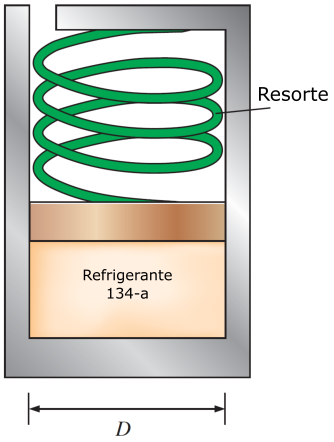
Interrogación 2

Fecha: 19 de Mayo de 2025

1. El dispositivo cilindro-émbolo con resorte mostrado en la figura está lleno con 0,5 kg de vapor de refrigerante 134-a, que inicialmente se encuentra a una presión de 0,2 MPa y una temperatura de 15 °C. Inicialmente, el resorte no ejerce ninguna fuerza sobre el émbolo, el cual tiene un diámetro $D = 20\,\text{cm}$. La fuerza que ejerce el resorte está dada por $F = -kX$, donde $k = 1{,}411\,\text{kN m}^{-1}$ y X es la elongación o compresión del resorte.



Si el refrigerante experimenta un proceso cuasiestático en el cual su volumen se reduce a la mitad del volumen inicial:

a) Determine en que estado se encuentra inicialmente el refrigerante y calcule su volumen específico inicial v_1. **(1.5pts.)**

b) Muestre que la presión P durante este proceso depende del volumen específico v de la siguiente manera

$$P - P_1 = C(v - v_1),$$

en donde $C = 714{,}821\,\text{kN} \cdot \text{kg/m}^5$ es una constante de proporcionalidad. **(1pto.)**

c) Calcule la presión y volumen específico del refrigerante en el estado final. De la misma forma, determine la fase en la que se encuentra el refrigerante. Puede considerar conocida la expresión para la presión presentada en el inciso b). **(1pto.)**

d) Determine la temperatura y la entalpía del refrigerante en el estado final. **(1.5pts.)**

e) Dibuje el proceso en un diagrama PV incluyendo la campana de saturación. **(1pto.)**

Solución
a) De acuerdo a la tabla A-13, la temperatura de saturación a una presión de $P_1 = 0{,}2\,\text{MPa}$ es

$$T_{\text{sat@0,2 MPa}} = -10{,}09\,^\circ\text{C} < T_1 = 15\,^\circ\text{C}. \quad \textbf{[0.25 ptos.]}$$

Luego, el refrigerante está inicialmente en un estado de vapor sobre-calentado **[0.25 ptos.]**.
Utilizando nuevamente la tabla A-13 tenemos vemos que

$$v_{0{,}2\,\text{MPa@10}\,^\circ\text{C}} = 0{,}109\,55\,\text{m}^3/\text{kg} \quad \textbf{[0.25 ptos.]} \tag{1}$$

$$v_{0{,}2\,\text{MPa@20}\,^\circ\text{C}} = 0{,}114\,18\,\text{m}^3/\text{kg} \quad \textbf{[0.25 ptos.]}, \tag{2}$$

Interpolando obtenemos el volumen específico $v_1 = v_{0{,}2\,\text{MPa@15}\,^\circ\text{C}}$

$$\frac{v_1 - 0{,}109\,55\,\text{m}^3/\text{kg}}{15\,^\circ\text{C} - 10\,^\circ\text{C}} = \frac{0{,}114\,18\,\text{m}^3/\text{kg} - 0{,}109\,55\,\text{m}^3/\text{kg}}{20\,^\circ\text{C} - 10\,^\circ\text{C}} \quad \textbf{[0.25 ptos.]}$$

■

$$v_1 = 0{,}111\,87\,\mathrm{m^3/kg} \quad \textbf{[0.25 ptos.]}$$

b) Dado que la compresión es quasiestática el sistema esta en equilibrio mecánico y la fuerza ejercida por la presión sobre el émbolo es igual a la fuerza causada por la presión externa más la fuerza del resorte. En el estado inicial, el resorte no hace fuerza dado que esta en su largo natural. Luego, la presión externa tiene que ser la presión del gas: $P_{\text{ext}} = P_1$. Supongamos que la altura del piston en el estado original es Y_1 y que en instantes posteriores es Y. En este instante, tenemos entonces que la elongación del resorte es $X = Y_1 - Y$, por lo que la fuerza del resorte es $F_r = -k(Y_1 - Y)$. Luego, la condición de equilibrio mecánico, $PA = P_1 A + F_r$, se traduce en $A(P - P_1) = k(Y - Y_1)$, donde A es el área del émbolo. **[0.25 ptos.]** Luego, ocupando el que el volumen del cilindro está dado por $V = AY$ tenemos que

$$P - P_1 = \frac{k}{A}(Y - Y_1) = \frac{k}{A^2}(Y - Y_1)A = \frac{k}{A^2}(V - V_1) = \frac{mk}{A^2}(v - v_1). \quad \textbf{[0.5 ptos.]}$$

