

SECADOR SOLAR AUTOMATIZADO

AUTOMATED SOLAR DRYER

Acosta Miranda Mónica Leticia¹, Pérez Machorro Julio², Angeles Hernández Leonor³

¹Dra en Ciencias Administrativas, Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Cuautla, Depto. de Ciencias Económico-Administrativas, Coordinadora de Posgrado. monica.acosta@cuautla.tecnm.mx, 7351222242 Libramiento Cuautla-Oaxaca s/n, Col. Juan Morales, Yecapixtla, Morelos. México.

²Maestro en Ciencias de la Mecatrónica, Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Cuautla, Depto. de Metal-Mecánica, Jefe del Depto. De Desarrollo Académico. julio.perez@cuautla.tecnm.mx, 7351222242 Libramiento Cuautla-Oaxaca s/n, Col. Juan Morales, Yecapixtla, Morelos. México.

³Maestra en Administración, Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Cuautla, Depto. de Sistemas y Computación, leonor.angeles@cuautla.tecnm.mx, 7351222242 Libramiento Cuautla-Oaxaca s/n, Col. Juan Morales, Yecapixtla, Morelos. México.

Resumen -- Como una propuesta alineada a los objetivos de desarrollo sostenible (ODS) principalmente el 2 Hambre cero (meta 2.4), 7 Energía asequible y no contaminante (meta 7.3.a), 11 Ciudades y comunidades sostenibles (meta 11.6) y, principalmente, el 12 Producción y consumo responsable (metas 12.3 y 12.5); se ha venido trabajando en el diseño y construcción de un secador solar automatizado para el aprovechamiento de los excedentes de la producción agrícola. Al momento se cuenta con dos versiones: la primera realizada en madera y una más en acero inoxidable de tipo alimentario. Su funcionamiento se basa en el movimiento heliotrópico del girasol, desplazándose de manera autónoma y/o por medio de la aplicación móvil, al tiempo que guarda registros sobre temperatura, humedad y radiación. El prototipo tiene una capacidad aproximada de 3 kilos de producto rebanado, que se deshidrata entre 5 y 10 horas dependiendo de su nivel de humedad, la temperatura y la radiación ambiental. Actualmente se trabaja en la optimización de su funcionamiento, en la parte mecánica y termodinámica buscando una mayor eficiencia, que facilite su manejo a los productores agrícolas de manera de abatir costos, diversificar su oferta y beneficiar a la población de la región con una nueva opción de alimentos nutritivos, de calidad y de fácil conservación con precios razonables y disminuyendo así la pérdida de alimentos y la contaminación ambiental generada por los desechos agrícolas.

Palabras Clave: Secador solar, Pérdidas de alimento, automatización.

Abstract -- As a proposal aligned with the sustainable development goals (SDGs), mainly 2 Zero hunger (target 2.4), 7 Affordable and clean energy (target 7.3.a), 11 Sustainable cities and communities (target 11.6) and, mainly, the 12 Responsible production and consumption (goals 12.3 and 12.5); Work has been done on the design and construction of an automated solar dryer for the use of surpluses from agricultural production. At the moment there are two versions: the first made of wood and one more in food-grade stainless steel. Its operation is based on the heliotropic movement of the sunflower, moving

autonomously and/or through the mobile application, while keeping records on temperature, humidity and radiation. The prototype has an approximate capacity of 3 kilos of sliced product, which is dehydrated between 5 and 10 hours depending on its level of humidity and the ambient temperature and radiation. Currently, work is being done to optimize its operation, in the mechanical and thermodynamic part, seeking greater efficiency, which facilitates its management for agricultural producers in order to reduce costs, diversify its offer and benefit the population of the region with a new option. of nutritious, quality and easy-to-preserve food at reasonable prices, thus reducing food loss and environmental pollution generated by agricultural waste.

Key words – Solar dryer, Food losses, automation.

INTRODUCCIÓN

Cada vez queda menos tiempo para cumplir con las metas de la Agenda 2030 y, en el caso de nuestro país, aún queda mucho por hacer ya que, de las 122 metas establecidas, a la fecha se han logrado 16 y se espera que para el año 2030 se cumplan 5 más, lo que significa que solo se logrará un 17 % [1]. Sucesos como la Contingencia Sanitaria a nivel mundial, la guerra en Ucrania, la crisis alimentaria y energética, el aumento de la inflación y la emergencia climática han dificultado el alcanzar lo establecido en los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) que se diseñaron como una guía para los gobiernos y líderes empresariales en la búsqueda de un futuro sostenible social, económica y ambientalmente para toda la sociedad [2].

