

EXPERIENCIA N° : 14
 TITULO : PRUEBAS EN UNA MAQUINA DE REFRIGERACION MECANICA
 ASIGNATURA : MAQUINAS TERMICAS
 AREA : TERMOFLUIDOS

Objetivo

Reconstruir el ciclo termodinámico que sigue el fluido refrigerante en el equipo del laboratorio.

Introducción

1.- Ciclo Carnot

La figura 1.1 muestra el ciclo de Carnot en un diagrama T-S. Como es sabido, este ciclo comprende dos transformaciones a temperatura constante y dos transformaciones isoentrópicas.

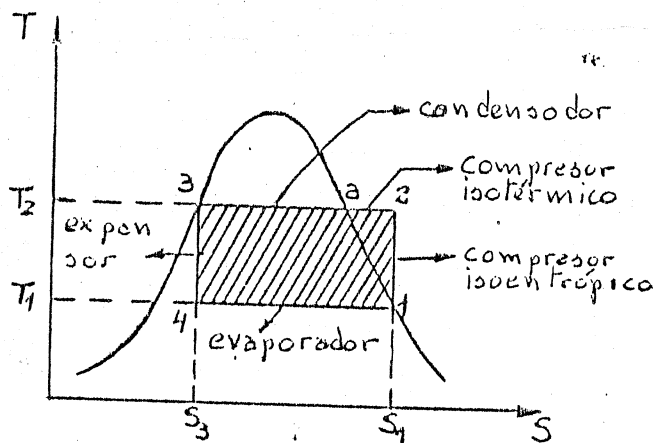


fig. 1.1 Ciclo Carnot.

Cuando se trata de transferir calor desde un cuerpo a temperatura T_1 hasta otro a una temperatura mayor T_2 , se recorre el ciclo en el sentido 1-2-3-4-1.

Un sistema que utilice vapor condensable como fluido refrigerante, necesitaría para realizar el ciclo de Carnot, los siguientes elementos:

- Compresor isoentrópico para realizar el tramo 1-2.

- Compresor isotérmico para realizar el tramo 2-a
- Condensador para realizar el tramo a-3
- Expansor isoentrópico, se supone que el fluido realiza trabajo que se utiliza como parte del trabajo necesario para la compresión. En este elemento se recorre el tramo 3-4.
- Evaporador, el fluido se evapora extrayendo calor del medio que rodea al evaporador y recorre el tramo 4-1.

La figura 1.2 muestra la disposición de los elementos.

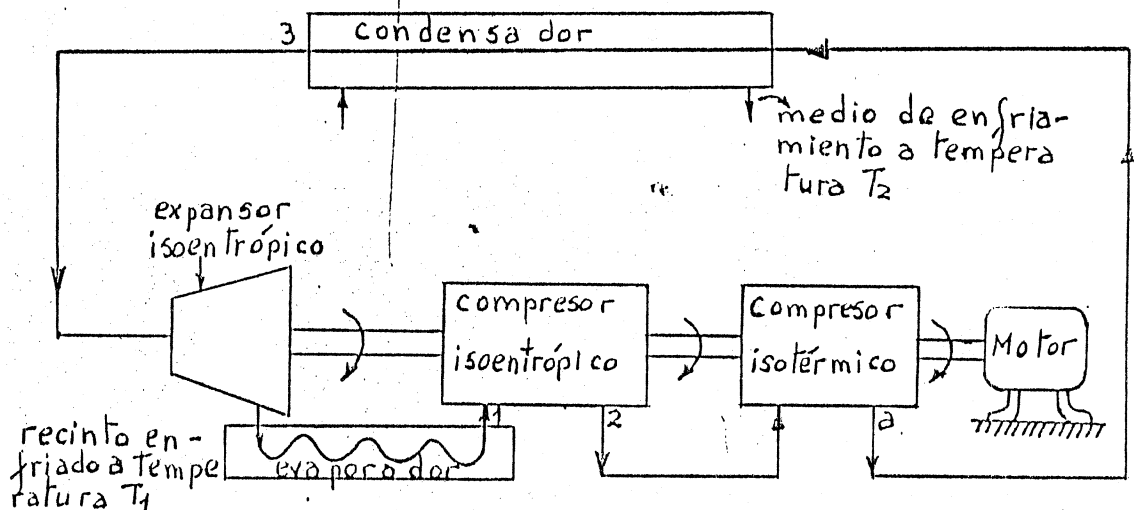


fig. Circuito de refrigeración según el ciclo de Carnot.

