



UC | Chile

Termodinámica (FIS1523)

Tablas termodinámicas (cont.)

Felipe Isaule
felipe.isaule@uc.cl

Miércoles 9 de Abril de 2025

Resumen clase anterior

- Revisamos los distintos tipos de **diagramas de propiedades**.
- Comenzamos a revisar las **tablas termodinámicas** para **líquidos y vapores saturados**.

Clase 11: Tablas termodinámicas (cont.)

- Mezclas saturadas.
- Vapores sobrecalentados y líquidos comprimidos.
- Valores de referencia.

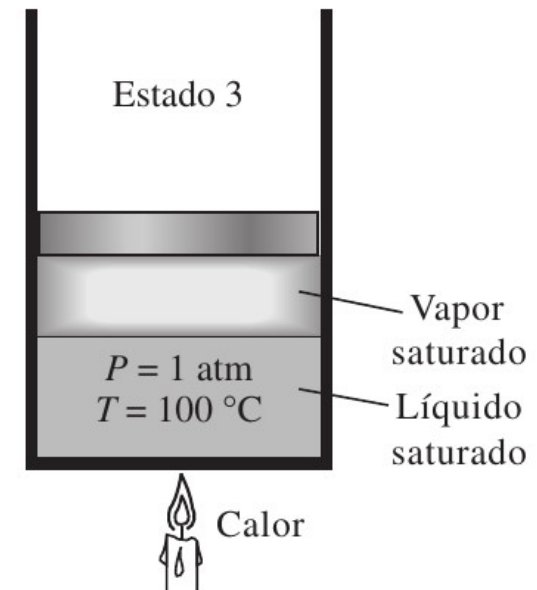
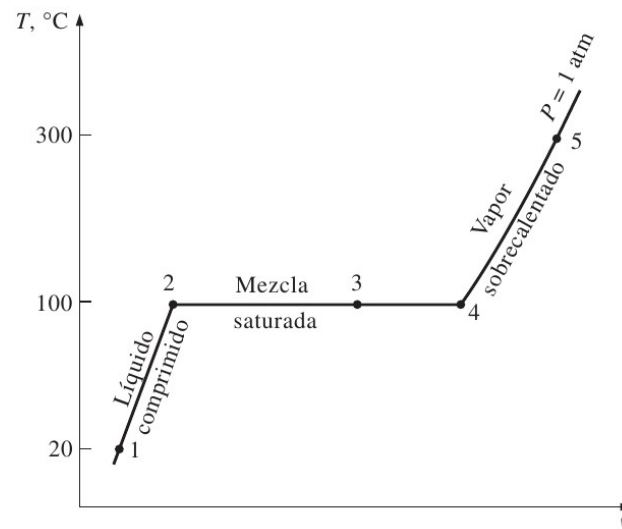
- Bibliografía recomendada:
 - Cengel (3.5).

Clase 11: Tablas termodinámicas (cont.)

- **Mezclas saturadas.**
- Vapores sobrecalentados y líquidos comprimidos.
- Valores de referencia.

Mezcla saturada de líquido-vapor

- Como hemos visto en clases pasadas, **durante** el proceso de **vaporación** existe una **mezcla saturada líquido-vapor**.
- Por lo tanto, para describir tal mezcla necesitamos saber la **proporción** de la mezcla **en cada fase**.



Calidad de una mezcla líquido-vapor

- La **calidad** o título corresponde a la cantidad de vapor con relación a la cantidad total de materia

$$x = \frac{m_{\text{vapor}}}{m_{\text{total}}},$$

donde

$$m_{\text{total}} = m_{\text{vapor}} + m_{\text{liquido}} = m_f + m_g.$$

- La calidad toma **valores entre cero y uno**, describiendo un **vapor húmedo**.
 - $x=1$: Vapor saturado.
 - $x=0$: Líquido saturado.
- El nombre calidad viene de la observación de que las máquinas de vapor funcionan mejor con mayor proporción de vapor que de líquido.

Calidad de una mezcla líquido-vapor

- Ahora examinemos el **volumen** de una mezcla:

Volumen total: $V = V_f + V_g$

$$\longrightarrow m_t \nu_{\text{prom}} = m_f \nu_f + m_g \nu_g$$

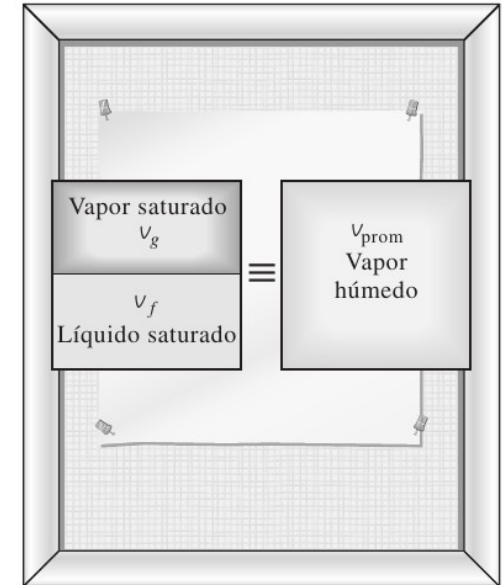
$$m_t \nu_{\text{prom}} = (m_t - m_g) \nu_f + m_g \nu_g$$

donde $m_t = m_{\text{total}}$. Al dividir por m_t ,

$$\longrightarrow \nu_{\text{prom}} = (1 - x) \nu_f + x \nu_g = \nu_f + x \nu_{fg},$$

donde $\nu_{fg} = \nu_g - \nu_f$. Al despejar la **calidad**:

$$x = \frac{\nu_{\text{prom}} - \nu_f}{\nu_{fg}}.$$



Calidad de una mezcla líquido-vapor

- La **calidad** se puede relacionar con las **distancias horizontales** en los diagramas $P-\nu$ y $T-\nu$.

$$x = \frac{\nu_{\text{prom}} - \nu_f}{\nu_{fg}}.$$

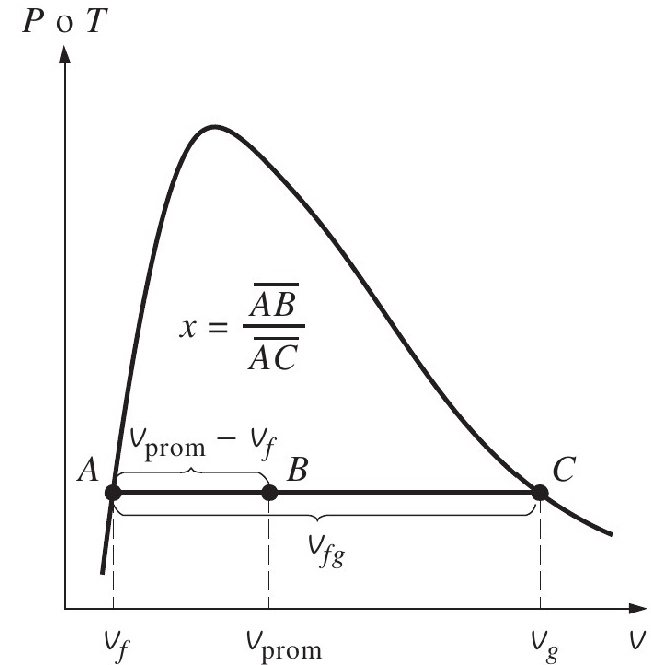
- Podemos escribir otras cantidades de la misma forma:

$$u_{\text{prom}} = u_f + xu_{fg}, \quad h_{\text{prom}} = h_f + xh_{fg}.$$

- De manera general, podemos escribir, para una propiedad y ,

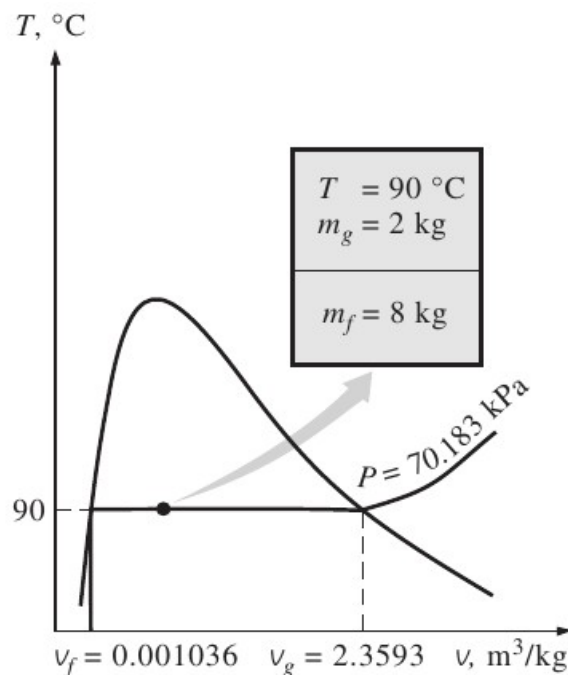
$$y_{\text{prom}} = y_f + xy_{fg},$$

donde los datos y_f e y_{fg} son obtenidos de las **tablas** para **líquidos y vapores saturados**.



