

10.30972/eitt.927927

Desarrollo y automatización de un secadero solar para vegetales y productos elaborados de alimentación fisiológica saludable

Spotorno, R. 1, Pochettino, J. 1, García, F. 1, Veppo, J. 2 y Sequeira, A. 3 (*)

Resumen:

Se presenta el desarrollo y automatización de un secadero solar de vegetales y productos elaborados de alimentación fisiológica saludable. Se realizó el cálculo y desarrollo del secadero propiamente dicho, seleccionando los materiales y componentes adecuados para su posterior construcción. El control de la temperatura del aire de secado se realizó utilizando un PLC (Controlador Lógico Programable), que además permitió la automatización del sistema de secado propuesto. El desarrollo del secadero solar se realizó en forma modular, permitiendo de esta manera optar por uno o más módulos, de acuerdo al emprendimiento desarrollado por el propietario. El estudio y desarrollo del secadero solar de vegetales y productos elaborados de alimentación fisiológica saludable, permitirá establecer las bases de un PDTS (Proyecto de Desarrollo Tecnológico y Social), que luego podrá transferirse a las personas que solicitaron asistencia técnica y a las que lo requieran.

Palabra clave: Alimentación fisiológica saludable, Control automático, Desarrollo del secadero, PLC, Secado solar de vegetales.

Abstract

The development and automation of a solar dryer for vegetables and processed products for healthy physiological food is presented. The calculation and

1. Grupo de Investigación en Tecnologías Energéticas Apropiadas (GITEA) de la Facultad Regional Resistencia de la Universidad Tecnológica Nacional.

2. Laboratorio de Automatización y Control de la Facultad Regional Resistencia de la Universidad Tecnológica Nacional.

3. Centro de Investigación en Química Orgánica Biológica (QUIMOBI) de la Facultad Regional Resistencia de la Universidad Tecnológica Nacional.

(*) Cómo citar este artículo: Spotorno, R., Pochettino, J., García, F., Veppo, J. y Sequeira, A. (2024). Desarrollo y automatización de un secadero solar para vegetales y productos elaborados de alimentación fisiológica saludable. Revista Extensionismo, Innovación y Transferencia Tecnológica: claves para el desarrollo, 9(2), 45-60. <http://doi.org/10.30972/eitt.927927>

development of the dryer itself was carried out, selecting the appropriate materials and components for its subsequent construction. The control of the drying air temperature was carried out using a PLC (Programmable Logic Controller), which also allowed the automation of the proposed drying system. The development of the solar dryer was carried out in a modular way, thus allowing the choice of one or more modules, according to the project developed by the owner. The study and development of the solar dryer for vegetables and processed products for healthy physiological food will allow the establishment of the bases of a PDTS (Technological and Social Development Project), which can then be transferred to the people who requested technical assistance and to those who require it.

Keywords: Automatic control, Dryer development, Healthy physiological food, PLC, Vegetables solar drying.

Introducción

La mayoría de los alimentos se pueden consumir en estado fresco. Pero si deseamos aprovechar estos productos en diferentes épocas del año sin causar mayores pérdidas en sus propiedades nutritivas, es necesario transformarlos, de tal manera que los organismos putrefactores y las reacciones químicas no se desarrolleen (Vázquez *et al.*, 1997).

La alimentación fisiológica es la ideal para cualquier persona y consiste en alimentarse de vegetales en su estado natural, es decir, sin cocinar y ecológicos, incluyendo por lo tanto: frutas, verduras, hortalizas, frutos secos, semillas. También se pueden comer alimentos elaborados deshidratados que a menos de 45°C conservan la calidad nutritiva, o sea que se mantengan sus propiedades enzimáticas y vitamínicas vivas. El deshidratado de alimentos es uno de los métodos más antiguos de conservación de los mismos. El principal propósito es extender la duración de estos por la reducción del agua contenida en ellos; de esta forma se inhibe el crecimiento microbiano y la actividad enzimática (Espinoza, 2016).

Mediante el deshidratado se consigue extraer humedad de los vegetales, con lo cual se logra: textura más crujiente, sabor más marcado y una mayor conservación del producto. Todo ello sin alterar su calidad enzimática, al utilizarse temperaturas del aire de secado por debajo de los 45°C, para que continúen siendo alimentos vivos.

Generalmente el deshidratado de los vegetales y productos elaborados, se realiza en hornos eléctricos o a gas, representando un costo económico elevado debido a las altas tarifas de energías. La energía solar puede ser empleada como una buena fuente de suministro de calor para la deshidratación de vegetales y productos elaborados, reduciendo el costo de producción por los gastos de energía eléctrica y/o gas para producir aire caliente.

Aprovechando la gran irradiancia solar en el Nordeste Argentino, se propone un sistema de secado indirecto en el que se utiliza energía solar para el calentamiento del agua que transfiere su energía al aire de secado y en casos de baja radiación y días de lluvia, el calentamiento del agua se realiza utilizando una resistencia eléctrica comandada por un termostato, ubicada en el acumulador del calefón solar. El proyecto se presenta debido a que los propietarios de un emprendimiento relacionado a la producción y comercialización de vegetales y productos de alimentación fisiológica saludable, solicitaron al grupo de investigación asistencia técnica con la finalidad de resolver el problema de secado, con el fin de reducir costos de energía, ya que para realizar el secado utilizan hornos eléctricos.

En el presente trabajo se expone el estudio, desarrollo y automatización de un secadero solar de vegetales y productos elaborados de alimentación fisiológica saludable.

Materiales y métodos

En la Fig. 1 se observa un esquema del sistema de secado propuesto: en la misma se aprecia el colector solar de placa plana de agua caliente con su respectivo tanque de acumulación. Antes de la cámara de secado propiamente dicha, se encuentra la precámara donde se realiza el control de la temperatura del aire.

