


# CONESCAPANHONDURAS2025paper112.pdf

 Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)

---

## Document Details

### Submission ID

trn:oid:::14348:477763967

### Submission Date

Jul 31, 2025, 10:36 PM CST

### Download Date

Aug 12, 2025, 6:22 PM CST

### File Name

CONESCAPANHONDURAS2025paper112.pdf

### File Size

609.8 KB

5 Pages




2,704 Words

15,378 Characters

# 30% Overall Similarity

The combined total of all matches, including overlapping sources, for each database.

## Top Sources

- 29%  Internet sources
- 23%  Publications
- 0%  Submitted works (Student Papers)

## Integrity Flags




### 0 Integrity Flags for Review

No suspicious text manipulations found.

Our system's algorithms look deeply at a document for any inconsistencies that would set it apart from a normal submission. If we notice something strange, we flag it for you to review.

A Flag is not necessarily an indicator of a problem. However, we'd recommend you focus your attention there for further review.

## Top Sources

- 29%  Internet sources
- 23%  Publications
- 0%  Submitted works (Student Papers)

## Top Sources

The sources with the highest number of matches within the submission. Overlapping sources will not be displayed.

1	Internet	pdfcoffee.com	17%
2	Internet	www.coursehero.com	3%
3	Internet	ouci.dntb.gov.ua	1%
4	Internet	dalspace.library.dal.ca	1%
5	Internet	digibuo.uniovi.es	<1%
6	Internet	www.perlego.com	<1%
7	Internet	www.researchgate.net	<1%
8	Internet	www.vit.edu	<1%
9	Internet	www.engineeringforchange.org	<1%
10	Internet	ptu.ac.in	<1%
11	Internet	xdoc.mx	<1%

12	Publication	"References", Elsevier BV, 2025	<1%
13	Internet	es.slideshare.net	<1%
14	Publication	"Proceedings of the 4th Biotechnology World Symposium", Mexican Journal of Bi...	<1%
15	Internet	www.scoop.it	<1%
16	Publication	Quezada-Quezada José Carlos, Flores-García Ernesto, Quezada-Aguilar Víctor, Bau...	<1%
17	Internet	fdocuments.mx	<1%
18	Publication	Gabriela Clemente Polo. "Efecto de la contracción en la cinética de secado de mús...	<1%
19	Internet	futur.upc.edu	<1%
20	Internet	go.gale.com	<1%
21	Internet	grupodidacta.com	<1%
22	Internet	jobs.sealedair.com	<1%

# Dehidratador de Frutas por convección Forzada con HMI

1

line 1: 1<sup>st</sup> Given Name Surname  
line 2: dept. name of organization  
(of Affiliation)  
line 3: name of organization (of  
Affiliation)  
line 4: City, Country  
line 5: email address or ORCID

line 1: 2<sup>nd</sup> Given Name Surname  
line 2: dept. name of organization  
(of Affiliation)  
line 3: name of organization (of  
Affiliation)  
line 4: City, Country  
line 5: email address or ORCID

line 1: 3<sup>rd</sup> Given Name Surname  
line 2: dept. name of organization  
(of Affiliation)  
line 3: name of organization (of  
Affiliation)  
line 4: City, Country  
line 5: email address or ORCID

line 1: 4<sup>th</sup> Given Name Surname  
line 2: dept. name of organization  
(of Affiliation)  
line 3: name of organization (of  
Affiliation)  
line 4: City, Country  
line 5: email address or ORCID

line 1: 5<sup>th</sup> Given Name Surname  
line 2: dept. name of organization  
(of Affiliation)  
line 3: name of organization (of  
Affiliation)  
line 4: City, Country  
line 5: email address or ORCID

line 1: 6<sup>th</sup> Given Name Surname  
line 2: dept. name of organization  
(of Affiliation)  
line 3: name of organization (of  
Affiliation)  
line 4: City, Country  
line 5: email address or ORCID

