



Ayudantía 2

Profesor: Felipe Ovalle

Ayudante: Paulina Balladares Estolaza

1. Agua se encuentra dentro de un recipiente, la cual tiene una densidad de $442,667 \text{ mol/m}^3$ y una temperatura de 300°C . Determine la presión en MPa utilizando:
 - a. Ecuación de van der Waals. Determine ambos parámetros con las ecuaciones predictivas.
 - b. Determine el parámetro “a” de la ecuación de Van der Waals en $\text{J cm}^3/\text{mol}^2$
 - c. Factor de compresibilidad.
2. Un kilogramo de agua llena un depósito de 150 L a una presión inicial de 2Mpa. Después se enfría el depósito a 40°C . Determine la temperatura inicial y la presión final del agua.

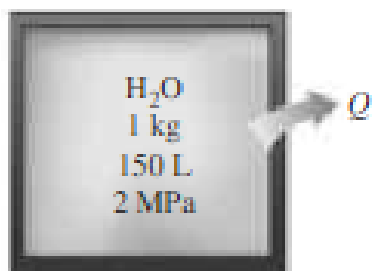


FIGURA P3-32



TABLA A-4

Agua saturada. Tabla de temperaturas

Temp., T °C	Pres. sat., P_{sat} kPa	Volumen específico, m^3/kg		Energía interna, kJ/kg			Entalpía, kJ/kg			Entropía, $kJ/kg \cdot K$		
		Líqu. sat., v_f	Vapor sat., v_g	Líqu. sat., u_f	Evap., u_{fg}	Vapor sat., u_g	Líqu. sat., h_f	Evap., h_{fg}	Vapor sat., h_g	Líqu. sat., s_f	Evap., s_{fg}	Vapor sat., s_g
25	3.1698	0.001003	43.340	104.83	2304.3	2409.1	104.83	2441.7	2546.5	0.3672	8.1895	8.5567
30	4.2469	0.001004	32.879	125.73	2290.2	2415.9	125.74	2429.8	2555.6	0.4368	8.0152	8.4520
35	5.6291	0.001006	25.205	146.63	2276.0	2422.7	146.64	2417.9	2564.6	0.5051	7.8466	8.3517
40	7.3851	0.001008	19.515	167.53	2261.9	2429.4	167.53	2406.0	2573.5	0.5724	7.6832	8.2556
45	9.5953	0.001010	15.251	188.43	2247.7	2436.1	188.44	2394.0	2582.4	0.6386	7.5247	8.1633