Con el interés de contribuir al logro de estas metas, se ha desarrollado la propuesta de un secador solar automatizado para el aprovechamiento de aquellos productos que no son cosechados por no cumplir con los estándares impuestos por el mercado, quedándose abandonados en los campos hasta la siguiente temporada de siembra en la cual son tratados como basura y se suman a las grandes cantidades de desechos producidos por las actividades del día a día de la población y que, finalmente, impactan en la contaminación ambiental.



Figura 1. Producto no cosechado por no ser rentable. En la siguiente temporada de siembra se arroja a la basura. Elaboración propia (Oacalco, Morelos;2023).

Actualmente existen algunas propuestas desarrolladas por organismos y empresas buscando solucionar el problema del desperdicio de alimentos, como es el caso de los bancos de alimentos, pero pocos atienden la pérdida de los alimentos directamente en el campo, problema que afecta a múltiples zonas de nuestro país. Con la propuesta del secador solar se busca brindar a los productores agrícolas una nueva alternativa para no abandonar los productos en los campos de cultivo, fomentar su recolección o cosecha para su posterior secado y venta como productos deshidratados.

La intención de la propuesta no es modificar los actuales esquemas de producción agrícola para dedicarse a la producción de frutas y verduras deshidratadas. Se trata de dar un uso a aquellos productos que no son cosechados, disminuir los desechos convirtiéndolos, mediante energía limpia y con apoyo de la ecotecnología, en productos que pueden venderse a un precio razonable en las mismas comunidades donde se producen o en zonas cercanas, mejorando los ingresos de los productores y de las familias.

El prototipo de secador solar automatizado está basado en una tecnología sencilla y de fácil manejo para pequeños productores y a nivel doméstico. Está basado en el efecto de la deshidratación solar que elimina la humedad de los productos mediante la absorción de la humedad, haciendo circular un flujo de aire caliente de forma continua, a través de los alimentos en un efecto invernadero generado por el colector solar que se encuentra expuesto a la radiación solar [3]. Considerando el clima que prevalece en el estado de Morelos, cuya temperatura es alta durante todo el año, oscilando entre los 28 y 35 grados

centígrados [4], se considera conveniente aprovechar este tipo de energía.

La idea general parte del desarrollo de un objeto inteligente, capaz de recopilar datos por medio de sensores, almacenarlos, transferirlos y procesarlos de tal forma de facilitar el trabajo en las áreas de cultivo. Con los prototipos generados a la fecha se han realizado prueba de funcionamiento, encontrando algunas oportunidades de mejora antes de realizar su registro ante el Instituto Mexicano de Propiedad Intelectual (IMPI), como son: la optimización de su sistema mecánico y de rotación de tal manera que funcione en cualquier tipo de terreno, así como eficientar el sistema termodinámico.

MARCO TEÓRICO

Desde que el hombre comienza a recolectar alimentos, en el periodo Neolítico, ha hecho uso de la deshidratación como un sistema de conservación de alimentos, por lo que es posible afirmar que forma parte de la tradición en todos los países del mundo [5]. La deshidratación o secado de alimentos se refiere a los procesos, artificiales o naturales, que se realizan para eliminar la mayor cantidad de agua de un alimento fresco con la finalidad de reducir su deterioro y contaminación, aumentar su vida útil y reforzar su sabor; reducir los espacios de almacenamiento, con productos de fácil consumo, habitualmente a modo de snack, que pueden agregarse a diversas recetas o hidratarse nuevamente [6]. En el caso de las frutas deshidratadas, se caracterizan por su efecto saciante, por su alto contenido en fibra al mismo tiempo que aportan al cuerpo las vitaminas, minerales y energía que necesita para funcionar de manera correcta [7]. Al respecto, la Fundación Internacional de Frutas Secas y Frutas Deshidratadas (INC) menciona que:

"el contenido en nutrientes de las frutas secas tradicionales sigue siendo similar a la fruta fresca equivalente, aunque más concentrado. Sin embargo, "todas las frutas secas presentan mayor cantidad de calorías que sus originales con agua, puesto que en el proceso de deshidratación pierden el líquido, pero mantienen sus componentes, sobre todo los hidratos de carbono simples". Por lo tanto, son buenas fuentes de varios micronutrientes" [8].

