

# Diseño de un equipo para la enseñanza del ciclo de refrigeración por compresión de vapor para ser utilizado en los diferentes niveles educativos: Secundario, Terciario y Universitario

REVISTA  
DE  
ENSEÑANZA  
DE LA  
FÍSICA

Mirta S. Velazque<sup>1</sup>, José Páramo<sup>1</sup>, Juan P. Solari<sup>1</sup>, Mario Chury<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias de la Alimentación, Mons. Tavella 1450, Concordia, C.P. 3200, Argentina.

E-mail: velazquem@correo.org

## Resumen

Habitualmente en Física la enseñanza del ciclo de refrigeración por compresión de vapor se realiza en forma teórica, la cual se complementa con la observación de la heladera doméstica o de una cámara industrial de refrigeración, considerando globalmente la enseñanza del tema en los niveles secundario, terciario y universitario. El objetivo de la presente experiencia fue el diseño de un equipo para la enseñanza del ciclo de Refrigeración por Compresión de Vapor para ser utilizado en los mencionados con la finalidad de articular la enseñanza de la teoría de este tema según las bibliografías más utilizadas en los distintos niveles. Las asignaturas que participaron fueron Termodinámica y Control de Procesos y Electricidad Industrial por parte de la Carrera de Ingeniería en Alimentos y Mecatrónica II de la Carrera Tecnicatura Universitaria en Mecatrónica, ambas carreras pertenecientes a la Universidad Nacional de Entre Ríos.

**Palabras clave:** Enseñanza refrigeración, Diseño del equipo 2ER, Niveles secundario, terciario y universitario.

## Abstract

The teaching of the refrigeration cycle by vapour compression in Physics has usually been carried out from a theoretical perspective with the complement of observation of a domestic refrigerator or an industrial cooling chamber. This fact applies to secondary, tertiary and university levels of education. The aim of this study was to design an equipment to be used with pedagogical purposes in teaching of the vapour compression refrigeration cycle in order to articulate theory and application of the relevant concepts within the framework provided by the bibliography used in the aforementioned levels. The areas involved in the project were Thermodynamics, Process Control and Industrial Electricity included in the Food Engineering and Mechatronics II in Mechatronics courses of studies respectively, both taught at the University of Entre Ríos.

**Keywords:** Teaching of refrigeration, 2 ER equipment design, Secondary, tertiary and university levels of education.

## I. INTRODUCCIÓN

Habitualmente en Física la enseñanza del ciclo de refrigeración por compresión de vapor se realiza en forma teórica, la cual se complementa con la observación de la heladera doméstica o de una cámara industrial de refrigeración, considerando globalmente la enseñanza del tema en los niveles secundario, terciario y universitario.

Específicamente hablando del sistema universitario, donde el tema aparece en la asignatura Termodinámica de la Carrera de Ingeniería en alimentos, algunas de las diferentes partes mecánicas que realizan las transformaciones indicadas en el gráfico correspondiente, generalmente un diagrama Temperatura-entropía permanecen ocultas dentro de las paredes adiabáticas de la instalación, lo cual dificulta a los alumnos la asociación entre la teoría y la práctica. Castro Gutiérrez y col. (2010) afirman que en los cursos de Termodinámica universitarios la refrigeración se aborda de manera teórica utilizando el ciclo inverso de Carnot, lo que deja al estudiante con una idea muy abstracta y poco precisa. Para

mejorar esta situación en la Facultad de Ciencias de la Alimentación se diseñó un equipo para la enseñanza de la refrigeración, en adelante denominado 2E.R. que puede ser utilizado en los niveles secundario, terciario y universitario, adaptándolo a los diferentes niveles de complejidad que los mismos requieren.

Las asignaturas que participaron fueron Termodinámica y Control de Procesos y Electricidad Industrial por parte de la Carrera de Ingeniería en Alimentos y Mecatrónica II de la Carrera Tecnicatura Universitaria en Mecatrónica.

El objetivo de la presente experiencia fue el diseño de un equipo para la enseñanza del ciclo de Refrigeración por Compresión de Vapor para ser utilizado en los niveles Secundario, Terciario y Universitario con la finalidad de articular la enseñanza de la teoría de este tema según las bibliografías más utilizadas en los distintos niveles.

