

# EVALUACIÓN ENERGÉTICA DE UN CICLO DE REFRIGERACIÓN CON R450A

Sotelo Acosta José Miguel (1), Pérez García Vicente (2)

<sup>1</sup> [Estudiante del programa de Ingeniería Mecánica Universidad ECCI Bogotá-Colombia] | [jomiso12@hotmail.com]

<sup>2</sup> [Engineering Division Campus Irapuato Salamanca, Low GWP refrigerants, Mechanical Engineering Department, University of Guanajuato] | [v.perez@ugto.mx]

## Resumen

En este documento, se plasman los resultados obtenidos de la simulación de un ciclo de refrigeración simple operando con R450A. Se realizaron curvas de desempeño energético de este refrigerante versus temperatura de evaporación y de condensación. Los resultados muestran que existe una relación entre el incremento de ambas temperaturas y la variación del COP siendo el incremento de hasta un 56% cuando la temperatura de evaporación varía desde -20°C hasta 5°C. Sin embargo, cuando la temperatura de condensación se incrementa en un rango de 35°C hasta 50°C El COP tiene una tendencia de disminuir su valor, se explican las propiedades del refrigerante, la clasificación del mismo; se muestra además el modelo termodinámico en el cual sería utilizado el refrigerante y las ecuaciones para el cálculo de algunas variables importantes tales como la entalpía, entropía, Delta de entropía y COP.

## Abstract

In this document, the results obtained from the simulation of a simple refrigeration cycle operating with R450A are shown. Energy performance curves of this refrigerant were made versus evaporation and condensation temperatures. The results show that there is a relation between the increase of both temperatures and the variation of the COP being the increase of up to 56% when the evaporation temperature varies from -20 ° C to 5 ° C. However, when the condensation temperature increases in a range of 35 ° C to 50 ° C, the COP has a trend to decrease its value, the properties of the refrigerant is explained, the classification of the refrigerant is shown the thermodynamic model in which. The refrigerant and the equations would be used to calculate some important variables such as enthalpy, entropy, entropy Delta and COP.

## Palabras Clave

Ciclo de refrigeración simple; Evaluación Energética; Refrigerante r450a; Curvas de desempeño energético; Entalpía; COP.

## INTRODUCCIÓN

### Refrigerante R450a

#### ¿Como se compone?

Este refrigerante es una mezcla de dos refrigerantes los cuales son 42% R134a - 58%R1234ze(E) [1]. Tiene un rango de trabajo entre media y alta temperatura. El refrigerante R1234ze(E), es utilizado en bombas de calor de alta temperatura que funcionan en secadores calientes y generadores de vapor para fines industriales, tales como concentración de bebidas, esterilización de alimentos, secado madera, recuperación de solventes y destilación de productos petroquímicos. [2], mientras que el R134a (GWP de 1430) es utilizado actualmente como refrigerante comercial y doméstico y aire acondicionado para automóviles, cumpliendo con el requisito de nulo ODP y obteniendo buenos resultados al ser implantado en sistemas de compresión de vapor donde se usaba el R12. Aunque actualmente hay una tendencia hacia la sustitución de refrigerantes con alta afección hacia el efecto invernadero, sólo se ha impuesto la normativa de sustitución en sistemas de aire acondicionado en automóviles, donde una de las alternativas a sustituir el R134a es el HFO-1234yf que presenta un GWP de 4. Sin embargo, en lo que respecta a otras aplicaciones aparte de la automotriz, el R134a sigue siendo un refrigerante ampliamente utilizado en la producción de frío. [3]

Tabla 1: Propiedades Termodinámicas de Refrigerante R134a y R450A [1]