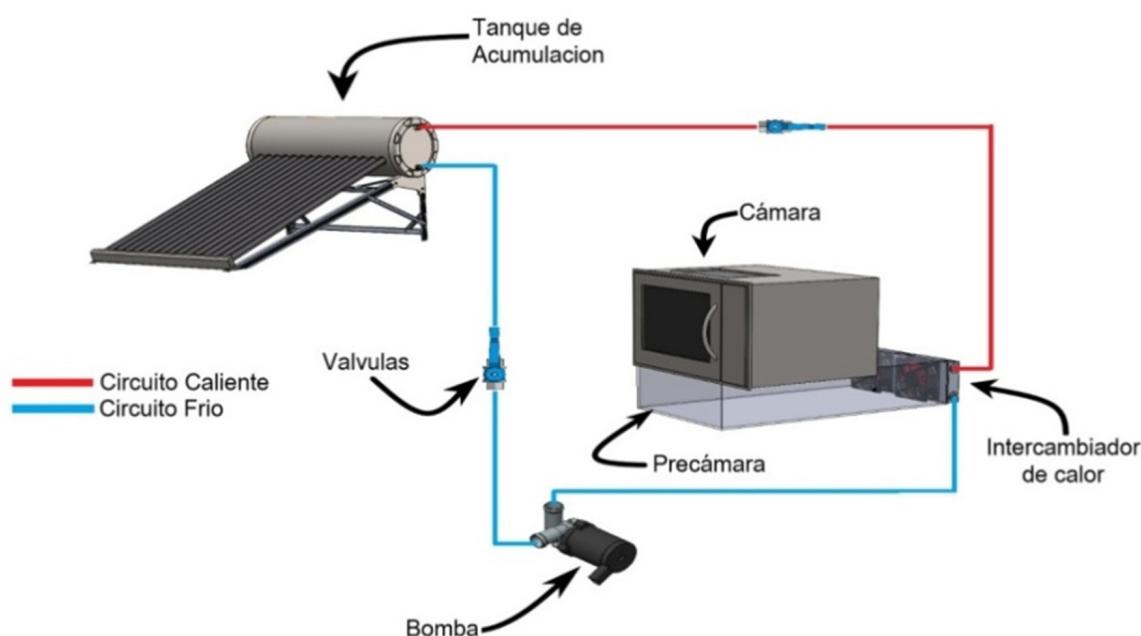


Fig. 1. Esquema representativo del sistema de secado solar

El proceso de circulación del agua entre el intercambiador de calor y el calefón solar lo realiza una bomba. En el caso de lluvias o escasa radiación solar, un

termostato graduado a 45°C activa una resistencia eléctrica ubicada en el interior del acumulador del calefón solar, permitiendo continuar el calentamiento de agua, con la finalidad de no interrumpir el proceso de secado. Además, se observa dos válvulas que permiten la apertura o el cierre de la circulación del agua del circuito de secado propuesto, con la finalidad de realizar la reparación del algún componente del sistema de secado desarrollado.

Los ensayos de secado de vegetales de alimentación fisiológica saludable, fueron realizados con un equipo experimental que se detalla en Spotorno et al. (2024).

Proceso de Secado

La Fig. 2 muestra un esquema integral de bloques y corrientes del proceso de secado de vegetales y productos elaborados de alimentación fisiológica saludable, el proceso consta de tres bloques operativos al tiempo que los valores 1 a 6 identifican las corrientes consideradas más relevantes para el presente trabajo.