## II. METODOLOGÍA

Los docentes involucrados se reunieron para discutir la problemática de la enseñanza de los ciclos de refrigeración. Se comenzó por analizar las bibliografías más utilizadas en los niveles secundario y universitario, teniendo en cuenta que en el nivel terciario se utilizan ambas bibliografías durante la formación de los docentes en Física.

Riveiro da Luz y col. (2006) describen muy bien el refrigerador doméstico para el bachillerato y dicen “en resumen, el refrigerador funciona retirando el calor del congelador, recibiendo trabaja en el compresor y rechazando una cantidad de calor hacia el ambiente”. Se ilustra con dos esquemas donde se indica en el primero el compresor y el congelador y en el segundo el serpentín que libera el calor al medio.

Para el nivel universitario se consideraron un libro de Física General y uno de Termodinámica. Resnick y col. (2000) en su obra Física General dicen “en un refrigerador doméstico ordinario, la sustancia de operación es un líquido (Freón) que circula dentro del sistema. El depósito a baja temperatura es la cámara fría en la que se almacenan los alimentos, y el depósito a alta temperatura es la habitación en que se mantiene la unidad. El trabajo externo es proporcionado por un motor que impulsa a la unidad”. El esquema que acompaña este discurso indica sólo una fuente caliente, un rectángulo que representa el refrigerador y una fuente fría.

Por último Çengel y col. (2009) en su obra Termodinámica indican “en un refrigerador doméstico los tubos en el compartimiento del congelador, donde el calor es absorbido por el refrigerante, sirven como el evaporador. Los serpentines detrás del refrigerador, donde el calor se disipa en el aire de la cocina, sirven como el condensador”. Esta descripción verbal es acompañada por un esquema del refrigerador doméstico común. Cabe agregar que antes de describir el refrigerador doméstico Çengel y col. realizan una descripción del ciclo de refrigeración en el diagrama Entropía-Temperatura, que es uno de los más utilizados en las Ingenierías.

Todas las bibliografías grafican, en forma general, el circuito indicado en la Fig.1.

Una vez analizada la bibliografía se procedió al diseño del equipo, con los siguientes elementos: un compresor, un evaporador y un condensador con llaves eléctricas independientes que permiten poner en funcionamiento cada uno de estos dispositivos en forma separada (Fig. 2). A continuación se describen las características técnicas de cada uno de dichos dispositivos.

**1. Compresor.** El compresor es de tipo monofásico rotativo que funciona bajo una diferencia de potencial de 220 V (voltios), con una frecuencia de 50 Hz (hertz), extrayendo 12000 BTU/h ( $\cong 3024$  kcal/hora  $\cong 12660.67$  kilojoule/hora), cuyo refrigerante es el R.22.

**2. Condensador.** El condensador es de aluminio y cobre de doble serpentina aletada con un forzador de 350 w (watt) de potencia.

**3. Válvula termostática de expansión.** Funciona con un capilar de 3024 frigorías/hora ( $\cong 12660.67$  kilojoule/hora), es regulable y su marca comercial es AP.

**4. Evaporador.** El evaporador es de aluminio y cobre de doble serpentina aletada con un forzador de 350 w (watt) de potencia.

