

USO DE EQUIPOS DIDÁCTICOS DE REFRIGERACIÓN EN ASIGNATURAS DE GRADO Y MÁSTER

SANCHEZ GARCÍA-VACAS, Daniel ⁽¹⁾; CABELLO LÓPEZ, Ramón ⁽¹⁾

LLOPIS DOMÉNECH, Rodrigo ⁽¹⁾; ARAUZO PÉREZ, Iván ⁽¹⁾

TORRELLA ALCARAZ, Enrique ⁽²⁾

sanchezd@uji.es

⁽¹⁾ Universidad Jaume I de Castellón, Departamento de Ingeniería Mecánica y Construcción

⁽²⁾ Universidad Politécnica de Valencia, Departamento de Termodinámica Aplicada

RESUMEN

La importancia de enseñar al alumno conceptos teóricos unidos a conceptos prácticos y aplicaciones reales, ha sido, es y seguirá siendo, una de las piezas fundamentales en la formación de cualquier ingeniero. El uso de equipos docentes con los que el alumno pueda interactuar y desarrollar sus aptitudes, es una de las claves en la rápida asimilación de conceptos y desarrollo de nuevas inquietudes. En este trabajo se presentan una serie de equipos didácticos de refrigeración desarrollados para asignaturas de Grado y Máster, así como las experiencias propuestas al alumno para que éste trabaje de forma autónoma con el equipo.

Los equipos desarrollados, corresponden a un ciclo simple de compresión de vapor simple y un sistema de enfriamiento empleando aire como fluido de trabajo.

Palabras clave: Ciclo de compresión de vapor, didáctico, ciclo de aire

1. Introducción

El sistema educativo actual, centra la atención en la formación de titulados cuyas competencias respondan a lo requisitos del mundo laboral y el entorno social. Esta forma de enseñanza centrada en el trabajo del alumno y en su aprendizaje, requiere de nuevas metodologías y estrategias para poder conseguir que el alumno desarrolle nuevas destrezas y habilidades asociadas a dichas competencias. En este aspecto, no solo se busca que el alumno memorice y entienda conceptos, sino también que sea capaz de aplicarlos a la realidad de forma rápida, clara y precisa. Por ello, las prácticas de laboratorio son una de las herramientas más empleadas en las carreras de ingeniería, para transformar la teoría aprendida en algo tangible y aplicable.

Este trabajo presentado en formato póster, muestra dos equipos docentes elaborados por el grupo de investigación GIT (www.git.uji.es) y alumnos de Grado de Mecánica, destinados a la producción artificial de frío mediante ciclo de compresión de vapor y efecto Joule-Thomson. Dichos equipos se emplean en las siguientes asignaturas de Grado y Máster:

- Grado de Ingeniería Mecánica:
 - o Máquinas e Instalaciones Térmicas (EM1022)
 - o Instalaciones de Climatización y Refrigeración (EM1044)
- Grado de Ingeniería en Tecnologías Industriales:
 - o Calor y Frío Industrial (ET1037)
- Máster Universitario en Eficiencia Energética y Sostenibilidad:
 - o Tecnología Frigorífica (SIH021)
 - o Equipos de Intercambio Térmico (SIH023)
- Máster Universitario en Ingeniería Industrial
 - o Diseño Energético de Máquinas e Instalaciones Térmicas (SJA007)

2. Descripción de los equipos docentes

2.1. Ciclo de compresión de vapor

El equipo de ciclo de compresión de vapor (Figura 1), consta de un compresor hermético (1) de pequeña cilindrada y refrigerante R600a, unido a dos intercambiadores de cristal actuando como condensador (3) y evaporador (8), y un sistema de expansión mediante una válvula micrométrica (7). Además, el ciclo consta de un depósito separador de aceite (2), dos visores de líquido (4), un depósito de acumulación de líquido (5), un filtro deshidratador (6) y dos manómetros (10). Los intercambiadores utilizan aire como fluido secundario, siendo la configuración contracorriente. Para ello se emplean dos ventiladores de velocidad variable, que permite al alumno modificar las condiciones de operación de la instalación