7

**Abstract**—Este artículo presenta un prototipo de deshidratador de frutas por convección forzada, con modos de control automático y manual. El modo manual se habilita a través de una HMI conectada en red local, permitiendo ajustes en tiempo real. El sistema mejora la consistencia de secado, la eficiencia energética y la calidad del producto frente a métodos convencionales, ofreciendo un marco escalable para aplicaciones

7

2

**Keywords**— convección forzada, GRAFCET, lógica de escalera, HMI, control de temperatura, control de tiempo.

14

## I. INTRODUCCIÓN

La deshidratación de frutas prolonga la vida útil, reduce los costos de transporte y preserva el valor nutricional, pero requiere un control preciso de la temperatura y el tiempo de secado, que varían según el tipo de fruta [1]. Los deshidratadores convencionales dependen de ajustes manuales, lo que provoca inconsistencias en la calidad del producto y desperdicio de energía.

2

Con el objetivo de mejorar estos aspectos, se propone el diseño e implementación de un deshidratador de convección forzada con control automatizado, basado en un PLC Siemens SIMATIC S7-1200. El sistema permite adaptar los parámetros de secado conforme al perfil específico de cada fruta, mediante un comportamiento secuencial modelado en GRAFCET Tecnológico e implementado en lógica escalera en el entorno TIA Portal.

16

18

Uno de los elementos clave del proyecto es la incorporación de una interfaz HMI, que no solo permite el monitoreo en tiempo real de variables críticas como la temperatura y el tiempo restante de proceso, sino que también habilita el manejo del sistema en modo manual por parte de un operador. Esta dualidad entre automatización y control manual ofrece una arquitectura híbrida que garantiza flexibilidad operativa sin comprometer la repetibilidad del proceso. En conjunto, el sistema mejora la

2

15

1

Identify applicable funding agency here. If none, delete this text box.

estabilidad del secado, la eficiencia energética y la uniformidad del producto final.

## II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICO

### A. Proceso de Deshidratación de Frutas

La deshidratación de frutas es un proceso de conservación que consiste en eliminar una porción significativa del contenido de agua en el alimento, reduciendo así su actividad acuosa (a<sub>w</sub>) a niveles que impidan el desarrollo microbiano y la acción de enzimas degradativas [1]. Esta técnica no solo aumenta la vida útil del producto, sino que también conserva su valor nutricional, facilita el transporte y permite una reducción significativa del volumen y peso.

Durante este proceso, existen **variables críticas** que deben ser controladas con precisión para asegurar calidad y eficiencia:

- Tiempo de exposición: Ajustado al tipo de fruta y contenido inicial de humedad, determina el grado de deshidratación alcanzado [1].
- Temperatura del aire caliente: Determina la velocidad de evaporación sin comprometer el sabor o valor nutricional [2].
- Velocidad del aire: Influye directamente en la tasa de transferencia de masa y energía [3].
- Distribución del calor: Evita zonas mal secadas o sobrecalentadas, asegurando uniformidad [2].

### B. Transferencia de Calor por Convección Forzada

La transferencia de calor es un proceso mediante el cual la energía térmica se desplaza desde una región de mayor temperatura hacia una de menor temperatura. Entre los mecanismos fundamentales de transferencia térmica —conducción, convección y radiación—, la convección es

especialmente relevante en sistemas donde el calor es transportado por un fluido, como el aire o el agua. [5].

En la convección forzada, el movimiento del fluido no es natural sino generado por un agente externo, como un ventilador o una bomba. A diferencia de la convección natural—que depende de la diferencia de densidades producida por cambios de temperatura—, la convección forzada permite un control más eficiente del flujo térmico, aceleración la transferencia de calor y mejorando la homogeneidad de temperatura en todo el sistema [5][4].