Los productos agrícolas contienen entre un 25 % a 80 % de agua y, por medio de la deshidratación se reduce el contenido de humedad, logrando desactivar las enzimas, bacterias, levaduras y moho [9]. Las frutas y verduras deshidratadas proporcionan innumerables beneficios para la salud ayudando a quienes quieren mantener una dieta balanceada, aportando principalmente [10]:

- Potasio: que contribuye a reducir el riesgo de enfermedades cardíacas.
- Polifenoles y carotenoides, fuente natural de antioxidantes que ayudan a eliminar sodio y líquidos y combaten los efectos del envejecimiento.
- Hierro: aliado en el combate de la anemia.
- Ayudan a controlar el nivel de glucosa manteniendo el índice glucémico entre bajo y medio cuando los productos deshidratados no contienen azúcares añadidos, siendo aptos para diabéticos.
- Aporte en fibra 600% mayor al de las frutas frescas, lo cual regula el sistema digestivo.

Existen diversos métodos para el secado de los alimentos como: secado en el horno, en el microondas, al sol y con secadores o deshidratadores eléctricos o solares [11]. Los secadores o deshidratadores solares resultan más económicos que los eléctricos y, al utilizar energía verde, permiten reducir el impacto ambiental. Son dispositivos que por medio de la radiación solar calientan el aire para retirar el agua de verduras, frutas, hierbas, semillas o carne. Una vez deshidratados, los productos se pueden conservar secos alrededor de un año manteniendo sus propiedades organolépticas, nutritivas, y bromatológicas.

Los secadores solares captan la energía que llega del sol como radiación, y calientan, por conducción, las paredes del colector. El aire fresco entrante se calienta y circula al área de secado por convección. Es así que el agua que contienen los alimentos se evapora y expulsa por la ventila del área de secado y, el aire húmedo sale al ambiente. Este proceso constante de convección es lo que provoca el secado de los frutos. Los tiempos dependen de las condiciones del clima, el sitio donde se ubique para su funcionamiento y la humedad que contiene cada uno de los productos a deshidratar [12]. La deshidratación solar es un mecanismo de desarrollo económico para los pequeños productores hortofrutícolas y una alternativa renovable para la microindustria

La deshidratación de frutas y legumbres como un mecanismo natural para la conservación de alimentos por medio de la Energía Solar, garantiza que el proceso es completamente orgánico y da un valor agregado al producto. Se busca utilizar las Ecotecnias en beneficio de los productores, la sociedad y del planeta ya que, de acuerdo con la Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas (CDI), las ecotecnias “son instrumentos desarrollados para aprovechar eficientemente los recursos naturales y materiales, permitiendo la elaboración de productos y servicios, así como el aprovechamiento sostenible de materiales diversos para la vida diaria” [13].

La deshidratación es un proceso utilizado con diversos fines y medios. Se puede llevar a cabo el secado de

alimentos mediante gas, lo que contamina por los químicos contenidos en el combustible; por medio de energía eléctrica, cuyos costos son altos y en algunos casos puede afectar el sabor, color, olor, y ocasionar una pérdida nutrimental en los alimentos. En cambio, el secado por medio de energía calorífica capturada por un colector solar, se envía a la cámara de secado lo que calienta el producto expulsando su humedad, en un proceso de secado sano y natural para disfrutar los sabores, sin la necesidad de usar combustibles para el proceso, obteniendo un secado más eficiente al utilizar la energía solar como fuente principal [14].

Ventajas de la deshidratación solar [15]:

- Conserva los alimentos durante más tiempo.
- Mantienen su valor nutrimental.
- El proceso de deshidratado es 100% solar.
- El producto resultante no contiene conservadores.
- Los productos deshidratados ocupan un menor espacio de almacenamiento y transporte.
- El proceso de deshidratado es más eficiente y 100% natural.

Los deshidratadores solares que actualmente se encuentran en el mercado cuentan con una tarjeta electrónica de control que solo controla la temperatura por medio de un termómetro, pero requieren del monitoreo continuo de los alimentos a deshidratar y de la temperatura. Esto se puede evitar por medio de una tarjeta electrónica de control que pueda enviar y recibir datos de una aplicación móvil que le permita al usuario monitorear el funcionamiento del deshidratador solar y de su efecto en el producto desde cualquier lugar en el que haya acceso a internet sin necesidad de estar cerca del deshidratador.