De esto identificamos $C = \frac{mk}{A^2} = \frac{4^2 mk}{\pi^2 D^4} = \frac{4 \times 0{,}5\,\mathrm{kg} \times 1{,}411\,\mathrm{kN\,m^{-1}}}{\pi^2 (0{,}2\,\mathrm{m})^4} = 714{,}821\,\mathrm{kN \cdot kg/m^5}$. **[0.25 ptos.]**

c) El volumen específico final es, por enunciado, la mitad del original: $v_2 = 0{,}055\,94\,\mathrm{m^3/kg}$ **[0.25 ptos.]**. La presión final está dada por

$$P_2 = P_1 + C(v_2 - v_1) = P_1 - \frac{C}{2}v_1 = 200\,\mathrm{kPa} - 0.5 \times 714{,}821\,\mathrm{kN \cdot kg/m^5} \times 0{,}111\,87\,\mathrm{m^3/kg} \approx 160\,\mathrm{kPa}. \quad \textbf{[0.25 ptos.]}$$

De la tabla A-12 vemos que $v_{f@160\,\mathrm{k}} = 0{,}000\,743\,7\,\mathrm{kg/m^3} < v_2 < v_{g@160\,\mathrm{kPa}} = 0{,}123\,48\,\mathrm{kg/m^3}$. Luego, la muestra está en un estado de mezcla saturada. **[0.5 ptos.]**

d) De la tabla A-12 vemos que

$$T_{\text{sat@160 kPa}} = -15{,}60\,^\circ\mathrm{C}. \quad \textbf{[0.5 ptos.]}$$

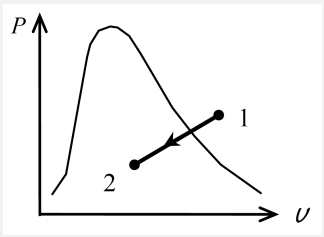
Para obtener la entalpía, necesitamos la calidad x. Usando la tabla A-12 vemos que

$$x_2 = \frac{v_2 - v_f}{v_g - v_f} = \frac{0.05594 - 0.0007437}{0.12348 - 0.0007437} \approx 0.45. \quad \textbf{[0.5 ptos.]}$$

Luego, la entalpía está dada por

$$h_2 = h_f + x_2 \cdot h_{fg} = 31{,}21\,\mathrm{kJ\,kg^{-1}} + 0.45 \times 209{,}90\,\mathrm{kJ\,kg^{-1}} = 125{,}67\,\mathrm{kJ\,kg^{-1}} \quad \textbf{[0.5 ptos.]}$$

e)



- **[0.25 ptos.]** Por la campana de saturación.
- **[0.25 ptos.]** Por poner el estado 1 fuera de la campana
- **[0.25 ptos.]** Por poner el estado 2 dentro de la campana
- **[0.25 ptos.]** Por dibujar el proceso 1 y 2 como una línea recta y marcar que el sentido es de 1 a 2.

■

2. Se puede modelar un huevo de gallina como una esfera de de 5,5 cm de diámetro. Al principio, el huevo está a una temperatura uniforme de 9 °C y se deja caer en agua caliente que está a una temperatura de 97 °C. Si las propiedades del huevo son $\rho = 1020\,\mathrm{kg/m^3}$ y $c_p = 3{,}32\ \mathrm{kJ/kg{\cdot}^\circ C}$, determine cuánto calor se transfiere al huevo cuando su temperatura media aumenta a 80 °C. Calcule también la variación de su energía interna. **(6pts.)**

Para determinar lo solicitado consideremos al huevo como un sistema termodinámico que intercambia calor con el entorno y no trabajo. Con esto, la primera Ley de la Termodinámica se puede expresar como:

$$\Delta U = Q \quad \text{(1 punto por identificar que no hay trabajo.)}$$

Luego, el calor transferido al huevo será:

$$Q = \left(mc_p\Delta T\right)_{\text{huevo}}, \quad \text{(1 punto)}$$

donde

$$m = \rho V = \rho\frac{4}{3}\pi R^3 = 1020\,\mathrm{kg/m^3}\cdot\frac{4}{3}\pi\left(\frac{0.055\,\mathrm{m}}{2}\right)^3 = 0.0889\,\mathrm{kg} \quad \text{(2 puntos).}$$

