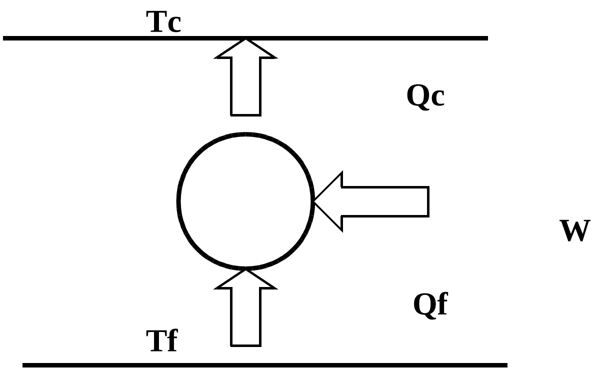
BLOQUE 2(II): MÁQUINAS FRIGORÍFICAS

1. Imagina que tienes en casa un congelador que funciona según el ciclo frigorífico de Carnot y enfría a una velocidad de 850 KJ./h. La temperatura de tu congelador debe ser la adecuada para conservar los alimentos de su interior, aproximadamente de –12 ºC. En tu casa la temperatura ambiente es de unos 21 ºC.

Determinar: a) La potencia que debe tener el motor del congelador para cumplir con su misión.

b) La potencia que debería tener el motor en el caso de que el rendimiento fuera de sólo el 50 % del rendimiento ideal de Carnot.



Qf = 850 KJ / h

Tf = -12 ºC = 273 + (-12) = 261 ºK

Tc = 21 ºC = 273 + 21 = 294 ºK

Ciclo de Carnot Frigorífico:

$$\varepsilon_{IDEAL} = \frac{T_f}{T_c - T_f} = \frac{261}{294-261} = \frac{261}{33} = 7{,}91$$

$$\varepsilon_{IDEAL} = \frac{Q_f}{W} \rightarrow W = \frac{Q_f}{\varepsilon_{IDEAL}} = \frac{850\,KJ}{7{,}91} = 107{,}46\ KJ\ (en\,1\,hora)$$

$$107{,}46\,KJ/h = 107{,}46\,KJ/h \cdot \frac{1000\,J}{1KJ} \cdot \frac{1h}{3600s} = 29{,}85\,J/s = 29{,}85\,W$$

$$\varepsilon_{MAQUINA} = \varepsilon_{IDEAL} \cdot \eta = 7{,}91 \cdot \frac{50}{100} = 3{,}955$$

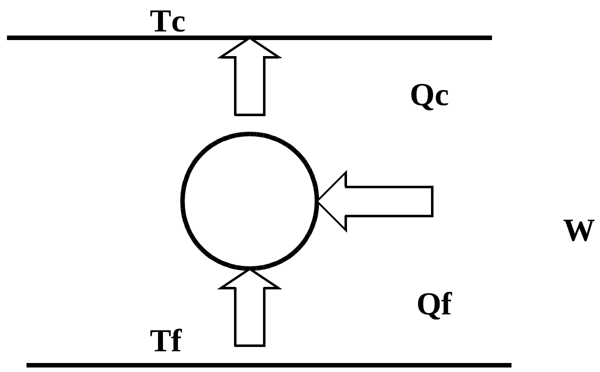
$$\varepsilon_{MAQUINA} = \frac{Q_f}{W} \rightarrow W = \frac{Q_f}{\varepsilon_{MAQUINA}} = \frac{850\,KJ}{3{,}955} = 214{,}92\ KJ\ (en\,1\,hora)$$

$$214{,}92\,KJ/h = 214{,}92\,KJ/h \cdot \frac{1000\,J}{1KJ} \cdot \frac{1h}{3600s} = 59{,}70\,J/s = 59{,}70\,W$$

2. Una bomba de calor que funciona según el ciclo de Carnot toma calor del exterior que se encuentra a una temperatura de 5 ºC y lo introduce en una habitación que se encuentra a 22 ºC, a un régimen de 50000 KJ./h.

Determina: a) La potencia que debe tener el motor de la bomba de calor para cumplir con lo indicado.

b) Si el rendimiento de la bomba de calor fuera del 48 % del rendimiento ideal de Carnot, ¿cuál debería ser entonces la potencia del motor ?.



Qc = 50000 KJ / h

Tf = 5 ºC = 273 + 5 = 278 ºK

Tc = 22 ºC = 273 + 22 = 295 ºK

<u>Ciclo de Carnot como Bomba de Calor</u>:

$$\varepsilon_{IDEAL} = \frac{Tc}{T_c - T_f} = \frac{295}{295 - 278} = \frac{295}{17} = 17{,}35$$

$$\varepsilon_{IDEAL} = \frac{Q_c}{W} \rightarrow W = \frac{Q_c}{\varepsilon_{IDEAL}} = \frac{50000\,KJ}{17{,}35} = 2881{,}84\ KJ\ \ (en\,1\,hora)$$

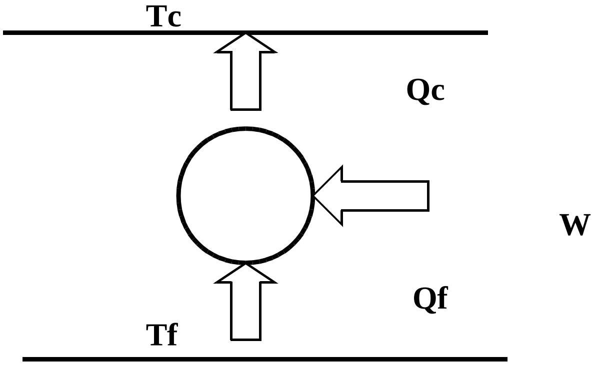
$$2881{,}84\,KJ/h = 2881{,}84\,KJ/h \cdot \frac{1000\,J}{1\,KJ} \cdot \frac{1\,h}{3600\,s} = 800{,}51\,J/s = 800{,}51\,W$$

$$\varepsilon_{MAQUINA} = \varepsilon_{IDEAL} \cdot \eta = 17{,}35 \cdot \frac{48}{100} = 8{,}328$$

$$\varepsilon_{MAQUINA} = \frac{Q_c}{W} \rightarrow W = \frac{Q_c}{\varepsilon_{MAQUINA}} = \frac{50000\,KJ}{8{,}328} = 6003{,}84\ KJ\ \ (en\,1\,hora)$$

$$6003{,}84\,KJ/h = 6003{,}84\,KJ/h \cdot \frac{1000\,J}{1\,KJ} \cdot \frac{1\,h}{3600\,s} = 1667{,}73\,J/s = 1667{,}73\,W$$

3.- Un automóvil circula a la velocidad de 80 km/h, y se desea que su interior se mantenga a la temperatura de 20 ºC, siendo la del ambiente exterior de 32 ºC. Para ello, la instalación de aire acondicionado del coche debe absorber 15000 kJ/h por transferencia de calor. ¿Qué potencia adicional deberá desarrollar el motor para mantener el acondiconador de aire?.
a) En el supuesto de un funcionamiento reversible (ideal) de la instalación.
b) Y de un funcionamiento con una eficiencia igual a la mitad de la ideal.