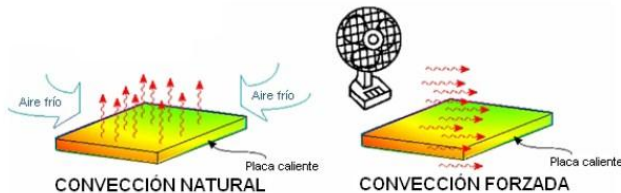


Fig. 1. Transferencia de calor de convección natural y forzada

Este fenómeno se describe mediante la siguiente ecuación general:

$$Q = h * A (T_{\text{Fluido}} - T_{\text{Superficie}}) \quad (1)$$

Donde:

- Q es la tasa de transferencia de calor (W).
- H es el coeficiente de convección. (W/m<sup>2</sup>·K),
- A es el área de contacto en la superficie (m<sup>2</sup>)
- T<sub>Fluido</sub> es la temperatura del aire o del fluido en movimiento
- T<sub>Superficie</sub> es la temperatura de la superficie del cuerpo que recibirá el calor (°C) [5].

### C. GRAFCET (Grphe Fonctional de Commande Étape/Transition)

El lenguaje GRAFCET también conocido como Diagrama Secuencial de Funciones (SFC), es un lenguaje gráfico formalizado en la norma IEC 60848, diseñado para representar y modelar el comportamiento secuencial de sistemas de automatización. Su propósito es describir de forma clara y estructurada las diferentes etapas por las que pasa un proceso, así como las condiciones lógicas necesarias para avanzar de una etapa a otra [6].

Este lenguaje se fundamenta en el principio de dividir el proceso en etapas (**steps**) y transiciones (transitions):

- Una etapa representa un estado del sistema en el cual se ejecutan una o varias acciones.
- Una transición conecta dos etapas y se activa cuando se cumple una condición lógica, lo que permite el cambio de estado.

### D. Some Common Mistakes

El Lenguaje de Escalera (Ladder Diagram o LD) es uno de los lenguajes de programación más antiguos y utilizados en el mundo de los **Controladores Lógicos Programables (PLC)**. Está normalizado por la IEC 61131-3, que define los lenguajes

estándar para programación de autómatas industriales. Su diseño se basa en la lógica de relés y contactores eléctricos, por lo que representa gráficamente circuitos de control eléctrico mediante líneas horizontales ("peldaños") que conectan dos rieles verticales de potencia, simulando una "escalera" [7].

Cada peldaño representa una instrucción lógica que puede incluir **contactos (normalmente abiertos o cerrados)** y **bobinas (salidas activas)**. Los contactos representan condiciones o entradas del sistema (como sensores o botones), mientras que las bobinas representan acciones o salidas (como motores, válvulas o indicadores).

### E. Interfaz Hombre-Máquina (HMI)

Una HMI (Interfaz Hombre-Máquina) es una plataforma gráfica que permite visualizar, monitorear y controlar procesos industriales en tiempo real [8]. Se comunica directamente con el PLC y permite al operador interpretar el estado del sistema, modificar parámetros de funcionamiento, visualizar alarmas o intervenir manualmente si es necesario. En el sistema desarrollado, la HMI cumple dos funciones esenciales:

1) *Monitoreo en tiempo:* Permite al usuario observar variables críticas como la temperatura, tiempo restante y estado de los actuadores.

2) *Control en modo manual:* El operador puede activar o desactivar componentes del sistema sin alterar el código lógico, ideal para pruebas o mantenimiento. [5][4].

## III. METODOLOGÍA Y HERRAMIENTAS

### A. Diseño del Sistema Físico (Modelo 3D)

Como primer paso, se diseñó un modelo tridimensional del deshidratador utilizando software de diseño asistido por computadora (CAD) de Oneshape. Este modelo permitió representar la disposición de las bandejas, el alojamiento del sistema de calefacción (resistencia eléctrica) y el sistema de ventilación. Además, se analizaron aspectos del flujo de aire dentro de la cámara cerrada, lo que facilitó un diseño eficiente en términos estructurales y energéticos.

Este modelo sirvió como guía principal para la construcción física, permitiendo prever el espacio requerido para componente eléctricos, cableado y aislamientos térmicos. Sin embargo, este puede cambiar durante el proceso de fabricación por complicaciones inesperadas.

