

**UC** | Chile

# **Termodinámica (FIS1523)**

## **Diagramas de fase y tablas**

**Felipe Isaule**  
felipe.isaule@uc.cl

Lunes 7 de Abril de 2025

# Resumen clase anterior

- Definimos las **sustancias puras**.
- Revisamos las **fases de la materia** y los **cambios de fase**.
- Vimos que **durante un cambio de fase la temperatura se mantiene constante**.

# Clase 10: Diagramas de fase y tablas

- Diagramas de propiedades.
- Tablas termodinámicas.

- Bibliografía recomendada:
  - Cengel (3.4, 3.5).

# Clase 10: Diagramas de fase y tablas

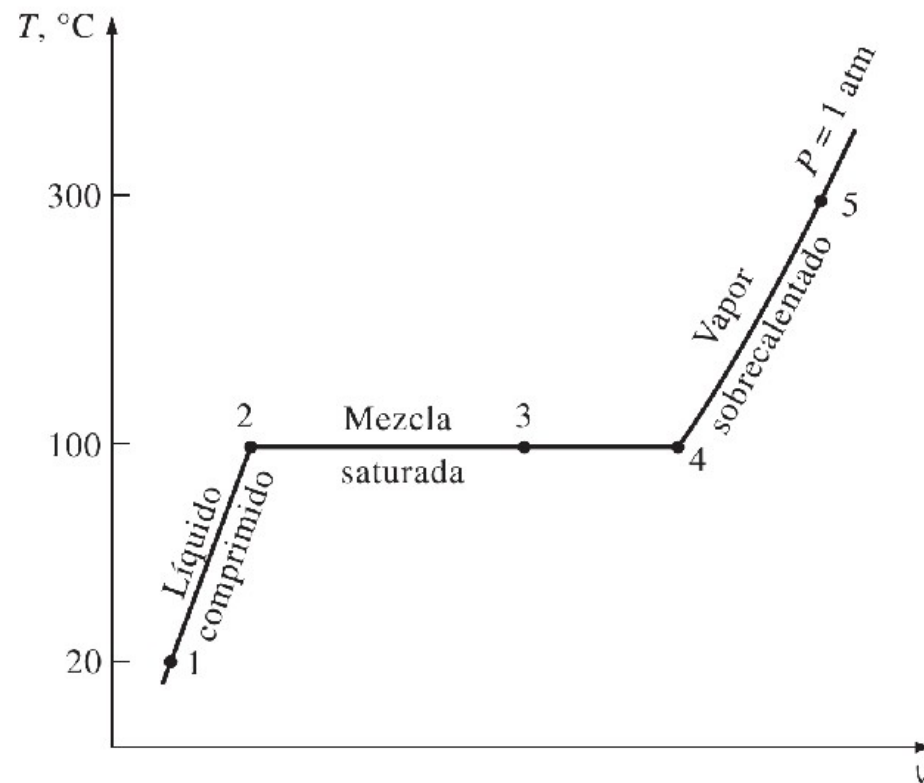
- **Diagramas de propiedades.**
- Tablas termodinámicas.

# Diagramas para cambios de fase

- Si bien la temperatura se mantiene constante **durante un cambio de fase, otras propiedades sí cambian.**
- Además, la **temperatura** en que ocurre un **cambio de fase depende de otras propiedades** termodinámicas.
- Por esto, para **visualizar** estos comportamientos es conveniente examinar **diagramas de propiedades.**

# Diagrama $T-\nu$

- En un **diagrama  $T-\nu$**  se grafica la **temperatura  $T$**  en función del **volumen específico  $\nu = \rho^{-1}$** .
- Ya vimos un diagrama  $T-\nu$  en la clase pasada.