TABLA A-5

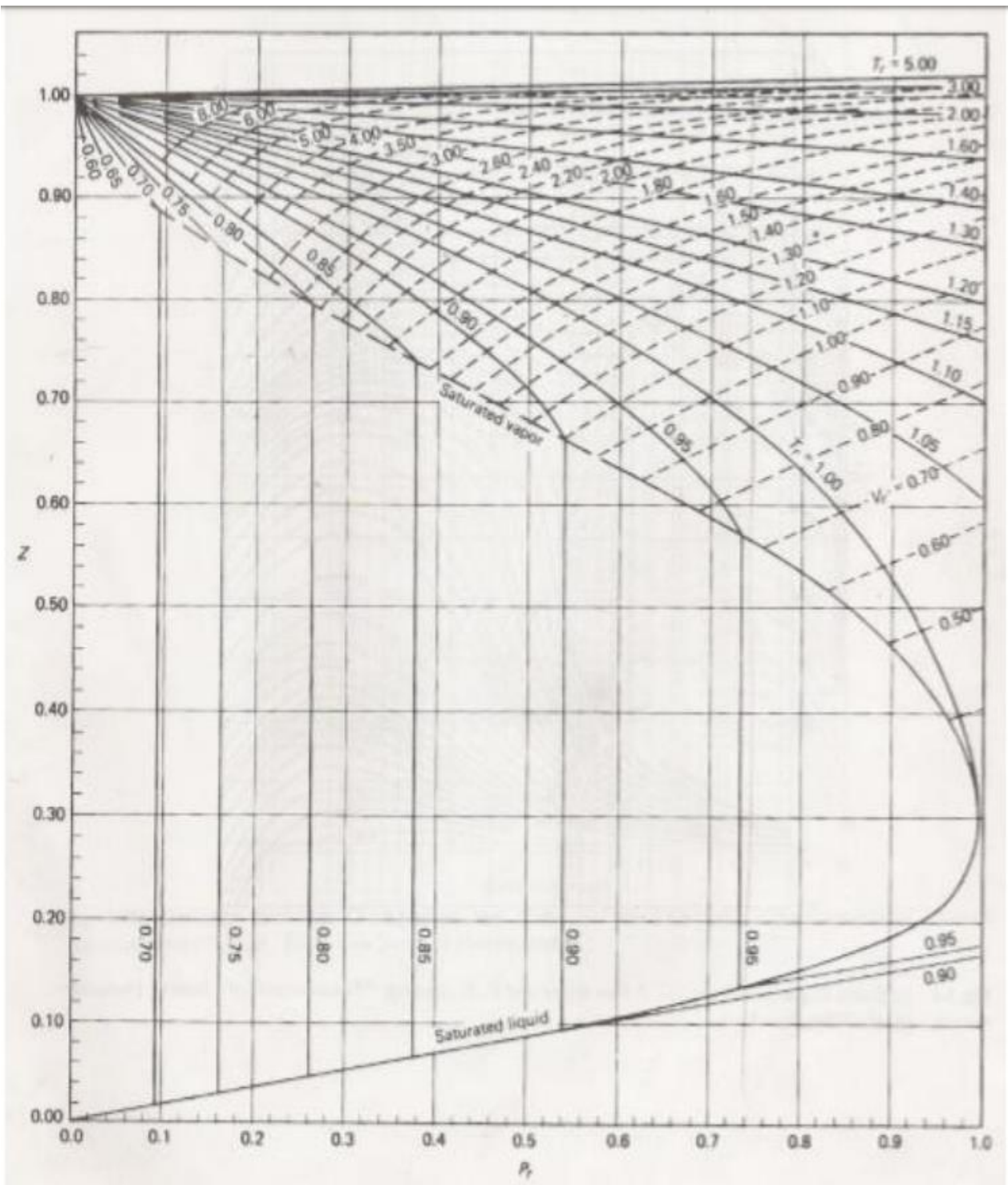
Agua saturada. Tabla de presiones (conclusión)

Pres., P kPa	Temp. sat., T_{sat} °C	Volumen específico, m^3/kg		Energía interna, kJ/kg			Entalpía, kJ/kg			Entropía, $kJ/kg \cdot K$		
		Líqu. sat., v_f	Vapor sat., v_g	Líqu. sat., u_f	Evap., u_{fg}	Vapor sat., u_g	Líqu. sat., h_f	Evap., h_{fg}	Vapor sat., h_g	Líqu. sat., s_f	Evap., s_{fg}	Vapor sat., s_g
1750	205.72	0.001166	0.11344	876.12	1720.6	2596.7	878.16	1917.1	2795.2	2.3844	4.0033	6.3877
2000	212.38	0.001177	0.099587	906.12	1693.0	2599.1	908.47	1889.8	2798.3	2.4467	3.8923	6.3390
2250	218.41	0.001187	0.088717	933.54	1667.3	2600.9	936.21	1864.3	2800.5	2.5029	3.7926	6.2954

TABLA A-6

Vapor de agua sobrecalentado (continuación)

T °C					$P = 1.60 \text{ MPa (201.37 °C)}$				$P = 1.80 \text{ MPa (207.11 °C)}$				$P = 2.00 \text{ MPa (212.38 °C)}$			
v m^3/kg	u kJ/kg	h kJ/kg	s $kJ/kg \cdot K$		v m^3/kg	u kJ/kg	h kJ/kg	s $kJ/kg \cdot K$		v m^3/kg	u kJ/kg	h kJ/kg	s $kJ/kg \cdot K$			
Sat.	0.12374	2594.8	2792.8	6.4200	0.11037	2597.3	2795.9	6.3775		0.09959	2599.1	2798.3	6.3390			
225	0.13293	2645.1	2857.8	6.5537	0.11678	2637.0	2847.2	6.4825		0.10381	2628.5	2836.1	6.4160			
250	0.14190	2692.9	2919.9	6.6753	0.12502	2686.7	2911.7	6.6088		0.11150	2680.3	2903.3	6.5475			
300	0.15866	2781.6	3035.4	6.8864	0.14025	2777.4	3029.9	6.8246		0.12551	2773.2	3024.2	6.7684			
350	0.17459	2866.6	3146.0	7.0713	0.15460	2863.6	3141.9	7.0120		0.13860	2860.5	3137.7	6.9583			
400	0.19007	2950.8	3254.9	7.2394	0.16849	2948.3	3251.6	7.1814		0.15122	2945.9	3248.4	7.1292			