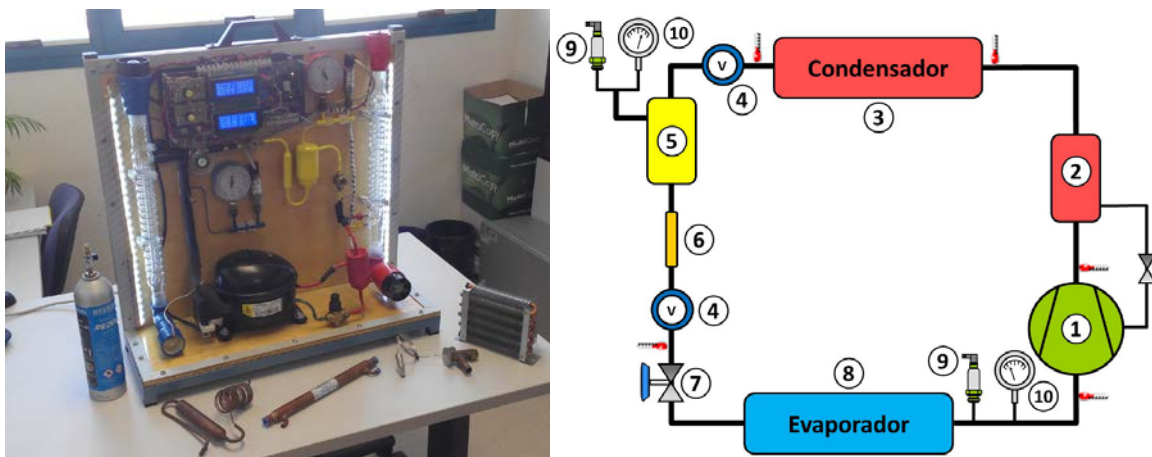


Figura 1 – Equipo docente de ciclo de compresión de vapor. Imagen real y Esquema

Para poder medir las diferentes variables termodinámicas del circuito, se emplean un total de 6 sondas de temperatura colocadas en los puntos que se indican en la figura, 2 sondas de presión para medir los niveles de alta y baja presión, y 4 sondas de humedad relativa/temperatura para poder medir el estado termodinámico del aire a la entrada y a la salida de los intercambiadores. Todas estas variables se representan en un display LCD gobernado por una placa con microcontrolador Arduino.

2.2. Efecto Joule-Thomson

El efecto Joule-Thomson es el enfriamiento que sufre un gas cuando éste se expande de forma adiabática, es decir, manteniendo la entalpía constante. El equipo desarrollado (Figura 2), consta de un equipo independiente, que proporciona aire comprimido (compresor y calderín: 1 y 2) a un colector donde hay unidos diferentes elementos: un capilar (4), una válvula micrométrica (5) y un turbocompresor de coche modificado (6) (Figura 2).

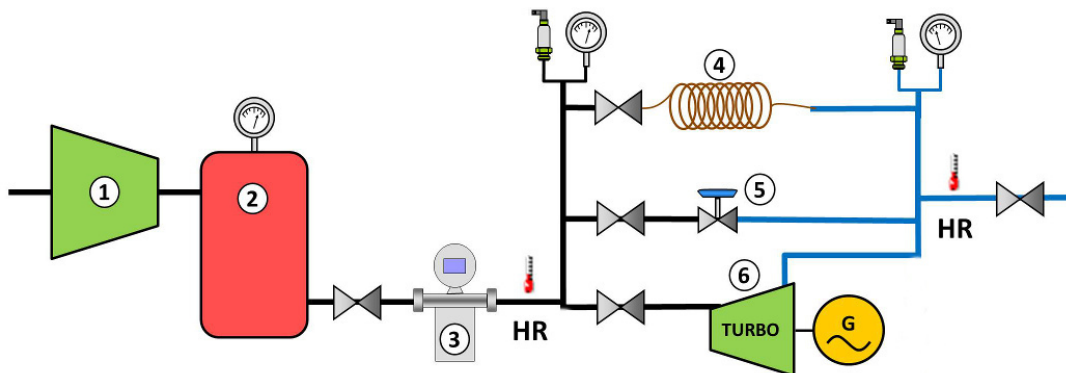


Figura 2 – Esquema del equipo docente basado en el efecto Joule-Thomson



Figura 3 – Turbocompresor adaptado al equipo docente basado en el efecto Joule-Thomson

Al igual que antes, se disponen de 2 sondas de humedad relativa/temperatura, para poder medir los estados termodinámicos del aire a la entrada y a la salida del equipo, un caudalímetro volumétrico (3) para medir el caudal de aire circulante, 2 sondas de presión y dos manómetros a la entrada y a la salida para medir presiones y un motor eléctrico de corriente continua, para poder registrar la potencia eléctrica que es capaz de desarrollar el equipo.

3. Experiencias planteadas

Los equipos docentes presentados ofrecen la ventaja de ser portables, por lo que pueden ser mostrados en clase durante el desarrollo de la misma. Esto permite al alumno entender rápidamente los conceptos teóricos impartidos, con ejemplos y visualización real de los fenómenos.