Reemplazando los datos del problema:

$$Q = 0.0889\,\mathrm{kg}\cdot 3.32\cdot 10^3\ \mathrm{J/(kg{\cdot}^\circ C)}(80\,^\circ\mathrm{C} - 9\,^\circ\mathrm{C}) = 20996\,\mathrm{J} \sim 21\,\mathrm{kJ} = \Delta U. \text{(2 puntos)}$$

■

3. El funcionamiento de una turbina se puede modelar por un ciclo de Joule-Brayton, que considera un gas ideal sujeto a los siguientes procesos:

   - **Proceso** 1 $\longrightarrow$ 2**:** El gas que está inicialmente a presión P_1 y volumen V_1 experimenta una compresión adiabática hasta alcanzar una presión P_2 y volumen V_2.
   - **Proceso** 2 $\longrightarrow$ 3**:** El gas experimenta una expansión isobárica hasta alcanzar un volumen $V_3 = V_1$.
   - **Proceso** 3 $\longrightarrow$ 4**:** El gas experimenta una expansión adiabática hasta alcanzar una presión $P_4 = P_1$.
   - **Proceso** 4 $\longrightarrow$ 1**:** El gas experimenta una compresión isobárica hasta regresar al estado inicial.

   Suponga que se opera con un mol de gas ideal con coeficiente adiabático $\gamma = 1.3$ que inicialmente está a presión atmosférica y temperatura de 300 K. Además, suponga que la presión P_2 es cinco veces la presión atmosférica.

   a) Calcule los valores de la presión y el volumen para cada estado y a partir de estos valores realice el diagrama $P - V$ del proceso completo. **(3pts.)**

   b) Obtenga el trabajo realizado en cada uno de los procesos del ciclo. Indique si el trabajo es realizado por el sistema o sobre este. **(2pts.)**

   c) Obtenga el calor neto en el ciclo. Indique si el calor entra o sale del sistema. **(1pto.)**

a) Del enunciado del problema $T_1 = 300\text{K}$ y $P_1 = 101325\text{Pa}$ **[0.25 ptos.]** . Entonces, el volumen del estado uno es

$$V_1 = \frac{nRT_1}{P_1} = 0.024\text{m}^3 \quad \textbf{[0.25 ptos.]} \tag{3}$$

Por otro lado, del enunciado se tiene que $P_2 = 5P_1 = 506625\,\text{Pa}$ **[0.25 ptos.]** .
Para calcular el volumen y presión de los otros estados, consideramos:
Proceso 1 a 2 adiabático:

$$P_1 V_1^\gamma = P_2 V_2^\gamma$$
$$V_2 = \left(\frac{P_1}{P_2}\right)^{1/\gamma} V_1$$
$$V_2 = 0.007\,\text{m}^3 \quad \textbf{[0.25 ptos.]}$$

Proceso 2 a 3 Isobárico

Con eso, $P_3 = P_2 = 506625\,\text{Pa}$ **[0.25 ptos.]** y el volumen corresponde al inicial: $V_3 = V_1 = 0,024\text{m}^3$ **[0.25 ptos.]**.

Proceso 3 a 4 adiabático En este caso $P_4 = P_1 = 101325\,\text{Pa}$ **[0.25 ptos.]**,

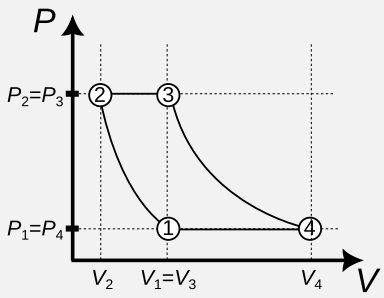
$$P_4 V_4^\gamma = P_3 V_3^\gamma$$
$$V_4 = \left(\frac{P_3}{P_4}\right)^{1/\gamma} V_3$$
$$V_4 = 0,083\,\text{m}^3 \quad \textbf{[0.25 ptos.]}$$

Luego, los valores solicitados para la gráfica son:

$$(P_1, V_1) = (101325\,\text{Pa}, 0.024\text{m}^3)$$
$$(P_2, V_2) = (506625\,\text{Pa}, 0.007\,\text{m}^3)$$
$$(P_3, V_3) = (506625\,\text{Pa}, 0,024\text{m}^3)$$
$$(P_4, V_4) = (101325\,\text{Pa}, 0,083\,\text{m}^3)$$

■

Diagrama: 1.0 pto.



b) Para cada proceso calcularemos el trabajo realizado por el sistema, es decir:

$$W = \int PdV\,. \quad \text{[Dado en formulario, no se otorga puntaje por escribirlo]}$$

Proceso 1 a 2 compresión adiabática
En este caso consideramos que $PV^\gamma = C$, con esto $P = CV^{-\gamma}$ con $C = P_1V_1^\gamma = P_2V_2^\gamma$

$$W_{1\to2} = \int PdV = \int_{V_1}^{V_2} CV^{-\gamma}dV$$
$$W_{1\to2} = C\frac{V_2^{1-\gamma} - V_1^{1-\gamma}}{1-\gamma}$$
$$W_{1\to2} = P_1V_1^\gamma\frac{V_2^{1-\gamma} - V_1^{1-\gamma}}{1-\gamma} \quad \textbf{[0.25 ptos.]}$$

Reemplazando los datos del problema $W_{1\to2} = -3625.149$ J **[0.25 ptos.]**. El signo indica que el trabajo es realizado sobre sistema.