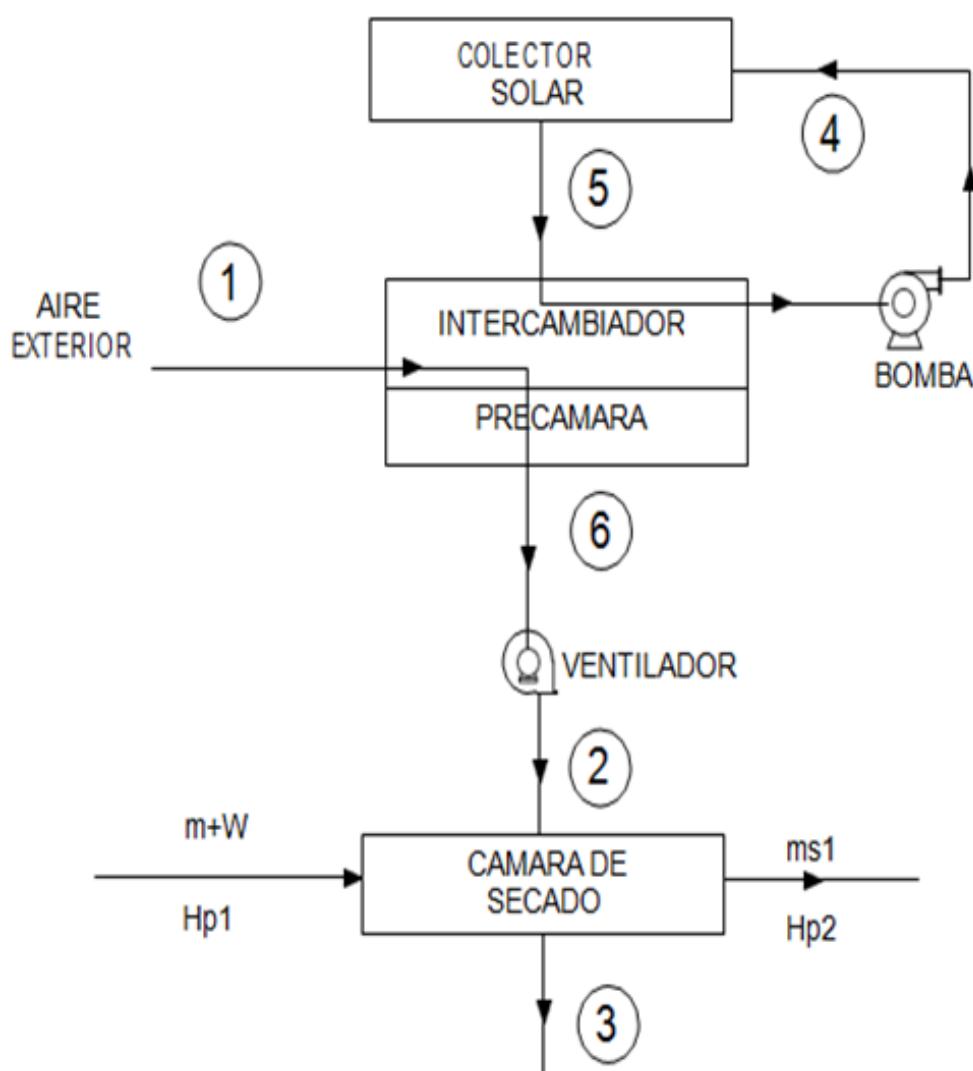


Fig. 2. Esquema del proceso de secado

El proceso 1-6 es el calentamiento del aire exterior al pasar a través del intercambiador de calor, por el interior del cual circula el agua caliente proveniente del colector solar. El proceso 4-5 es la circulación del agua entre el colector solar y el intercambiador de calor, que es impulsada por la bomba que muestra la gráfica. La corriente 6 representa la salida del aire caliente que como consecuencia de los límites de proceso de secado de alimentos fisiológicos saludables alcanza como temperatura máxima los 45°C y es impulsado por un ventilador para su ingreso a la cámara de secado. Por último el proceso 2-3 es el pasaje del aire caliente a través de los vegetales y/o productos elaborados ubicados en la cámara de secado, para luego salir al exterior. La denominación “m+w” hace referencia a la corriente de los vegetales o productos elaborados al inicio del proceso de secado mientras que con la denominación “ms1” se identifica a la corriente de los vegetales o productos elaborados deshidratados, la denominación “Hp1” identifica al contenido de humedad inicial de la materia prima que ingresa a la cámara de secado y “Hp2” identifica al contenido de humedad final de los productos deshidratados.

A continuación, se presenta el cálculo de parámetros termodinámicos, que permiten el desarrollo y cálculo del secadero solar de vegetales y productos elaborados de alimentación fisiológica saludable. Para el cálculo y desarrollo del secadero solar se consideró el vegetal o producto elaborado que mayor cantidad de agua disminuyó en el proceso de secado, que en este caso fue el zucchini, como se detalla en (Spotorno et al., 2024). Este cálculo aborda, desde el punto de vista termodinámico, la interpretación del esquema del proceso de secado de la Figura 2, se adoptan 24 bandejas de secado cada una de las cuales contiene una masa de material vegetal húmedo de 1080 gramos al inicio del proceso (mh) y una masa de material vegetal seco (mp) de 108 gramos al final del proceso.

Datos a tener en cuenta para el cálculo de los diferentes parámetros:

$m_s = 65\text{g}$ (masa de vegetales y productos elaborados en base seca por bandeja)

$m_h = 1080\text{g}$ (masa de vegetales y productos elaborados en base húmeda por bandeja)

$m_p = 108\text{g}$ (masa de vegetales y productos elaborados después del secado por bandeja)

$n_b = 24$ (número de bandejas para contener los vegetales y productos elaborados)

Consideraciones a tener en cuenta para el cálculo de los parámetros termodinámicos (los siguientes valores se consideran constantes):

$t_1 = 24^\circ\text{C}$ (temperatura del aire al ingreso de la precámara de secado)

$\phi_1 = 60\%$ (humedad relativa del aire al ingreso de la precámara de secado)

$t_2 = 44^\circ\text{C}$ (temperatura del aire a la salida de la precámara de secado)

$t_3 = 25^\circ\text{C}$ (temperatura del aire a la salida de la cámara de secado)

$\phi_3 = 90\%$ (máximo valor de humedad relativa del aire a la salida de la cámara de secado)

$t_s = 8 \text{ h}$ (tiempo de secado)

$G_t = 460 \frac{W}{m^2}$ (radiación promedio recibida por el colector durante el periodo invernal)

Con los datos y consideraciones a tener en cuenta, se realizan los siguientes cálculos:

Cálculo masa húmeda total en 24 bandejas $m_{ht} = m_h * nb$

Cálculo masa seca total en 24 bandejas $m_{st} = m_s * nb$

Cálculo masa total después del secado de las 24 bandejas $m_{pt} = m_p * nb$

Cálculo de humedad en base húmeda de los vegetales y/o productos elaborados por bandeja $HP_1 = \frac{m_p - m_s}{m_s}$

Cálculo de humedad en base seca de los vegetales y/o productos elaborados por bandeja $HP_2 = \frac{m_h - m_s}{m_s}$

Cálculo total de agua a retirar $\Delta X = \frac{m_{ht} - m_{pt}}{t_s}$

Cálculo de humedad absoluta de saturación t_1 (donde P es la presión total de aire a t_1 y P_{v1} es la presión de vapor a t_1) $x_{s1} = 0,622 \frac{P_{v1}}{P - P_{v1}}$

Cálculo de humedad absoluta para el aire exterior $x_1 = \phi_1 * x_{s1}$

Cálculo humedad absoluta de saturación a t_3 (donde P_{v3} es la presión de vapor a t_3) $x_{s3} = 0,622 \frac{P_{v3}}{P - P_{v3}}$

Cálculo de humedad absoluta para el punto 5 de la figura 2 $x_3 = \phi_3 * x_{s3}$

Cálculo de diferencia de humedad absoluta entre el punto 5 y el ingreso de aire exterior $x_{31} = x_3 - x_1$

Cálculo caudal másico de aire $\dot{m}_a = \frac{\Delta X}{x_{31}}$

Cálculo del caudal volumétrico específico del aire (donde R_a es la constante particular del aire y R_v es la constante particular del vapor) $v = \frac{(R_a + x_1 * R_v) * t_1}{p}$

Cálculo del caudal volumétrico de aire total necesario en el secadero $\dot{V} = \dot{m}_a * v$

Cálculo de la potencia calorífica necesaria para el secado de los vegetales y/o productos elaborados (donde cp_a es el calor específico del aire a presión constantes)

$$\dot{Q}_a = \dot{m}_a * cp_a * (t_2 - t_1)$$

Cálculo de la potencia calorífica recibida por el colector solar asumiendo un coeficiente de pérdidas del orden del 14% $\dot{Q} = G_t * 0,86 * A_c$

A partir de los valores de los diferentes parámetros y las ecuaciones precedentes se realizaron los cálculos correspondientes y se presentan los resultados más importantes para el desarrollo del secadero:

El caudal volumétrico de aire total necesario en el secadero es de $\dot{V} = 370 \text{ m}^3/h$

La potencia calorífica necesaria para el secado de los vegetales y/o productos elaborados es de $\dot{Q}_a = 9,0\text{kW}$

Para el cálculo de la potencia calorífica recibida por el colector solar, adoptamos un área colectora de $A_c=3\text{m}^2$, lo que representa un valor estimado de potencia calorífica igual a $\dot{Q}_c = 9,4\text{Kw}$