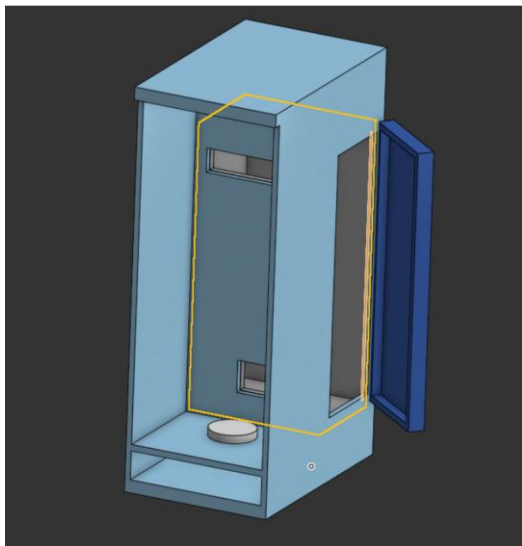


Fig. 2. Modelo 3D del Prototipo deshidratador de frutas.

### B. Modelado Lógico del Proceso (GRAFCET)

Para representar la secuencia lógica del proceso de secado, se utilizó el lenguaje gráfico GRAFCET, estandarizado por la norma IEC 60848.

- Encendido del sistema
- Activación de la resistencia para el calentamiento.
- La verificación del sensor de temperatura.
- Activación del ventilador.
- Inicio del temporizador de secado.
- Finalización automático del proceso o interrupción manual.
- Activación del modo manual.
- Paro del proceso.

Este modelo facilitó la validación del comportamiento lógico antes de programar el PLC en el software de TIA Portal de Siemens, asegurando una transición adecuada entre cada estado del proceso y una operación repetible

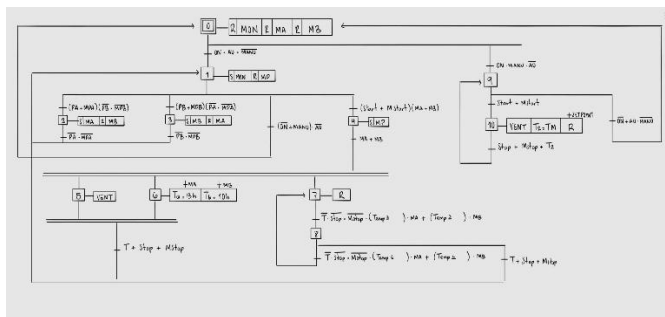


Fig. 3. GRAFCET del proceso automático y manual del prototipo.

### C. Implementación en el PLC el KOP (Lenguaje de Escalera)

Una vez definido el modelo lógico en GRAFCET, se procedió a su implementación en el PLC Siemens S7-1200, utilizando el entorno de programación TIA Portal V18, compatible con los estándares de automatización industrial.

El primer paso en el software fue la **declaración de todas las variables del sistema**, tanto de **entrada** como de **salida**, asignándoles nombres significativos según su función dentro del proceso. Esto incluye, por ejemplo: botón de inicio, botón de paro, temporizador de trabajo (puede ser de desconexión o de conexión), activación de la resistencia y ventilador, indicadores visuales de estado (luces), entre otros. Paso fundamental para garantizar una programación clara, ordenada y libre de errores de asignación, además de facilitar la depuración y posterior mantenimiento del sistema.

Una vez definidas las variables, se tradujeron las **etapas del GRAFCET al lenguaje KOP (Kontaktplan)**, también conocido como diagrama de escalera, implementando la lógica de transición con contactos, bobinas y temporizadores.

Adicional, se implementó un HMI por medio de Labview, para el monitoreo de las variables críticas y el manejo del modo manual en una red local. No se mostrará imagen debió a la complejidad de programa en mostrar el diagrama KOP en su totalidad. Pero se mostrará el Labview del prototipo.

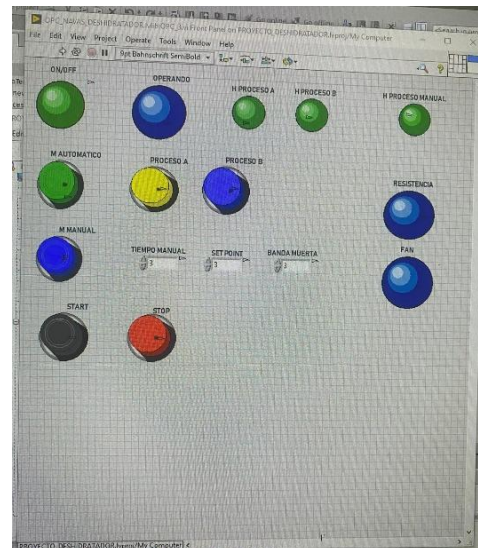


Fig. 4. HMI del prototipo en el software de Labview.