Proceso 2 a 3 expansión isobárica
En este caso, $P = P_2 = P_3$.

$$W_{2\to1} = \int PdV$$
$$W_{2\to1} = P\int_{V_2}^{V_3} dV = P(V_3 - V_2) \quad \textbf{[0.25 ptos.]}$$

Reemplazando los datos del problema $W_{2\to3} = 8612.625$ J **[0.25 ptos.]**. El signo indica que el trabajo es realizado por el sistema.

Proceso 3 a 4 expansión adiabática En este caso consideramos que $PV^\gamma = C$, con esto $P = CV^{-\gamma}$ con $C = P_3V_3^\gamma = P_4V_4^\gamma$

$$W_{3\to4} = \int PdV = \int_{V_3}^{V_4} CV^{-\gamma}dV$$
$$W_{3\to4} = C\frac{V_4^{1-\gamma} - V_3^{1-\gamma}}{1-\gamma}$$
$$W_{3\to4} = P_3V_3^\gamma\frac{V_4^{1-\gamma} - V_3^{1-\gamma}}{1-\gamma} \quad \textbf{[0.25 ptos.]}$$

Reemplazando los datos del problema $W_{3\to4} = 12597.066$ J **[0.25 ptos.]**. El signo indica que el trabajo es realizado por el sistema.

Proceso 4 a 1 compresión isobárica
En este caso, $P = P_4 = P_1$.

$$W_{4\to1} = \int PdV$$
$$W_{4\to1} = P\int_{V_4}^{V_1} dV = P(V_1 - V_4) \quad \textbf{[0.25 ptos.]}$$

Reemplazando los datos del problema $W_{4\to1} = -5978.175$ **[0.25 ptos.]**. El signo indica que el trabajo es realizado sobre el sistema.

■

c) Para calcular el calor neto del ciclo consideremos la primera Ley de la termodinámica:

$$\Delta U = Q - W\,, \quad \textbf{[0.5 ptos.]}$$

donde $\Delta U = 0$ en el ciclo total y $W = W_{1\to2} + W_{2\to3} + W_{3\to4} + W_{4\to1}$ es el trabajo neto realizado por el sistema. Luego, el calor invertido será:

$$Q = W = W_{1\to2} + W_{2\to3} + W_{3\to4} + W_{4\to1} = 11606.367 \text{ J} \quad \textbf{[0.5 ptos.]}$$

El signo del calor obtenido, indica que el calor total ingresa al sistema.

■

Formulario

Ayuda:

Escala Kelvin se relaciona con la Celsius mediante:

$$T(\mathrm{K}) = T(^\circ\,\mathrm{C}) + 273.$$

Relación entre fuerza y presión:

$$P = \frac{F}{A}$$

Presión atmosférica

$$P_{\mathrm{atm}} = 101325\,\mathrm{Pa}.$$

Densidad relativa (DR):

$$\mathrm{DR} = \frac{\rho}{\rho_{\mathrm{agua}}}.$$

Ecuación de Estado de gases ideales:

$$PV = nR_uT = NK_BT$$

R_u = 8.314 J/mol·K, k_B = 1.38·10^{-23} J/K, y n es el número de moles y N el número de partículas.

Alternativamente,

$$Pv = RT$$

donde $v = V/m$.

Balance de energía para un sistema que experimenta cualquier clase de proceso en ausencia de flujo másico:

$$\Delta E_{\mathrm{sistema}} = (Q_{\mathrm{entra}} - Q_{\mathrm{sale}}) + (W_{\mathrm{entra}} - W_{\mathrm{sale}})\,,$$

o en forma de tasa,

$$\frac{dE_{\mathrm{sistema}}}{dt} = (\dot{Q}_{\mathrm{entra}} - \dot{Q}_{\mathrm{sale}}) + (\dot{W}_{\mathrm{entra}} - \dot{W}_{\mathrm{sale}})\,.$$

Alternativamente, en el caso de un proceso en que un sistema cerrado que intercambia calor y trabajos netos Q y W con su entorno, la variación de energía es

$$\Delta E_{\mathrm{sistema}} = Q \pm W \quad (\text{signo dependiendo de la convención utilizada}).$$

Trabajo realizado por un gas al cambiar del estado A al estado B:

$$W_{AB} = \int_A^B P dV$$

$$h = u + Pv$$

donde h, u y v son, respectivamente, magnitudes específicas de entalpía, energía interna y volumen.