# Diagrama $T-\nu$

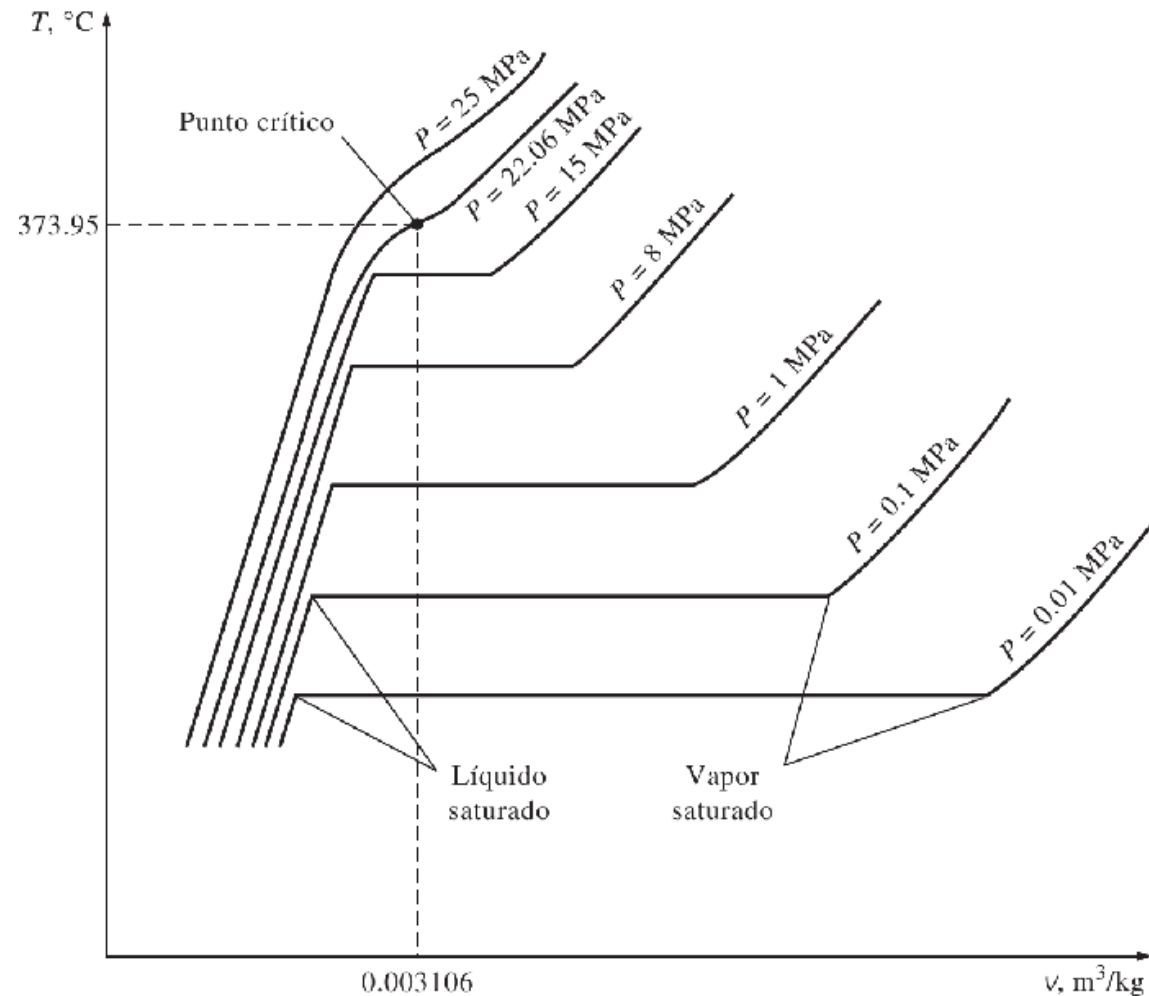