Desarrollo del secadero solar

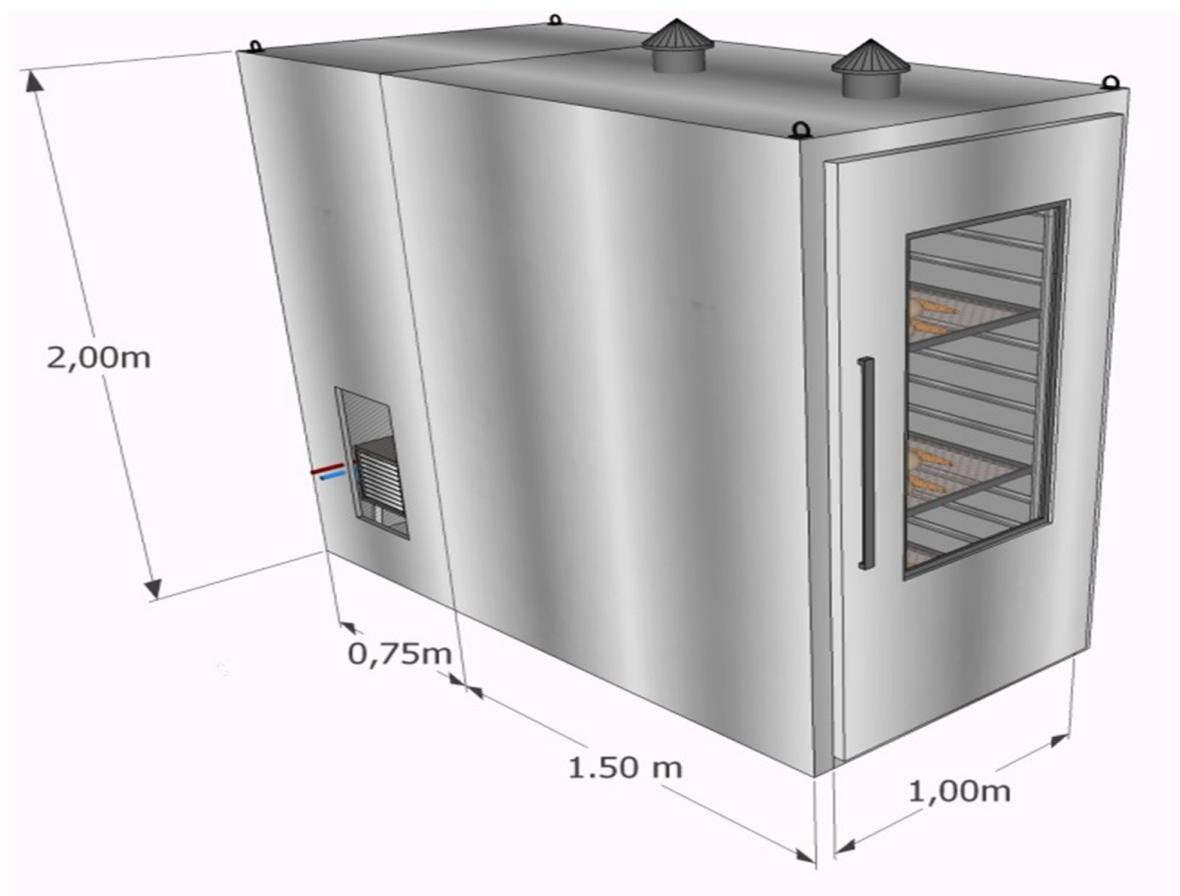


Fig. 3. Esquema del secadero solar

En la Fig. 3, se observa una vista general de la cámara de secado con sus respectivas dimensiones y una puerta que permite el ingreso y egreso del carro portabandejas.

En la Fig. 4 se puede observar la circulación del aire caliente desde su ingreso y salida de la cámara de secado, las líneas amarillas indican la corriente de aire tomada desde el exterior que ingresa al intercambiador de calor en el que se produce el calentamiento del mismo, las líneas rojas identifican al aire caliente que circula entre las bandejas produciendo la deshidratación de la materia prima, finalmente las líneas azules identifican la corriente de aire que abandona la cámara de secado y transporta la humedad retirada de la materia prima correspondiente.

