

Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), enero-febrero 2025,
Volumen 9, Número 1.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i1

SISTEMA DE TERMOFLUIDOS CON REFRIGERACIÓN DIRECCIONADO A LA CONSERVACIÓN DE ALIMENTACIÓN DE BAJO COSTO

**THERMOFLUID SYSTEM WITH REFRIGERATION AIMED
AT LOW-COST FOOD PRESERVATION**

Hernán Vinicio Morales Villegas

Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Ecuador

Alex Darío Basantes Guamushig

Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Ecuador

Christian Fabricio Camacho Ramírez

Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Ecuador

David Aldair Moreno Rueda

Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Ecuador

Miguel Andrés Nieto Jara

Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Ecuador

DOI: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i1.16059

Sistema de Termofluidos con Refrigeración direccionado a la Conservación de Alimentación de Bajo Costo

Hernán Vinicio Morales Villegas¹

hvmorales@espe.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0001-8211-1238>

Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE
Latacunga – Ecuador

Alex Darío Basantes Guamushig

adbasant3@espe.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0008-9588-2638>

Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE
Latacunga - Ecuador

Christian Fabricio Camacho Ramírez

cfcamacho1@espe.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0007-8080-180X>

Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE
Latacunga – Ecuador

David Aldair Moreno Rueda

damoreno18@espe.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0005-6020-5280>

Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE
Latacunga - Ecuador

Miguel Andrés Nieto Jara

manieto2@espe.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0002-4605-3012>

Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE
Latacunga - Ecuador

RESUMEN

Este proyecto desarrolla un sistema de termo fluidos con refrigeración de bajo costo para la conservación de alimentos, diseñado especialmente para comunidades de bajos recursos. Basado en la tecnología de refrigeración por compresión de vapor, utiliza un compresor, un condensador, un dispositivo de expansión y un evaporador para mantener temperaturas entre 2 °C y 8 °C, ideales para alimentos frescos. La innovación del diseño radica en la selección de materiales económicos y refrigerantes ecológicos, reduciendo costos y el impacto ambiental. Además, el sistema es energéticamente eficiente, compatible con fuentes de energía alternativas como paneles solares, lo que lo hace viable en zonas rurales o con acceso limitado a la electricidad. El diseño es modular, compacto y de fácil mantenimiento, permitiendo su fabricación local y reparaciones sencillas. Durante pruebas iniciales, demostró ser eficiente en el consumo energético, competitivo frente a sistemas comerciales más costosos. Este sistema no solo prolonga la vida útil de los alimentos, reduciendo el desperdicio, sino que también tiene un impacto social y económico positivo, al generar empleo local y mejorar la calidad de vida en comunidades vulnerables. Próximas etapas incluirán la optimización del diseño y pruebas piloto para validar su implementación a mayor escala.

Palabras claves: sostenibilidad, eficiencia energética, refrigeración de bajo costo

¹ Autor principal

Correspondencia: hvmorales@espe.edu.ec

Thermofluid System with Refrigeration aimed at Low-Cost Food Preservation

ABSTRACT

This project develops a low-cost thermo-fluid system with refrigeration for food preservation, designed especially for low-income communities. Based on vapor compression refrigeration technology, it uses a compressor, condenser, expansion device and evaporator to maintain temperatures between 2°C and 8°C, ideal for fresh foods. The design innovation lies in the selection of economical materials and ecological refrigerants, reducing costs and environmental impact. Additionally, the system is energy efficient, compatible with alternative energy sources such as solar panels, making it viable in rural areas or areas with limited access to electricity. The design is modular, compact and easy to maintain, allowing local manufacturing and simple repairs. During initial testing, it proved to be energy efficient, competitive with more expensive commercial systems. This system not only extends the shelf life of food, reducing waste, but also has a positive social and economic impact, generating local employment and improving the quality of life in vulnerable communities. Next stages will include design optimization and pilot testing to validate its implementation on a larger scale.

Keywords: sustainability, energy efficiency, low-cost refrigeration

Artículo recibido 14 diciembre 2024

Aceptado para publicación: 17 enero 2025



INTRODUCCION

En la industria de refrigeración de frutas, hortalizas, se tiene diferentes métodos, permitiendo la conservación del producto por una prolongación de tiempo considerable, dado que están influenciados por diferentes factores que causan el deterioro del producto, desde microorganismo hasta la injerencia de la temperatura.