### D. Some Common Mistakes

- The word “data” is plural, not singular.
- The subscript for the permeability of vacuum  $\mu_0$ , and other common scientific constants, is zero with subscript formatting, not a lowercase letter “o”.
- In American English, commas, semicolons, periods, question and exclamation marks are located within quotation marks only when a complete thought or name is cited, such as a title or full quotation. When quotation marks are used, instead of a bold or italic typeface, to highlight a word or phrase, punctuation should appear



outside of the quotation marks. A parenthetical phrase or statement at the end of a sentence is punctuated outside of the closing parenthesis (like this). (A parenthetical sentence is punctuated within the parentheses.)

- A graph within a graph is an “inset”, not an “insert”. The word alternatively is preferred to the word “alternately” (unless you really mean something that alternates).
- Do not use the word “essentially” to mean “approximately” or “effectively”.
- In your paper title, if the words “that uses” can accurately replace the word “using”, capitalize the “u”; if not, keep using lower-cased.
- Be aware of the different meanings of the homophones “affect” and “effect”, “complement” and “compliment”, “discreet” and “discrete”, “principal” and “principle”.
- Do not confuse “imply” and “infer”.
- The prefix “non” is not a word; it should be joined to the word it modifies, usually without a hyphen.
- There is no period after the “et” in the Latin abbreviation “et al.”.
- The abbreviation “i.e.” means “that is”, and the abbreviation “e.g.” means “for example”.

An excellent style manual for science writers is [7].

#### IV. RESULTADOS

##### A. Ensamblaje Final del Prototipo.

Tras el diseño digital y la planificación eléctrica y lógica, se construyó el prototipo físico del deshidratador de frutas. La estructura está conformada por una cámara térmicamente aislada con bandejas de acero inoxidable para el soporte del producto, una resistencia eléctrica de calefacción instalada lateral, y un ventilador en la parte posterior de la resistencia que permite la circulación de aire caliente por convección forzada en un sistema cerrado.

El diseño físico se mantuvo fiel en la mayoría al modelo 3D elaborado en la etapa de diseño, lo cual facilitó el proceso de ensamblaje. El flujo de aire caliente se distribuye de forma uniforme por la cámara, asegurando una deshidratación homogénea.



Fig. 5. Ensamblaje Final del Prototipo.

##### B. Cableado e Integración con el PLC Siemens

El sistema de control fue instalado en un gabinete eléctrico donde se montó el PLC Siemens S7-1200 con una fuente de alimentación de 120V con una protección termomagnético. Estas conexiones del PLC incluyen:

- Entradas digitales para botones de encendido/apagado, selector de modo (manual/automático) y sensor de temperatura con una alimentación de 5V.
- Salidas digitales para controlar la activación de la resistencia eléctrica (con una fuente de alimentación de 120V) y el ventilador mediante contactores (con una fuente de alimentación de 5V)
- Comunicación con el HMI de computadora para el monitoreo de variable como la temperatura y el tiempo restante del ciclo.

Todo el cableado fue etiquetado y canalizado para asegurar orden y facilidad de mantenimiento. Se verificó la correcta conexión de las señales antes de alimentar el sistema y se realizaron pruebas iniciales sin carga.