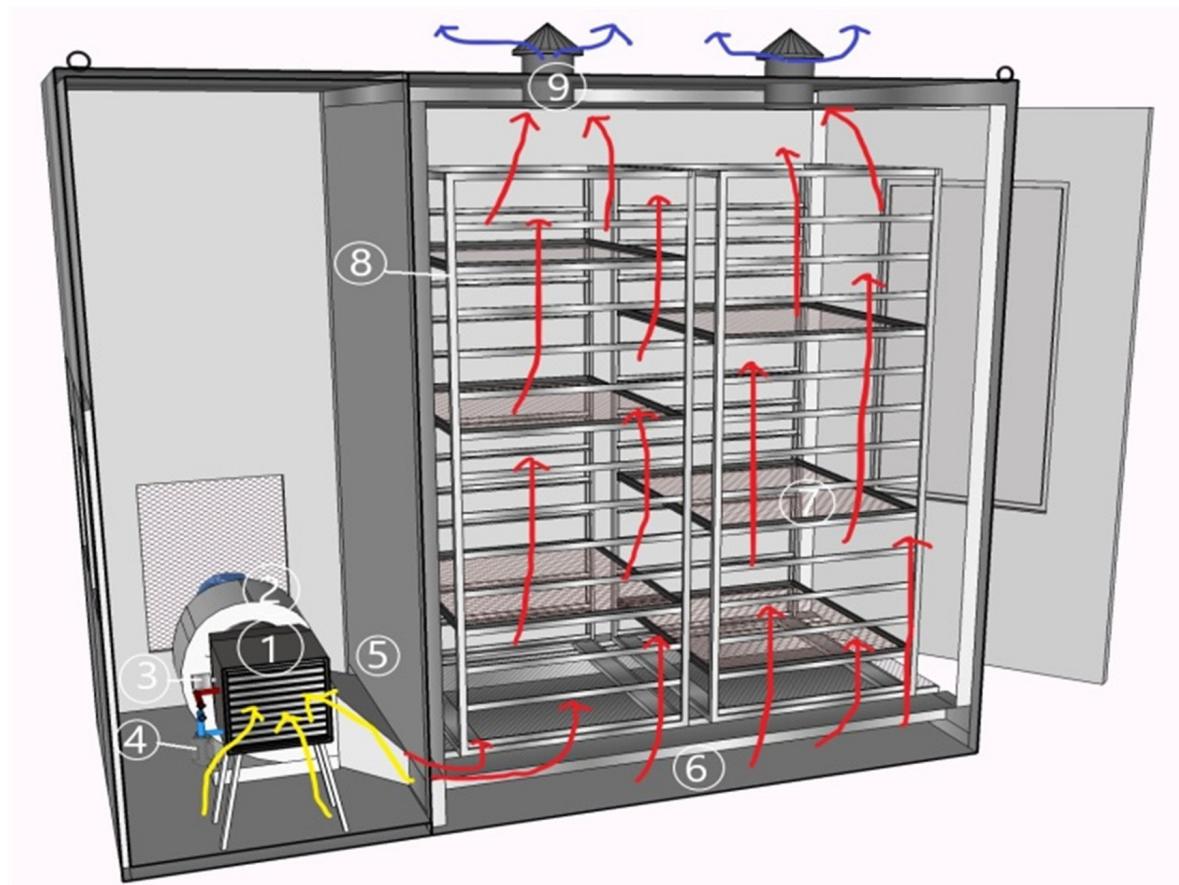


Fig. 4. Componentes y detalles del secadero

En la Fig. 4 se encuentran enumerados los componentes y detalles del secadero que se describen a continuación:

1. Cámara mezcladora o precámara
2. Ventilador de impulsión
3. Motor paso a paso asociado a la clapeta reguladora de caudal de aire
4. Bomba para recirculación de agua intercambiador-colector solar
5. Ingreso de aire a la cámara de secado
6. Circulación de aire ascendente
7. Bandejas metálicas
8. Carros porta bandejas
9. Extractor metálico

En la Fig. 5 se muestran diferentes vistas de la cámara de secado de vegetales y productos elaborados de alimentación fisiológica saludable. En la vista de la derecha de la Fig. 5 se observan los detalles constructivos de la cámara de secado, puede verse que se ha puesto especial empeño en el diseño de la misma a fin de asegurar la hermeticidad requerida para desarrollar de la manera más adecuada posible la deshidratación de la materia prima correspondiente.

Con la finalidad de desarrollar un secadero con bajas pérdidas de energía

al exterior, se adoptó para el diseño de paredes y techo, paneles de la firma MODULCON, cuyas características se describen en (MODULCON, s.f.). Cabe aclarar que se optó por este sistema ya que permite generar módulos (secaderos) acorde a las dimensiones que se necesitan.

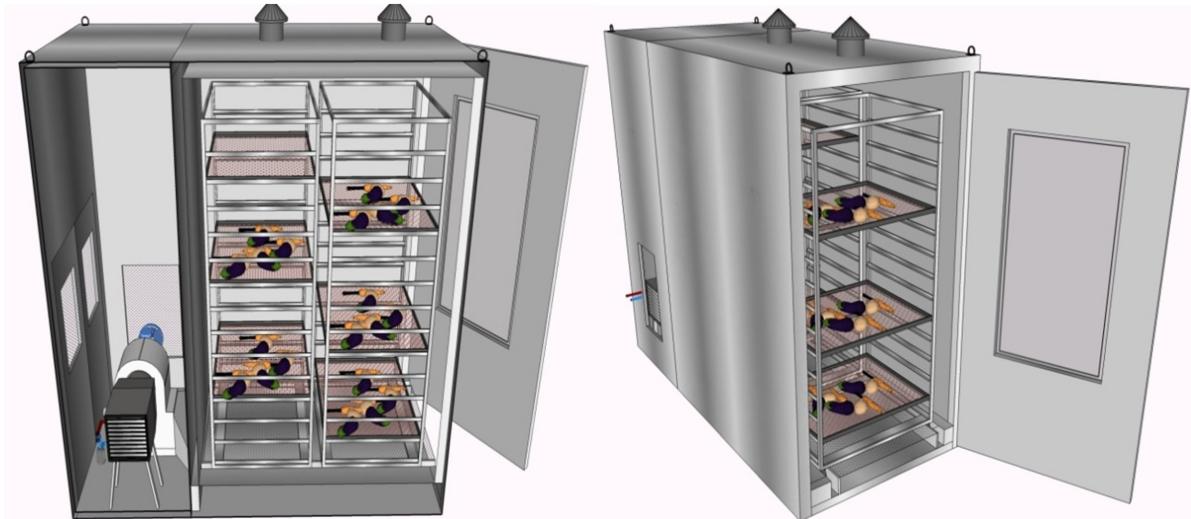


Fig. 5. Vistas de la cámara de secado

En la Fig. 6 se observa la gráfica del módulo utilizado, para el desarrollo del secadero solar de vegetales y productos elaborados de alimentación fisiológica saludable.