Ejemplo 1:

- Un recipiente rígido contiene **10 kg** de **agua** a **90 °C**. Si **8 kg** del agua están en **forma líquida** y el **resto como vapor**, determine la **presión** y el **volumen** del recipiente.

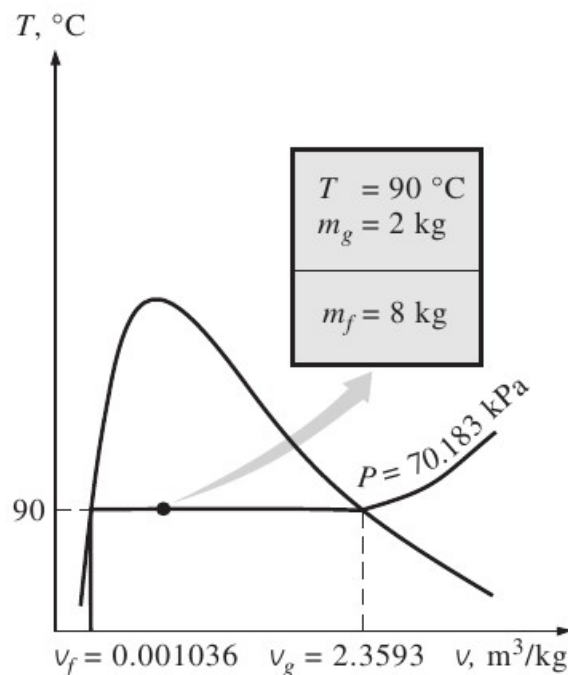


Ejemplo 1:

- Un recipiente rígido contiene **10 kg** de **agua** a **90 °C**. Si **8 kg** del agua están en **forma líquida** y el **resto como vapor**, determine la **presión** y el **volumen** del recipiente.

De la figura de inmediato tenemos que la presión es

$$P = 10.183 \text{ kPa}$$



Para calcular el volumen, primero notamos que:

$$\nu_f = 0.001036, \quad \nu_g = 2.3593.$$

Entonces:

$$V = m_f \nu_f + m_g \nu_g$$

$$= 8 \text{ kg } 0.001036 + 2 \text{ kg } 2.3593$$

$$\rightarrow V = 4.73 \text{ m}^3.$$

$$m_g = m_t - m_f$$

Tarea: Obtener el volumen utilizando calidad.

Ejemplo 2:

- Un recipiente de **80 L** contiene **4 kg** de “refrigerante 134a” a una **presión de 160 kPa**. Determine
 - La **temperatura**, la **calidad**, y la **entalpía** del refrigerante.
 - El **volumen** que ocupa la **fase de vapor**.