Qf = 15000 KJ / h

Tf = 20 ºC = 273 + 20 = 293 ºK

Tc = 32 ºC = 273 + 32 = 305 ºK

<u>Ciclo de Carnot Frigorífico</u>:

a)

$$\varepsilon_f = \frac{T_f}{T_c - T_f} = \frac{293}{305-293} = \frac{293}{12} = 24{,}42$$

$$\varepsilon_f = \frac{Q_f}{W} \rightarrow W = \frac{Q_f}{\varepsilon_f} = \frac{15000\,KJ}{24{,}42} = 614{,}25\ KJ\ \ (en\ 1\ hora)$$

$$614{,}25\,KJ = 614{,}25\,KJ \cdot \frac{1000\,J}{1KJ} = 614250\,J = 614250\,W \cdot s \cdot$$

$$P = \frac{W}{t} = \frac{614350\,W \cdot s}{3600\ s} = 170{,}625\,W \quad \approx 170\,W$$

b)

$$\varepsilon_{MAQUINA} = \varepsilon_{IDEAL} \cdot \eta = 24{,}42 \cdot \frac{0{,}50}{100} = 12{,}21$$

$$\varepsilon_{MAQUINA} = \frac{Q_f}{W} \rightarrow W = \frac{Q_f}{\varepsilon_{MAQUINA}} = \frac{15.000\,KJ}{12{,}21} = 1.228{,}67\ KJ\ \ (en\ 1\ hora)$$

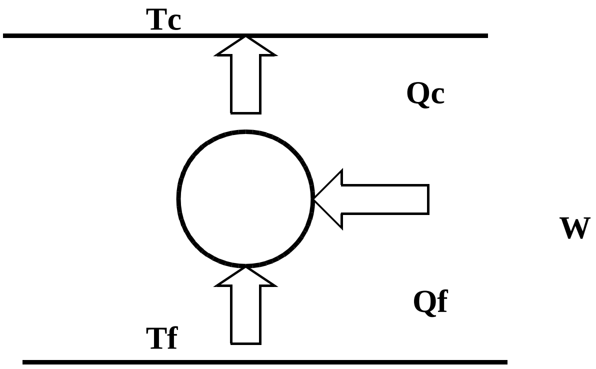
$$1.228{,}67\,KJ\,/\,h = 1.228{,}67\,KJ\,/\,h \cdot \frac{1000\,J}{1KJ} \cdot \frac{1h}{3600s} = 341{,}30\ J\,/\,s = 341{,}30\ W$$

4.- Una bomba de calor funciona de manera reversible entre dos focos a temperaturas de 7 ºC y 27 ºC, y al ciclo se aportan 2 kW·h de energía.

Determina: a) Cantidad de calor comunicada al foco caliente.

b) Cantidad de calor absorbida del foco frío.

c) Eficiencia de la bomba, según que funcione como máquina frigorífica o calorífica.



W = 2 kW·h

Tf = 7 ºC = 273 + 7 = 280 ºK

Tc = 27 ºC = 273 + 27 = 300 ºK

$$\varepsilon_{bc} = \frac{T_c}{T_c - T_f} = \frac{300}{300-280} = \frac{300}{20} = 15$$

$$\varepsilon_f = \frac{T_f}{T_c - T_f} = \frac{280}{300-280} = \frac{280}{20} = 14$$

$$\varepsilon_c = \frac{Q_c}{W} \rightarrow Q_c = \varepsilon_c \cdot W = 15 \cdot 1{,}728 \cdot 10^6\ cal = 25{,}92 \cdot 10^6\ cal = 25920\ kcal$$

$$2\,kW \cdot h = 2\,kW \cdot h \cdot \frac{1000W}{1kW} \cdot \frac{3600s}{1h} = 7{,}2 \cdot 10^6\,W \cdot s = 7{,}2 \cdot 10^6\ J$$

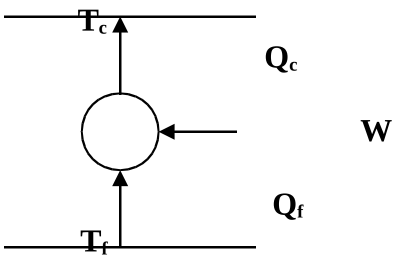
$$7{,}2 \cdot 10^6\ J = 7{,}2 \cdot 10^6\ J\ \frac{0{,}24cal}{1J} = 1{,}728 \cdot 10^6\ cal = 1728\ kcal$$

$$Q_f = Q_c - W = 25920\ kcal - 1728\ kcal = 24192\ kcal$$

5.- Una **bomba de calor** funciona de manera reversible entre dos focos de calor a temperaturas de 5 ºC y 23 ºC, y al ciclo se aportan 2,6 Kw·h de energía.

Calcular:

a) **Cantidad de calor** cedida al foco caliente.
b) **Cantidad de calor** absorbida del foco frío.
c) **Eficiencia** de la bomba según que funcione como máquina frigorífica o calorífica.