	R134a	R450A 58%R1234ze/42%R134a
ASHRAE safety classification	A1	A1
ODP	0	0
100-year GWP	1430	547
Critical Temperature (K)	374.21	379.02
Critical Pressure (kPa)	4059	3814
NBP (K)	247.08	251.20
Liquid density <sup>a</sup> (kg m <sup>-3</sup> )	1295.27	1253.28
Vapour density <sup>a</sup> (kg m <sup>-3</sup> )	14.35	13.93
Liquid c <sub>p</sub> <sup>a</sup> (kJ kg <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> )	1.34	1.32
Vapour c <sub>p</sub> <sup>a</sup> (kJ kg <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> )	0.90	0.89
Liquid therm. cond. <sup>a</sup> (W m <sup>-1</sup> K)	92.08·10 <sup>-3</sup>	83.09·10 <sup>-3</sup>
Vapour therm. cond. <sup>a</sup> (W m <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> )	11.50·10 <sup>-3</sup>	11.57·10 <sup>-3</sup>
Liquid viscosity <sup>a</sup> (Pa s <sup>-1</sup> )	267.04·10 <sup>-6</sup>	258.22·10 <sup>-6</sup>
Vapour viscosity <sup>a</sup> (Pa s <sup>-1</sup> )	10.72·10 <sup>-6</sup>	11.15·10 <sup>-6</sup>

<sup>a</sup> At 273K.

#### ¿Qué es el GWP?

El potencial de calentamiento global (GWP) se utiliza dentro del Protocolo de Kioto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático como una medida para ponderar el impacto climático de

las emisiones de diferentes gases de efecto invernadero. El GWP ha sido objeto de muchas críticas debido a su formulación, pero, no obstante, ha conservado cierto favor debido a la simplicidad de su diseño y aplicación, y su transparencia en comparación con las alternativas propuestas. Aquí, se proponen dos nuevas métricas, que se basan en un modelo climático analítico simple. La primera métrica se llama Potencial de cambio de temperatura global y representa el cambio de temperatura en un momento dado debido a la emisión de un gas por pulsos (GTPP); el segundo es similar, pero representa el efecto de un cambio en la emisión de sustancias (por lo tanto, GTPS). Tanto GTPP como GTPS se presentan en relación con el cambio de temperatura debido a un cambio de emisión similar de un gas de referencia, que aquí se considera dióxido de carbono. Ambas métricas se comparan con un modelo de balance de energía de afloramiento-difusión que resuelve la tierra y el océano y los hemisferios.[4]

### Clasificación ASHRAE

La empresa DUPONT inventó este método para asignar a los gases refrigerantes un grupo de seguridad. El uso público de este sistema numérico para clasificar los gases fue autorizado en el año de 1956 y con el tiempo se volvió una norma utilizada por la industria. Posteriormente, ANSI y ASHRAE lo convirtieron en el Standard 34. La tabla de seguridad para los gases refrigerantes se basa en la toxicidad y la inflamabilidad del gas. [6]

La clasificación de la toxicidad de los gases está basada en los índices TLV/TWA. [6]

“TLV” (Threshold Limit Value). - Concentración máxima permisible, expresada en la exposición al gas en el orden de 8 a 12 hrs. por día, cinco días a la semana, durante 40 años, y el TWA (Time-Weighted Average).- Concentración ponderada en el tiempo, expresada en horas por día. Los gases refrigerantes están clasificados en dos clases, dependiendo del tiempo máximo permisible en que una persona puede estar expuesta a éstos. [6]

La intención de este estándar es la de referirse, por un método simple, a los refrigerantes con números y letras, en vez de utilizar el nombre químico del gas, fórmula o marca. [6]

### ¿Qué es el HCF?

Son los refrigerantes que no contienen cloro, y que contienen hidrogeno, flúor y carbono en su molécula. Denominados, por lo tanto, hidrofluorcarbonados. Su ODP es cero.