Las ventajas de los deshidratadores solares con respecto al deshidratado natural o los deshidratadores mecánicos son las siguientes [14]

- Reduce el trabajo físico requerido y disminuye el tiempo de deshidratado.
- El producto no se expone a la lluvia, ni absorbe humedad lo que evita la formación de manchas y mal aspecto.
- El deshidratado se realiza de forma constante ya que la variación de temperatura del aire y humedad en el interior es poco abrupta y esto evita la formación de moho.
- Se evita el contacto con polvo, tierra y basura, consiguiendo un producto limpio y sin contaminantes.
- No utiliza combustibles o energía, disminuyendo la producción de gases de efecto invernadero, la contaminación y el cambio climático.
- Bajo coste de implementación y mantenimiento.
- Tecnología sencilla.

Por otra parte, es importante considerar las principales variables implicadas en el proceso de deshidratación de alimentos: la temperatura, la humedad y la luz solar:

- La temperatura es una de las variables más importantes en el proceso de deshidratación ya que, al contar con la temperatura óptima a la que deben ser sometidos los alimentos para ser deshidratados, se alcanza un resultado final óptimo en calidad nutricional y de aspecto en el menor tiempo posible. Si la temperatura es menor a la mínima, se producirá la pérdida de la producción y, con una temperatura más alta que la máxima, los alimentos pueden sufrir modificaciones de aspecto y sabor. La temperatura del aire se relaciona con la humedad relativa de manera inversamente proporcional: si se tiene un volumen fijo de aire y aumenta su temperatura, la humedad relativa disminuye. Al contrario, si la temperatura baja, entonces la humedad relativa aumentará, hasta que el aire alcance la saturación (el vapor de agua se convierte en gotas gruesas, lo que se denomina temperatura de punto de rocío [16].
- Humedad relativa, es la cantidad de vapor de agua contenido en el aire en relación con la máxima cantidad que puede contener a la misma temperatura expresada en porcentajes (%).
- Luz solar, espectro de la radiación electromagnética emitida por el sol (Martín, 2019). La luz solar está directamente asociada a la radiación solar ya que este se compone en 43% de rayos visibles para el ojo humano que proporcionan luz y, en un 49%, está conformado por radiación infrarroja, que es la que proporciona calor [17].

Con el uso de sensores en el deshidratador es posible obtener información sobre la cantidad de luz, la temperatura y la humedad, variables importantes a considerar en el proceso de deshidratación de alimentos.

Metodología

Por tratarse de un problema definido y conceptualizado el proyecto se considera de investigación aplicada ya que se ha pasado del conocimiento teórico a la práctica, ya que en cada una de las etapas de desarrollo se ha recurrido en primera instancia a la investigación documental como base para el desarrollo de innovaciones prácticas y útiles para la sociedad en un contexto determinado, siguiendo una estructura metodológica, comunicacional y documental [16].

En este caso en particular, los prototipos se diseñaron con la finalidad de disminuir la pérdida de alimentos en los campos de cultivo por medio de un secador solar automatizado, con fácil funcionamiento y que no requiere de personal especializado. En esta etapa se busca eficientar su funcionamiento de manera de despertar un

mayor interés de los productores agrícolas por esta alternativa.

Para dar continuidad al proyecto se pretende trabajar en la búsqueda de soluciones útiles mediante diferentes técnicas de investigación con el objetivo de aplicar los avances científicos, considerando aspectos como:

- Análisis del movimiento y grados de libertad del secador.
- Implementación de un sistema electromecánico automatizado para movimiento de giro del secador.
- Análisis de torque para optimización de los sistemas de actuación.
- Puesta en marcha del secador solar con el sistema mecánico.
- Pruebas de movimiento del secador solar.
- Análisis termodinámico.
- Implementación de prototipo de mejora de la eficiencia energética del captador solar.
- Implementación de un sistema de control semiautomático.
- Diseño, construcción y caracterización de un abrigo meteorológico para los sensores.
- Diseño, construcción y caracterización del dispositivo de seguimiento solar.

DISCUSIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

El prototipo fue elaborado con las características de los deshidratadores indirectos o distribuidos, pasivos de tipo mixto, de modelo colector armario; con el objetivo principal de direccionar el mecanismo en función de la inclinación del sol y lograr un mejor aprovechamiento de su energía. Respecto a la estructura, se han desarrollado dos versiones: la primera elaborada en madera y la segunda en acero inoxidable, con la finalidad de evitar la contaminación de los alimentos además de que es resistente a la corrosión, tiene una vida útil que no requiera reemplazos y/o frecuentes reparaciones, es 100% reciclable, higiénico y estético, fácil de mantener y con apariencia moderna y atractiva [17]. El prototipo tiene la característica de desplazar su cama térmica, por medio de su mecanismo giratorio y deduce su posición por medio de sensores de luz colocados en la parte superior.