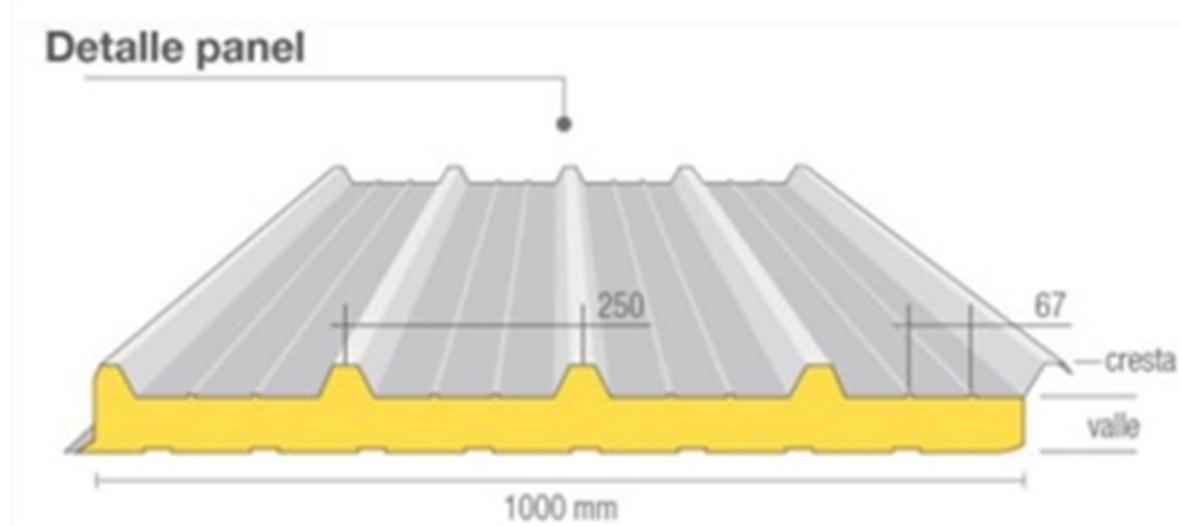


Fig. 6. Panel Modulcon

Selección del colector solar: en función de los resultados obtenidos se adopta un colector solar de tubos de vacío marca YPF SOLAR, con un tanque de acumulación de 240 lts, con las características que se detalla en YPF Solar (s.f.).

Selección de la bomba: para la circulación del agua entre el intercambiador de calor y el calefón solar, se seleccionó una bomba del catálogo de Czerweny, modelo ZETA o, con las características que se describen en Czerweny (s.f.). Selección del ventilador: teniendo en cuenta el volumen de aire que hay que hacer circular a través de los vegetales y productos elaborados a deshidratar se seleccionó el ventilador maraca Gatti, modelo RA -250 de 0.75 Hp y 1400rpm (Gattisa, s.f.).

Selección del intercambiador de calor: se adoptó un intercambiador de calor, marca Incon, modelo: BGL 44-100, cuyas características se observan en INCON (s.f.).

Sistema de Control del Secadero-PLC (Controlador Lógico Programable)

La Fig. 7 muestra un esquema de los componentes del sistema de control que fue diseñado con la finalidad de automatizar el proceso de secado. El sistema de control propuesto está basado en un PLC industrial con puerto integrado para red Profinet, el cual permitirá instalar una Interfase Hombre-Máquina (HMI) para el control, supervisión y adquisición de datos (Scada) del proceso. El mismo sistema accionará, a través de los dispositivos de conmutación correspondientes, el ventilador o forzador de aire, la bomba y la electroválvula de agua caliente. También se controlará las posiciones extremas de la clapeta reguladora del caudal de aire y el correcto cierre de la puerta de la cámara de secado.

Los parámetros a registrar son los siguientes:

- Temperatura del agua caliente al ingreso del intercambiador
- Temperatura del aire en la precámara
- Humedad relativa del aire en la precámara
- Temperatura del aire a la salida de la cámara de secado
- Humedad relativa del aire a la salida de la cámara de secado

El proceso constará de los siguientes pasos:

1. Bajar clapeta: desde la posición actual, la clapeta pasará a la posición inferior permitiendo solo el ingreso de aire frío (a temperatura y humedad ambiente).
2. Arranque del ventilador: Se controlará que el accionamiento del motor indique motor en marcha. En caso de utilizarse una configuración clásica de arranque directo, se considerará motor en marcha con la señal de contactor cerrado con un retardo de tiempo ajustable. Opcionalmente se podrá instalar un control de flujo de aire.
3. Apertura de electroválvula: el controlador dará la orden de apertura de la electroválvula de entrada de agua caliente luego del arranque del ventilador.
4. Arranque de la bomba de circulación de agua caliente: se hará con el mismo criterio que el accionamiento del motor de ventilador. Opcionalmente se podrá instalar un control de flujo de agua.