Tc = 273 + 23 = 296 ºK

Tf = 273 + 5 = 278 ºK

$$\varepsilon_{bc} = \frac{T_c}{T_c - T_f} = \frac{296\,^{o}K}{296\,^{o}K - 278\,^{o}K} = 16{,}44$$

$$W = 2{,}6\ Kw \cdot h = 2{,}6\ Kw \cdot h \cdot \frac{1.000\ w}{1\,Kw} \cdot \frac{3.600\ s}{1\,h} \cdot \frac{1\ J}{1\,w \cdot s} = 9{,}36 \cdot 10^{6}\ J$$

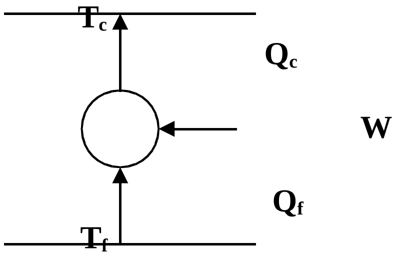
$$\varepsilon_{bc} = \frac{Q_c}{W} \quad \rightarrow \quad Q_c = \varepsilon \cdot W = 16{,}44 \cdot 9{,}36 \cdot 10^{6}\ J = 153{,}88 \cdot 10^{6}\ J$$

$$Q_f = Q_c - W = 153{,}66 \cdot 10^{6}\ J - 9{,}36 \cdot 10^{6}\ J = 144{,}52 \cdot 10^{6}\ J$$

$$\varepsilon_f = \frac{T_f}{T_c - T_f} = \frac{278\,^{o}K}{296\,^{o}K - 278\,^{o}K} = 15{,}44$$

6.- Una **máquina frigorífica** absorbe 15.000 J/min del foco frío que se encuentra a -23 ºC.
Calcular:

a) La **cantidad de calor** que cede al foco caliente que está a 27 ºC, sabiendo que su eficiencia es la mitad de la del correspondiente ciclo frigorífico de Carnot.
b) La **potencia** del motor que debería poseer dicha máquina frigorífica para cumplir con su cometido.
c) La **eficiencia** en el caso que dicha máquina actuara como bomba de calor.



Tc = 273 - 23 = 250 ºK

Tf = 273 + 27 = 300 ºK

$$\varepsilon_f = \frac{T_f}{T_c - T_f} = \frac{250\,^{o}K}{300\,^{o}K - 250\,^{o}K} = 5\,; \quad \varepsilon_{máq.} = \frac{\varepsilon_f}{2} = \frac{5}{2} = 2{,}5$$

$$\varepsilon_{máq.\,frig.} = \frac{Q_f}{Q_c - Q_f} \;\rightarrow\; 2{,}5 = \frac{15.000\ J}{Q_c - 15.000\ J}\,;\ 2{,}5 \cdot Q_c - 37.500\ J = 15.000\ J$$

$$Q_c = \frac{15.000\ J + 37.500\ J}{2{,}5} = 21.000\ J\ (en\,1\min.)$$

$$\varepsilon_{maq.\,frig.} = \frac{Q_f}{W} \;\rightarrow\; W = \frac{Q_f}{\varepsilon_{máq.\,frig.}} = \frac{15.000\ J/\min.}{2{,}5} = 6.000\ J/\min.$$

$$P = \frac{W}{t} = \frac{6.000\ J}{\min.} = \frac{6.000\,W\cdot s}{60\ s} = 100\,W$$

$$\varepsilon_{b.calor} = \frac{T_c}{T_c - T_f} = \frac{300\,^{o}K}{300\,^{o}K - 250\,^{o}K} = \frac{300\,^{o}K}{50\,^{o}K} = 6$$

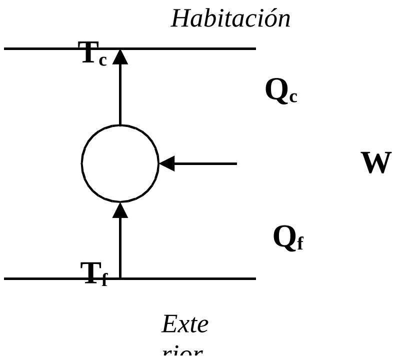
$$\varepsilon_{.b.calorREAL.} = \frac{Q_c}{Q_c - Q_f} = \frac{21.000\ J}{21.000\,J - 15.000\ J} = 3{,}5$$

7.- Cuando la temperatura externa es de 7 ºC, una vivienda requiere 550 MJ por día para mantener su temperatura interna a 22 ºC. Si se emplea como calefacción una *bomba de calor,* se pide:

a) El *mínimo trabajo teórico* para una hora de funcionamiento

b) El *COP* (eficiencia) *de funcionamiento* de la bomba de calor si el rendimiento del ciclo práctico real del fluido de trabajo es del 30 % del de Carnot y la *potencia* necesaria para desarrollarse el proceso en estas condiciones.

c) La *cantidad de calor absorbida* del entorno en las condiciones de trabajo reales.



Tc = 273 + 22 = 295 ºK

Tf = 273 + 7 = 280 ºK

Qc = 550 MJ / día

$$\varepsilon_{bc} = \frac{T_c}{T_c - T_f} = \frac{295\,^{o}K}{295\,^{o}K - 280\,^{o}K} = 19{,}67$$

$$\varepsilon_{bc} = \frac{Q_c}{W} \quad \rightarrow \quad W = \frac{Q_c}{\varepsilon_{bc}} = \frac{550 MJ / día}{19{,}67} = 27{,}955 MJ / día$$

$$W = 27{,}955\,\frac{MJ}{día} = 27{,}955\,\frac{MJ}{día}\cdot\frac{1\,día}{24\,h} = 1{,}165\ MJ / h$$

$$\varepsilon_{bc(MAQUINA)} = \varepsilon_{bc}\cdot 0{,}30 = 19{,}67\cdot 0{,}30 = 5{,}90$$

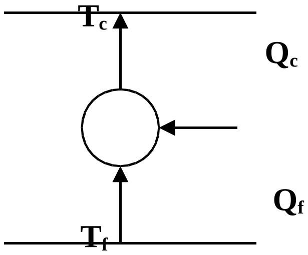
$$\varepsilon_{bc(MAQUINA)} = \frac{Q_c}{W} \quad \rightarrow \quad W = \frac{Q_c}{\varepsilon_{bc(MAQ)}} = \frac{550\cdot 10^{6}\ J / día}{5{,}90} = 93{,}22\cdot 10^{6}\ \ J / día$$

$$93{,}22\cdot 10^{6}\,\frac{J}{día} = 93{,}22\cdot 10^{6}\,\frac{J}{día}\cdot\frac{1\,día}{24\,h}\cdot\frac{1\,h}{3600\,s} = 1078{,}9\ J / s$$

$$\approx 1079\,w$$

$$Q_f = Q_c - W = 550\,MJ / día - 93{,}22\ MJ / día = 456{,}78\ MJ / día$$

8.- Tenemos una máquina frigorífica cuyo rendimiento es la mitad del rendimiento del ciclo de Carnot. Esta máquina frigorífica funciona entre dos fuentes de calor que están a unas temperaturas de 200 y 350 K. Además, sabemos que la máquina absorbe 1200 J/min de la fuente fría. ¿Cuánto calor cede la máquina a la fuente caliente?¿Qué potencia debería poseer la máquina?¿Cuál sería su eficiencia en el caso de que dicha máquina actuara como bomba de calor?