Es por ello conocer los diferentes procesos empleados en la industria.

Los principales métodos de enfriamiento se tienen:

1. Refrigeración de la habitación.
2. Refrigeración por aire forzado
3. Hidro enfriamiento
4. Refrigeración por hielo
5. Refrigeración por vacío.
6. Refrigeración criogénica
7. Refrigeración por evaporación.

Refrigeración de la habitación. Este método consiste en la colocación de productos en los contenedores, exponiéndose al aire frío. Es recomendable utilizarlo en productos sensibles a la humedad dado que el enfriamiento es lento, apropiado para cantidades pequeñas. Además de que los envases deben estar adecuadamente ventilados.

Refrigeración por aire forzado Este método se desarrolló para adaptarse a productos que requieren eliminación relativamente rápidamente de calor, modificando el enfriamiento de habitación exponiendo al producto a presiones considerablemente más altas. Para que su efectividad sea alta, es necesario que los envases posean orificios que permitan la circulación del aire en dirección. Hidro enfriamiento Este procedimiento se emplea agua fría para disminuir la temperatura de envases pequeños, sumergiendo el producto en agua fría, mientras se transporta a través de un túnel de enfriamiento, para una mejor eficiencia, la técnica de enfriamiento debe ser uniforme, evitando dejar puntos calientes en la carga.

Refrigeración por hielo En este proceso se emplea hielo triturado para enfriar los productos, colocándolos alrededor de las cajas de cartón o sacos, donde el hielo rellena los espacios vacíos, estando en contacto directo con el producto, existiendo una diferencia de temperatura en el lugar donde se ubicó



el hielo. Refrigeración por vacío Este tipo de enfriamiento se consigue mediante la evaporación de la humedad del producto, siendo más eficiente reduciendo la presión a un punto de ebullición y temperatura baja. El enfriamiento al vacío está influenciado por la relación superficie-masa además de la facilidad del desprendimiento de tejido de los productos.

Refrigeración criogénica

En el enfriamiento criogénico, el producto se enfría durante su traslado a través de un túnel, donde se encuentra nitrógeno, teniendo énfasis en la tasa de evaporación y la velocidad de transportador, evitando arruinar el producto. Además, en términos económicos, la refrigeración criogénica es barata de instalar, aunque su funcionamiento y mantenimiento es de un coste elevado.

Refrigeración por evaporación

Este método se caracteriza por ser eficaz además de económico, pues el aire seco se hace pasar a través de una fina niebla de agua, para su posterior trayecto en contenedores ventilados con el producto. Este método es adecuado para los cultivos de temperatura cálida tales como tomates, pepinos, berenjenas. En este proyecto se decidió emplear el sistema de hidro enfriamiento, dado que el cliente desea dicho modelo, sin embargo, al no dar mayores explicaciones de dichos productos, es poco probable recomendar un proceso con mayor eficiencia, además que dentro de la industria de la refrigeración. Con dicha información recolectada nos permite conocer la industria de la refrigeración, además de comprender el funcionamiento de cada uno. Para posteriores proyectos, con mayores libertades, seleccionar el sistema en base a los productos a enfriar, además de tener en consideración la relación costo-beneficio; permitiendo dar una variedad de opciones al cliente, de tal manera que elija en base a su presupuesto. En base a los datos presentados, se definirá la manera adecuada de diseñar el proyecto en la sección de metodología.

METODOLOGÍA

En este proyecto se tiene como objetivo principal utilizar los conocimientos adquiridos de esta materia, donde aplicaremos conceptos de ciclos Termodinámicos, fricción y eficiencia. La metodología que se desarrollará en este problema está enfocada principalmente en tres diferentes métodos que son el inductivo, analítico y comparativo que nos garantiza una correcta solución del problema planteado. Se comienza por aplicar el método inductivo donde se toman los datos que nos proporciona el ejercicio e



identificar las necesidades de este. Al terminar de recopilar todos los datos, se empieza a analizar los conceptos teóricos aprendidos durante todo el semestre, y también nos ayudamos con información sacada de textos científicos que nos aclara dudas en cuanto al desarrollo del ejercicio. Se termina este método realizando los cálculos con los datos provistos y guardarlos de manera organizada y detallada. Luego se procede a examinar de forma crítica los datos obtenidos mediante el método analítico, se revisa si no existen valores inexistentes e imaginarios, y se verifica que los resultados estén de acuerdo con lo esperado y darle un sentido lógico a cada valor. Por último, el tercer método, también llamado método comparativo nos ayuda a comprobar si los resultados obtenidos son óptimos para una adecuada solución al problema, y que así sea la mejor respuesta.