Flujo de calor en un proceso a volumen constante:

$$Q = nc_v\Delta T$$

con c_v el calor específico a volumen constante.

Flujo de calor en un proceso de presión constante:

$$Q = nc_p\Delta T$$

con c_p el calor específico a presión constante.

Alternativamente,

Flujo de calor en un proceso a volumen constante:

$$q = c_v \Delta T$$

Flujo de calor en un proceso a presión constante:

$$q = c_p \Delta T$$

donde $c_v = c_v / M_m$ y $c_p = c_p / M_m$ son los calores específicos a volumen y presión constante, respectivamente.

En un proceso adiabático no hay transferencia de calor y se satisface la relación

$$PV^\gamma = cte$$

donde $\gamma = c_p / c_v$.

En una mezcla de líquido y vapor la calidad se define $x = m_g / m$, donde m_g es la masa de vapor y m la masa total. Los valores específicos de volumen (v), energía interna (u) y entalpía (h) están dados por

$$y = y_f + x \cdot y_{fg} \,,$$

donde $y = v, u, h$, con

$$y_{fg} = y_g - y_f \,,$$

correspondiendo el índice g a la condición de vapor saturado y el índice f a la condición de líquido saturado.

Tablas

TABLA A-11

Refrigerante 134a saturado. Tabla de temperatura

		Volumen específico, m^3/kg		*Energía interna, kJ/kg*			*Entalpía, kJ/kg*			*Entropía, kJ/kg · K*		
Temp., T °C	Pres. sat., P_{sat} kPa	Líq. sat., v_f	Vapor sat., v_g	Líq. sat., u_f	Evap., u_{fg}	Vapor sat., u_g	Líq. sat., h_f	Evap., h_{fg}	Vapor sat., h_g	Líq. sat., s_f	Evap., s_{fg}	Vapor sat., s_g
−40	51.25	0.0007054	0.36081	−0.036	207.40	207.37	0.000	225.86	225.86	0.00000	0.96866	0.96866
−38	56.86	0.0007083	0.32732	2.475	206.04	208.51	2.515	224.61	227.12	0.01072	0.95511	0.96584
−36	62.95	0.0007112	0.29751	4.992	204.67	209.66	5.037	223.35	228.39	0.02138	0.94176	0.96315
−34	69.56	0.0007142	0.27090	7.517	203.29	210.81	7.566	222.09	229.65	0.03199	0.92859	0.96058
−32	76.71	0.0007172	0.24711	10.05	201.91	211.96	10.10	220.81	230.91	0.04253	0.91560	0.95813
−30	84.43	0.0007203	0.22580	12.59	200.52	213.11	12.65	219.52	232.17	0.05301	0.90278	0.95579
−28	92.76	0.0007234	0.20666	15.13	199.12	214.25	15.20	218.22	233.43	0.06344	0.89012	0.95356
−26	101.73	0.0007265	0.18946	17.69	197.72	215.40	17.76	216.92	234.68	0.07382	0.87762	0.95144
−24	111.37	0.0007297	0.17395	20.25	196.30	216.55	20.33	215.59	235.92	0.08414	0.86527	0.94941
−22	121.72	0.0007329	0.15995	22.82	194.88	217.70	22.91	214.26	s237.17	0.09441	0.85307	0.94748
−20	132.82	0.0007362	0.14729	25.39	193.45	218.84	25.49	212.91	238.41	0.10463	0.84101	0.94564
−18	144.69	0.0007396	0.13583	27.98	192.01	219.98	28.09	211.55	239.64	0.11481	0.82908	0.94389
−16	157.38	0.0007430	0.12542	30.57	190.56	221.13	30.69	210.18	240.87	0.12493	0.81729	0.94222
−14	170.93	0.0007464	0.11597	33.17	189.09	222.27	33.30	208.79	242.09	0.13501	0.80561	0.94063
−12	185.37	0.0007499	0.10736	35.78	187.62	223.40	35.92	207.38	243.30	0.14504	0.79406	0.93911
−10	200.74	0.0007535	0.099516	38.40	186.14	224.54	38.55	205.96	244.51	0.15504	0.78263	0.93766
−8	217.08	0.0007571	0.092352	41.03	184.64	225.67	41.19	204.52	245.72	0.16498	0.77130	0.93629
−6	234.44	0.0007608	0.085802	43.66	183.13	226.80	43.84	203.07	246.91	0.17489	0.76008	0.93497
−4	252.85	0.0007646	0.079804	46.31	181.61	227.92	46.50	201.60	248.10	0.18476	0.74896	0.93372
−2	272.36	0.0007684	0.074304	48.96	180.08	229.04	49.17	200.11	249.28	0.19459	0.73794	0.93253
0	293.01	0.0007723	0.069255	51.63	178.53	230.16	51.86	198.60	250.45	0.20439	0.72701	0.93139
2	314.84	0.0007763	0.064612	54.30	176.97	231.27	54.55	197.07	251.61	0.21415	0.71616	0.93031
4	337.90	0.0007804	0.060338	56.99	175.39	232.38	57.25	195.51	252.77	0.22387	0.70540	0.92927
6	362.23	0.0007845	0.056398	59.68	173.80	233.48	59.97	193.94	253.91	0.23356	0.69471	0.92828
8	387.88	0.0007887	0.052762	62.39	172.19	234.58	62.69	192.35	255.04	0.24323	0.68410	0.92733
10	414.89	0.0007930	0.049403	65.10	170.56	235.67	65.43	190.73	256.16	0.25286	0.67356	0.92641
12	443.31	0.0007975	0.046295	67.83	168.92	236.75	68.18	189.09	257.27	0.26246	0.66308	0.92554
14	473.19	0.0008020	0.043417	70.57	167.26	237.83	70.95	187.42	258.37	0.27204	0.65266	0.92470
16	504.58	0.0008066	0.040748	73.32	165.58	238.90	73.73	185.73	259.46	0.28159	0.64230	0.92389
18	537.52	0.0008113	0.038271	76.08	163.88	239.96	76.52	184.01	260.53	0.29112	0.63198	0.92310