SISTEMA DE CONTROL - SECADERO SOLAR -

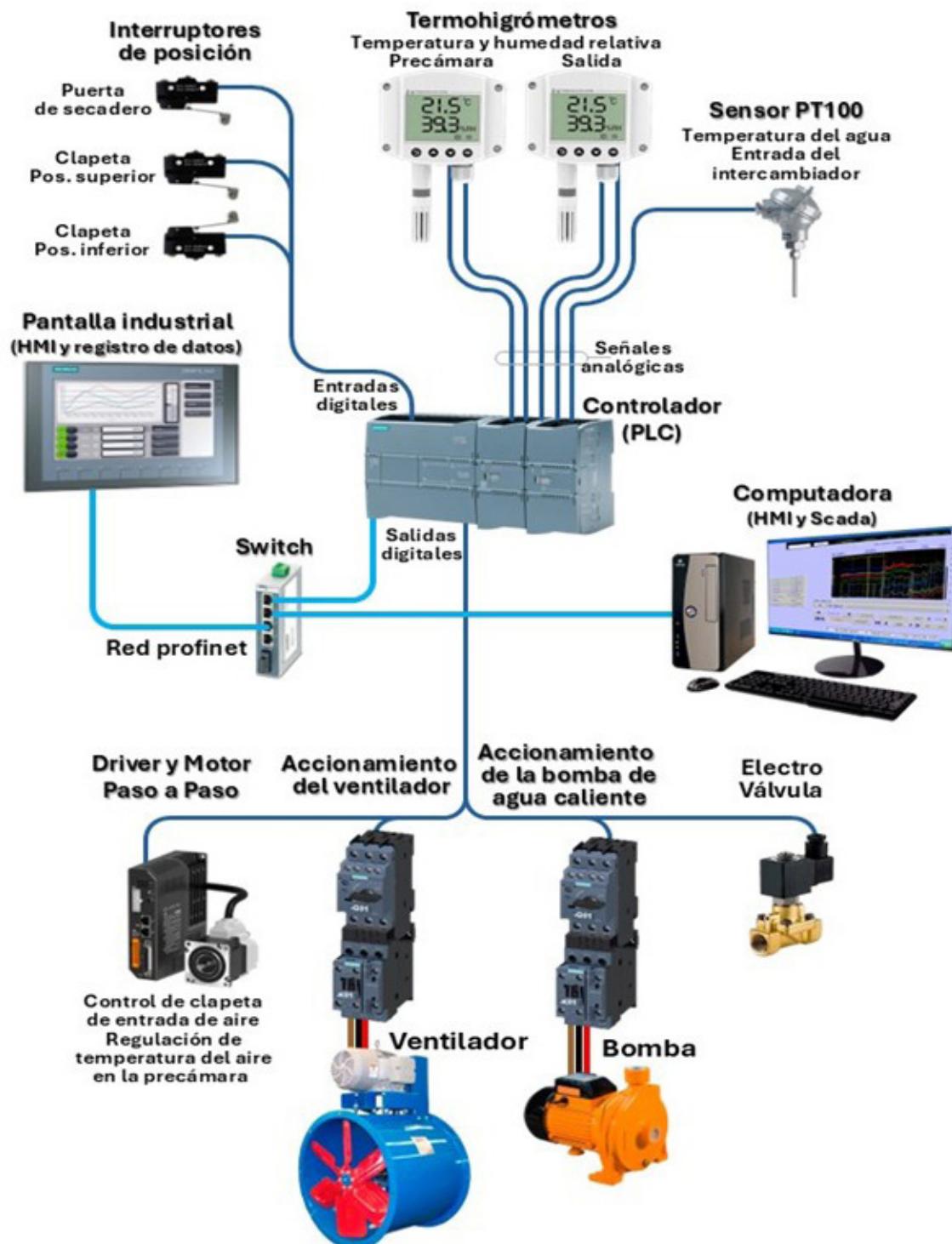


Fig.7. Esquema de los componentes del sistema de control

1. Temporización inicial: antes de iniciar el proceso de registro de datos y regulación de la temperatura del aire en la precámara, se esperará un tiempo ajustable que permita llegar al agua caliente desde el calefón solar hasta el intercambiador, considerando que luego de un periodo de parada el agua pierde temperatura en los conductos.
2. Registro de parámetros termodinámicos del proceso: se registra la fecha, la hora, el valor de temperatura del agua, la temperatura y humedad relativa del aire en la precámara y a la salida de la cámara de secado.
3. Verificación de la temperatura del agua caliente en el ingreso al intercambiador: se verifica que la temperatura del agua sea igual o superior a la temperatura mínima admisible, valor ajustable. Si no cumple esta condición, da alarma y finaliza el proceso.
4. Cálculo de la diferencia entre la humedad relativa del aire a la salida y a la entrada de la cámara de secado: se controla esta diferencia de humedad para determinar el nivel de secado.
5. Control del nivel de secado: Si la diferencia calculada en el paso anterior es inferior a un valor de control ajustable, se determina el tiempo de permanencia de esta diferencia.
6. Temporización del nivel de secado: se contabiliza el tiempo transcurrido del nivel de secado.
7. Control del tiempo del nivel de secado: si se mantiene la condición mencionada en el paso 9 durante el tiempo de control ajustable, se considera que se logró el secado deseado, se da aviso y finaliza el proceso.
8. Cálculo PID (Controlador Proporcional, Integral y Derivativo): Con la diferencia entre la temperatura del aire en la precámara y la temperatura deseada, se procede al cálculo de proporcionalidad de apertura de la clapeta con la función PID propia del controlador.
9. Posicionamiento de la clapeta: en función al resultado del paso anterior, se procede a posicionar la clapeta a través del driver y el motor paso a paso que acciona dicho componente.
10. Temporización de periodo de control: se espera el tiempo ajustable entre secuencias de control.
11. Alarma por baja temperatura del agua.
12. Aviso de finalización de proceso.

Sistema de adquisición de datos

El sistema de adquisición de datos permitirá registrar los parámetros del proceso mencionado oportunamente y opcionalmente, registrar valores de eventos como arranques de motores, fallas, datos de regulación, etc.

Este registro se podrá hacer utilizando solo una pantalla industrial con puerto USB, como el modelo KTP400 Confort mencionada en el listado de materiales sugeridos, al cual se puede conectar un pen drive donde quedarán los registros correspondientes.

Como alternativa a la pantalla mencionada anteriormente, se puede utilizar una computadora con los requisitos correspondientes e instalar un sistema scada, el cual permite controlar el sistema y realizar los registros de datos por medio de los scripts adecuados.

Independientemente de utilizar una computadora con sistema scada, podrá utilizarse una pantalla industrial para control local del proceso. Para esta opción se sugiere una pantalla industrial básica, como el modelo KTP400 Basic, por cuestiones de costo.

Los principales materiales sugeridos que se requieren para el desarrollo del control y automatización del proceso de secado, disponibles en el mercado, son los siguientes:

1. Termohigrómetros LZ-TECHNOLOGY modelo HT-100
2. PLC Siemens Simatic CPU S7-1212, 8 entradas digitales, 6 salidas digitales.
Módulos de ampliación SM 1231, 8 entradas analógicas
3. HMI Siemens KTP 400 Basic de 4". Alternativa: Siemens KTP 400 Confort de 4". Si se desea registro de datos en HMI
4. PC Con microcontroller i3, 16 GB RAM, Hard Disk 512 GB mínima. Pantalla 21" (sugerido)
5. Switch industrial Phoenix Contact 1005N, 5 puertos Ethernet RJ45 10/100Mbit/s
6. Driver para motor paso a paso M556C Leadshine 2 fases, 20-50 Vcc, 1,7-5.6 A, para Stepper Nema 15, 23 o 24
7. Motor paso a paso Nema 17

Flujograma simplificado de proceso

La Fig. 8 muestra el flujograma simplificado de proceso para la automatización del secadero solar de vegetales y productos elaborados de alimentación fisiológica saludable.