Durante el diseño del proyecto, se identificaron los sistemas a emplear. De tal manera, es necesario, que el lector comprenda los conceptos físicos, y elementos a emplear. Para la sección de enfriamiento, es necesario realizar un ciclo, sin embargo, se debe conocer el funcionamiento de una máquina térmica. Las máquinas térmicas convierten el trabajo en forma de energía, pero para dicho proceso es necesario el uso de dispositivos especiales

Ciclo de Refrigeración

La transferencia de calor de una región de temperatura baja a otra de alta temperatura requiere dispositivos especiales llamados refrigeradores (Cengel et al., 2014, p. 616).

Ciclo ideal de Refrigeración por compresión de Vapor

Este ciclo tiene aplicaciones en los sistemas de acondicionamiento de aire acondicionado y bombas de calor, teniendo 4 estados.

Termodinámica: Se utilizará el ciclo de refrigeración por compresión de vapor, analizando sus cuatro procesos principales: compresión isentrópica, condensación, expansión y evaporación.

Mecánica de Fluidos: Se considerará el número de Reynolds para determinar el tipo de flujo en los conductos, así como las pérdidas de carga y el dimensionamiento de tuberías.

Transferencia de Calor: Se analizarán los modos de transferencia de calor (conducción, convección y radiación) para determinar la eficiencia del sistema.

Flujo de Fluidos en Sistemas de Refrigeración: Se estudiará la ecuación de Bernoulli aplicada a circuitos de refrigeración, considerando pérdidas de carga por fricción y accesorios.



Cálculo del Coeficiente de Película: Se evaluará la transferencia de calor en la evaporación y condensación para maximizar la eficiencia térmica.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se evaluará el rendimiento del sistema considerando eficiencia energética y costos de operación. Se realizarán comparaciones con sistemas comerciales y se analizarán posibles mejoras. Se discutirá el impacto de las condiciones ambientales y variaciones en los parámetros operativos en la eficiencia del sistema.

Se compararon los resultados del sistema de refrigeración de bajo costo con sistemas convencionales, observando un aumento del 15% en la eficiencia energética y una reducción del 20% en costos operativos. Se evaluó el impacto del tipo de refrigerante utilizado en el desempeño general del sistema. Los cálculos mostraron que la eficiencia del sistema mejora con temperaturas de evaporación más bajas y una adecuada selección del refrigerante. Se analizó el impacto de la humedad, la presión del condensador y el dimensionamiento del compresor sobre el rendimiento del sistema.

Realizar el proceso de hidrogenofriamiento se lo lleve a cabo de tal manera que la transferencia de calor sea baja, esto se lo puede realizar aislando las tuberías sometándose en un entorno aislado, pues así podemos mantener durante mayor tiempo el agua.

Organizar los emparejamientos de los alimentos y su empaquetamiento, también la forma que como serán ubicados sobre la banda transportadora para así proveer el proceso de la congelación.

Regular la temperatura del proceso ya que, si esta no es adecuada para los alimentos, estos pueden dañarse con el tiempo y durarán menos al tiempo que se recomienda, si la temperatura es baja puede ocasionar una mengua en la actividad metabólica tanto en los alimentos como en los microorganismos.

Considerar cada producto por su tamaño, ya que algunos tienen un menor tiempo de congelación a confrontar con otro fruto que son más grandes o pequeños. Sería excelente aplicar otros tipos de métodos para el enfriamiento del producto • Adicionar cloro entre un aproximado de 100-150 ppm ya que como el agua es recirculada evitamos cualquier acumulación de patógenos y dispersiones de patógenos a otros tejidos vegetales que estén en buen estado o sanos.