En sus dos versiones, el diseño y las dimensiones son similares y constan de tres partes que pueden separarse para facilitar su traslado y lograr su movilidad para girar sobre sí mismo: la caja de alimentos, mesa de soporte y cama térmica. El diseño previo se realizó utilizando el programa SolidWorks de modelado mecánico en 2D y 3D. El control del motor y el control automático de los dos motorreductores, se realiza mediante una tarjeta de adquisición de datos Arduino.

En el interior de la caja de secado se colocaron 4 charolas de rejilla con puertas individuales. Al frente de la caja de secado se encuentra el ensamble con la cama térmica, que facilita su movilidad. El escape para el aire circulante que retira la humedad de los productos se encuentra en la parte frontal izquierda.

La parte inferior se acopla con el soporte de la mesa donde se ubica el mecanismo que permite la rotación del secador y el sistema electrónico. La base es una pieza estática que ensambla con la caja de alimentos y soporta a las otras 2 piezas. La cama térmica, ya montada, muestra un ángulo de inclinación de 35° de acuerdo con lo recomendado por el Sistema de Información Geográfica Fotovoltaica de la Comisión Europea [18], con la intención de captar la mayor cantidad de energía solar en el secador y así aumentar la velocidad de secado de los alimentos. Esa posición, en ángulo perpendicular a los rayos del sol de los paneles solares, los vuelve más eficientes al momento de generar energía eléctrica. La abertura para permitir el flujo de aire a la cama de productos se ubica en la parte superior. Cuenta con una aplicación móvil que permite monitorear la temperatura y humedad en la cámara de secado o controlar su giro si el usuario así lo desea. La imagen del secador se muestra en la figura 2.

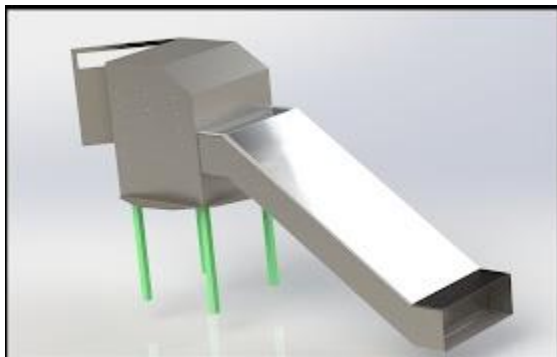


Figura 2. Imagen del secador solar. Elaboración propia.

Sus componentes principales: tarjeta de control Arduino mega, módulos de control y sistemas fotovoltaicos. Para el diseño del circuito electrónico para la tarjeta de control se utilizó un microcontrolador PIC18F2550 que proporciona velocidad de operación alta y terminales analógicas, características óptimas para aplicaciones del Internet de las Cosas y que permite controlar el giro de los motores que rotan al secador solar. El circuito de control se conecta al módulo bluetooth, al sensor de luz y a los sensores de humedad y temperatura. También se colocaron diodos de protección que eviten las corrientes inversas producidas por los motores.

El secador funciona por medio de la alimentación eléctrica de los paneles solares. El voltaje pasa por los módulos reguladores de voltaje a un controlador de carga,

que gestiona la carga de la batería que alimenta al puente H y controla los motores. Por otra parte, la alimentación de 9v se conecta a un módulo controlador de carga que alimenta al Arduino mega que, a su vez, recoge las señales de las fotorresistencias, evalúa los datos y controla los motores mediante el módulo puente H.

Al momento se cuenta con la aplicación móvil para el monitoreo y control del secador, actividad que se dividió en dos partes: a) Diseño de las pantallas y b) Desarrollo de los Bloques de programación de las aplicaciones móviles en App Inventor que les proporciona funcionalidad. Toda la información fue validada implementando IoT y analizando los resultados obtenidos de la calibración de la parte mecánica, el modelado matemático del efecto térmico en la estructura y el diseño básico de la aplicación móvil en App Inventor, que cuenta con 4 pantallas: Pantalla de inicio, Pantalla de opciones, Pantalla de control y Pantalla de monitoreo; así como los bloques de programación que proporciona funcionalidad a la aplicación. Una vez programada la comunicación bluetooth, se realiza la obtención de datos de temperatura y humedad que se guardan en variables globales separadas para ser mostradas en el apartado correspondiente de la pantalla de monitoreo.