Tc = 350 K

Tf = 200 K

a)

$$\varepsilon_f = \frac{T_f}{T_c - T_f} = \frac{200K}{350\ K - 200\ K} = 1{,}33\ ; \quad \varepsilon_{máq.} = \frac{\varepsilon_f}{2} = \frac{1{,}33}{2} = 0{,}67$$

$$\varepsilon_{máq.frig.} = \frac{Q_f}{Q_c - Q_f} \ \rightarrow\ 0{,}67 = \frac{1.200\ J}{Q_c - 1.200\ J}\ ; 0{,}67 \cdot Q_c - 800\ J = 1.200\ J$$

$$Q_c = \frac{1.200\ J + 800\ J}{0{,}67} = 3.000\ J$$

b)

$$\varepsilon_{maq.frig.} = \frac{Q_f}{W} \ \rightarrow\ W = \frac{Q_f}{\varepsilon_{máq.frig.}} = \frac{1.200\ J/\min.}{0{,}67} = 1.800\ J/\min.$$

$$P = \frac{W}{t} = \frac{1800\ J}{\min.} = \frac{1800\ W \cdot s}{60\ s} = 30\ W$$

c)

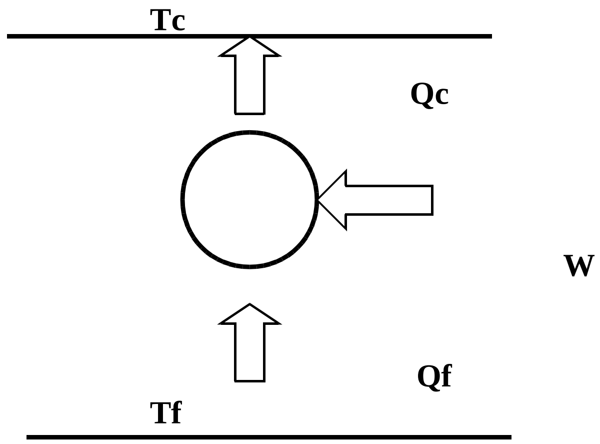
$$\varepsilon_{b.calor} = \frac{T_c}{T_c - T_f} = \frac{350\ K}{350\ K - 200\ K} = \frac{350\ K}{150\ K} = 2{,}33$$

$$\varepsilon_{.b.calorREAL.} = \frac{Q_c}{Q_c - Q_f} = \frac{3.000\ J}{3.000\ J - 1.200\ J} = 1{,}67$$

9. Imagina que tienes en casa un frigorífico que funciona según el ciclo frigorífico de Carnot y enfría a una velocidad de 700 kilojulios/hora. La temperatura de tu frigorífico debe ser la apropiada para que no se descongelen los alimentos de su interior, aproximadamente de –10 °C. En tu casa la temperatura ambiente es de unos 22°C**.** Determinar:

a) La potencia que debe poseer el motor del frigorífico para conseguir dicha temperatura.

b) La potencia que debería poseer el motor del frigorífico en el caso de que el rendimiento fuera del 60% del rendimiento ideal de Carnot.



Qf = 700 KJ / h

Tf = -10 ºC = 273 + (-10) = 263 K

Tc = 22 ºC = 273 + 22 = 295 K

<u>Ciclo de Carnot Frigorífico</u>:

$a)$

$$\varepsilon_{IDEAL} = \frac{T_f}{T_c - T_f} = \frac{263}{295 - 263} = \frac{263}{32} = 8{,}22$$

$$\varepsilon_{IDEAL} = \frac{Q_f}{W} \rightarrow W = \frac{Q_f}{\varepsilon_{IDEAL}} = \frac{700\,KJ}{8{,}22} = 85{,}17\ KJ\ \ (en\ 1\ hora)$$

$$85{,}17\,KJ/h = 85{,}17\,KJ/h \cdot \frac{1000J}{1KJ} \cdot \frac{1h}{3600s} = 23{,}66\,J/s = 23{,}66W$$

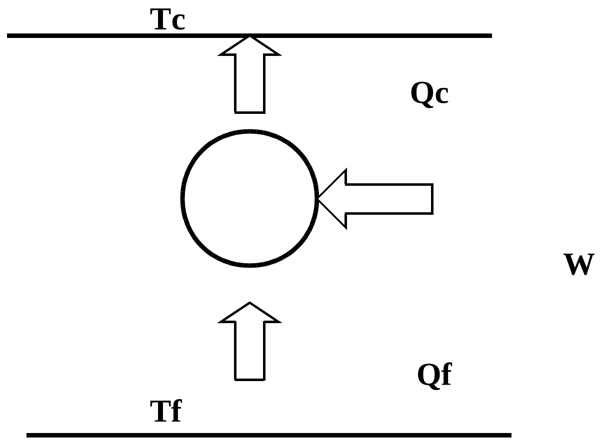
$b)$

$$\varepsilon_{MAQUINA} = \varepsilon_{IDEAL} \cdot \eta = 8{,}22 \cdot \frac{0{,}60}{100} = 4{,}93$$

$$\varepsilon_{MAQUINA} = \frac{Q_f}{W} \rightarrow W = \frac{Q_f}{\varepsilon_{MAQUINA}} = \frac{700\,KJ}{4{,}93} = 141{,}95\ KJ\ \ (en\ 1\ hora)$$

$$141{,}95\,KJ/h = 168{,}57\,KJ/h \cdot \frac{1000J}{1KJ} \cdot \frac{1h}{3600s} = 39{,}43\,J/s = 39{,}43\ W$$

10. Una bomba de calor de uso doméstico, accionada eléctricamente, debe suministrar $1{,}5\cdot 10^6$ KJ diarios a una vivienda para mantener su temperatura en 20°C. Si la temperatura exterior es de -5°C y el precio de la energía eléctrica es de 0,10 € el Kwh, determinar el coste mínimo diario de calefacción.