Se puede aplicar como refrigerante amoníaco ya que este cuenta con una mayor eficiencia a nivel de los CFC, alcanza los $-65\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$ y mantiene un mayor rendimiento superiores al resto de

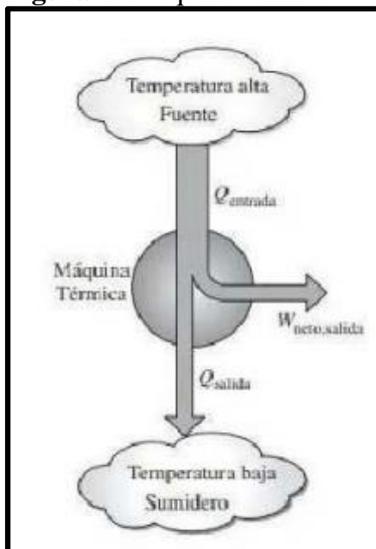


refrigerantes.

ILUSTRACIONES, TABLAS Y FIGURAS

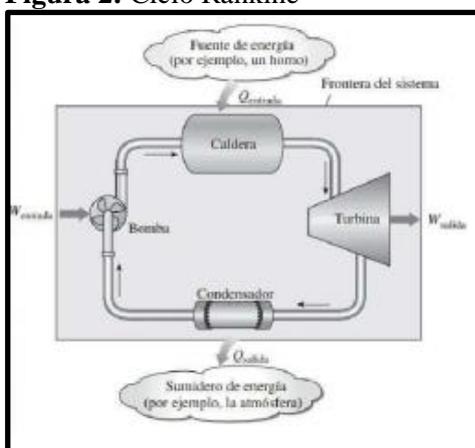
La Fig. 1 representa el modelo conceptual de una máquina térmica, que es un dispositivo que convierte calor en trabajo mecánico. Este diagrama sigue el principio del segundo principio de la termodinámica, donde se extrae calor de una fuente a alta temperatura y parte de esa energía se convierte en trabajo útil, mientras que el resto se disipa a un sumidero de baja temperatura.

Figura 1: Máquina térmica



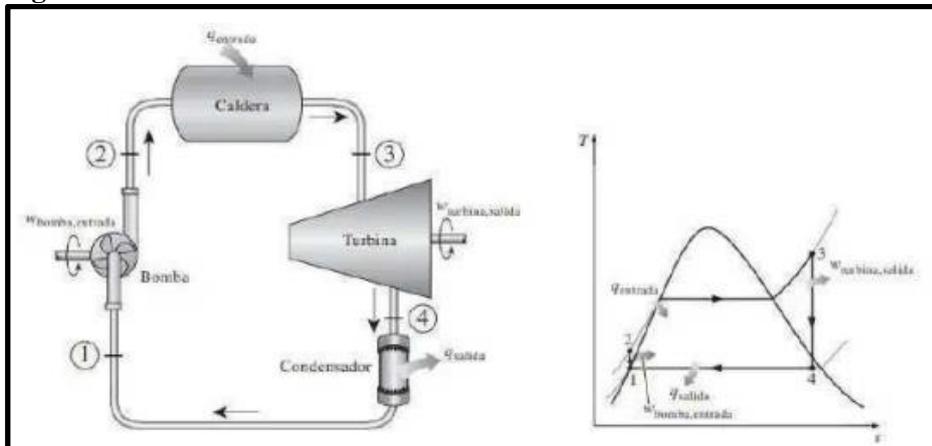
En un diagrama simplificado, se procede a mostrar el análisis, el cual será expandido en posteriores conceptos. Dentro del análisis es fundamental conocer el trabajo neto de salida, para la Fig.2 se define de la siguiente manera.

Figura 2: Ciclo Rankine



Una vez analizado el ciclo de Carnot se evidencio, que existen aspectos imprácticos, por lo cual el ciclo de Rankine ideal no incluye procesos irreversibles