Refrigerante 134a saturado. Datos de presión

Pres. P_{sat} , kPa	Entalpía específica, kJ/kg				Entropía, kJ/kg·K				Entalpía, kJ/kg·K			
	Líquido		Vapor		Líquido		Vapor		Líquido		Vapor	
	h_f	h_g	h_{fg}	h_g	s_f	s_g	s_{fg}	s_g	h_f	h_g	h_{fg}	h_g
40	-36.99	0.000708	0.3111	3.786	205.32	209.12	3.841	223.93	227.79	0.0163	0.9407	0.9641
70	-18.07	0.000704	0.2805	3.680	202.00	210.80	3.700	210.00	219.70	0.0167	0.9270	0.9432
80	-16.83	0.000723	0.2126	3.431	199.37	218.68	3.437	218.65	221.00	0.0168	0.9199	0.9367
100	-10.07	0.000719	0.1870	3.172	197.00	215.19	3.172	215.16	218.46	0.0169	0.9169	0.9338
120	-2.24	0.000724	0.1612	2.910	195.11	211.51	2.910	211.48	214.96	0.0170	0.9139	0.9309
140	16.77	0.000728	0.1404	2.648	193.57	207.91	2.648	207.88	211.94	0.0171	0.9109	0.9280
160	16.80	0.000732	0.1248	2.386	192.27	204.35	2.386	204.32	209.40	0.0172	0.9079	0.9251
180	-12.23	0.000735	0.1101	2.124	191.20	200.80	2.124	200.77	206.90	0.0173	0.9049	0.9222
200	-10.09	0.000733	0.0996	1.862	190.21	197.24	1.862	197.21	204.40	0.0174	0.9019	0.9193
240	-4.36	0.000740	0.0890	1.600	187.47	193.46	1.600	193.43	200.70	0.0176	0.8989	0.9163
280	-1.25	0.000749	0.0792	1.338	185.00	189.65	1.338	189.62	198.00	0.0178	0.8959	0.9133
320	2.46	0.000757	0.0694	1.076	182.71	185.84	1.076	185.81	195.30	0.0180	0.8929	0.9103
360	5.82	0.000761	0.0607	0.814	180.54	182.03	0.814	182.00	192.60	0.0182	0.8899	0.9073
400	8.91	0.000763	0.0520	0.552	178.49	178.22	0.552	178.19	189.90	0.0184	0.8869	0.9043
440	11.46	0.000764	0.0442	0.290	176.54	174.40	0.290	174.37	187.20	0.0186	0.8839	0.9013
480	13.71	0.000765	0.0371	0.028	174.70	170.60	0.028	170.57	184.50	0.0188	0.8809	0.8983
520	15.61	0.000766	0.0306	-0.234	172.96	166.64	-0.234	166.61	181.80	0.0190	0.8779	0.8953
560	17.15	0.000766	0.0249	-0.492	171.32	162.81	-0.492	162.78	179.10	0.0192	0.8749	0.8923
600	18.39	0.000766	0.0198	-0.749	169.77	159.02	-0.749	158.99	176.40	0.0194	0.8719	0.8893
640	19.31	0.000765	0.0151	-1.006	168.30	155.27	-1.006	155.24	173.70	0.0196	0.8689	0.8863
680	19.94	0.000763	0.0107	-1.263	166.90	151.56	-1.263	151.53	171.00	0.0198	0.8659	0.8833
720	20.29	0.000761	0.0065	-1.519	165.57	147.89	-1.519	147.86	168.30	0.0200	0.8629	0.8803
760	20.36	0.000758	0.0025	-1.775	164.30	144.26	-1.775	144.23	165.60	0.0202	0.8599	0.8773
800	20.14	0.000754	0.0000	-2.031	163.09	140.67	-2.031	140.64	162.90	0.0204	0.8569	0.8743
840	19.59	0.000749	0.0000	-2.287	161.93	137.12	-2.287	137.09	160.20	0.0206	0.8539	0.8713
880	18.74	0.000742	0.0000	-2.543	160.82	133.59	-2.543	133.56	157.50	0.0208	0.8509	0.8683
920	17.61	0.000733	0.0000	-2.799	159.75	130.10	-2.799	130.07	154.80	0.0210	0.8479	0.8653
960	16.22	0.000722	0.0000	-3.055	158.72	126.64	-3.055	126.61	152.10	0.0212	0.8449	0.8623
1000	14.59	0.000709	0.0000	-3.311	157.72	123.21	-3.311	123.18	149.40	0.0214	0.8419	0.8593
1040	12.74	0.000693	0.0000	-3.567	156.75	119.80	-3.567	119.77	146.70	0.0216	0.8389	0.8563
1080	10.69	0.000674	0.0000	-3.823	155.81	116.41	-3.823	116.38	144.00	0.0218	0.8359	0.8533
1120	8.46	0.000652	0.0000	-4.079	154.90	113.04	-4.079	113.01	141.30	0.0220	0.8329	0.8503
1160	6.00	0.000627	0.0000	-4.335	154.02	109.70	-4.335	109.67	138.60	0.0222	0.8299	0.8473
1200	3.34	0.000600	0.0000	-4.591	153.17	106.39	-4.591	106.36	135.90	0.0224	0.8269	0.8443
1240	0.51	0.000570	0.0000	-4.847	152.34	103.10	-4.847	103.07	133.20	0.0226	0.8239	0.8413
1280	-2.46	0.000538	0.0000	-5.103	151.53	99.83	-5.103	99.80	130.50	0.0228	0.8209	0.8383
1320	-5.49	0.000504	0.0000	-5.359	150.74	96.58	-5.359	96.55	127.80	0.0230	0.8179	0.8353
1360	-8.46	0.000468	0.0000	-5.615	150.00	93.35	-5.615	93.32	125.10	0.0232	0.8149	0.8323
1400	-11.31	0.000430	0.0000	-5.871	149.28	90.14	-5.871	90.11	122.40	0.0234	0.8119	0.8293
1440	-14.00	0.000390	0.0000	-6.127	148.59	86.95	-6.127	86.92	119.70	0.0236	0.8089	0.8263
1480	-16.50	0.000348	0.0000	-6.383	147.92	83.78	-6.383	83.75	117.00	0.0238	0.8059	0.8233
1520	-18.80	0.000304	0.0000	-6.639	147.28	80.63	-6.639	80.60	114.30	0.0240	0.8029	0.8203
1560	-20.90	0.000258	0.0000	-6.895	146.66	77.50	-6.895	77.47	111.60	0.0242	0.7999	0.8173
1600	-22.70	0.000210	0.0000	-7.151	146.06	74.40	-7.151	74.37	108.90	0.0244	0.7969	0.8143
1640	-24.20	0.000160	0.0000	-7.407	145.48	71.32	-7.407	71.29	106.20	0.0246	0.7939	0.8113
1680	-25.40	0.000108	0.0000	-7.663	144.92	68.26	-7.663	68.23	103.50	0.0248	0.7909	0.8083
1720	-26.30	0.000054	0.0000	-7.919	144.38	65.22	-7.919	65.19	100.80	0.0250	0.7879	0.8053
1760	-26.90	0.000000	0.0000	-8.175	143.86	62.20	-8.175	62.17	98.10	0.0252	0.7849	0.8023
1800	-27.20	0.000000	0.0000	-8.431	143.36	59.20	-8.431	59.17	95.40	0.0254	0.7819	0.7993
1840	-27.20	0.000000	0.0000	-8.687	142.88	56.22	-8.687	56.19	92.70	0.0256	0.7789	0.7963
1880	-26.90	0.000000	0.0000	-8.943	142.42	53.26	-8.943	53.23	90.00	0.0258	0.7759	0.7933
1920	-25.40	0.000000	0.0000	-9.199	141.98	50.32	-9.199	50.29	87.30	0.0260	0.7729	0.7903
1960	-22.70	0.000000	0.0000	-9.455	141.56	47.40	-9.455	47.37	84.60	0.0262	0.7699	0.7873
2000	-18.80	0.000000	0.0000	-9.711	141.16	44.50	-9.711	44.47	81.90	0.0264	0.7669	0.7843
2040	-13.70	0.000000	0.0000	-9.967	140.78	41.62	-9.967	41.59	79.20	0.0266	0.7639	0.7813
2080	-7.40	0.000000	0.0000	-10.223	140.42	38.76	-10.223	38.73	76.50	0.0268	0.7609	0.7783
2120	3.30	0.000000	0.0000	-10.479	140.08	35.92	-10.479	35.89	73.80	0.0270	0.7579	0.7753
2160	13.70	0.000000	0.0000	-10.735	139.76	33.10	-10.735	33.07	71.10	0.0272	0.7549	0.7723
2200	23.70	0.000000	0.0000	-10.991	139.46	30.30	-10.991	30.27	68.40	0.0274	0.7519	0.7693
2240	32.30	0.000000	0.0000	-11.247	139.18	27.52	-11.247	27.49	65.70	0.0276	0.7489	0.7663
2280	39.60	0.000000	0.0000	-11.503	138.92	24.76	-11.503	24.73	63.00	0.0278	0.7459	0.7633
2320	45.70	0.000000	0.0000	-11.759	138.68	22.02	-11.759	21.99	60.30	0.0280	0.7429	0.7603
2360	50.60	0.000000	0.0000	-12.015	138.46	19.30	-12.015	19.27	57.60	0.0282	0.7399	0.7573
2400	54.30	0.000000	0.0000	-12.271	138.26	16.60	-12.271	16.57	54.90	0.0284	0.7369	0.7543
2440	56.80	0.000000	0.0000	-12.527	138.08	14.00	-12.527	13.97	52.20	0.0286	0.7339	0.7513
2480	58.10	0.000000	0.0000	-12.783	137.92	11.42	-12.783	11.39	49.50	0.0288	0.7309	0.7483
2520	58.20	0.000000	0.0000	-13.039	137.78	8.86	-13.039	8.83	46.80	0.0290	0.7279	0.7453
2560	57.10	0.000000	0.0000	-13.295	137.66	6.32	-13.295	6.29	44.10	0.0292	0.7249	0.7423
2600	54.80	0.000000	0.0000	-13.551	137.56	3.80	-13.551	3.77	41.40	0.0294	0.7219	0.7393
2640	51.30	0.000000	0.0000	-13.807	137.48	1.30	-13.807	1.27	38.70	0.0296	0.7189	0.7363
2680	46.70	0.000000	0.0000	-14.063	137.42	-0.20	-14.063	-0.23	36.00	0.0298	0.7159	0.7333
2720	41.10	0.000000	0.0000	-14.319	137.38	-2.70	-14.319	-2.73	33.30	0.0300	0.7129	0.7303
2760	34.60	0.000000	0.0000	-14.575	137.36	-5.20	-14.575	-5.23	30.60	0.0302	0.7099	0.7273
2800	27.30	0.000000	0.0000	-14.831	137.36	-7.70	-14.831	-7.73	27.90	0.0304	0.7069	0.7243
2840	19.30	0.000000	0.0000	-15.087	137.38	-10.20	-15.087	-10.23	25.20	0.0306	0.7039	0.7213
2880	10.70	0.000000	0.0000	-15.343	137.42	-12.70	-15.343	-12.73	22.50	0.0308	0.7009	0.7183
2920	1.60	0.000000	0.0000	-15.599	137.48	-15.20	-15.599	-15.23	19.80	0.0310	0.6979	0.7153
2960	-9.10	0.000000	0.0000	-15.855	137.56	-17.70	-15.855	-17.73	17.10	0.0312	0.6949	0.7123
3000	-19.40	0.000000	0.0000	-16.111	137.66	-20.20	-16.111	-20.23	14.40	0.0314	0.6919	0.7093
3040	-29.30	0.000000	0.0000	-16.367	137.78	-22.70	-16.367	-22.73	11.70	0.0316	0.6889	0.7063
3080	-38.80	0.000000	0.0000	-16.623	137.92	-25.20	-16.623	-25.23	9.00	0.0318	0.6859	0.7033
3120	-47.90	0.000000	0.0000	-16.879	138.08	-27.70	-16.879	-27.73	6.30	0.0320	0.6829	0.

Ejemplo 2:

- Un recipiente de **80 L** contiene **4 kg** de “refrigerante 134a” a una **presión de 160 kPa**. Determine
 - La **temperatura**, la **calidad**, y la **entalpía** del refrigerante.