Se realizaron pruebas deshidratando jitomate y manzana, utilizando el proceso de deshidratación osmótica (DO) [19], técnica aplicable a productos hortofrutícolas que reduce su contenido de humedad e incrementa el contenido de sólidos solubles mediante el contacto del producto con una solución concentrada de azúcares. Con esto se busca que el producto pierda agua, gane sólidos solubles y reduzca su volumen.

La capacidad del secador es de aproximadamente 3 kilos de producto rebanado. Se realizaron pruebas con manzana y jitomate que se deshidrataron en 5 y 10 horas de exposición respectivamente, con una temperatura ambiente de un promedio de 29 grados centígrados. La diferencia en el tiempo de deshidratación se debe principalmente al porcentaje de humedad de cada producto ya que la manzana cuenta con un 84.4% de humedad [20] y, en el caso del jitomate, es del 95% [21]. La tarjeta de adquisición de datos de los sensores permitió registrar la variación de las temperaturas en el proceso de deshidratación.

Respecto a la versión en acero inoxidable, la estructura del secador solar tiene un ángulo de inclinación de 30° , para captar mayor radiación solar en la cámara térmica y generar más calor en su interior, aumentando la velocidad de secado de los productos. Se diseñó con las medidas adecuadas de la cámara térmica para un secador solar indirecto. En la estructura del prototipo se colocó una

capa de material aislante con la finalidad de conservar la mayor cantidad de calor.

Al ser el secado solar de alimentos una alternativa ecológica para hacer frente a la pérdida de alimentos que se convierte en un desperdicio de los recursos e insumos usados en la producción, diversas empresas e instituciones educativas se encuentran en el proceso de diseñar nuevos modelos de secadores solares. Por mencionar algunos casos, investigadores del Instituto de Energías Renovables (IER) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) han trabajado en tecnologías para secar frutas y verduras por medio de métodos tradicionales de secado a cielo abierto y con combustibles fósiles generando equipos domésticos que pueden procesar entre 0.5 y 2 kilogramos de producto fresco, colectores solares para calentamiento de aire en secadores indirectos o mixtos.

De igual manera han desarrollado secadores solares mixtos con capacidad entre 10 y 50 kilogramos de producto fresco para los pequeños productores y, para agricultores a mayor escala, secadores tipo invernadero, directos o mixtos, con capacidad de entre 100 y mil kilogramos de producto fresco [22].

CONCLUSIONES

Desde el año 2021 se ha venido trabajando con esta idea enfocada a apoyar a los productores agrícolas llevando a ellos la innovación y la tecnología buscando aprovechar al máximo los excedentes de la producción agrícola que actualmente se desperdician en la zona oriente de Morelos. La problemática no queda solo en la pérdida de los productos y los costos que esto implica, va más allá, ya que los productos que no se cosechan por causas diversas se convierten en basura que se acumula a las ya altas cantidades de residuos generados por las actividades diarias de la población. Se consideró la deshidratación como una alternativa, ya que este proceso reduce el contenido interno de agua de un producto fresco y natural, conservando todas las virtudes, propiedades nutrimentales y vitaminas del producto fresco.

Las dos versiones del secador ofrecen una solución a la problemática de los excedentes de producción agrícola convirtiendo en ingresos lo que en este momento es una pérdida para los agricultores. Aprovecha la energía solar en el proceso, es viable escalar el prototipo de acuerdo con las necesidades y espacios de cada productor o para uso doméstico. En cuanto a dimensiones y componentes, su costo de producción es accesible y puede aplicarse a diversos tipos de productos agrícolas. Permite intercambiar cada una de sus piezas, lo que lo hace flexible y adaptable. En ambas versiones se implementó el internet de las cosas (IoT) mediante controles programables. Los prototipos propuestos no requieren de

mano de obra especializada, ya que solo requiere colocar los alimentos en la cámara de secado para, posteriormente, retirar el producto cuando se haya secado.

Respecto a su ámbito de aplicación, en la Región Oriente del Estado de Morelos existe una alta producción de hortalizas, a cielo abierto o en invernadero. Los productos con mayor volumen de producción son el jitomate o tomate rojo y el tomate verde [22]. Se cuenta también con una importante producción de higo (primer lugar en producción a nivel nacional) durazno, manzana, ciruela, cítricos, calabaza, entre otros [23], por lo que se considera que existe un alto número de posibles usuarios del prototipo, ya que la mayoría de estos productos pueden deshidratarse sin perder sus propiedades naturales.