Son sustancias que no perjudican en absoluto la capa de ozono, (R-134a, R-407C, R-410A...) [5]

## MATERIALES Y MÉTODOS

El método utilizado fue un análisis de datos experimentales los cuales fueron ordenados y graficados respecto a diferentes variables del proceso, se realizó una simulación utilizando datos teóricos mediante la herramienta virtual Microsoft Excel para poder trabajar y clasificar de una manera más rápida y eficaz los datos considerados de aplicación de media temperatura. Se utiliza el programa Excel con una herramienta adicional llamada “Refprop” usando la versión gratuita, la cual con una sencilla sintaxis y utilizando dos variables nos muestra el valor de la entalpía y entropía del circuito de refrigeración simple que se ha planteado. La imagen 1 muestra un ejemplo de la interfaz utilizada en Excel, la cual permitió determinar las propiedades termodinámicas como entalpía y entropía para el R450A.

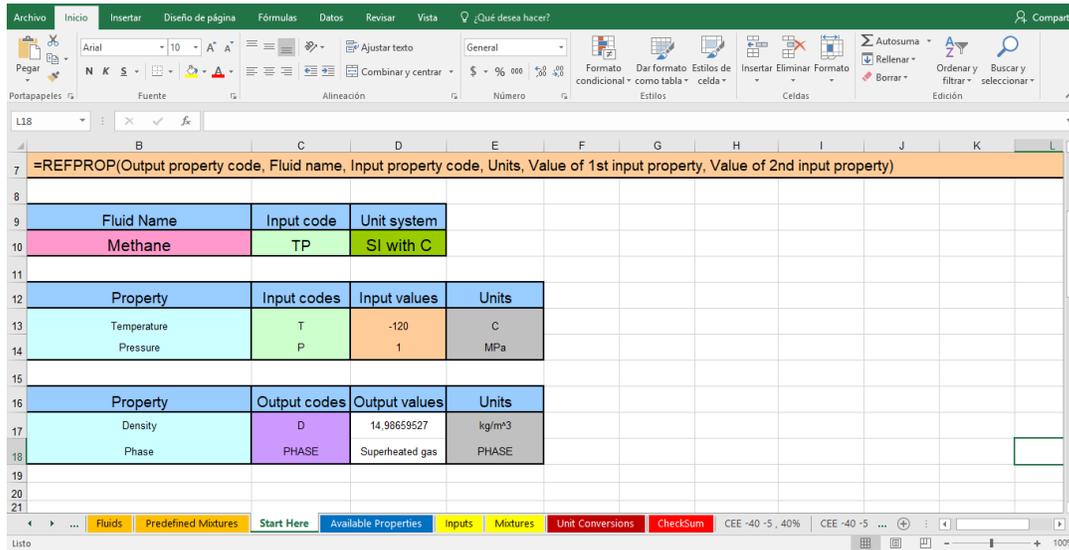


IMAGEN 1: Herramienta virtual Microsoft Excel utilizada para el análisis de los datos. [Autor]

También se utilizaron las ecuaciones (1) - (3) para calcular algunos parámetros utilizados en el programa de Excel. Adicionalmente, el cálculo del COP se determina mediante el uso de la ecuación (4).

$$Q_{\text{evaporacion}} = h_4 - h_1 \quad (1)$$

$$Q_{\text{condensacion}} = h_2 - h_3 \quad (2)$$

$$W_{\text{compresor}} = h_2 - h_1 \quad (3)$$

$$COP = \frac{Q_{\text{evaporador}}}{W_{\text{compresor}}} \quad (4)$$

En la imagen 2 se presenta el esquema del ciclo de refrigeración analizado.