Qf = $1{,}5\cdot 10^6$ KJ / día

Tf = -5 ºC = 273 +(-5) = 268

K

Tc = 20 ºC = 273 + 20 = 293

K

<u>Ciclo de Carnot como bomba de calor</u>:

$$\varepsilon_{IDEAL} = \frac{T_c}{T_c - T_f} = \frac{293\,K}{293\,K - 268\,K} = \frac{293\,K}{25\,K} = 11{,}72$$

$$\varepsilon_{IDEAL} = \frac{Q_c}{W} \rightarrow W = \frac{Q_c}{\varepsilon_{IDEAL}} = \frac{1{,}5\cdot 10^6\ KJ}{11{,}72} = 127{,}99\ KJ\ (en\ 1\ día)$$

$$P = 127{,}99\,KJ/día \cdot \frac{1000J}{1KJ} \cdot \frac{1h}{86.400s} = 1481{,}32\,J/s = 1481{,}32\ W$$

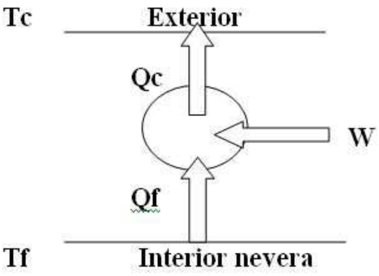
$$1481{,}32W \cdot \frac{1KW}{10^3 W} \cdot 24h \cdot \frac{0{,}10€}{1KW\cdot h} = 3{,}56€$$

11. Un congelador funciona según el ciclo de Carnot, enfriando a 400KJ/hora. La temperatura del congelador deber ser de -20ºC en el interior, siendo la del ambiente exterior de 5ºC.Hallar:

a) Potencia que debe tener el motor del congelador para cumplir con su cometido

b) Potencia que debería tener el motor del congelador si su eficiencia real fuera el 70% de la eficiencia ideal de Carnot.

c)Coste económico que supondría mantener en funcionamiento durante 8horas el congelador en las condiciones del apartado b) si el precio del Kwh es de 0,14 euros.



Tc=5ºC+ 273= 278ºK

Tf= -20ºC+273=253ºK

$a)$

$$\varepsilon_{IDEAL} = \frac{Q_f}{W} = \frac{T_f}{T_c - T_f} = \frac{253}{278-253} = \frac{253}{25} = 10{,}12$$

$$\varepsilon_{IDEAL} = \frac{Q_f}{W} \rightarrow W = \frac{Q_c}{\varepsilon_{IDEAL}} = \frac{400 \quad KJ}{10{,}12} = 39{,}535 \quad KJ \quad (en \quad 1 \quad hora)$$

$$39{,}535 \quad KJ/h = 2881{,}84 \quad KJ/h \cdot \frac{1000J}{1KJ} \cdot \frac{1h}{3600s} = 10{,}98 \quad J/s = 10{,}98 \quad W$$

$b)$

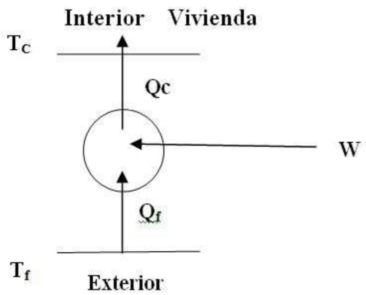
$$\varepsilon_{mf} = \varepsilon_{IDEAL} \cdot 0{,}7 = 10{,}12 \cdot 0{,}7 = 7{,}084$$

$$\varepsilon_{mf} = \frac{Q_f}{W} \rightarrow W = \frac{Q_f}{\varepsilon_{mf}} = \frac{400KJ}{7{,}084} = 56{,}46 \quad KJ \quad (en \quad 1 \quad hora)$$

$$56{,}46 \quad KJ/h = 56{,}46KJ/h \cdot \frac{1000J}{1KJ} \cdot \frac{1h}{3600s} = 15{,}68J/s = 15{,}68 \quad W$$

$$c) 15{,}68w \cdot \frac{1Kw}{10^3W} \cdot 8h \cdot \frac{0{,}14euros}{1Kw.h} = 0{,}0175euros.$$

12. Cuando la temperatura exterior es de 8ºC, una vivienda requiere 600MJ por día para mantener su temperatura interior a 22ºC.Si se emplea como calefacción una bomba de calor, determinar:
a) El mínimo trabajo teórico para una hora de funcionamiento.
b) La eficiencia de la de la bomba si esta fuera del 25% de la de Carnot y la potencia necesaria para que el proceso se lleve a cabo en estas condiciones.
c) La cantidad de calor absorbida del entorno en las condiciones de trabajo reales



Tc = 273 + 22 = 295 ºK

Tf = 273 + 8= 281 ºK

$a)$

$$\varepsilon_{bc(ideal)} = \frac{T_c}{T_c - T_f} = \frac{295\ ^oK}{295\ ^oK - 281\ ^oK} = 21,07$$

$$\varepsilon_{bc(ideal)} = \frac{Q_c}{W} \rightarrow W = \frac{Q_c}{\varepsilon_{bc}} = \frac{600MJ/día}{21,07} = 28,476MJ/día$$

$$W = 28,476\ \frac{MJ}{día} = 28,476\ \frac{MJ}{día} \cdot \frac{1\ \ día}{24\ \ h} = 1,186\ \ MJ/h$$

$b)$

$$\varepsilon_{bc\ (máquina)} = \varepsilon_{bc} \cdot 0,25 = 21,07 \cdot 0,25 = 5,27$$

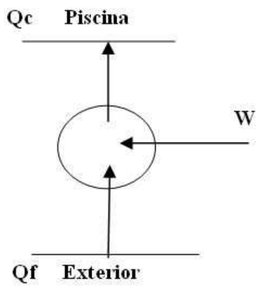
$$\varepsilon_{bc\ (máquina)} = \frac{Q_c}{W} \rightarrow W = \frac{Q_c}{\varepsilon_{bc\ (máquina)}} = \frac{600MJ/día}{5,27} = \frac{6 \cdot 10^8\, J/día}{5,27} = 1,14 \cdot 10^8\ \ J/día$$

$$1,14 \cdot 10^8\, \frac{J}{día} = 1,14 \cdot 10^8\, \frac{J}{día} \cdot \frac{1\ \ día}{24\ \ h} \cdot \frac{1\ \ h}{3600\ \ s} = 1319,44\ \ J/s = 1319,44\ \ w$$

$$c) Q_c = Q_f + W \rightarrow Q_f = Q_c - W = 6.10^8\, J/día - 1,14.10^8\ \ J/día = 4,86.10^8\ \ J/día.$$