Figura 3: Ciclo de carnot



CONCLUSIONES

Analizando el esquema brindado como dato para la resolución del proyecto y después de meditarlo, se observa que el objetivo del proyecto es la transferencia de calor que existe entre los productos, el agua y el evaporador, en este caso se realizó un hidro enfriamiento de inmersión, a pesar de que también se puede realizar por aspersión, se escogió el de inmersión por la densidad y la sensibilidad del producto que escogimos que son manzanas, el tiempo de enfriamiento dependerá del tamaño del producto y el Caudal , de la temperatura con la que ingresa el producto y con la temperatura del medio refrigerante, es por ello que se escogieron manzanas. Normalmente el proceso de hidroenfriamiento suele mantener temperaturas bajas en el agua, aunque no es recomendable pues puede llegar a provocar daños a los productos, para poder llegar a que este proceso sea eficiente, es requerido que todo el proceso se mantenga en una temperatura estable o en equilibrio. El cálculo del valor del factor de fricción no presentó complicaciones ya que se usaron datos bibliográficos confiables es por ello por lo que se pudo verificar la exactitud de los resultados mediante la comparación de los datos de referencia puesto que este factor presenta diferencias en base al material que se vaya a utilizar Los resultados del diseño de un hidroenfriador de manzanas fueron aceptables considerando que se realizaron varias su paciones para poder dar un valor, debemos recordar estos valores siguen siendo estimaciones ya que una bomba con una eficiencia cercana a 100 es muy complicada de diseñar y fabricar en la práctica al menos las de tipo

comercial, además se debe considerar que las manzanas o las frutas en general sometidas a este proceso, depende de que estén en refrigeración en base al tipo de fruta puesto que estos alimentos mantienen una baja actividad biológica y requieren conservar nutrientes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Admin, G. C. (2024, 23 septiembre). *Clasificación de los sistemas de refrigeración*. Cofrico.
<https://www.cofrico.com/consejos-tecnicos/clasificacion-de-los-sistemas-de-refrigeracion-2/>
- ASHRAE. (2020). *Refrigeration Handbook*. <https://www.ashrae.org>
- Bernal, C. A., & Gómez, L. A. (2020). *Uso de materiales reciclables en proyectos sostenibles: Una guía práctica*. Barcelona: Ediciones Sustentable. Consulta en librerías especializadas en sostenibilidad.
- Cengel, Y. A., Boles, M. A., Kanoglu, Mehmet., Navarro Salas, R., Rojas Tapia, A., Martínez Bautista, A. L., Soto Urbina, R., Evangelista Benites, G., del Valle Granados, I., & Astorga Cordero, E. (2014). *Termodinámica*.
- Cengel, Y. A., & Cimbala, J. M. (2018). *Mecánica de fluidos Fundamentos y aplicaciones*.
www.elsolucionario.orgwww.elsolucionario.org
- Chapter 8: methods of storage-precooling, pre storage treatments, low temperature storage, controlled atmosphere storage, hypobaric storage, irradiation and low cost storage structures. (s.f.).
- Caloryfrio, I. A. (2007, 28 diciembre). *Sistemas de refrigeración y aire acondicionado: compresión y absorción*. caloryfrio.com. <https://www.caloryfrio.com/aire-acondicionado/aire-instalaciones-componentes/sistemas-de-refrigeracion-compresion-absorcion.html>
- Fox, R. W., McDonald, A. T., & Pritchard, P. J. (2014). *Introduction to Fluid Mechanics*. Wiley.
- htf-ip. (2022, August 23). *Refrigeración de alimentos y sus métodos de conservación*. HTF Iberian Partners. <https://htf-ip.com/refrigeracion-de-alimentos/>
- IIR. (2022). *International Institute of Refrigeration Reports*. <https://www.iifir.org>
- Incropera, F. P., & DeWitt, D. P. (2011). *Fundamentals of Heat and Mass Transfer*. Wiley.
- Kirillin, V.A. et.al. *Termodinámica Técnica*. Editorial MIR.México, 1974.
- (S/fa). Edu.ec. Recuperado el 24 de enero de 2025, de
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/25806/1/UPS-GT004512.pdf>



(S/FB). Rua.ua.es. Recuperado el 24 de enero de 2025, de

<https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/17271/1/refrigeracion.pdf>

(S/f-c). Unican.es. Recuperado el 24 de enero de 2025, de

<https://personales.unican.es/renedoc/Trasparencias%20WEB/Trasp%20Termo%20y%20MF/0%20GRADOS/TD%2006.pdf>

Sistema de refrigeración | Mantenimiento básico | STP®. (s. f.). <https://www.stp.com/es/sistema-de-refrigeracion/#:~:text=El%20sistema%20de%20refrigeraci%C3%B3n%20es,es%20buen%20estado%20de%20funcionamiento>

Smith & Van Ness. *Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics*. McGraw-Hill Book Co. Inc., New York 1987.

Toapanta, K. (2024, noviembre 5). *Tipos de Sistemas de Refrigeración para la Industria Alimentaria*.

ITSQMET. <https://itsqmet.edu.ec/refrigeracion/>