La eficiencia (e) del ciclo de refrigeración de Carnot es la razón entre el calor extraído por el refrigerante en el evaporador y el trabajo entregado al fluido por los compresores.

$$Q_E = T_1 \Delta S \quad (\text{calor extraído en el evaporador})$$

$$W = T_2 \Delta S - T_1 \Delta S = (T_2 - T_1) \Delta S$$

$$e = \frac{T_1}{T_2 - T_1}$$

Cuando el objetivo es entregar calor a la fuente caliente a T_2 (bombear calor), la eficiencia (e_b) se mide como la razón entre el calor entregado por el fluido en el condensador y el trabajo de compresión, en tal caso resulta:

$$e_b = \frac{T_2}{T_2 - T_1}, \quad \text{y corresponde al inverso del rendimiento de una máquina motriz de Carnot que trabaja entre las temperaturas } T_1 \text{ y } T_2.$$

$$T_2 > T_1$$

$$B = \frac{Q_H}{Q_H - Q_C}$$

$$= \frac{Q_H}{Q_H - Q_C}$$

Máquina motriz

2.- Ciclo de compresión de vapor de una etapa

En la práctica no se utiliza el compresor isotérmico y el expansor se reemplaza por una válvula de estrangulación. El circuito resulta más simple y la eficiencia resulta ser menor que en el ciclo carnot. El trabajo de compresión resulta mayor, puesto que la compresión isotérmica se reemplaza por una compresión adiabática, y no se recupera el trabajo que realizaría el fluido en el expansor.

La estrangulación del refrigerante en la válvula es un proceso isoentálpico y el calor extraído en el evaporador resulta entonces ser menor. La figura 2.1 muestra el ciclo de compresión de una etapa.

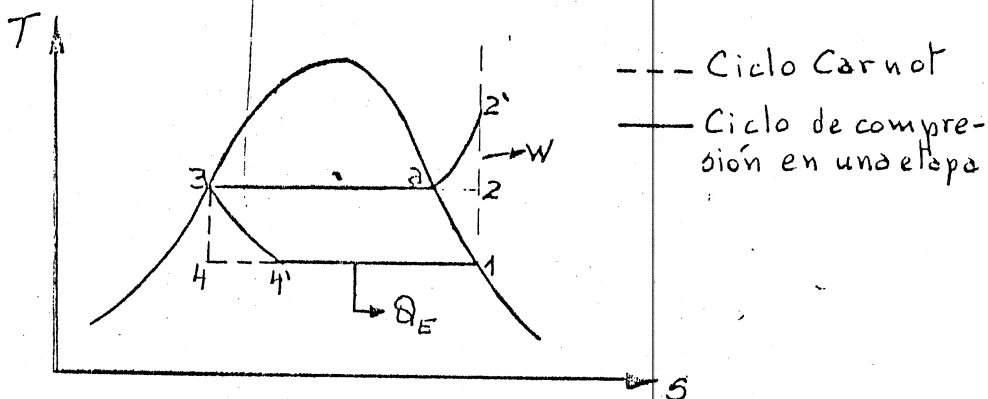


fig. 2.1 Ciclo de compresión de vapor en una etapa.

En este caso la eficiencia (e_c) se expresa por medio de las entalpías (h) en los distintos estados.

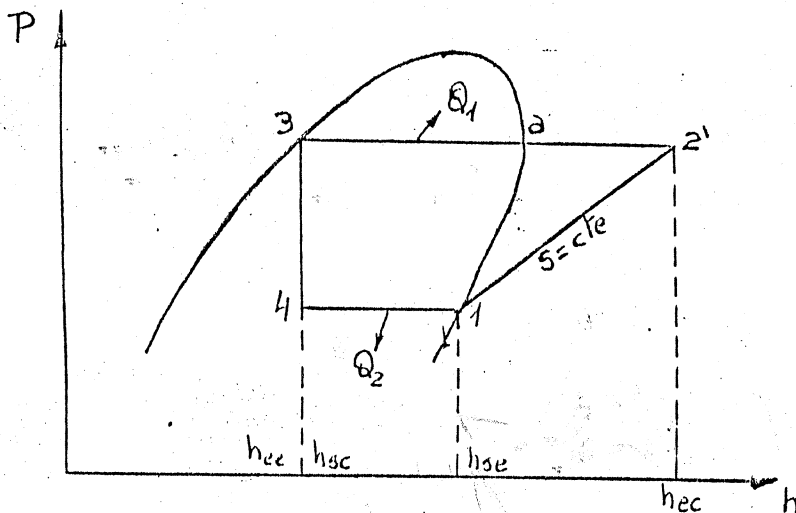
$$W = h_{2'} - h_1$$

$$Q_E = h_1 - h_{4'}$$

$$e_c = \frac{h_1 - h_{4'}}{h_{2'} - h_1} = \frac{Q_E}{W}$$

En un diagrama presión entalpía ($p-h$), el ciclo de compresión se muestra en la figura 2.2.

fig. 2.2 Ciclo de compresión en diagrama $p-h$.