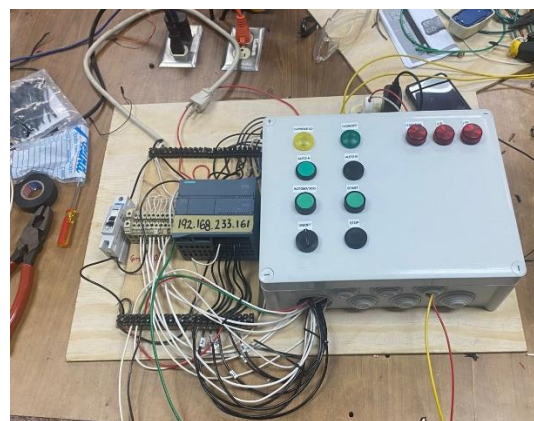


Fig. 6. Gabinete eléctrico de control junto con el PIC Siemens S7-1200

##### C. Comportamiento del Sistema en Pruebas.

El prototipo demostró una **respuesta estable** al encender el sistema desde la HMI. La temperatura interna alcanzó los 45 °C en aproximadamente en 15 minutos y 60 °C en



aproximadamente 27 minutos, activando automáticamente el ventilador al llegar al valor de consigna. El sistema respetó la secuencia GRAFCET implementada en KOP, y el temporizador finalizó correctamente el ciclo según el tiempo definido por el usuario que fueron de 5 a 10 horas.

El modo manual también fue funcional, permitiendo al operador activar o desactivar los actuadores directamente desde la pantalla, lo cual facilita la operación en situaciones específicas o mantenimiento.

## V. CONCLUSIONES

La implementación de un deshidratador de frutas automatizado utilizando un PLC Siemens S7-1200 y una interfaz HMI permitió alcanzar los objetivos principales del proyecto: controlar con precisión las variables críticas del proceso —temperatura y tiempo— y ofrecer una operación flexible mediante modos automáticos y manual.

El sistema construido demostró un funcionamiento estable, con un ciclo de deshidratación consistente y una interfaz de usuario intuitiva. La lógica de control, modelada en GRAFCET y programada en lenguaje de escalera (KOP), respondió correctamente a las condiciones definidas y facilitó la automatización del proceso de secado.

No obstante, a pesar de los resultados positivos obtenidos, se identifican áreas de mejora para futuras versiones del sistema. La integración de sensores de humedad relativa o medidores de peso en tiempo real permitiría un control más preciso del punto final de deshidratación. Además, la mejora en la calidad de fabricación (por ejemplo, uso de acero inoxidable sanitario o aislantes térmicos más eficientes) puede aumentar la durabilidad del equipo y su eficiencia energética.

Este proyecto no solo logró automatizar un proceso tradicional con tecnología industrial, sino que también sienta las bases para mejoras técnicas y de fabricación que podrían ampliar su aplicabilidad en entornos productivos reales o académicos.

## REFERENCIAS

- [1] Krokida, M. K., & Maroulis, Z. B. (2001). **Structural Properties of Dehydrated Products during Rehydration**. *International Journal of Food Science & Technology*, 36(5), 529–538. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2621.2001.00463.x>
- [2] Mujumdar, A. S. (2014). *Handbook of Industrial Drying* (4th ed.). CRC Press. <https://www.routledge.com/Handbook-of-Industrial-Drying/Mujumdar/p/book/9781466596650>
- [3] Fellows, P. (2009). *Food Processing Technology: Principles and Practice* (3rd ed.). Woodhead Publishing. <https://www.elsevier.com/books/food-processing-technology/fellows/978-1-84569-216-2>
- [4] Ratti, C. (2001). **Hot Air and Freeze-Drying of High-Value Foods: A Review**. *Journal of Food Engineering*, 49(4), 311–319. [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(00\)00228-4](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(00)00228-4)
- [5] Incropera, F. P., & DeWitt, D. P. (2007). *Fundamentals of Heat and Mass Transfer* (6th ed.). John Wiley & Sons.
- [6] IEC 60848. (2013). *Specification language GRAFCET for sequential function charts*. International Electrotechnical Commission. <https://webstore.iec.ch/publication/1158>
- [7] IEC 61131-3. (2013). *Programmable controllers – Part 3: Programming languages*. International Electrotechnical Commission. <https://webstore.iec.ch/publication/4552>
- [8] Petruzella, F. D. (2010). *Programmable Logic Controllers* (4th ed.). McGraw-Hill. <https://www.mheducation.com/highered/product/programmable-logic-controllers-petruzella/M9780073373843.html>