13.- Una bomba de calor se utiliza para mantener el recinto de una piscina climatizada a 27 º cuando la temperatura exterior es de -3 ºC. Para su funcionamiento, hay que suministrarle a la piscina un calor de $216 \cdot 10^6$J en doce horas de funcionamiento. Calcular:

a) Eficiencia real de la bomba, si ésta es el 40 % de la ideal.
b) Potencia de la bomba en las condiciones reales de funcionamiento
c) El calor absorbido del medio ambiente durante las doce horas de funcionamiento



Tc=27ºC+273=300K

Tf= -3ºC= -3+273=270ºC

$a)$

$$\varepsilon_{IDEAL} = \frac{Q_c}{W} = \frac{Tc}{T_c - T_f} = \frac{300}{300-270} = \frac{300}{30} = 10.$$

$$\varepsilon_{bc} = \varepsilon_{IDEAL} \cdot 0,40 = 10 \cdot 0,40 = 4.$$

$b)$

$$\varepsilon_{bc} = \frac{Q_c}{W} \longrightarrow W = \frac{Q_c}{\varepsilon_{bc}} = \frac{216 \cdot 10^6\ J}{4} = 54 \cdot 10^6\ J\ (en\ 12\ horas)$$

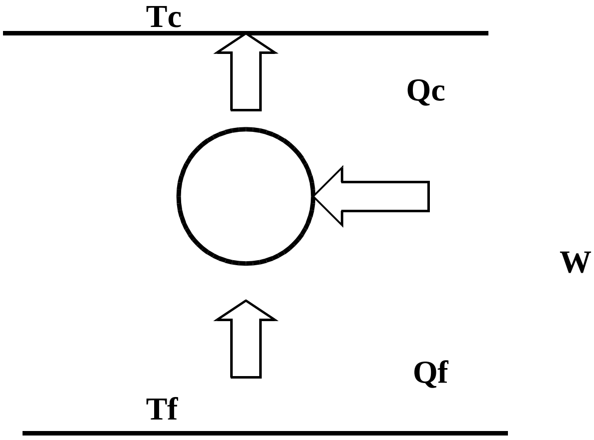
$$54 \cdot 10^6 \frac{J}{12h} \cdot \frac{1h}{3600s} = 1250\, J/s = 1250\ W$$

c) $Q_c = Q_f + W \rightarrow Q_f = Q_c - W = 216.10^6 J - 54.10^6\ J = 162.10^6\ J.$ (en las 12 h de funcionamiento).

14. Imagina que tienes en casa una nevera que funciona según el ciclo frigorífico de Carnot y enfría a una velocidad de 700 kJ/h. La temperatura de tu nevera debe ser la apropiada para que no se descongelen los alimentos que tiene en su interior, aproximadamente de –10 °C. En tu casa la temperatura ambiente es de unos 28°C**.**

a) ¿Qué potencia del motor debe tener tu nevera para conseguir esta temperatura?

b) Si el rendimiento de tu nevera fuera del 60% del rendimiento ideal de Carnot, ¿cuál debería ser entonces la potencia del motor?



Qf = 700 KJ / h

Tf = -10 ºC = 273 + (-10) = 263 K

Tc = 28 ºC = 273 + 28 = 301 K

<u>Ciclo de Carnot Frigorífico</u>:

$a)$

$$\varepsilon_{IDEAL} = \frac{T_f}{T_c - T_f} = \frac{263}{301-263} = \frac{263}{38} = 6{,}92$$

$$\varepsilon_{IDEAL} = \frac{Q_f}{W} \rightarrow W = \frac{Q_f}{\varepsilon_{IDEAL}} = \frac{700\,KJ}{6{,}92} = 101{,}14\ KJ\ (en\ 1\ hora)$$

$$101{,}14\,KJ/h = 101{,}14\,KJ/h \cdot \frac{1000J}{1KJ} \cdot \frac{1h}{3600s} = 28{,}09\ J/s = 28{,}09\ W$$

$b)$

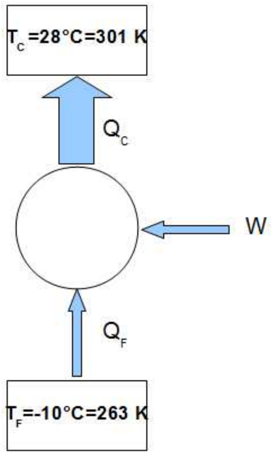
$$\varepsilon_{MAQUINA} = \varepsilon_{IDEAL} \cdot \eta = 6{,}92 \cdot \frac{0{,}60}{100} = 4{,}15$$

$$\varepsilon_{MAQUINA} = \frac{Q_f}{W} \rightarrow W = \frac{Q_f}{\varepsilon_{MAQUINA}} = \frac{700\,KJ}{4{,}15} = 168{,}57\ KJ\ (en\ 1\ hora)$$

$$168{,}57\,KJ/h = 168{,}57\,KJ/h \cdot \frac{1000J}{1KJ} \cdot \frac{1h}{3600s} = 46{,}82\ J/s = 46{,}82\ W$$

15. Un pequeño congelador funciona según un ciclo frigorífico de Carnot y enfría a una velocidad de 700 kJ/h. La temperatura de la nevera debe ser apropiada para que no se descongelen los alimentos en su interior, aproximadamente -10 °C. Suponiendo que la temperatura ambiente del recinto en el que se encuentra el congelador es de 28 °C, determine:

a) La eficiencia de la máquina y la potencia que debe tener el motor para mantener esa temperatura.
b) El calor cedido a la atmósfera.
c) La potencia del motor si la eficiencia real fuese un 60% del rendimiento del ciclo de Carnot.