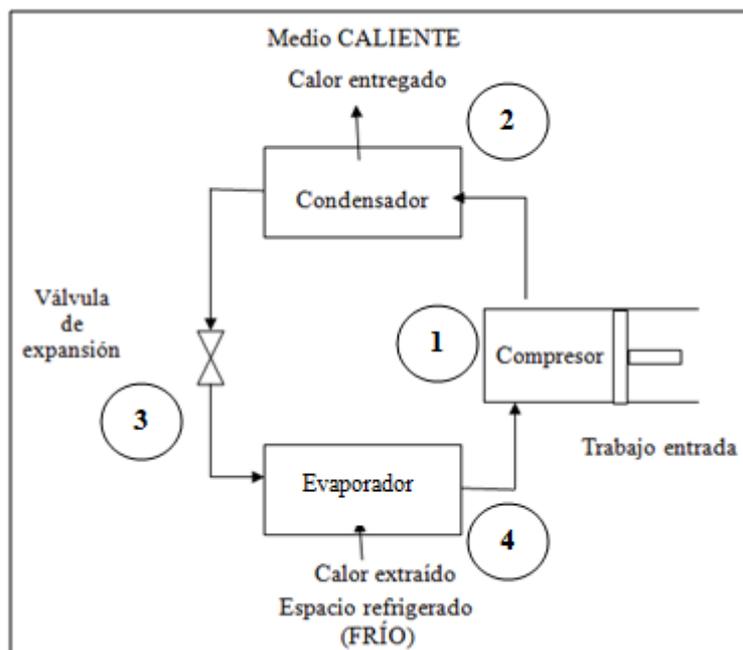


FIGURA 1. Esquema general de un equipo frigorífico por compresión de vapor.

Además de los componentes básicos descriptos anteriormente el equipo 2ER cuenta con un circuito mecánico y un circuito eléctrico, que también se detallan a continuación:

**5. Circuito mecánico.** Posee:

Un ojo visor línea de líquido 3/8" (pulgadas) ( $\approx 0.9525$  cm)

Un filtro secador en línea de líquido marca Danffos.

Tres manómetros de alta presión con fondo de escala para lectura de presión de 500 psi (libra/pulgada) ( $\approx 34473,79$  hectopascales  $\approx 35,15$  kilogramosfuerza/centímetros cuadrados), uno a la salida del compresor, otro anterior a la válvula de expansión y el último a la salida de la válvula de expansión.

Un manómetro de baja presión para control de presión de baja en retorno al compresor con fondo de escala para lectura de presión de 250 psi (libra/pulgada) ( $\approx 17236,89$  hectopascales  $\approx 17,23$  kilogramosfuerza/centímetros cuadrados).

**6. Circuito eléctrico.** La alimentación eléctrica funciona bajo una diferencia de potencial de 220 V (voltios), posee tres llaves termomagnéticas para el compresor, el forzador del evaporador y el forzador del condensador, también consta de cuatro termómetros digitales, dos a utilizar en el salto térmico del condensador y dos a utilizar en el salto térmico del evaporador.

Para facilitar su traslado el equipo está montado sobre un armazón metálico provisto de ruedas.

En la descripción del equipo se observan diferentes sistemas de unidades, tanto del sistema internacional como del sistema inglés o del sistema gravimétrico. Estos dos últimos sistemas de unidades han sido reemplazados por el sistema internacional (SI) en la enseñanza, pero no en la industria de fabricación de equipos, ya sea a escala industrial o a escala doméstica. De acuerdo con Çengel y col. (2009) esto genera un problema extra para los estudiantes de ingeniería. Con el mismo criterio podemos decir que cuando se trabaja en articulación con la escuela secundaria mostrar equipamientos cuya lectura está dada en sistemas más antiguos de unidades genera una tarea extra porque hay que decirles la equivalencia de los valores para que los alumnos puedan asociar con datos conocidos. Por ello es que se han dejado los valores de algunas magnitudes en las unidades en que figuran en los folletos de venta o manuales de uso, teniendo en cuenta la alfabetización científica del ciudadano que debe conocer estos datos cuando compra una heladera doméstica. A los efectos de ilustrar lo dicho se coloca entre paréntesis el valor de las magnitudes que no están en el sistema internacional en dicho sistema.

Para mejorar la comprensión del diseño del equipo 2ER en la Fig.2 se indica con el mismo número el dispositivo mecánico que se corresponde con el esquema de la Fig.1, lo que a su vez coincide con la numeración de la descripción verbal.



**FIGURA 2.** Fotografía del equipo 2ER diseñado en la Facultad de Ciencias de la Alimentación: 1-compresor, 2-condensador, 3-válvula de expansión, 4-evaporador.

### III. RESULTADOS

El equipo se utilizó a nivel universitario para la enseñanza de Termodinámica en tercer año de la Carrera de Ingeniería en Alimentos desde el año 2013. En las encuestas realizadas a los estudiantes desde entonces sobre si el equipo ayuda a comprender mejor los contenidos teóricos, el total de los alumnos indica que sí.