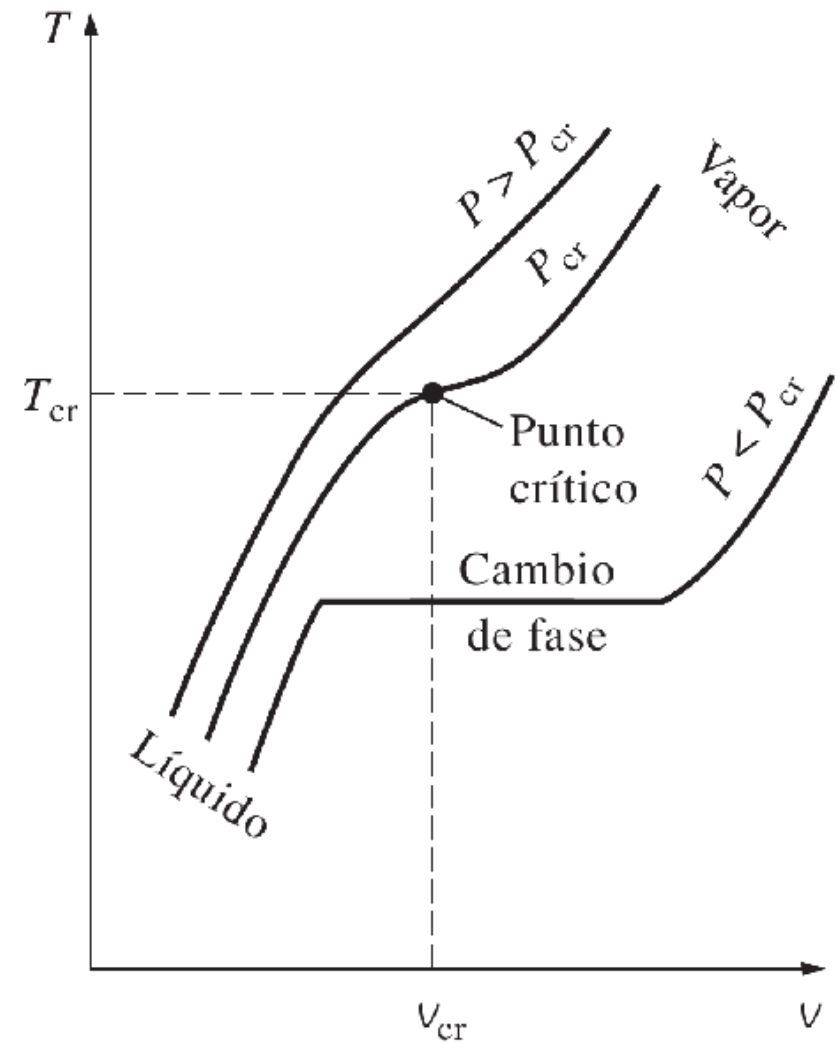