Ejercicio 1:

1.-

a) $T_c = 647,4 \text{ K}$ $P_c = 22,1 \text{ MPa}$

$$A = \frac{27 R^2 T_c^2}{64 P_c} \qquad b = \frac{R T_c}{8 P_c}$$

a) $27 \frac{8,314^2 \frac{\text{Pa}^2 \text{m}^6}{\text{mol}^2 \text{K}^2} 647,4^2 \text{K}^2}{64 \cdot 22,1 \text{ MPa}} \cdot \left[\frac{\text{MPa}}{10^6 \text{ Pa}} \right] \left[\frac{\text{mol}^2}{18 \text{g}^2} \right] \left[\frac{10^6 \text{g}^2}{1 \text{kg}^2} \right] \left[\frac{\text{KPa}}{1000 \text{ Pa}} \right]$
$$A = 1,707 \frac{\text{m}^6 \text{KPa}}{\text{kg}^2}$$
$$b = \frac{8,314 \frac{\text{Pa m}^3}{\text{mol K}} 647,4 \text{K}}{8 \cdot 22,1 \text{ MPa}} \cdot \left[\frac{\text{MPa}}{10^6 \text{ Pa}} \right] \left[\frac{\text{mol}}{18 \text{g}} \right] \left[\frac{1000 \text{g}}{1 \text{kg}} \right]$$
$$b = 0,00169 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}$$

Considerar
que es
(18g)²



$$P = \frac{RT}{v-b} - \frac{A}{v^2}$$
$$v = \frac{1}{\rho} = \frac{\text{m}^3}{442,667 \text{ mol}} \left[\frac{\text{mol}}{18 \text{ g}} \right] \left[\frac{1000 \text{ g}}{\text{kg}} \right] = 0,1225 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}$$
$$P = \frac{8,314 \frac{\text{KPa} \cdot \text{m}^3}{\text{kmol} \cdot \text{K}} \cdot 573 \text{ K}}{(0,1255 - 0,00169) \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}} - \frac{1,707 \left(\frac{\text{KPa} \cdot \text{m}^6}{\text{kg}^2} \right)}{0,1255^2 \frac{\text{m}^6}{\text{kg}^2}}$$
$$P = 2029,27 \text{ KPa} = 2,029 \text{ MPa}$$

b)

$$A = 1,707 \frac{\text{m}^6 \text{ KPa}}{\text{kg}^2} = 553,068 \frac{\text{J} \cdot \text{m}^3}{\text{mol}^2}$$



c)

$$P_{ideal} = \frac{RT}{V} = \frac{8,314 \frac{\text{kJ}}{\text{kmol} \cdot \text{K}} \cdot 573 \text{ K}}{0,1255 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}} \left[\frac{\text{kmol}}{18 \text{ g}} \right]$$

$$P_{ideal} = 2108 \text{ kPa} = 2,108 \text{ MPa}$$
$$T_r = \frac{T}{T_c} = \frac{573 \text{ K}}{647,4 \text{ K}} = 0,9$$

Iteración

Sea $P_1 = P_{ideal} = 2,108 \text{ MPa}$

$$Z_1 = 1$$

$$P_{r,1} = \frac{P_1}{P_c} = \frac{2,108 \text{ MPa}}{22,1 \text{ MPa}} = 0,095 \approx 0,1$$

$$T_r = 0,9$$

Al observar en el gráfico con $T_r = 0,9$ y $P_r = 0,1$

$$Z_2 = 0,95$$



z_1 y z_2 son diferentes, por lo tanto hay que seguir iterando.