		Volumen específico, m^3/kg				Entalpía, kJ/kg	
Pres., P kPa	Temp. sat., T_{sat} °C	Líquido sat., v_f	Vapor sat., v_g	Líquido sat., h_f	Vapor sat., h_g	Evap., h_{fg}	Vapor sat., h_g
160	-15.60	0.0007437	0.12348	31.21	241.11	209.90	241.11

Primero verifiquemos que tenemos una mezcla saturada. El Volumen específico es:

$$\nu = \frac{V}{m} = \frac{0.08 \text{ m}^3}{4 \text{ kg}} = 0.02 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}$$

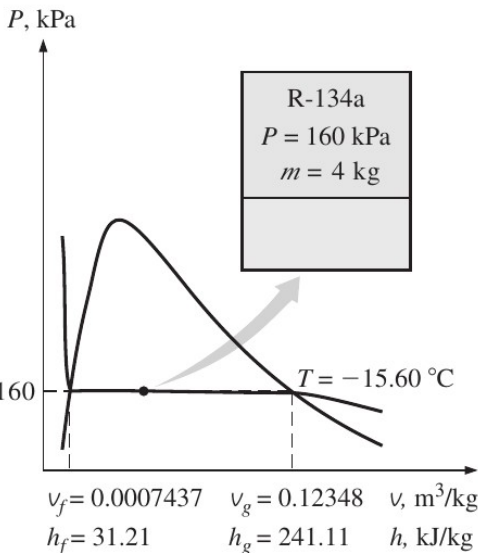
Por otra parte, de la tabla y figura tenemos que:

$$\nu_f = 0.0007437 \text{ m}^3/\text{kg}, \quad \nu_g = 0.12348 \text{ m}^3/\text{kg} \quad \longrightarrow \quad \nu_f < \nu < \nu_g.$$

Sí es una mezcla saturada

Por tanto, de la tabla y figura:

$$T = -15.6^\circ\text{C}$$



Ejemplo 2:

- Un recipiente de **80 L** contiene **4 kg** de “refrigerante 134a” a una **presión de 160 kPa**. Determine
 - La **temperatura**, la **calidad**, y la **entalpía** del refrigerante.

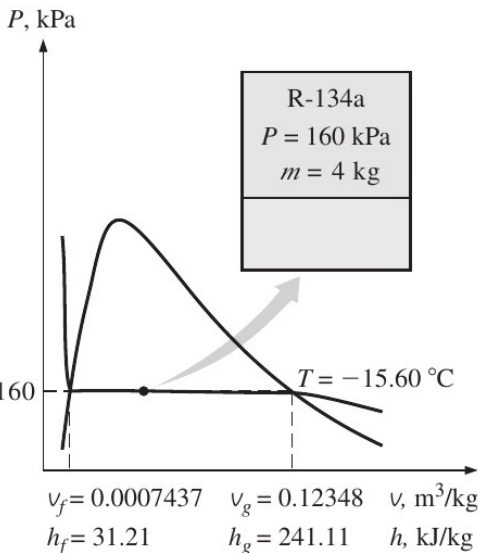
Pres., <i>P</i> kPa	Temp. sat., <i>T</i> _{sat} °C	Volumen específico, <i>m</i> ³ /kg		Entalpía, kJ/kg		
		Líqu. sat., <i>v</i> _f	Vapor sat., <i>v</i> _g	Líqu. sat., <i>h</i> _f	Evap., <i>h</i> _{fg}	Vapor sat., <i>h</i> _g
160	-15.60	0.0007437	0.12348	31.21	209.90	241.11

Ahora calculamos la calidad:

$$x = \frac{v_g}{v_t} = \frac{v - v_f}{v_g - v_f} = \frac{0.02 - 0.0007437}{0.12348 - 0.0007437}$$

→

$x = 0.157$



Ejemplo 2:

- Un recipiente de **80 L** contiene **4 kg** de “refrigerante 134a” a una **presión de 160 kPa**. Determine

→ La **temperatura**, la **calidad**, y la **entalpía** del refrigerante.

Pres., <i>P</i> kPa	Temp. sat., <i>T</i> _{sat} °C	Volumen específico, <i>m</i> ³ /kg		Entalpía, kJ/kg		
		Líqu. sat., <i>v</i> _f	Vapor sat., <i>v</i> _g	Líqu. sat., <i>h</i> _f	Evap., <i>h</i> _{fg}	Vapor sat., <i>h</i> _g
160	-15.60	0.0007437	0.12348	31.21	209.90	241.11