Para la enseñanza a nivel terciario, con la participación del Profesorado de Educación Secundaria en Física, dependiente del Instituto Superior de Disciplinas Industriales y Ciencias Agropecuarias de la ciudad de Concordia se diseñó un Taller “Conservación por frío: relación con los Principios de la Termodinámica” en el marco de las XVI Jornadas Internacionales de Educación, organizadas por la Facultad de Ciencias de la Administración de la Universidad Nacional de Entre Ríos. En las encuestas realizadas a los Talleristas sobre si la experiencia con el equipo ayuda a la comprensión de los Principios de la Termodinámica, el total contestó que sí. También se los interrogó sobre si sería conveniente organizar actividades de articulación entre el Profesorado de Física y la Facultad de Ciencias de la Alimentación, para mejorar la enseñanza de los temas que vinculan el aprendizaje de la Termodinámica, que incluyan el uso del equipo 2E.R., a lo que también el total de los participantes respondió afirmativamente.

Para los alumnos de escuelas secundarias se ha implementado una actividad sobre la enseñanza del buen uso de la heladera doméstica y su funcionamiento en las Jornadas Abiertas a las Ciencias que la Facultad de Ciencias de la Alimentación realiza anualmente y que está dirigida a los alumnos del último año de las escuelas secundarias de la zona para dar a conocer dicha institución y sus correspondientes carreras. En las encuestas realizadas a los diferentes grupos que han participado, en total nueve, desde el año 2013 hasta el año 2015, sobre si la explicación del equipo les permite conocer mejor el funcionamiento de la heladera doméstica, el total contestó que sí.

### IV. DISCUSIÓN

De acuerdo con Castro Gutiérrez (2010) la refrigeración es un proceso que se ha vuelto común en nuestra vida diaria, ha evolucionado a lo largo de los años, tanto en su comprensión como en la fabricación de dispositivos que la hacen posible y las diversas sustancias que son utilizadas como refrigerantes. Por lo

tanto, su comprensión atraviesa los diversos niveles de educación, de tal manera que en la escuela secundaria está más dirigida a la alfabetización científica del ciudadano, mientras que en el nivel universitario está más dirigida a la formación profesional específica. Así como la industria ha evolucionado en la fabricación de dispositivos más eficientes, tanto a escala doméstica como industrial, es necesario que la enseñanza escolar también avance en el desarrollo de dispositivos que permitan mostrar esos desarrollos, pero articulados con los contenidos de los programas oficiales del sistema educativo.

## **V. CONCLUSIONES**

El diseño del Equipo para la Enseñanza de la Refrigeración 2ER ha demostrado ser útil para trabajar los contenidos que involucran a la enseñanza de la Refrigeración por Compresión de Vapor en los niveles secundario, terciario y universitario porque permiten visualizar las diferentes partes mecánicas que permanecen ocultas dentro de las paredes adiabáticas de la heladera doméstica o de una cámara frigorífica industrial y asociarlas fácilmente con los esquemas de las diferentes bibliografías utilizadas en los niveles educativos mencionados.

Este equipo también podría ser utilizado para realizar estudios de refrigeración en condiciones adiabáticas colocando los aislantes adecuados y también, mediante el uso de sensores conectados a una computadora analizar la variación en los perfiles de temperaturas.

## **AGRADECIMIENTOS**

Se agradece al Departamento de Inglés, especialmente a la Lic. Alicia Noceti la redacción del Abstract.

## **REFERENCIAS**

Castro Gutiérrez, J.; Hernández Zapata, S y Álvarez Macias, C. (2010). La refrigeración en la enseñanza de la física. *Latin-American Journal of Physics Education*, 4 (1), pp.879-887.

Çengel, Y. A. y Boles, Michel A. (2009). *Termodinámica*, México: Mc Graw Hill.

Resnick, R., Halliday, D. y Kenneth, S. K. (2000). *Física. Vol. 1. 4ta. Edición*. México: Compañía Editorial Continental.

Riveiro da Luz, A. M. y Alvarenga Álvares, B. (2006). *Física General. 4ta. Edición*. México: Oxford University Press.