TABLA A-12

Refrigerante 134a saturado. Tabla de presión

		Volumen específico, m^3/kg		*Energía interna, kJ/kg*			*Entalpía, kJ/kg*			*Entropía, kJ/kg · K*		
Pres., P kPa	Temp. sat., T_{sat} °C	Líq. sat., v_f	Vapor sat., v_g	Líq. sat., u_f	Evap., u_{fg}	Vapor sat., u_g	Líq. sat., h_f	Evap., h_{fg}	Vapor sat., h_g	Líq. sat., s_f	Evap., s_{fg}	Vapor sat., s_g
60	−36.95	0.0007098	0.31121	3.798	205.32	209.12	3.841	223.95	227.79	0.01634	0.94807	0.96441
70	−33.87	0.0007144	0.26929	7.680	203.20	210.88	7.730	222.00	229.73	0.03267	0.92775	0.96042
80	−31.13	0.0007185	0.23753	11.15	201.30	212.46	11.21	220.25	231.46	0.04711	0.90999	0.95710
90	−28.65	0.0007223	0.21263	14.31	199.57	213.88	14.37	218.65	233.02	0.06008	0.89419	0.95427
100	−26.37	0.0007259	0.19254	17.21	197.98	215.19	17.28	217.16	234.44	0.07188	0.87995	0.95183
120	−22.32	0.0007324	0.16212	22.40	195.11	217.51	22.49	214.48	236.97	0.09275	0.85503	0.94779
140	−18.77	0.0007383	0.14014	26.98	192.57	219.54	27.08	212.08	239.16	0.11087	0.83368	0.94456
160	−15.60	0.0007437	0.12348	31.09	190.27	221.35	31.21	209.90	241.11	0.12693	0.81496	0.94190
180	−12.73	0.0007487	0.11041	34.83	188.16	222.99	34.97	207.90	242.86	0.14139	0.79826	0.93965
200	−10.09	0.0007533	0.099867	38.28	186.21	224.48	38.43	206.03	244.46	0.15457	0.78316	0.93773
240	−5.38	0.0007620	0.083897	44.48	182.67	227.14	44.66	202.62	247.28	0.17794	0.75664	0.93458
280	−1.25	0.0007699	0.072352	49.97	179.50	229.46	50.18	199.54	249.72	0.19829	0.73381	0.93210
320	2.46	0.0007772	0.063604	54.92	176.61	231.52	55.16	196.71	251.88	0.21637	0.71369	0.93006
360	5.82	0.0007841	0.056738	59.44	173.94	233.38	59.72	194.08	253.81	0.23270	0.69566	0.92836
400	8.91	0.0007907	0.051201	63.62	171.45	235.07	63.94	191.62	255.55	0.24761	0.67929	0.92691
450	12.46	0.0007985	0.045619	68.45	168.54	237.00	68.81	188.71	257.53	0.26465	0.66069	0.92535
500	15.71	0.0008059	0.041118	72.93	165.82	238.75	73.33	185.98	259.30	0.28023	0.64377	0.92400
550	18.73	0.0008130	0.037408	77.10	163.25	240.35	77.54	183.38	260.92	0.29461	0.62821	0.92282
600	21.55	0.0008199	0.034295	81.02	160.81	241.83	81.51	180.90	262.40	0.30799	0.61378	0.92177
650	24.20	0.0008266	0.031646	84.72	158.48	243.20	85.26	178.51	263.77	0.32051	0.60030	0.92081
700	26.69	0.0008331	0.029361	88.24	156.24	244.48	88.82	176.21	265.03	0.33230	0.58763	0.91994
750	29.06	0.0008395	0.027371	91.59	154.08	245.67	92.22	173.98	266.20	0.34345	0.57567	0.91912
800	31.31	0.0008458	0.025621	94.79	152.00	246.79	95.47	171.82	267.29	0.35404	0.56431	0.91835
850	33.45	0.0008520	0.024069	97.87	149.98	247.85	98.60	169.71	268.31	0.36413	0.55349	0.91762
900	35.51	0.0008580	0.022683	100.83	148.01	248.85	101.61	167.66	269.26	0.37377	0.54315	0.91692
950	37.48	0.0008641	0.021438	103.69	146.10	249.79	104.51	165.64	270.15	0.38301	0.53323	0.91624
1000	39.37	0.0008700	0.020313	106.45	144.23	250.68	107.32	163.67	270.99	0.39189	0.52368	0.91558
1200	46.29	0.0008934	0.016715	116.70	137.11	253.81	117.77	156.10	273.87	0.42441	0.48863	0.91303
1400	52.40	0.0009166	0.014107	125.94	130.43	256.37	127.22	148.90	276.12	0.45315	0.45734	0.91050
1600	57.88	0.0009400	0.012123	134.43	124.04	258.47	135.93	141.93	277.86	0.47911	0.42873	0.90784
1800	62.87	0.0009639	0.010559	142.33	117.83	260.17	144.07	135.11	279.17	0.50294	0.40204	0.90498
2000	67.45	0.0009886	0.009288	149.78	111.73	261.51	151.76	128.33	280.09	0.52509	0.37675	0.90184
2500	77.54	0.0010566	0.006936	166.99	96.47	263.45	169.63	111.16	280.79	0.57531	0.31695	0.89226
3000	86.16	0.0011406	0.005275	183.04	80.22	263.26	186.46	92.63	279.09	0.62118	0.25776	0.87894