Diagrama  $T-\nu$  del agua.

- Cada curva considera una **presión constante**.

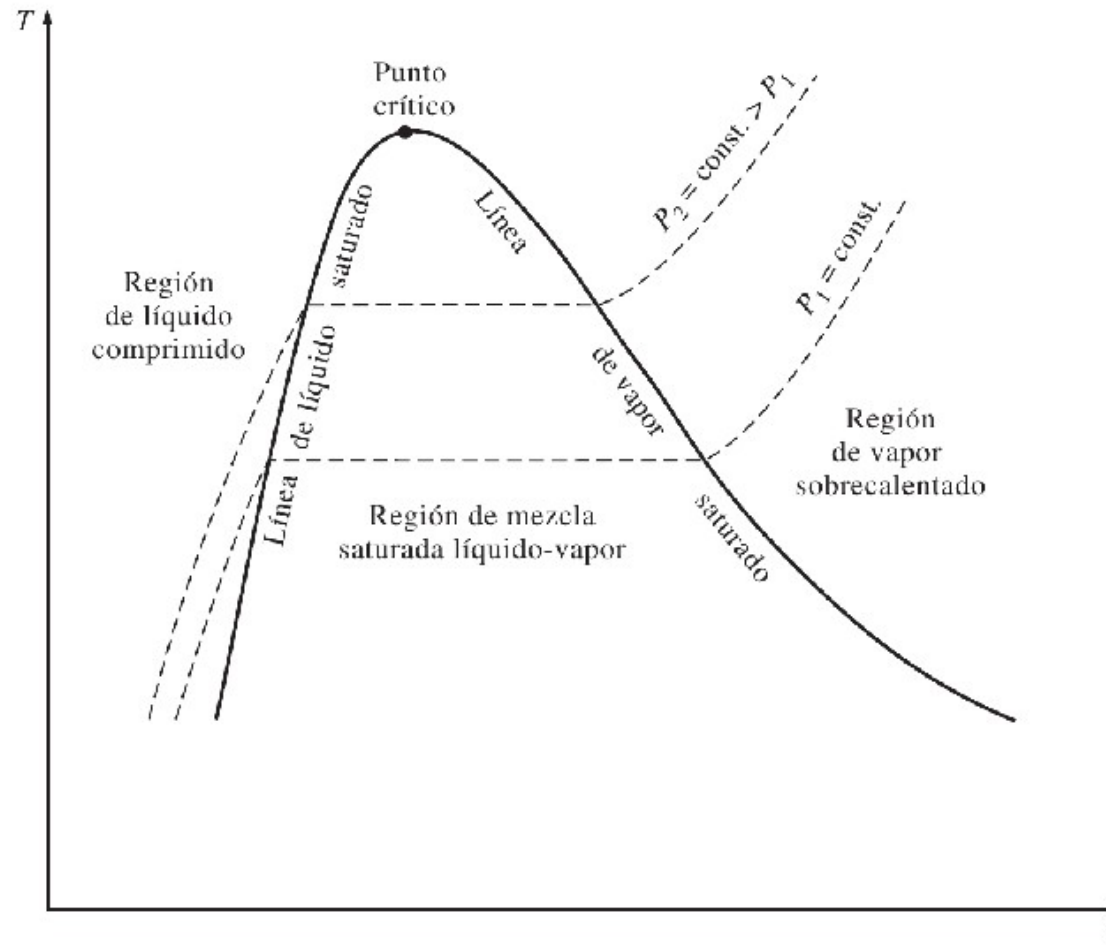
# Diagrama $T-\nu$

- Las **líneas a temperatura constante** se van **acortando** a medida que la **presión aumenta**.
- Esta línea se vuelve un punto a cierta presión (**punto crítico**).
  - Presión crítica  $P_{cr}$ .
  - Temperatura crítica  $T_{cr}$ .
  - Volumen específico crítico  $\nu_{cr}$ .
- En este punto crítico el líquido y vapor saturado son idénticos.





# Diagrama $T-\nu$

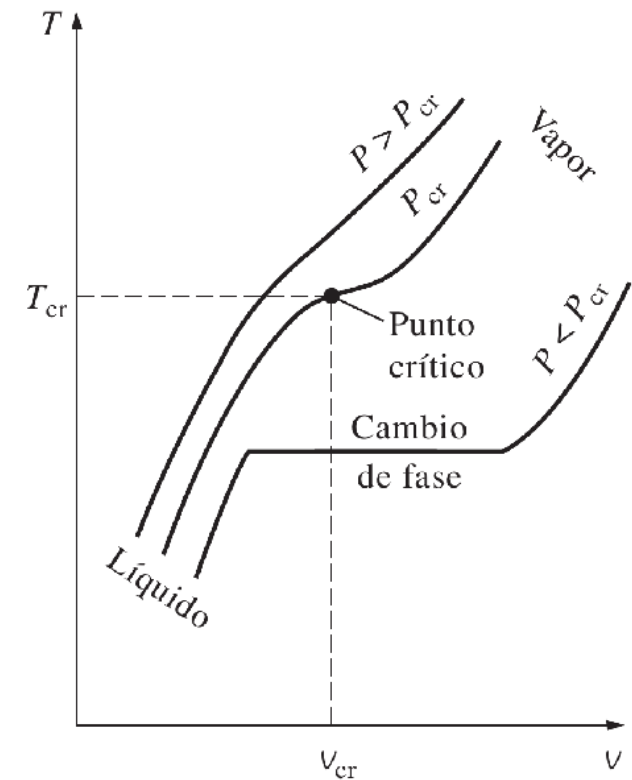


- Al unir los puntos de saturación obtenemos la **línea de líquido saturado** y la **línea de vapor saturado**.
- Las líneas se unen en el punto crítico.