Revisando la literatura relacionada con el tema se encontró el trabajo de Salvo & Franco [25] quienes, mediante una revisión bibliográfica a 51 artículos con autores de 7 países sobre el tema de secadores o deshidratadores solares, encontraron que la energía solar se utiliza cada vez más en este tipo de procesos lo que ha llevado al desarrollo investigaciones enfocadas a la incorporación de nuevas tecnologías con la finalidad de mejorar día con día para facilitar su aplicación sobre todo tomando en consideración el contexto del cambio climático y el preponderante papel que juegan las energías renovables en el desarrollo actual.

El trabajo desarrollado ha permitido descubrir nuevas líneas de investigación y aplicaciones de la tecnología en la producción agrícola. En el caso del secador solar se tiene contemplado trabajar en su adecuación a las necesidades específicas de cada tipo de usuario. De igual forma existe el proyecto de diseño y desarrollo de huertos familiares automatizados, actividad lúdica que apoya a la economía familiar.

AGRADECIMIENTOS

Nuestro agradecimiento al Tecnológico Nacional de México ya que gracias al apoyo económico obtenido por medio de la Convocatoria de Proyectos de Investigación ha sido posible el desarrollo de este proyecto que no solo apoya al sector agrícola de la comunidad, también contribuye al desarrollo profesional de docentes y estudiantes.

De igual manera a las autoridades del Instituto Tecnológico de Cuautla y del Instituto Tecnológico de Milpa Alta que apoyan la realización de este tipo de proyectos y contribuyen a la difusión de los resultados.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] OCDE, «Medición de la distancia para lograr las metas de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) – México.» 2022. [En línea]. Available: <https://www.oecd.org/wise/medicion-de-la-distancia-para-lograr-las-metas-de-los-ODS-perfil-de-pais-Mexico.pdf>.
- [2] T. Ortega, «8 iniciativas sustentables en favor de la vida y el planeta,» 7 febrero 2023. [En línea]. Available: <https://www.expoknews.com/8-iniciativas-sustentables-en-favor-de-la-vida-y-el-planeta/>.
- [3] G. Cuervo y L. C. Vasquez, «Diseño de un secador de café con control automático energizado con un sistema solar fotovoltaico para zonas rurales del departamento de Antioquia,» ITM, Medellín, Colombia, 2022.
- [4] Cedar Lake Ventures, Inc., «Weatherspark,» 2023. [En línea]. Available: <https://es.weatherspark.com/y/6484/Clima-promedio-en-Cuautla-M%C3%A9xico-durante-todo-el-a%C3%B1o>.
- [5] Girosalut, «Deshidratación: La conservación de alimentos + sana,» 02 febrero 2022. [En línea]. Available: <https://girosalut.org/la-deshidratacion-la-conservacion-de-los-alimentos-sana/>. [Último acceso: septiembre 2022].
- [6] Consejo Argentino sobre seguridad de alimentos y nutrición, «Deshidratación y desecado en la conservación de alimentos,» s/f. [En línea]. Available: <https://infoalimentos.org.ar/temas/inocuidad-de-los-alimentos/304-deshidratacion-y-desecado-dos-metodos-de-conservacion-de-alimentos-muy-antiguos-que-aun-estan-vigentes>. [Último acceso: junio 2022].
- [7] A. A. N. G. M. H. A. J. A. R. A. & Z. P. Sandalio, «¿Cómo se percibe la calidad de la fruta deshidratada en Cochabamba (Bolivia)?,» *Alimentos Ciencia E Ingeniería*, vol. 29, n° 1, pp. 6-15, 2022.
- [8] Alimento, «¿Son de verdad saludables las frutas deshidratadas?,» 2022. [En línea]. Available: https://www.alimento.elconfidencial.com/nutricion/2022-01-25/son-saludables-frutas-deshidratadas_2131399/. [Último acceso: mayo 2022].
- [9] W. Sacaca, «ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN DESHIDRATADOR SUSTENTABLE QUE UTILIZA ENERGÍA SOLAR EN PUNO,» Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú, 2021.
- [10] Meditts, «Mitos y verdades sobre las frutas deshidratadas,» s/f. [En línea]. Available: <https://meditts.com/todo-sobre-frutas-deshidratadas/>. [Último acceso: mayo 2022].
- [11] V. España, «Optimiza tus recursos aplicando técnicas de deshidratación de alimentos,» 25 mayo 2022. [En línea]. Available: <https://www.cursosfemxa.es/blog/14614-optimiza-tus-recursos-aplicando-tecnicas-de-deshidratacion-de-alimentos>.
- [12] IIES UNAM, «Deshidratadores Solares,» 2022. [En línea]. Available: <https://ecotec.unam.mx/ecoteca/deshidratadores-solares-2>. [Último acceso: agosto 2022].
- [13] Expok News, «10 ejemplos de ecotecnias,» 9 agosto 2021. [En línea]. Available: <https://www.expoknews.com/5-ejemplos-de-ecotecnias/>.
- [14] ECOTEC, «Deshidratadores solares,» 2023. [En línea]. Available: <https://ecotec.unam.mx/ecoteca/deshidratadores-solares-2>.
- [15] SAECESA, «Deshidratador Solar Básico,» 2023. [En línea]. Available: <https://saecsaenergiasolar.com/catalogo/deshidratador/basico>.
- [16] J. Orellana, «AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DE UN DESHIDRATADOR SOLAR,» UTFSM, Valparaíso, Chile, 2019.
- [17] Energía solar, «Energía solar,» s/f. [En línea]. Available: [HTTPS://SOLAR-ENERGIA.NET/QUE-ES-ENERGIA-SOLAR/RADIACION-SOLAR..](https://solar-energia.net/que-es-energia-solar/radiacion-solar) [Último acceso: enero 2022].
- [18] Ibero, «¿Qué es la investigación aplicada y cuales son sus principales características,» [HTTPS://BLOGPOSGRADOS.TIJUANA.IBERO.MX/INVESTIGACION-APLICADA/#:~:TEXT=FASES%20DE%20LA%20INVESTIGACIÓN%20APLICADA%20PRIMERA%20FASE%3A,APLICADA%20DE%20LA%20SIGUIENTE%20FORMA%3A%20I%20.%20octubre%202020](https://blogposgradados.tijuana.ibero.mx/investigacion-aplicada/#:~:text=FASES%20DE%20LA%20INVESTIGACIÓN%20APLICADA%20PRIMERA%20FASE%3A,APLICADA%20DE%20LA%20SIGUIENTE%20FORMA%3A%20I%20.%20octubre%202020). [En línea].
- [19] Pascual Carbó, S.A. , «Ventajas del acero inoxidable AISI 304,» 23 enero 2019. [En línea]. Available: <https://pascualcarbo.com/ventajas-del-acero-inoxidable-aisi-304/>.
- [20] Energy News, «Dime dónde vives y te diré la producción fotovoltaica que puedes conseguir,» 21 agosto 2019. [En línea]. Available: <https://www.energynews.es/pvgis-produccion-fotovoltaica/>.
- [21] A. Borsini, «Procesamientos de deshidratación y almacenamiento de fruta de Dyospiros Kaki,»