TABLA A-13

Refrigerante 134a sobrecalentado

T °C	v m³/kg	u kJ/kg	h kJ/kg	s kJ/kg · K	v m³/kg	u kJ/kg	h kJ/kg	s kJ/kg · K	v m³/kg	u kJ/kg	h kJ/kg	s kJ/kg · K
	P = 0.06 MPa (T_{sat} = −36.95 °C)				P = 0.10 MPa (T_{sat} = −26.37 °C)				P = 0.14 MPa (T_{sat} = −18.77 °C)			
Sat.	0.31121	209.12	227.79	0.9644	0.19254	215.19	234.44	0.9518	0.14014	219.54	239.16	0.9446
−20	0.33608	220.60	240.76	1.0174	0.19841	219.66	239.50	0.9721				
−10	0.35048	227.55	248.58	1.0477	0.20743	226.75	247.49	1.0030	0.14605	225.91	246.36	0.9724
0	0.36476	234.66	256.54	1.0774	0.21630	233.95	255.58	1.0332	0.15263	233.23	254.60	1.0031
10	0.37893	241.92	264.66	1.1066	0.22506	241.30	263.81	1.0628	0.15908	240.66	262.93	1.0331
20	0.39302	249.35	272.94	1.1353	0.23373	248.79	272.17	1.0918	0.16544	248.22	271.38	1.0624
30	0.40705	256.95	281.37	1.1636	0.24233	256.44	280.68	1.1203	0.17172	255.93	279.97	1.0912
40	0.42102	264.71	289.97	1.1915	0.25088	264.25	289.34	1.1484	0.17794	263.79	288.70	1.1195
50	0.43495	272.64	298.74	1.2191	0.25937	272.22	298.16	1.1762	0.18412	271.79	297.57	1.1474
60	0.44883	280.73	307.66	1.2463	0.26783	280.35	307.13	1.2035	0.19025	279.96	306.59	1.1749
70	0.46269	288.99	316.75	1.2732	0.27626	288.64	316.26	1.2305	0.19635	288.28	315.77	1.2020
80	0.47651	297.41	326.00	1.2997	0.28465	297.08	325.55	1.2572	0.20242	296.75	325.09	1.2288
90	0.49032	306.00	335.42	1.3260	0.29303	305.69	334.99	1.2836	0.20847	305.38	334.57	1.2553
100	0.50410	314.74	344.99	1.3520	0.30138	314.46	344.60	1.3096	0.21449	314.17	344.20	1.2814
	P = 0.18 MPa (T_{sat} = −12.73 °C)				P = 0.20 MPa (T_{sat} = −10.09 °C)				P = 0.24 MPa (T_{sat} = −5.38 °C)			
Sat.	0.11041	222.99	242.86	0.9397	0.09987	224.48	244.46	0.9377	0.08390	227.14	247.28	0.9346
−10	0.11189	225.02	245.16	0.9484	0.09991	224.55	244.54	0.9380				
0	0.11722	232.48	253.58	0.9798	0.10481	232.09	253.05	0.9698	0.08617	231.29	251.97	0.9519
10	0.12240	240.00	262.04	1.0102	0.10955	239.67	261.58	1.0004	0.09026	238.98	260.65	0.9831
20	0.12748	247.64	270.59	1.0399	0.11418	247.35	270.18	1.0303	0.09423	246.74	269.36	1.0134
30	0.13248	255.41	279.25	1.0690	0.11874	255.14	278.89	1.0595	0.09812	254.61	278.16	1.0429