Refrigerante 134a saturado. Datos de presión

Pres. <i>P</i> , kPa	Temp. <i>T</i> , °C	Entalpía interna, <i>u</i>		Entalpía, <i>h</i>		Entalpía, <i>h</i>		Entalpía, <i>h</i>	
		<i>u_f</i>	<i>u_g</i>	<i>h_f</i>	<i>h_g</i>	<i>h_f</i>	<i>h_g</i>		
40	-16.81	0.0007108	0.1111	3.788	205.32	205.32	209.12	0.0007108	0.0007108
50	-15.52	0.0007101	0.08005	7.640	205.00	205.00	210.80	0.0007101	0.0007101
60	-14.32	0.0007094	0.05770	11.52	204.68	204.68	212.48	0.0007094	0.0007094
80	-12.83	0.0007078	0.03735	18.24	204.36	204.36	214.16	0.0007078	0.0007078
100	-11.53	0.0007062	0.02624	25.00	204.04	204.04	215.84	0.0007062	0.0007062
120	-10.32	0.0007046	0.01912	31.76	203.72	203.72	217.52	0.0007046	0.0007046
140	-9.20	0.0007030	0.01444	38.52	203.40	203.40	219.20	0.0007030	0.0007030
160	-8.16	0.0007014	0.01100	45.28	203.08	203.08	220.88	0.0007014	0.0007014
180	-7.19	0.0007000	0.00844	52.04	202.76	202.76	222.56	0.0007000	0.0007000
200	-6.28	0.0006986	0.00644	58.80	202.44	202.44	224.24	0.0006986	0.0006986
220	-5.43	0.0006973	0.00487	65.56	202.12	202.12	225.92	0.0006973	0.0006973
240	-4.63	0.0006960	0.00367	72.32	201.80	201.80	227.60	0.0006960	0.0006960
260	-3.88	0.0006948	0.00280	79.08	201.48	201.48	229.28	0.0006948	0.0006948
280	-3.18	0.0006936	0.00218	85.84	201.16	201.16	230.96	0.0006936	0.0006936
300	-2.52	0.0006924	0.00174	92.60	200.84	200.84	232.64	0.0006924	0.0006924
320	-1.90	0.0006912	0.00140	99.36	200.52	200.52	234.32	0.0006912	0.0006912
340	-1.32	0.0006900	0.00112	106.12	200.20	200.20	236.00	0.0006900	0.0006900
360	-0.78	0.0006888	0.00092	112.88	199.88	199.88	237.68	0.0006888	0.0006888
380	-0.28	0.0006876	0.00076	119.64	199.56	199.56	239.36	0.0006876	0.0006876
400	0.18	0.0006864	0.00063	126.40	199.24	199.24	241.04	0.0006864	0.0006864
420	0.62	0.0006852	0.00053	133.16	198.92	198.92	242.72	0.0006852	0.0006852
440	1.04	0.0006840	0.00045	139.92	198.60	198.60	244.40	0.0006840	0.0006840
460	1.44	0.0006828	0.00038	146.68	198.28	198.28	246.08	0.0006828	0.0006828
480	1.82	0.0006816	0.00032	153.44	197.96	197.96	247.76	0.0006816	0.0006816
500	2.18	0.0006804	0.00027	160.20	197.64	197.64	249.44	0.0006804	0.0006804
520	2.52	0.0006792	0.00023	166.96	197.32	197.32	251.12	0.0006792	0.0006792
540	2.84	0.0006780	0.00020	173.72	197.00	197.00	252.80	0.0006780	0.0006780
560	3.14	0.0006768	0.00017	180.48	196.68	196.68	254.48	0.0006768	0.0006768
580	3.42	0.0006756	0.00015	187.24	196.36	196.36	256.16	0.0006756	0.0006756
600	3.68	0.0006744	0.00013	194.00	196.04	196.04	257.84	0.0006744	0.0006744
620	3.92	0.0006732	0.00011	200.76	195.72	195.72	259.52	0.0006732	0.0006732
640	4.14	0.0006720	0.00010	207.52	195.40	195.40	261.20	0.0006720	0.0006720
660	4.34	0.0006708	0.00009	214.28	195.08	195.08	262.88	0.0006708	0.0006708
680	4.52	0.0006696	0.00008	221.04	194.76	194.76	264.56	0.0006696	0.0006696
700	4.68	0.0006684	0.00007	227.80	194.44	194.44	266.24	0.0006684	0.0006684
720	4.82	0.0006672	0.00006	234.56	194.12	194.12	267.92	0.0006672	0.0006672
740	4.94	0.0006660	0.00005	241.32	193.80	193.80	269.60	0.0006660	0.0006660
760	5.04	0.0006648	0.00004	248.08	193.48	193.48	271.28	0.0006648	0.0006648
780	5.12	0.0006636	0.00003	254.84	193.16	193.16	272.96	0.0006636	0.0006636
800	5.18	0.0006624	0.00002	261.60	192.84	192.84	274.64	0.0006624	0.0006624
820	5.22	0.0006612	0.00001	268.36	192.52	192.52	276.32	0.0006612	0.0006612
840	5.24	0.0006600	0.00000	275.12	192.20	192.20	278.00	0.0006600	0.0006600
860	5.24	0.0006588	0.00000	281.88	191.88	191.88	279.68	0.0006588	0.0006588
880	5.22	0.0006576	0.00000	288.64	191.56	191.56	281.36	0.0006576	0.0006576
900	5.18	0.0006564	0.00000	295.40	191.24	191.24	283.04	0.0006564	0.0006564
920	5.12	0.0006552	0.00000	302.16	190.92	190.92	284.72	0.0006552	0.0006552
940	5.04	0.0006540	0.00000	308.92	190.60	190.60	286.40	0.0006540	0.0006540
960	4.94	0.0006528	0.00000	315.68	190.28	190.28	288.08	0.0006528	0.0006528
980	4.82	0.0006516	0.00000	322.44	189.96	189.96	289.76	0.0006516	0.0006516
1000	4.68	0.0006504	0.00000	329.20	189.64	189.64	291.44	0.0006504	0.0006504
1020	4.52	0.0006492	0.00000	335.96	189.32	189.32	293.12	0.0006492	0.0006492
1040	4.34	0.0006480	0.00000	342.72	189.00	189.00	294.80	0.0006480	0.0006480
1060	4.14	0.0006468	0.00000	349.48	188.68	188.68	296.48	0.0006468	0.0006468
1080	3.92	0.0006456	0.00000	356.24	188.36	188.36	298.16	0.0006456	0.0006456
1100	3.68	0.0006444	0.00000	363.00	188.04	188.04	299.84	0.0006444	0.0006444
1120	3.42	0.0006432	0.00000	369.76	187.72	187.72	301.52	0.0006432	0.0006432
1140	3.14	0.0006420	0.00000	376.52	187.40	187.40	303.20	0.0006420	0.0006420
1160	2.84	0.0006408	0.00000	383.28	187.08	187.08	304.88	0.0006408	0.0006408
1180	2.52	0.0006396	0.00000	390.04	186.76	186.76	306.56	0.0006396	0.0006396
1200	2.18	0.0006384	0.00000	396.80	186.44	186.44	308.24	0.0006384	0.0006384
1220	1.82	0.0006372	0.00000	403.56	186.12	186.12	309.92	0.0006372	0.0006372
1240	1.44	0.0006360	0.00000	410.32	185.80	185.80	311.60	0.0006360	0.0006360
1260	1.04	0.0006348	0.00000	417.08	185.48	185.48	313.28	0.0006348	0.0006348
1280	0.62	0.0006336	0.00000	423.84	185.16	185.16	314.96	0.0006336	0.0006336
1300	0.18	0.0006324	0.00000	430.60	184.84	184.84	316.64	0.0006324	0.0006324
1320	-0.28	0.0006312	0.00000	437.36	184.52	184.52	318.32	0.0006312	0.0006312
1340	-0.78	0.0006300	0.00000	444.12	184.20	184.20	319.96	0.0006300	0.0006300
1360	-1.28	0.0006288	0.00000	450.88	183.88	183.88	321.64	0.0006288	0.0006288
1380	-1.78	0.0006276	0.00000	457.64	183.56	183.56	323.32	0.0006276	0.0006276
1400	-2.28	0.0006264	0.00000	464.40	183.24	183.24	325.00	0.0006264	0.0006264
1420	-2.78	0.0006252	0.00000	471.16	182.92	182.92	326.68	0.0006252	0.0006252
1440	-3.28	0.0006240	0.00000	477.92	182.60	182.60	328.36	0.0006240	0.0006240
1460	-3.78	0.0006228	0.00000	484.68	182.28	182.28	330.04	0.0006228	0.0006228
1480	-4.28	0.0006216	0.00000	491.44	181.96	181.96	331.72	0.0006216	0.0006216
1500	-4.78	0.0006204	0.00000	498.20	181.64	181.64	333.40	0.0006204	0.0006204
1520	-5.28	0.0006192	0.00000	504.96	181.32	181.32	335.08	0.0006192	0.0006192
1540	-5.78	0.0006180	0.00000	511.72	181.00	181.00	336.76	0.0006180	0.0006180
1560	-6.28	0.0006168	0.00000	518.48	180.68	180.68	338.44	0.0006168	0.0006168
1580	-6.78	0.0006156	0.00000	525.24	180.36	180.36	340.12	0.0006156	0.0006156
1600	-7.28	0.0006144	0.00000	532.00	180.04	180.04	341.80	0.0006144	0.0006144
1620	-7.78	0.0006132	0.00000	538.76	179.72	179.72	343.48	0.0006132	0.0006132
1640	-8.28	0.0006120	0.00000	545.52	179.40	179.40	345.16	0.0006120	0.0006120
1660	-8.78	0.0006108	0.00000	552.28	179.08	179.08	346.84	0.0006108	0.0006108
1680	-9.28	0.0006096	0.00000	559.04	178.76	178.76	348.52	0.0006096	0.0006096
1700	-9.78	0.0006084	0.00000	565.80	178.44	178.44	350.20	0.0006084	0.0006084
1720	-10.28	0.0006072	0.00000	572.56	178.12	178.12	351.88	0.0006072	0.0006072
1740	-10.78	0.0006060	0.00000	579.32	177.80	177.80	353.56	0.0006060	0.0006060
1760	-11.28	0.0006048	0.00000	586.08	177.48	177.48	355.24	0.0006048	0.0006048
1780	-11.78	0.0006036	0.00000	592.84	177.16	177.16	356.92	0.0006036	0.0006036
1800	-12.28	0.0006024	0.00000	599.60	176.84	176.84	358.60	0.0006024	0.0006024
1820	-12.78	0.0006012	0.00000	606.36	176.52	176.52	360.28	0.0006012	0.0006012
1840	-13.28	0.0006000	0.00000	613.12	176.20	176.20	361.96	0.0006000	0.0006000
1860	-13.78	0.0005988	0.00000	619.88	175.88	175.88	363.64	0.0005988	0.0005988
1880	-14.28	0.0005976	0.00000	626.64	175.56	175.56	365.32	0.0005976	0.0005976
1900	-14.78	0.0005964	0.00000	633.40	175.24	175.24	367.00	0.0005964	0.0005964
1920	-15.28	0.0005952	0.00000	640.16	174.92	174.92	368.68	0.0005952	0.0005952
1940	-15.78	0.0005940	0.00000	646.92	174.60	174.60	370.36	0.0005940	0.0005940
1960	-16.28	0.0005928	0.00000	653.68	174.28	174.28	372.04	0.0005928	0.0005928
1980	-16.78	0.0005916	0.00000	660.44	173.96	173.96	373.72	0.0005916	0.0005916
2000	-17.28	0.0005904	0.00000	667.20	173.64	173.64	375.40	0.0005904	0.0005904
2020	-17.78	0.0005892	0.00000	673.96	173.32	173.32	377.08	0.0005892	0.0005892
2040	-18.28	0.0005880	0.00000	680.72	173.00	173.00</			

Ejemplo 2:

- Un recipiente de **80 L** contiene **4 kg** de “refrigerante 134a” a una **presión de 160 kPa**. Determine

→ El volumen que ocupa la fase de vapor.

Pres., P kPa	Temp. sat., T_{sat} °C	Volumen específico, m^3/kg		Entalpía, kJ/kg		
		Líqu. sat., ν_f	Vapor sat., ν_g	Líqu. sat., h_f	Evap., h_{fg}	Vapor sat., h_g
160	-15.60	0.0007437	0.12348	31.21	209.90	241.11

Ya tenemos el volumen específico, calidad, y masa total. Con esto podemos calcular el volumen del vapor.