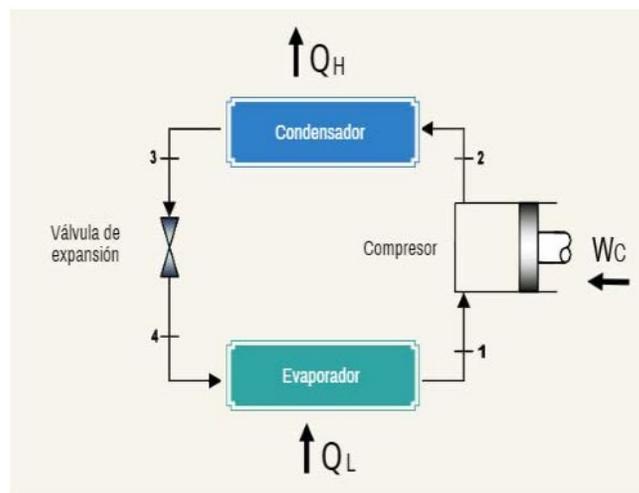
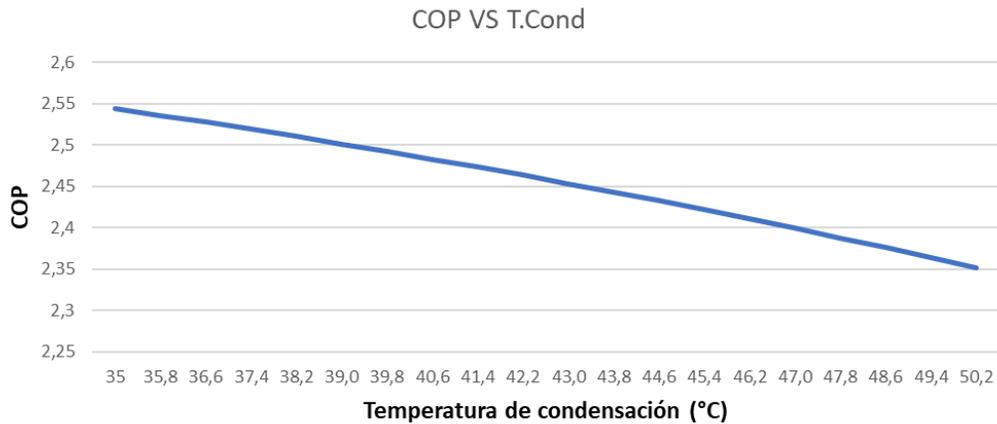


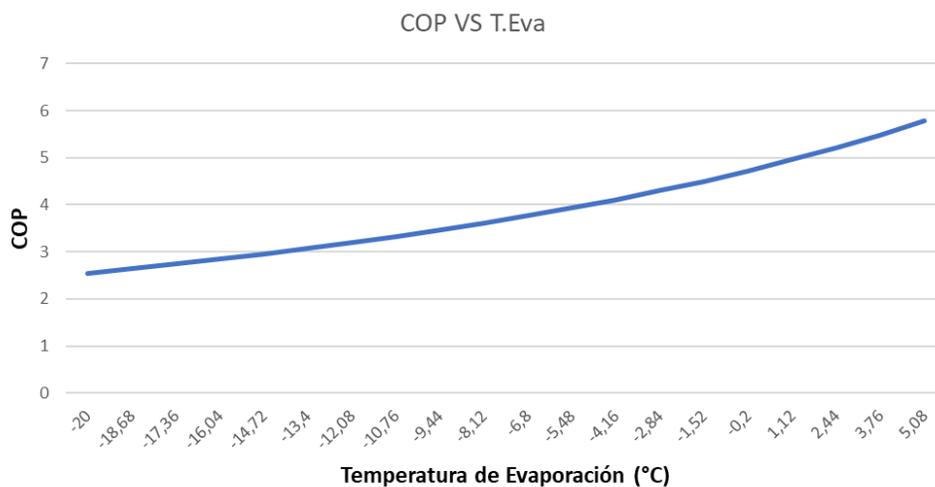
IMAGEN 2: Circuito de refrigeración simple.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se obtuvieron dos curvas de desempeño energético, haciendo una simulación teórica utilizando el Refrigerante R450A, aplicando la herramienta Microsoft Excel con la opción de “Refprop” versión gratuita; se pudieron calcular las diferentes variables del ciclo de refrigeración simple tales como entalpía y entropía de los 4 puntos como se muestra en la Imagen 2. Se pusieron unas condiciones de trabajo las cuales son temperatura de evaporación que tiene un valor de  $-20^{\circ}\text{C}$  hasta  $5^{\circ}\text{C}$  y la temperatura de condensación que tiene un valor de  $35^{\circ}\text{C}$  hasta  $50^{\circ}\text{C}$ , como indica la Imagen 3, con este análisis energético del sistema de refrigeración se puede calcular el COP del circuito y compararlo con las dos condiciones de temperaturas ya mencionadas y graficar estos valores y ver cómo varía el COP.



