnológico Pascual Bravo, Colombia, [william.orozco@pascualbravo.edu.co](mailto:william.orozco@pascualbravo.edu.co)
-