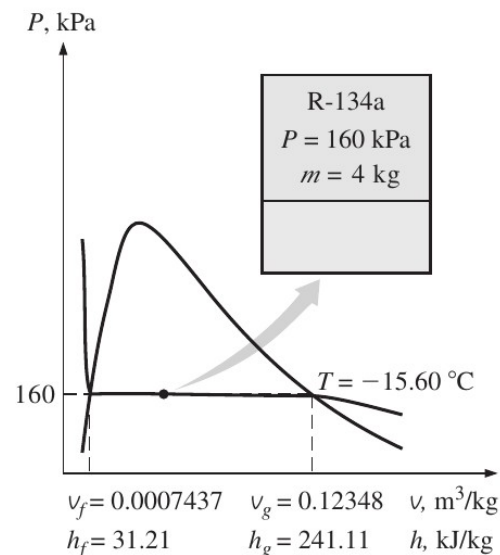
Primero, la masa del vapor:

$$m_g = x m_t = 0.157 \times 4 \text{ kg} = 0.628 \text{ kg}$$

Entonces, el volumen del vapor:

$$V_g = m_g \nu_g = 0.628 \text{ kg } 0.12346 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$\longrightarrow V_g = 0.077 \text{ m}^3$$



Clase 11: Tablas termodinámicas (cont.)

- Mezclas saturadas.
- **Vapores sobrecalentados y líquidos comprimidos.**
- Valores de referencia.

Vapor sobrecalentado

- En la región sobrecalentada existe **una sola fase**.
- La presión y temperatura ya no son dependientes.
 - Las **propiedades se tabulan** para una **presión o temperatura determinada**.

$T, ^\circ\text{C}$	v	u	h
	m^3/kg	kJ/kg	kJ/kg
$P = 0.1 \text{ MPa} (99.61 ^\circ\text{C})$			
Sat.	1.6941	2 505.6	2 675.0
100	1.6959	2 506.2	2 675.8
150	1.9367	2 582.9	2 776.6
\vdots	\vdots	\vdots	\vdots
1 300	7.2605	4 687.2	5 413.3
$P = 0.5 \text{ MPa} (151.83 ^\circ\text{C})$			
Sat.	0.37483	2 560.7	2 748.1
200	0.42503	2 643.3	2 855.8
250	0.47443	2 723.8	2 961.0

Vapor sobrecalentado

- En comparación con un vapor saturado, un vapor sobrecalentado tiene:
 - Menor presión $P < P_{\text{sat}}$ a temperatura fija.
 - Mayor temperatura $T > T_{\text{sat}}$ a presión fija.
 - Mayor volumen específico $\nu > \nu_{\text{sat}}$ a temperatura o presión fija.
 - Mayor energía interna $u > u_{\text{sat}}$ a temperatura o presión fija.
 - Mayor entalpía $h > h_{\text{sat}}$ a temperatura o presión fija.

Líquido comprimido

- Las tablas para líquidos comprimidos son similares a las de vapores sobrecalentados debido a que, nuevamente, la **temperatura y presión no son dependientes**.
- Estas tablas no son muy comunes.
 - La **variación de las propiedades con cambios de presión es muy pequeña**.
- Por lo anterior, podemos **aproximar las propiedades** de un **líquido comprimido** por las de un **líquido saturado** a la **misma temperatura**:

$$\nu_{\text{compr.},T} \approx \nu_{\text{sat.},T}, \quad h_{\text{comp.},T} \approx h_{\text{sat.},T}, \quad u_{\text{comp.},T} \approx u_{\text{sat.},T}.$$

donde $f_{\text{sat.},T}$ es el valor de la propiedad f saturada a una temperatura T .

Líquido comprimido

- La **excepción a la aproximación** anterior es la **entalpía**, ya que tiene una dependencia mayor con la presión.
- Sin embargo, podemos usar la siguiente aproximación:

$$h_{\text{compr.,}T} \approx h_{\text{sat.,}T} + \nu_{\text{sat.,}T} (P - P_{\text{sat.,}T}) .$$

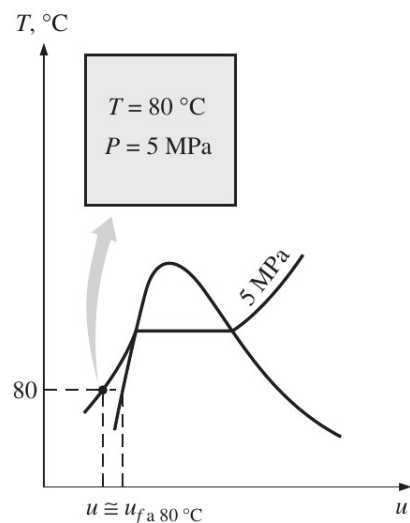
- Sin embargo, para obtener valores realistas de la entalpía es mejor consultar una tabla.

Líquido comprimido

- En comparación con un líquido saturado, un líquido comprimido tiene:
 - **Mayor presión** $P > P_{\text{sat}}$ a temperatura fija.
 - **Menor temperatura** $T < T_{\text{sat}}$ a presión fija.
 - **Menor volumen específico** $\nu < \nu_{\text{sat}}$ a temperatura o presión fija.
 - **Menor energía interna** $u < u_{\text{sat}}$ a temperatura o presión fija.
 - **Menor entalpía** $h < h_{\text{sat}}$ a temperatura o presión fija.
- Sin embargo, como se indicó, sólo la entalpía muestra cambios significativos con respecto a sus valores saturados.

Ejemplo 3:

- Determine la **energía interna** del **agua líquida comprimida** a **80 °C** y **5 MPa** con
 - Datos de la tabla para líquido comprimido.
 - Datos para líquido saturado. ¿Cuál es el error?



Ejemplo 3:

- Determine la **energía interna** del **agua líquida comprimida** a **80 °C** y **5 MPa** con

→ Datos de la tabla para líquido comprimido.