**IMAGEN 3:** Grafica de COP VS Temperatura de Condensación, Datos Experimentales.



**IMAGEN 4:** Grafica de COP VS Temperatura de Evaporación, Datos Teóricos.

## CONCLUSIONES

La simulación del análisis energético refleja un aumento en el COP, cuando la temperatura de evaporación aumenta.

La simulación del análisis energético utilizando el refrigerante R450A, muestra una disminución en el COP, cuando la temperatura de condensación aumenta.

El COP es más sensible a la variación en la temperatura de evaporación, ya que este varía en un 56,07%

El COP tiene una variación menor cuando se compara la temperatura de condensación con un valor 7,56% de variación.

## AGRADECIMIENTOS

Primero quiero agradecer a Dios por permitirme hacer este verano de investigación en México, a mi familia que fue ha sido mi apoyo incondicional en este viaje , también quiero agradecer a la Universidad ECCI que junto con la Universidad de Guanajuato nos brindaron la oportunidad de desarrollar este proyecto de verano en México, bajo el acompañamiento del Dr. Vicente Pérez García y el profesor Jimmy Barco quienes fueron las personas que me motivaron e incentivaron a llevar a cabo este programa, además, agradecerles por brindarme sus conocimientos, su paciencia ,disposición y hacer un trabajo de investigación de calidad.

## REFERENCIAS

- [1] A. An Mota-Babiloni, J. Navarro-Esbrí, A. Barrag An-Cervera, F. Mol Es, and B. Peris, "Experimental study of an R1234ze(E)/R134a mixture (R450A) as R134a replacement," *Int. J. Refrig.*, vol. 51, pp. 52–58, 2015.
- [2] Sho Fukuda a, Chieko Kondou a, \* N. T. a, and Shigeru Koyama a, "Low GWP refrigerants R1234ze(E) and R1234ze(Z) for high temperature heat pumps."
- [3] A. Mota-Babiloni, J. Navarro-Esbrí, and V. Milián, "Application of new refrigerants with low Global Warming Potential in commercial refrigeration and air conditioning systems View project FPU12/02841 View project," 2012.
- [4] K. P. Shine, J. S. Fuglestedt, K. Hailemariam, and N. Stuber, "Alternatives to the Global Warming Potential for Comparing Climate Impacts of Emissions of Greenhouse Gases," *Clim. Change*, vol. 68, no. 3, pp. 281–302, Feb. 2005.
- [5] R. Villanueva Manresa, "REFRIGERANTES PARA AIRE ACONDICIONADO Y REFRIGERACIÓN."
- [6] "El Standard 34 de ASHRAE, Nomenclatura de los Gases Refrigerantes." [Online]. Available: <https://www.mundohvacr.com.mx/2008/01/el-standard-34-de-ashrae-nomenclatura-de-los-gases-refrigerantes>.
- [7] Idoia Arnabat CALORYFRIO, "Sistemas de refrigeración aire acondicionado: compresión y absorción," *Instalaciones y Componentes Imprimir*, 2007. [Online]. Available: <https://www.caloryfrio.com/aire-acondicionado/aire-instalaciones-componentes/sistemas-de-refrigeracion-compresion-absorcion.html>.