• Iteración 2.

$$P_2 = z_2 \cdot P_{ideal} = 0,95 \cdot 2,108 \text{ MPa} = 2,0026 \text{ MPa}$$

$$P_{r2} = \frac{P_2}{P_c} = \frac{2,0026 \text{ MPa}}{22,1 \text{ MPa}} = 0,091 \sim 0,1$$

$$T_r = 0,9$$

Desde el grafico se obtiene $z_3 = 0,95$

$z_3 = z_2$, por lo tanto, finalizan las iteraciones.

$$P = 2,0026 \text{ MPa}$$

Ejercicio 2:

2.- Descripción → agua.

1^{er} paso → definir estados.

Estado 1 inicial

Estado 2 final.

$m = 1 \text{ kg}$
 $V = 150 \text{ L}$
 $P_1 = 2 \text{ MPa}$

$V_1 = V_2$

$T_2 = 40^\circ\text{C}$
 $V = 150 \text{ L}$
 $m = 1 \text{ kg}.$

2^{do} paso → identificar el proceso.

Tips: los depósitos o tanques poseen volumen cte y masa cte.

- ↳ proceso isométrico ($V = \text{cte}$).
(agrego los 150 L en Est. 2)
- ↳ agrego masa en Est. 2.

3^{er} paso → establecer estados:

estado 1

- $m = 1 \text{ kg}$
- $V = 150 \text{ L}$
- $P_1 = 2 \text{ MPa}$

↳ para establecerlos se deben conocer por lo menos 2 propiedades intensivas: (no dependen de la # de materia)

- presión
- t°
- \hat{V} , entalpia específico, etc.

En este caso, se puede determinar el volumen específico:

$$\hat{V}_1 = \frac{\text{Volumen}}{\text{masa}} = \frac{V}{m}$$

$$\therefore \hat{V}_1 = \frac{150 \cancel{\text{L}}}{1 \text{ Kg}} \times \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \cancel{\text{L}}} = 0,150 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}$$

Como se conoce la P_1 y $\hat{V}_1 =$

- Vamos a la tabla de agua saturada (A-5)
Recuerde que 1 MPa = 1000 KPa.
- obtengo \hat{V}_f y \hat{V}_g

$$\hat{V}_f = 0,001177 \text{ m}^3/\text{Kg}$$

$$\hat{V}_g = 0,099537 \text{ m}^3/\text{Kg}$$

- luego se compara el \hat{V}_1 con \hat{V}_g :

$\hat{V}_1 > \hat{V}_g \rightarrow$ se establece que es un vapor de estado sobrecalentado

- luego vamos a la tabla (A-6) de vapor de agua sobrecalentado, en donde se buscan los 2 MPa.
- una vez en la cuadrícula, buscamos el \hat{V}_1 .
- si no se encuentra el valor exacto se debe de interpolar de manera lineal.

\hat{v}	$T(^{\circ}\text{C})$
0,1386	350
0,150	?
0,15122	400

$$y = \frac{(y_2 - y_1)(x - x_1)}{(x_2 - x_1)} + y_1$$

$$y = \frac{(400 - 350)(0,150 - 0,1386)}{(0,15122 - 0,1386)} + 350$$

$$y = 395,16^{\circ}\text{C}$$

\therefore La t° inicial es de $395,16^{\circ}\text{C}$

Buscando la presión:

estado 2 $\left\{ \begin{array}{l} m = 1\text{Kg} \\ V_2 = 150\text{L} \\ T_2 = 40^{\circ}\text{C} \end{array} \right.$

$$\hat{v}_2 = \frac{V}{m} = 0,150 \text{ m}^3/\text{Kg}$$

$$\therefore \hat{v}_1 = \hat{v}_2$$

Como se conoce la T_2 y \hat{v}_2

- vamos a la tabla de agua saturada (tabla de t°) (A-4)
- buscar los 40°C
- obtengo \hat{v}_f y \hat{v}_g

$$\hat{v}_f = 0,001008 \text{ m}^3/\text{Kg}$$

$$\hat{v}_g = 19,515 \text{ m}^3/\text{Kg}$$

- luego se compara.

$$\hat{v}_f < \hat{v}_2 < \hat{v}_g \rightarrow \text{es un estado de mezcla liquido vapor.}$$



• cuando se tiene una mezcla líquido vapor la presión a la que se encuentra la sustancia es igual a la presión de saturación.

$$P_2 = P_{\text{saturación}} = 7,3851 \text{ kPa}$$

se obtiene de la
tabla