Agua líquida comprimida

T °C	v m³/kg	u kJ/kg	h kJ/kg	s kJ/kg · K
14	0.0010002	14.02	14.02	0.0000
16	0.0010004	16.04	16.04	0.0000
18	0.0010006	18.06	18.06	0.0000
20	0.0010008	20.08	20.08	0.0000
22	0.0010010	22.10	22.10	0.0000
24	0.0010012	24.12	24.12	0.0000
26	0.0010014	26.14	26.14	0.0000
28	0.0010016	28.16	28.16	0.0000
30	0.0010018	30.18	30.18	0.0000
32	0.0010020	32.20	32.20	0.0000
34	0.0010022	34.22	34.22	0.0000
36	0.0010024	36.24	36.24	0.0000
38	0.0010026	38.26	38.26	0.0000
40	0.0010028	40.28	40.28	0.0000
42	0.0010030	42.30	42.30	0.0000
44	0.0010032	44.32	44.32	0.0000
46	0.0010034	46.34	46.34	0.0000
48	0.0010036	48.36	48.36	0.0000
50	0.0010038	50.38	50.38	0.0000
52	0.0010040	52.40	52.40	0.0000
54	0.0010042	54.42	54.42	0.0000
56	0.0010044	56.44	56.44	0.0000
58	0.0010046	58.46	58.46	0.0000
60	0.0010048	60.48	60.48	0.0000
62	0.0010050	62.50	62.50	0.0000
64	0.0010052	64.52	64.52	0.0000
66	0.0010054	66.54	66.54	0.0000
68	0.0010056	68.56	68.56	0.0000
70	0.0010058	70.58	70.58	0.0000
72	0.0010060	72.60	72.60	0.0000
74	0.0010062	74.62	74.62	0.0000
76	0.0010064	76.64	76.64	0.0000
78	0.0010066	78.66	78.66	0.0000
80	0.0010068	80.68	80.68	0.0000
82	0.0010070	82.70	82.70	0.0000
84	0.0010072	84.72	84.72	0.0000
86	0.0010074	86.74	86.74	0.0000
88	0.0010076	88.76	88.76	0.0000
90	0.0010078	90.78	90.78	0.0000
92	0.0010080	92.80	92.80	0.0000
94	0.0010082	94.82	94.82	0.0000
96	0.0010084	96.84	96.84	0.0000
98	0.0010086	98.86	98.86	0.0000
100	0.0010088	100.88	100.88	0.0000
102	0.0010090	102.90	102.90	0.0000
104	0.0010092	104.92	104.92	0.0000
106	0.0010094	106.94	106.94	0.0000
108	0.0010096	108.96	108.96	0.0000
110	0.0010098	110.98	110.98	0.0000
112	0.0010100	112.00	112.00	0.0000
114	0.0010102	114.02	114.02	0.0000
116	0.0010104	116.04	116.04	0.0000
118	0.0010106	118.06	118.06	0.0000
120	0.0010108	120.08	120.08	0.0000
122	0.0010110	122.10	122.10	0.0000
124	0.0010112	124.12	124.12	0.0000
126	0.0010114	126.14	126.14	0.0000
128	0.0010116	128.16	128.16	0.0000
130	0.0010118	130.18	130.18	0.0000
132	0.0010120	132.20	132.20	0.0000
134	0.0010122	134.22	134.22	0.0000
136	0.0010124	136.24	136.24	0.0000
138	0.0010126	138.26	138.26	0.0000
140	0.0010128	140.28	140.28	0.0000
142	0.0010130	142.30	142.30	0.0000
144	0.0010132	144.32	144.32	0.0000
146	0.0010134	146.34	146.34	0.0000
148	0.0010136	148.36	148.36	0.0000
150	0.0010138	150.38	150.38	0.0000
152	0.0010140	152.40	152.40	0.0000
154	0.0010142	154.42	154.42	0.0000
156	0.0010144	156.44	156.44	0.0000
158	0.0010146	158.46	158.46	0.0000
160	0.0010148	160.48	160.48	0.0000
162	0.0010150	162.50	162.50	0.0000
164	0.0010152	164.52	164.52	0.0000
166	0.0010154	166.54	166.54	0.0000
168	0.0010156	168.56	168.56	0.0000
170	0.0010158	170.58	170.58	0.0000
172	0.0010160	172.60	172.60	0.0000
174	0.0010162	174.62	174.62	0.0000
176	0.0010164	176.64	176.64	0.0000
178	0.0010166	178.66	178.66	0.0000
180	0.0010168	180.68	180.68	0.0000
182	0.0010170	182.70	182.70	0.0000
184	0.0010172	184.72	184.72	0.0000
186	0.0010174	186.74	186.74	0.0000
188	0.0010176	188.76	188.76	0.0000
190	0.0010178	190.78	190.78	0.0000
192	0.0010180	192.80	192.80	0.0000
194	0.0010182	194.82	194.82	0.0000
196	0.0010184	196.84	196.84	0.0000
198	0.0010186	198.86	198.86	0.0000
200	0.0010188	200.88	200.88	0.0000
202	0.0010190	202.90	202.90	0.0000
204	0.0010192	204.92	204.92	0.0000
206	0.0010194	206.94	206.94	0.0000
208	0.0010196	208.96	208.96	0.0000
210	0.0010198	210.98	210.98	0.0000
212	0.0010200	212.00	212.00	0.0000
214	0.0010202	214.02	214.02	0.0000
216	0.0010204	216.04	216.04	0.0000
218	0.0010206	218.06	218.06	0.0000
220	0.0010208	220.08	220.08	0.0000
222	0.0010210	222.10	222.10	0.0000
224	0.0010212	224.12	224.12	0.0000
226	0.0010214	226.14	226.14	0.0000
228	0.0010216	228.16	228.16	0.0000
230	0.0010218	230.18	230.18	0.0000
232	0.0010220	232.20	232.20	0.0000
234	0.0010222	234.22	234.22	0.0000
236	0.0010224	236.24	236.24	0.0000
238	0.0010226	238.26	238.26	0.0000
240	0.0010228	240.28	240.28	0.0000
242	0.0010230	242.30	242.30	0.0000
244	0.0010232	244.32	244.32	0.0000
246	0.0010234	246.34	246.34	0.0000
248	0.0010236	248.36	248.36	0.0000
250	0.0010238	250.38	250.38	0.0000
252	0.0010240	252.40	252.40	0.0000
254	0.0010242	254.42	254.42	0.0000
256	0.0010244	256.44	256.44	0.0000
258	0.0010246	258.46	258.46	0.0000
260	0.0010248	260.48	260.48	0.0000
262	0.0010250	262.50	262.50	0.0000
264	0.0010252	264.52	264.52	0.0000
266	0.0010254	266.54	266.54	0.0000
268	0.0010256	268.56	268.56	0.0000
270	0.0010258	270.58	270.58	0.0000
272	0.0010260	272.60	272.60	0.0000
274	0.0010262	274.62	274.62	0.0000
276	0.0010264	276.64	276.64	0.0000
278	0.0010266	278.66	278.66	0.0000
280	0.0010268	280.68	280.68	0.0000
282	0.0010270	282.70	282.70	0.0000
284	0.0010272	284.72	284.72	0.0000
286	0.0010274	286.74	286.74	0.0000
288	0.0010276	288.76	288.76	0.0000
290	0.0010278	290.78	290.78	0.0000
292	0.0010280	292.80	292.80	0.0000
294	0.0010282	294.82	294.82	0.0000
296	0.0010284	296.84	296.84	0.0000
298	0.0010286	298.86	298.86	0.0000
300	0.0010288	300.88	300.88	0.0000
302	0.0010290	302.90	302.90	0.0000
304	0.0010292	304.92	304.92	0.0000
306	0.0010294	306.94	306.94	0.0000
308	0.0010296	308.96	308.96	0.0000
310	0.0010298	310.98	310.98	0.0000
312	0.0010300	312.00	312.00	0.0000
314	0.0010302	314.02	314.02	0.0000
316	0.0010304	316.04	316.04	0.0000
318	0.0010306	318.06	318.06	0.0000
320	0.0010308	320.08	320.08	0.0000
322	0.0010310	322.10	322.10	0.0000
324	0.0010312	324.12	324.12	0.0000
326	0.0010314	326.14	326.14	0.0000
328	0.0010316	328.16	328.16	0.0000
330	0.0010318	330.18	330.18	0.0000
332	0.0010320	332.20	332.20	0.0000
334	0.0010322	334.22	334.22	0.0000
336	0.0010324	336.24	336.24	0.0000
338	0.0010326	338.26	338.26	0.0000
340	0.0010328	340.28	340.28	0.0000
342	0.0010330	342.30	342.30	0.0000
344	0.0010332	344.32	344.32	0.0000
346	0.0010334	346.34	346.34	0.0000
348	0.0010336	348.36	348.36	0.0000
350	0.0010338	350.38	350.38	0.0000
352	0.0010340	352.40	352.40	0.0000
354	0.0010342	354.42	354.42	0.0000
356	0.0010344	356.44	356.44	0.0000
358	0.0010346	358.46	358.46	0.0000
360	0.0010348	360.48	360.48	0.0000
362	0.0010350	362.50	362.50	0.0000
364	0.0010352	364.52	364.52	0.0000
366	0.0010354	366.54	366.54	0.0000
368	0.0010356	368.56	368.56	0.0000
370	0.0010358	370.58	370.58	0.0000
372	0.0010360	372.60	372.60	0.0000
374	0.0010362	374.62	374.62	0.0000
376	0.0010364	376.64	376.64	0.0000
378	0.0010366	378.66	378.66	0.0000
380	0.0010368	380.68	380.68	0.0000
382	0.0010370	382.70	382.70	0.0000
384	0.0010372	384.72	384.72	0.0000
386	0.0010374	386.74	386.74	0.0000
388	0.0010376	388.76	388.76	0.0000
390	0.0010378	390.78	390.78	0.0000
392	0.0010380	392.80	392.80	0.0000
394	0.0010382	394.82	394.82	0.0000
396	0.0010384	396.84	396.84	0.0000
398	0.0010386	398.86	398.86	0.0000
400	0.0010388	400.88	400.88	0.0000
402	0.0010390	402.90	402.90	0.0000
404	0.0010392	404.92	404.92	0.0000
406	0.0010394	406.94	406.94	0.0000
408	0.0010396	408.96	408.96	0.0000
410	0.0010398	410.98	410.98	0.0000
412	0.0010400	412.00	412.00	0.0000
414	0.0010402	414.02	414.02	0.0000
416	0.0010404	416.04	416.04	0.0000
418	0.0010406	418.06	418.06	0.0000
420	0.0010408	420.08	420.08	0

Ejemplo 3:

- Determine la **energía interna** del **agua líquida comprimida** a **80 °C** y **5 MPa** con

→ Datos para líquido saturado. ¿Cuál es el error?