# Diagrama $T-\nu$ : Fluído supercrítico

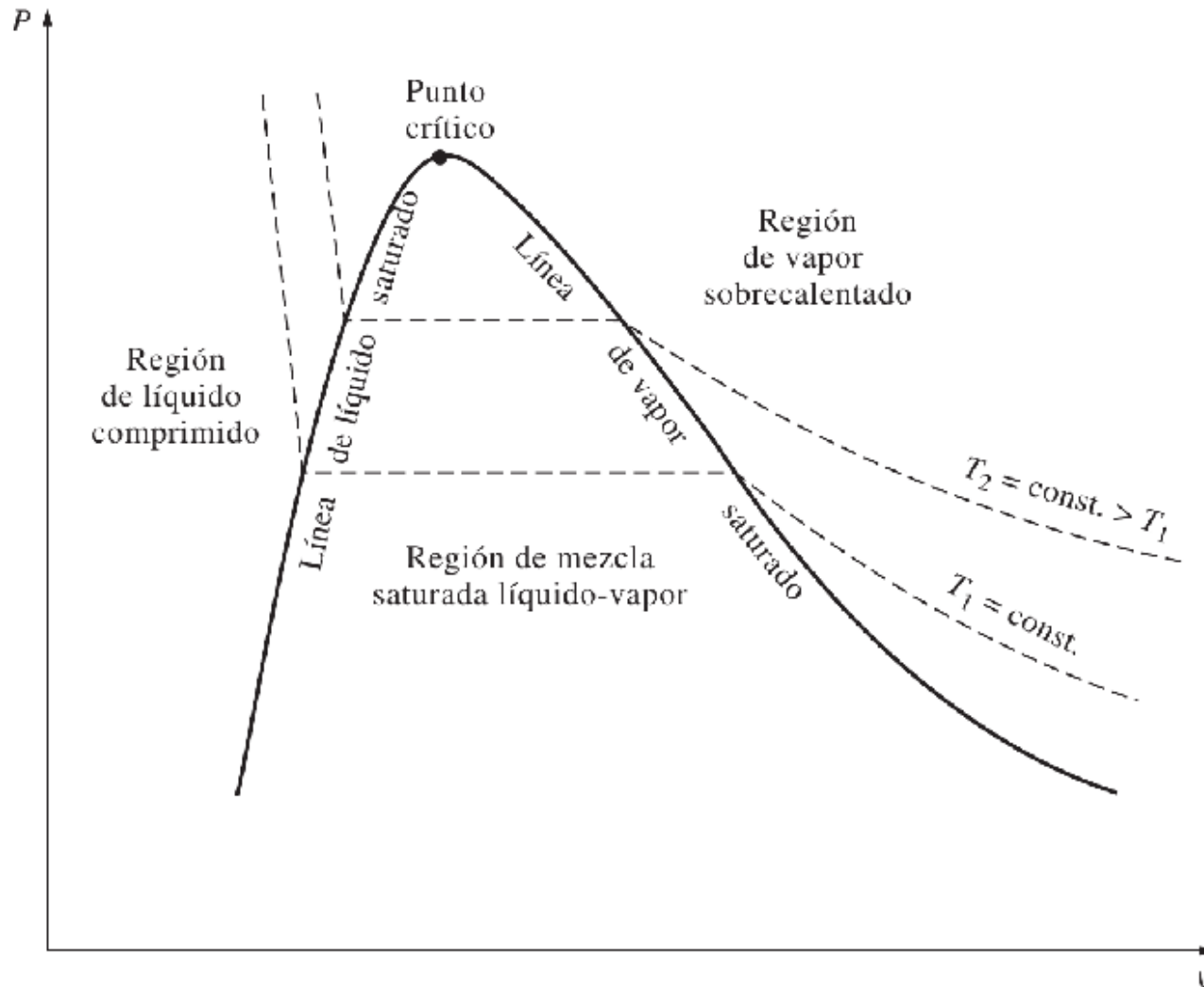
- A **presiones mayores** se tiene un **fluído supercrítico**.
- No se tiene una transición de fase definida.
- Un fluído supercrítico tiene propiedades de gas y líquido.
- Ejemplo:

CO<sub>2</sub> supercrítico tiene alta aplicación comercial debido a ser un buen solvente (líquido) y poder expandirse fácilmente (gas).