T_c = 273 + 28 ºC = 301 K
T_f = 273 - 10 ºC = 263 K
Q_f = 700 kJ/h

a)

La eficiencia de una máquina frigorífica ideal es:

$$\varepsilon = \frac{Qf}{W} = \frac{Tf}{Tc - Tf} = \frac{263K}{301K - 263K} = 6{,}92$$

$$W = \frac{Qf}{\varepsilon} = \frac{700kJ/h}{6{,}92} = 101{,}14kJ/h$$

Este es trabajo realizado por el motor por unidad de tiempo , es decir la potencia, que expresada en vatios vale:

$$P = 101{,}14\frac{kJ}{h} \times \frac{10^3 J}{1kJ} \times \frac{1h}{3600s} = 28{,}09W$$

b)

El calor cedido a la atmósfera es:

$$Qc = Qf + W$$

Y la eficiencia de la máquina frigorífica:

$$\varepsilon = \frac{Qf}{W}$$

Entonces:

$$Qc = Qf + W \Rightarrow Qc = Qf + \frac{Qf}{\varepsilon} = 700\frac{kJ}{h} + \frac{700\frac{kJ}{h}}{6,92} = 801,14\frac{kJ}{h}$$

c)

En ese caso:

$$\varepsilon r_{eal} = \varepsilon_{ideal} \times 0,60 = 4,15$$

Y por tanto:

$$W = \frac{Qf}{\varepsilon_{real}} = \frac{700kJ/h}{4,15} = 168,56kJ/h$$

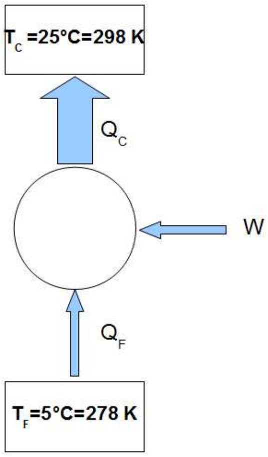
Que expresada en vatios vale:

$$P = 168,56\frac{kJ}{h} \times \frac{10^3 J}{1kJ} \times \frac{1h}{3600s} = 46,82W$$

Que lógicamente es mayor que en el caso ideal para compensar las pérdidas.

16. Se desea climatizar una nave a 25 °C mediante una bomba de calor de 2,5 kW de potencia. Si la temperatura exterior es de 5 °C y la bomba funciona según un ciclo de Carnot reversible, determine:

a) Eficiencia de la bomba de calor.
b) Calor cedido al foco caliente durante una hora, expresado en kJ.
c) Calor absorbido del foco frío durante una hora, expresado en kJ.



T_c = 273 + 25 ºC = 298 ºC K
T_f = 273 +5 ºC = 278 K
P = 2,5 kW=2,5 kJ/s

a)

$$\varepsilon = \frac{Qc}{W} = \frac{Qc}{Qc - Qf} = \frac{Tc}{Tc - Tf} = \frac{298K}{298K - 278K} = 14{,}9$$

b)

$$Qc = \varepsilon W = 14{,}9 \times 2{,}5 \frac{kJ}{s} = 37{,}25 \frac{kJ}{s}$$

$$Qc = 37{,}25 \frac{kJ}{s} \times 3600 s = 134100 kJ = 1{,}34 \times 10^5 kJ$$

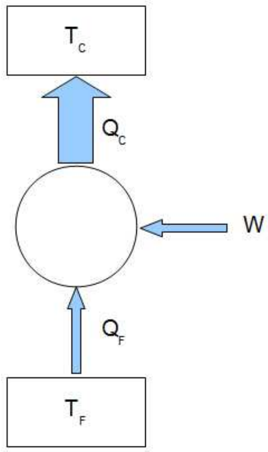
c)

$$Qf = Qc - W = 37{,}25 \frac{kJ}{s} - 2{,}5 \frac{kJ}{s} = 34{,}75 \frac{kJ}{s}$$

$$Qf = 34{,}75 \frac{kJ}{s} \times 3600 s = 125100 \frac{kJ}{s} = 1{,}25 \times 10^5 \frac{kJ}{s}$$

17. Un refrigerante circula a baja temperatura a través de las paredes del compartimento de un congelador a -7 ºC. La temperatura del aire circundante es de 18 ºC. La cesión de calor del congelador al fluido refrigerante es de 27,8 Kw y la potencia para producir el ciclo frigorífico es de 8,35 Kw. Se pide:

a) El coeficiente de operación del frigorífico real, es decir, su eficiencia real.
b) La eficiencia máxima que podría tener un frigorífico que operara entre las mismas temperaturas.
c) El calor entregado al aire de la cocina donde se encuentra el frigorífico, durante una hora de funcionamiento, en KJ.



T_c = 273 + 18 ºC = 291 K
T_f = 273 - 7 ºC = 266 K
Q_f = 27,8 Kw=27,8 kJ/s
W = 8,35 Kw=8,35 kJ/s

a)

$$\varepsilon = \frac{Q_F}{W} = \frac{27{,}8kW}{8{,}35kW} = 3{,}33$$

b)

$$\varepsilon_{Carnot} = \frac{Q_F}{W} = \frac{Qf}{Qc - Qf} = \frac{Tf}{Tc - Tf} = \frac{266K}{291K - 266K} = 10{,}64$$

c)

$$Qc = Qf + W = 27{,}8kW + 8{,}35kW = 36{,}15kW$$

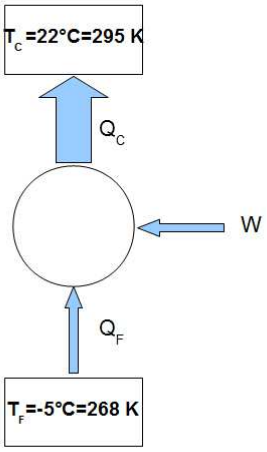
En una hora de funcionamiento

$$Q_c = 36{,}15\frac{kJ}{s} \times 3600s = 130140kJ = 1{,}30 \times 10^5\,kJ$$

18. Un refrigerador desarrolla un ciclo que absorbe calor desde un congelador a un ritmo de 1,92 . 10^8 J diarios, cuando la temperatura interior es de - 5 ºC y la exterior, de 22 ºC.

a) Determinar la eficiencia de la máquina.

b) Calcula la potencia mínima necesaria para hacer funcionar el refrigerador.