Agua saturada. Tabla de presiones

Presión MPa	Propiedades del líquido saturado				Propiedades del vapor saturado			
	Temperatura °C	Densidad kg/m³	Energía interna kJ/kg	Energía entalpía kJ/kg	Temperatura °C	Densidad kg/m³	Energía interna kJ/kg	Energía entalpía kJ/kg
0.01	6.97	999.8	0.01	0.01	170.4	0.0008	2391.8	2391.8
0.1	99.06	958.3	418.9	419.0	179.9	0.0009	2402.3	2402.3
1.0	179.9	958.3	761.6	761.6	188.8	0.0010	2415.0	2415.0
10.0	311.1	958.3	1405.8	1405.8	198.3	0.0011	2430.1	2430.1
100.0	543.8	958.3	2768.3	2768.3	205.8	0.0012	2447.9	2447.9

Agua saturada. Tabla de presiones

Energía interna,
kJ/kg

Temp., T °C	Líquido saturado, u _f	Evaporación, u _{fg}	Vapor saturado, u _g
80	334.97	2146.6	2481.6

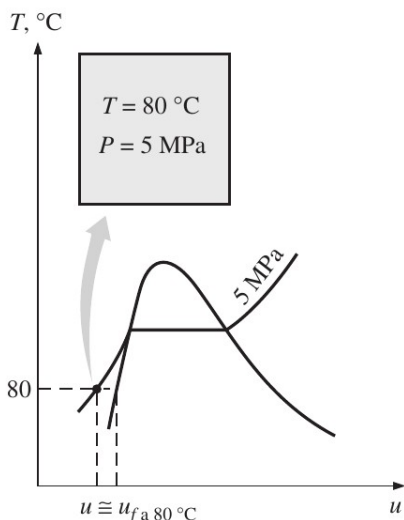
De la tabla de líquido saturado:

$$u_{\text{sat.}} = 334.97 \text{ kJ/kg}$$

Para calcular el error comparamos el valor real con el saturado:

$$\text{error} = \frac{u_{\text{sat.}} - u}{u} \times 100 = \frac{334.97 - 333.82}{333.82} \times 100$$

$$\text{error} = 0.34\%$$



Clase 11: Tablas termodinámicas (cont.)

- Mezclas saturadas.
- Vapores sobrecalentados y líquidos comprimidos.
- **Valores de referencia.**

Valores de referencia

- Los valores de u , h y s no se pueden medir directamente.
- En la práctica **se miden los cambios** de estas propiedades.
- Por tanto, es necesario fijar **valores de referencia**. Es decir, **asignar un valor cero**.
- Ejemplo: Para el agua se suele tomar el líquido saturado a 0.01°C como valor de referencia.
- En ocasiones, tablas pueden mostrar valores distintos debido a que usan distintos valores de referencia.

Ejemplo 4:

- Para el agua, determine las **propiedades faltantes** y las descripciones de **fase** en la siguiente tabla:

	$T, \text{ }^{\circ}\text{C}$	$P, \text{ kPa}$	$u, \text{ kJ/kg}$	x	Descripción de fase
a)		200		0.6	
b)	125		1 600		

Ejemplo 4:

- Para el agua, determine las **propiedades faltantes** y las descripciones de **fase** en la siguiente tabla:

	$T, ^\circ\text{C}$	P, kPa	$u, \text{kJ/kg}$	x	Descripción de fase
a)		200		0.6	
b)	125		1 600		

- a) Primero, debido a que la calidad es distinta a 0 y 1, entonces tenemos una **mezcla saturada**.

Ahora vamos a la tabla de agua saturada.

Agua saturada. Tabla de presiones

Pres., $P \text{ kPa}$	Temp. sat., $T_{\text{sat}} ^\circ\text{C}$	Energía interna, kJ/kg		
		Líqu. sat., u_f	Evap., u_{fg}	Vapor sat., u_g
200	120.21	504.50	2024.6	2529.1

De la tabla, la temperatura:

$$T = 120.21^\circ\text{C}$$

La energía interna:

$$u = u_f + xu_{fg}$$

$$= (504.5 + 0.6 \times 2024.6) \text{ kJ/kg}$$

$$\longrightarrow u = 1719.26 \text{ kJ/kg}$$

Ejemplo 4:

- Para el agua, determine las **propiedades faltantes** y las descripciones de **fase** en la siguiente tabla:

	$T, ^\circ\text{C}$	P, kPa	$u, \text{kJ/kg}$	x	Descripción de fase
a)	120.21	200	1719.26	0.6	Mezcla saturada
b)	125		1 600		

- a) Primero, debido a que la calidad es distinta a 0 y 1, entonces tenemos una **mezcla saturada**.

Ahora vamos a la tabla de agua saturada.

Agua saturada. Tabla de presiones

Pres., $P \text{ kPa}$	Temp. sat., $T_{\text{sat}} ^\circ\text{C}$	Energía interna, kJ/kg		
		Líqu. sat., u_f	Evap., u_{fg}	Vapor sat., u_g
200	120.21	504.50	2024.6	2529.1

De la tabla, la temperatura:

$$T = 120.21^\circ\text{C}$$

La energía interna:

$$u = u_f + xu_{fg}$$

$$= (504.5 + 0.6 \times 2024.6) \text{ kJ/kg}$$

$$\longrightarrow u = 1719.26 \text{ kJ/kg}$$

Ejemplo 4:

- Para el agua, determine las **propiedades faltantes** y las descripciones de **fase** en la siguiente tabla:

	$T, ^\circ\text{C}$	P, kPa	$u, \text{kJ/kg}$	x	Descripción de fase
a)	120.21	200	1719.26	0.6	Mezcla saturada
b)	125		1 600		

- b) **En principio** desconocemos la fase, y por tanto **no sabemos qué tabla utilizar**.

Para identificar la fase, recordamos que, con temperatura constante, la energía interna aumenta al pasar de líquido, a mezcla, a gas.

Al revisar las tablas para $T=125^\circ\text{C}$ nos damos cuenta que tenemos una **mezcla**, ya que:

$$u_f < u < u_g$$

$$u_f = 524.82 \text{ kJ/kg}, \quad u_g = 2534.3 \text{ kJ/kg}.$$

Agua saturada. Tabla de temperaturas

Temp., $T ^\circ\text{C}$	Pres. sat., $P_{\text{sat}} \text{ kPa}$	Energía interna, kJ/kg		
		Líqu. sat., u_f	Evap., u_{fg}	Vapor sat., u_g
125	232.23	524.83	2009.5	2534.3

De la tabla, la presión:

$$P = 232.23 \text{ kPa}$$

Finalmente, la calidad:

$$u = u_f + xu_{fg} \quad \longrightarrow \quad x = \frac{u - u_f}{u_{fg}}$$

$$x = \frac{1600 - 524.83}{2009.5} \quad \longrightarrow \quad x = 0.535$$

Ejemplo 4:

- Para el agua, determine las **propiedades faltantes** y las descripciones de **fase** en la siguiente tabla:

	$T, ^\circ\text{C}$	P, kPa	$u, \text{kJ/kg}$	x	Descripción de fase
a)	120.21	200	1719.26	0.6	Mezcla saturada
b)	125	232.23	1 600	0.535	Mezcla saturada

- b) **En principio** desconocemos la fase, y por tanto **no sabemos qué tabla utilizar**.

Para identificar la fase, recordamos que, con temperatura constante, la energía interna aumenta al pasar de líquido, a mezcla, a gas.

Al revisar las tablas para $T=125^\circ\text{C}$ nos damos cuenta que tenemos una **mezcla**, ya que:

$$u_f < u < u_g$$

$$u_f = 524.82 \text{ kJ/kg}, \quad u_g = 2534.3 \text{ kJ/kg}.$$

Agua saturada. Tabla de temperaturas

Temp., $T ^\circ\text{C}$	Pres. sat., $P_{\text{sat}} \text{ kPa}$	Energía interna, kJ/kg		
		Líqu. sat., u_f	Evap., u_{fg}	Vapor sat., u_g
125	232.23	524.83	2009.5	2534.3

De la tabla, la presión:

$$P = 232.23 \text{ kPa}$$

Finalmente, la calidad:

$$u = u_f + xu_{fg} \quad \longrightarrow \quad x = \frac{u - u_f}{u_{fg}}$$

$$x = \frac{1600 - 524.83}{2009.5} \quad \longrightarrow \quad x = 0.535$$

Resumen

- Hemos definido la **calidad** para mezclas saturadas.
- Revisamos el uso de tablas para **gases sobrecalentados y líquidos comprimidos**.
- Próxima clase:
 - Gases ideales.