40	0.13741	263.31	288.05	1.0975	0.12322	263.08	287.72	1.0882	0.10193	262.59	287.06	1.0718
50	0.14230	271.36	296.98	1.1256	0.12766	271.15	296.68	1.1163	0.10570	270.71	296.08	1.1001
60	0.14715	279.56	306.05	1.1532	0.13206	279.37	305.78	1.1441	0.10942	278.97	305.23	1.1280
70	0.15196	287.91	315.27	1.1805	0.13641	287.73	315.01	1.1714	0.11310	287.36	314.51	1.1554
80	0.15673	296.42	324.63	1.2074	0.14074	296.25	324.40	1.1983	0.11675	295.91	323.93	1.1825
90	0.16149	305.07	334.14	1.2339	0.14504	304.92	333.93	1.2249	0.12038	304.60	333.49	1.2092
100	0.16622	313.88	343.80	1.2602	0.14933	313.74	343.60	1.2512	0.12398	313.44	343.20	1.2356
	P = 0.28 MPa (T_{sat} = −1.25 °C)				P = 0.32 MPa (T_{sat} = 2.46 °C)				P = 0.40 MPa (T_{sat} = 8.91 °C)			
Sat.	0.07235	229.46	249.72	0.9321	0.06360	231.52	251.88	0.9301	0.051201	235.07	255.55	0.9269
0	0.07282	230.44	250.83	0.9362								
10	0.07646	238.27	259.68	0.9680	0.06609	237.54	258.69	0.9544	0.051506	235.97	256.58	0.9305
20	0.07997	246.13	268.52	0.9987	0.06925	245.50	267.66	0.9856	0.054213	244.18	265.86	0.9628
30	0.08338	254.06	277.41	1.0285	0.07231	253.50	276.65	1.0157	0.056796	252.36	275.07	0.9937
40	0.08672	262.10	286.38	1.0576	0.07530	261.60	285.70	1.0451	0.059292	260.58	284.30	1.0236
50	0.09000	270.27	295.47	1.0862	0.07823	269.82	294.85	1.0739	0.061724	268.90	293.59	1.0528
60	0.09324	278.56	304.67	1.1142	0.08111	278.15	304.11	1.1021	0.064104	277.32	302.96	1.0814
70	0.09644	286.99	314.00	1.1418	0.08395	286.62	313.48	1.1298	0.066443	285.86	312.44	1.1094
80	0.09961	295.57	323.46	1.1690	0.08675	295.22	322.98	1.1571	0.068747	294.53	322.02	1.1369
90	0.10275	304.29	333.06	1.1958	0.08953	303.97	332.62	1.1840	0.071023	303.32	331.73	1.1640
100	0.10587	313.15	342.80	1.2222	0.09229	312.86	342.39	1.2105	0.073274	312.26	341.57	1.1907
110	0.10897	322.16	352.68	1.2483	0.09503	321.89	352.30	1.2367	0.075504	321.33	351.53	1.2171
120	0.11205	331.32	362.70	1.2742	0.09775	331.07	362.35	1.2626	0.077717	330.55	361.63	1.2431
130	0.11512	340.63	372.87	1.2997	0.10045	340.39	372.54	1.2882	0.079913	339.90	371.87	1.2688
140	0.11818	350.09	383.18	1.3250	0.10314	349.86	382.87	1.3135	0.082096	349.41	382.24	1.2942