Datos:

$Qf = 1{,}92.10^8\ J$

$t = 1\,\text{dia} = 86400\,\text{s}$

$\text{Tf} = -5^o C + 273 = 268$

$\text{Tc} = 22^o \text{C} + 273 = 295\,\text{K}$

a)

$$\varepsilon_{IDEAL} = \frac{T_f}{T_c - T_f} = \frac{268}{295 - 268} = 9{,}92$$

Luego la eficiencia de la máquina es 9,92

b)

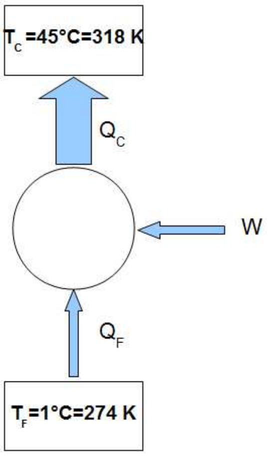
De la expresión de la eficiencia, despejamos el valor de W:

$$\varepsilon_{IDEAL} = \frac{Q_f}{W} \rightarrow W = \frac{Qf}{\varepsilon_{IDEAL}} = \frac{1{,}92.10^8\ J}{9{,}92} = 1{,}93.10^7\ J$$

Con este dato calculamos la potencia, sbiendo que es un trabajo diario:

$$\text{P} = \frac{\text{W}}{\text{t}} = \frac{1{,}93.10^7\ J}{86400\,\text{s}} = 223{,}4\,\text{W}$$

19. En un centro de tratamiento de aguas residuales se utiliza una máquina frigorífica para enfriar un tanque de líquido. La máquina opera entre 1ºC y 45ºC. Su rendimiento es la mitad que el de Carnot. Si en una hora extrae 34000 calorías del tanque, determinar el trabajo mecánico consumido por la máquina en ese tiempo (expresa el resultado en julios).



Datos:

Qf = 34000 cal/ h
Tf = 1 ºC = 273 + 1 = 274 K
Tc = 45ºC = 273 + 45 = 318 K

$$\varepsilon_{carnot} = \frac{T_f}{T_c - T_f} = \frac{274}{318-274} = 6{,}22$$

Como el rendimiento de la máquina es la mitad que una de Carnot funcionando entre las mismas temperaturas, entonces :

$$\varepsilon_{sistema} = \varepsilon_{carnot} \times 0{,}50 = 3{,}11$$

Por tanto :

$$\varepsilon_f = \frac{Q_f}{W} \rightarrow W = \frac{Q_f}{\varepsilon_{sistema}} = \frac{34.000\, cal/h}{3{,}11} = 10.919{,}71 \frac{cal}{h} \cdot \frac{4{,}18 J}{1 cal} = 45.644{,}38 \frac{J}{h}$$

20. Un frigorífico trabaja entre -5ºC y 35ºC y tiene un rendimiento del 25% del ciclo ideal. Si la energía absorbida de la fuente fría es de 1500 J, determinar: a) El rendimiento del frigorífico b) La energía cedida a la fuente caliente c) El trabajo ejercido por el compresor del sistema.

SOLUCIÓN

La eficiencia ideal del frigorífico es:

$$a)\varepsilon_{ideal} = \frac{T_f}{T_c - T_f} = \frac{273-5}{(273+35)-(273-5)} = 6{,}7$$

Como el rendimiento de la máquina es del 25% del ideal funcionando entre las mismas temperaturas, entonces:

$$\varepsilon_{maq} = \varepsilon_{ideal} \times 0{,}25 = 6{,}7\ X\, 0{,}25 = 1{,}675$$

$$\text{b)}\varepsilon_{máq.\,frig.} = \frac{Q_f}{Q_c - Q_f} \rightarrow 1{,}675 = \frac{1500\ J}{Q_c - 1500\ J};\ 1{,}675 \cdot Q_c - 2512{,}5\ J = 1500\ J$$

$$Q_c = \frac{1500\ J + 2512{,}5\ J}{1{,}675} = 2395{,}5\ J$$

$$c)\varepsilon_f = \frac{Q_f}{W} \rightarrow W = \frac{Q_f}{\varepsilon_{sistema}} = \frac{1500\ J}{1{,}675} = 895{,}5 J$$

o bien;

$$Qc = Qf + W; \Rightarrow W = Qc - Qf = 2395{,}5\ J - 1500\ J = 895{,}5 J$$

21. Un frigorífico ideal trabaja entre -5ºC y 30ºC determinar: a) Eficiencia ideal de la máquina b) Para conseguir una eficiencia igual a 9, ¿qué temperatura debe tener el foco caliente? c) Si se ajusta el circuito para conseguir una temperatura de -10ºC, ¿Cuál será la nueva eficiencia?

SOLUCIÓN

$$a)\varepsilon_{ideal} = \frac{T_f}{T_c - T_f} = \frac{273-5}{(273+30)-(273-5)} = 7{,}657$$

$$\text{b)}\varepsilon_{ideal.} = \frac{T_f}{T_c - T_f} \rightarrow T_c = \frac{T_f}{\varepsilon} + T_f = \frac{268}{9} + 268 = 267{,}77K$$

$$T_c = -267{,}77K + 273 = 24{,}77^{o}C$$

$$c)\varepsilon_{ideal} = \frac{T_f}{T_c - T_f} = \frac{273-10}{(273+30)-(273-10)} = 6{,}575$$

22. Una máquina frigorífica trabaja entre dos focos de calor que están a -10ºC y 25ºC de temperatura. El rendimiento de la máquina es la cuarta parte del rendimiento del ciclo ideal de funcionamiento. Si la máquina cede a la fuente caliente 2600 J. Calcula: a) La eficiencia del frigorífico b) Cuánta energía extrae del foco frío c) El trabajo ejercido por el compresor sobre el sistema

SOLUCIÓN

$$a)\varepsilon_{ideal} = \frac{T_f}{T_c - T_f} = \frac{273-10}{(273+25)-(273-10)} = 7{,}51$$

Como el rendimiento de la máquina es del 25% del ideal funcionando entre las mismas temperaturas, entonces :

$$\varepsilon_{maq} = \varepsilon_{ideal} \times 0{,}25 = 7{,}51\ X\ 0{,}25 = 1{,}878$$

$$\text{b)}\varepsilon_{máq.\,frig.} = \frac{Q_f}{Q_c - Q_f} \rightarrow Q_f = \frac{Q_c.\varepsilon}{\varepsilon+1} \rightarrow$$

$$Q_f = \frac{2600\ J.1{,}878}{2{,}878} = 1696{,}6J$$

$$c)\varepsilon_f = \frac{Q_f}{W} \rightarrow W = \frac{Q_f}{\varepsilon_{sistema}} = \frac{1696{,}6\ J}{1{,}878} = 903{,}4J$$

o bien;

$$Qc = Qf + W; \Rightarrow W = Qc - Qf = 2600\ J - 1696{,}6J = 903{,}4J$$