- Universidad Nacional de Misiones, Posadas, Argentina, 2021.
- [22] R. Vazquez T., «Diseño, implementación y sostenibilidad de los Repositorios Institucionales,» 2017. [En línea].
- [23] C. Ocaña, «Determinación de Humedad en la Manzana,» marzo 2019. [En línea]. Available: <https://www.studocu.com/es-mx/document/universidad-salazar/bromatologia/determinacion-de-humedad-en-la-manzana/4151951>. [Último acceso: mayo 2022].
- [24] P. López, «La deshidratación solar de alimentos, alternativa viable y sustentable,» 2 marzo 2023. [En línea]. Available: <https://www.gaceta.unam.mx/la-deshidratacion-solar-de-alimentos-alternativa-viable-y-sustentable/>.
- [25] INEGI, «Agricultura, ganadería y pesca,» 2019. [En línea]. Available: <https://www.inegi.org.mx/temas/agricultura/>. [Último acceso: mayo 2022].
- [26] Representación Agricultura Morelos, «Morelos principal productor de higo a nivel nacional,» 27 septiembre 2019. [En línea]. Available: <https://www.gob.mx/agricultura%7Cmorelos/articulos/morelos-principal-productor-de-higo-a-nivel-nacional>.
- [27] A. Salvo y J. Franco, «Actualización del estado de arte del secado solar de alimentos a partir de una revisión bibliográfica latinoamericana,» *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, vol. 23, nº 2, p. 101, 30 diciembre 2022.

Rol de Contribución	Autor
Administración del proyecto Redacción	Dra. Mónica Leticia Acosta Miranda
Supervisión	M.C. Julio Pérez Machorro
Software	M.A. Leonor Angeles Hernández



Esta obra está bajo una licencia internacional Creative Commons Atribución 4.0.