3.- Fluidos Refrigerantes

Como fluido refrigerante se puede usar aire, agua, CO_2 , SO_2 , amoníaco, hidrocarburos tales como metano, etano, etc. y halocarburos como ser tricloromonofluormetano o Freón 11 (CCl_3F), diclorofluormetano o Freón 12 (CCl_2F_2), etc. Los más³ usados son el amoníaco (NH_3) y el Freón² 12.

Entre las características deseables en un vapor refrigerante se cuentan:

- presión de vapor positiva a la temperatura de evaporación.
- presión de vapor baja a la temperatura de condensación,
- bajo volumen específico.
- alto calor latente de vaporización
- baja temperatura de solidificación
- no corrosivo
- no tóxico
- bajo costo
- buenas propiedades de transferencia de calor, etc.

Experiencia

El laboratorio cuenta con una unidad docente de refrigeración por compresión de vapor, que utiliza Freón 12 como refrigerante. El condensador es de tubos concéntricos enfriado por agua en contracorriente. El evaporador está inmerso en una cuba con agua de donde extrae calor el Freón 12, la temperatura en la cuba se mantiene constante por el aporte de calor de una resistencia eléctrica.

Las medidas se toman cuando el sistema se encuentra en régimen permanente y se mide la presión alta y presión baja del sistema, temperaturas de entrada y salida del agua, temperatura a la salida del compresor, a la salida del condensador, se mide también la corriente y el voltaje aplicado a la resistencia eléctrica y la potencia absorbida por el motor eléctrico del compresor.

Con los datos obtenidos se determinará la producción frigorífica, las eficiencias e_c y e_g y la eficiencia global del sistema, el rendimiento del circuito. Además se determinan los puntos en un diagrama p-h (para Freón-12), correspondientes al estado del refrigerante en los distintos elementos del circuito para poder reconstruir el ciclo de refrigeración.

Un balance de energía para el condensador y para el evaporador indican:

$$\dot{m}_{H_2O} \cdot C_{p_{H_2O}} \cdot \Delta T = \dot{m}_{\text{Freón-12}} \cdot (h_{e_c} - h_{s_c}) \quad \text{en el condensador}$$

$$V \cdot I \cdot 0,86 = \dot{m}_{\text{Freón-12}} (h_{s_e} - h_{e_e}) \quad \text{en el evaporador}$$

de lo cual se obtiene:

$$\frac{\dot{m}_{H_2O} \cdot C_{p_{H_2O}} \cdot \Delta T}{V \cdot I \cdot 0,86} = \frac{h_{e_c} - h_{s_c}}{h_{s_e} - h_{e_e}}$$

pero como la entalpía a la salida del condensador (h_{s_c}) es igual a la entalpía, a la entrada del evaporador (h_{s_e}) por que la estrangulación es isoentálpica, se pueden calcular. La entalpía a la entrada del condensador (h_{e_c}) es igual a la de salida del compresor y se determina por la presión y temperatura (vapor sobre-calentado). La entalpía a la salida del evaporador (h_{s_e}) corresponde a vapor saturado a la presión baja del sistema.

Informe

- 1.- Introducción
 - 1.1 Objetivos
 - 1.2 Refrigeración por compresión de vapor
 - 1.3 Otros sistemas de refrigeración
 - 1.4 Método experimental
- 2.- Balance Térmico
 - 2.1 Datos
 - 2.2 Balance de condensador y evaporador
 - 2.2.1 Determinación de h_{s_c}
 - 2.2.2 Determinación de $\dot{m}_{\text{Freón-12}}$
 - 2.2.3 Errores
- 3.- Reconstrucción del ciclo en diagrama p-h
- 4.- Características del circuito
 - 4.1 Producción frigorífica
 - 4.2 Eficiencias
 - 4.3 Rendimiento
 - 4.4 Errores
- 5.- Comentarios

Ponderación

1.- 1.0

2.- 1.0

3.- 1.0

4.- 1.0

5.- 2.0

base 1.0

7.0

JRL/lpv.