Algunas de las experiencias planteadas con los equipos, son las siguientes:

Unidad de ciclo simple de compresión de vapor

- Identificar los principales componentes y explicar su funcionamiento.
- Dibujar el ciclo termodinámico en un diagrama Ph.
- Dibujar la evolución del aire en el diagrama psicrométrico: calentamiento sensible y enfriamiento sensible y/o latente.
- Determinar la potencia intercambiada en evaporador y condensador.
- Estudiar cómo afecta al comportamiento energético del ciclo, la variación de las principales variables que lo definen: temperatura de condensación y evaporación.

Unidad de enfriamiento por ciclo de aire

- Identificar los principales componentes y explicar su funcionamiento.
- Determinar el estado termodinámico de todos los puntos.
- Comprobar balances de potencia en turbina.
- Calcular el rendimiento de la turbina empleando la potencia eléctrica medida.

4. Resultados y conclusiones

Las primeras pruebas realizadas en clase de teoría, han tenido un éxito abrumador, ya que se constata un interés por parte del alumno hacia el equipo, motivado en parte, por la novedad que ofrece. Los resultados obtenidos, han sido trasladados también a otros ámbitos docentes como es el caso de secundaria, donde la Universidad realiza talleres para dar a conocer las carreras que dispone a los institutos y centros de educación secundaria (Figura 4).

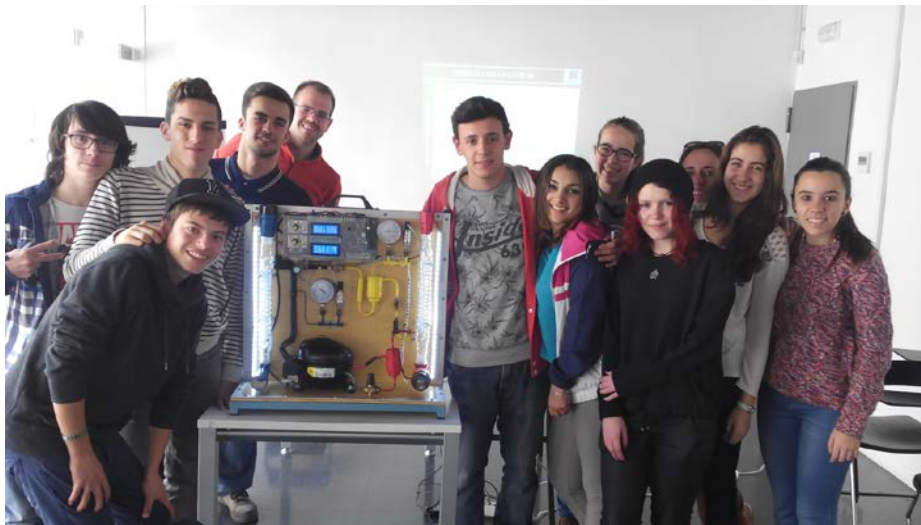


Figura 4 – Conecta am la ciència Marzo 2015 Campus de Morvedre (Sagunto)

Gracias al desarrollo de este proyecto y a los resultados obtenidos, se han propuesto nuevos equipos docentes en el ámbito de la producción de frío, tales como ciclo de compresión múltiple de vapor, ciclos transcíticos de CO₂, sistemas termoelectrónicos... etc. En la actualidad se está desarrollando un segundo equipo de compresión de vapor de dimensiones más reducidas para poder facilitar el transporte.

5. Agradecimientos

El grupo de investigación GIT (www.git.uji.es), agradece el apoyo económico prestado por la Universidad Jaume I y a la ayuda de los alumnos David Conesa, Hugo Negre, Carlos Rodríguez y Josep San Mateo, miembros de la asociación engiOn, en el desarrollo de este proyecto.

6. Referencias

- [1] Pistono Favero J., Bretón Vega J. , *Máquina frigorífica de compresión mecánica de vapor para demostración y prácticas*, II Congreso español de Ciencias y Técnicas del Frío, CYTEF 2003, Vigo, España, 18 – 20 Septiembre, 2003
- [2] A. Rodríguez García, D. Astrain Ulibarrena, A. Martínez Echeverri, P. Aranguren Garacochea, G. García Ramos, *Desarrollo y validación de un banco de ensayos para la realización de prácticas de generación y refrigeración termoeléctrica*, VIII Congreso Nacional de Ingeniería Termodinámica, Burgos, España, 19 – 21 Junio, 2013.
- [3] E. Navarro Peris, J.M. Corberán Salvador, *Adaptación de una práctica de refrigeración al marco educativo actual*, VIII Congreso Nacional de Ingeniería Termodinámica, Burgos, España, 19 – 21 Junio, 2013.