FLUJOGRAMA SIMPLIFICADO DE PROCESO

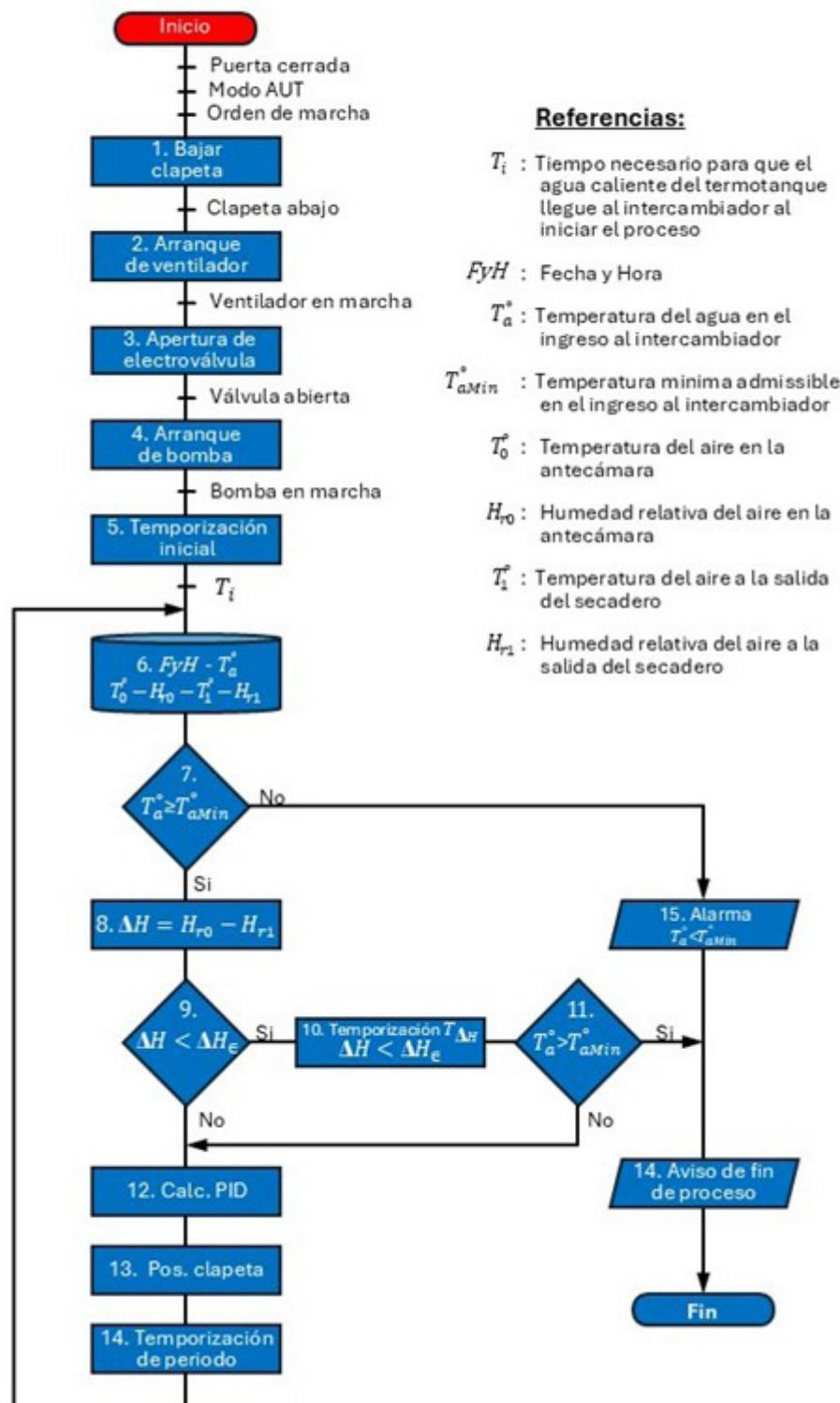


Fig. 8. Flujograma simplificado de proceso

Discusión y Resultados

Con el desarrollo del presente trabajo se ha alcanzado exitosamente el objetivo de exponer el estudio, desarrollo y automatización de un secadero solar de vegetales y productos elaborados de alimentación fisiológica saludable.

Dado que, el secadero solar descripto en este trabajo se encuentra en etapa de construcción y puesta a punto, en futuras publicaciones se expondrán los resultados relativos a la eficiencia eléctrica y/o de costos de funcionamiento del mismo, sin embargo es posible considerar que este sistema de secado resultará más económico que los sistemas tradicionales, debido a que actualmente el secado de vegetales y productos elaborados se realiza mediante hornos eléctricos y/o a gas, lo que resulta oneroso debido a los elevados costos que poseen la energía eléctrica y el gas.

Por otro lado, el sistema de secado propuesto cuenta con control de la temperatura del aire de secado, lo que permitirá evitar temperaturas elevadas del aire de secado, lo que asegura la calidad enzimática y vitamínica de los vegetales y productos elaborados a deshidratar.

Conclusiones

Para el cálculo, desarrollo y control del secadero se consideró el vegetal o producto elaborado que mayor cantidad de agua disminuyó en el proceso de secado, que en este caso fue el zucchini.

A partir de la selección del zucchini como materia prima de referencia se desarrolló el cálculo termodinámico, mediante el cual se diseñó el secadero solar y por consiguiente la selección de materiales y componentes adecuados para la construcción del mismo.

El diseño del control y automatización del proceso de secado se realizó utilizando un PLC, dispositivo electrónico programable.

El desarrollo del secadero solar se realizó en forma modular, permitiendo de esta manera optar por uno o más módulos, de acuerdo al emprendimiento desarrollado por el propietario.

El estudio y desarrollo del secadero solar de vegetales y productos elaborados de alimentación fisiológica saludable, permitirá establecer las bases de un PDTS (Proyecto de Desarrollo Tecnológico y Social), que luego podrá transferirse a los propietarios del emprendimiento que solicite el asesoramiento y a las empresas que lo requieran.

Referencias

Czerweny. (s.f.). Czerweny – Tecnología confiable en energía. <http://www.czerweny.ar>

- Espinoza, J. (2016). Innovación en el deshidratado solar. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 24(ESPECIAL), 72-80.
- Gattisa. (s.f.). Gattisa – Soluciones tecnológicas en energías renovables. <https://www.gattisa.com.ar>
- INCON. (s.f.). Intercambiadores BGL. <https://incon.com.ar/intercambiadores/BGL>
- MODULCON. (s.f.). MODULCON – Innovación en conectividad y telecomunicaciones. <https://modulcon.com.ar/>
- Spotorno R; Pochettino J; García F; Sequeira F. (2024). Validación del diseño, construcción y puesta en funcionamiento de un secadero solar con control de temperatura de aire. 5º CES (Congreso de Energías Sustentables). Bahía Blanca. Buenos Aires.
- Vázquez, T., Arnéz, S., Fernández, M., & Fernández, J. (1997). Manual de secado solar técnico de alimentos. Energética y FAKT. Cochabamba–Bolivia.
- YPF Solar. (s.f.). Termotanque solar tubo de vacío 240 litros. <https://ypfsolar.com/producto/termotanque-solar-tubo-de-vacio-240-litros>