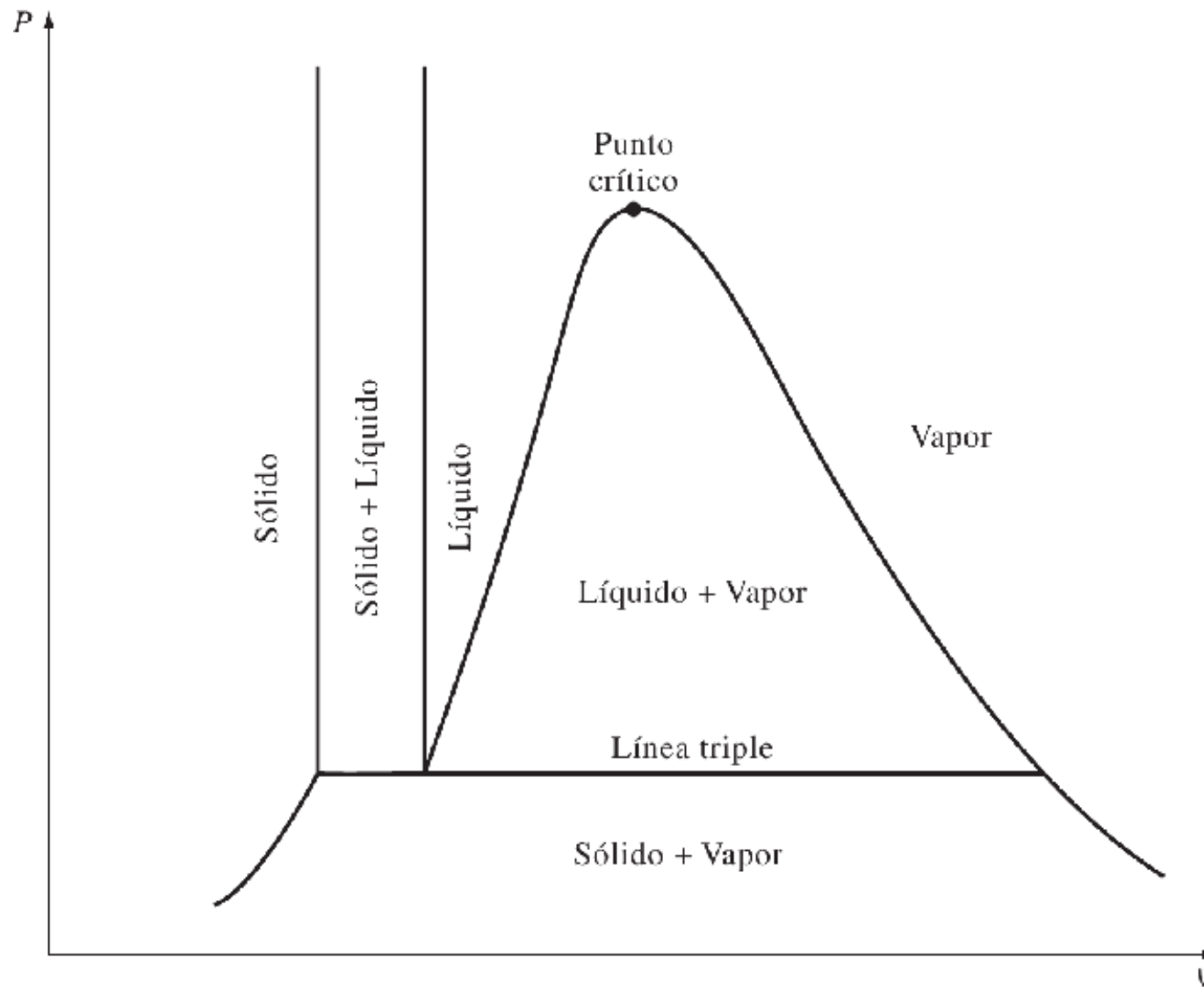
# Diagrama $P-\nu$

- En un **diagrama  $P-\nu$**  se grafica la **presión  $P$**  en función del **volumen específico  $\nu = \rho^{-1}$** .



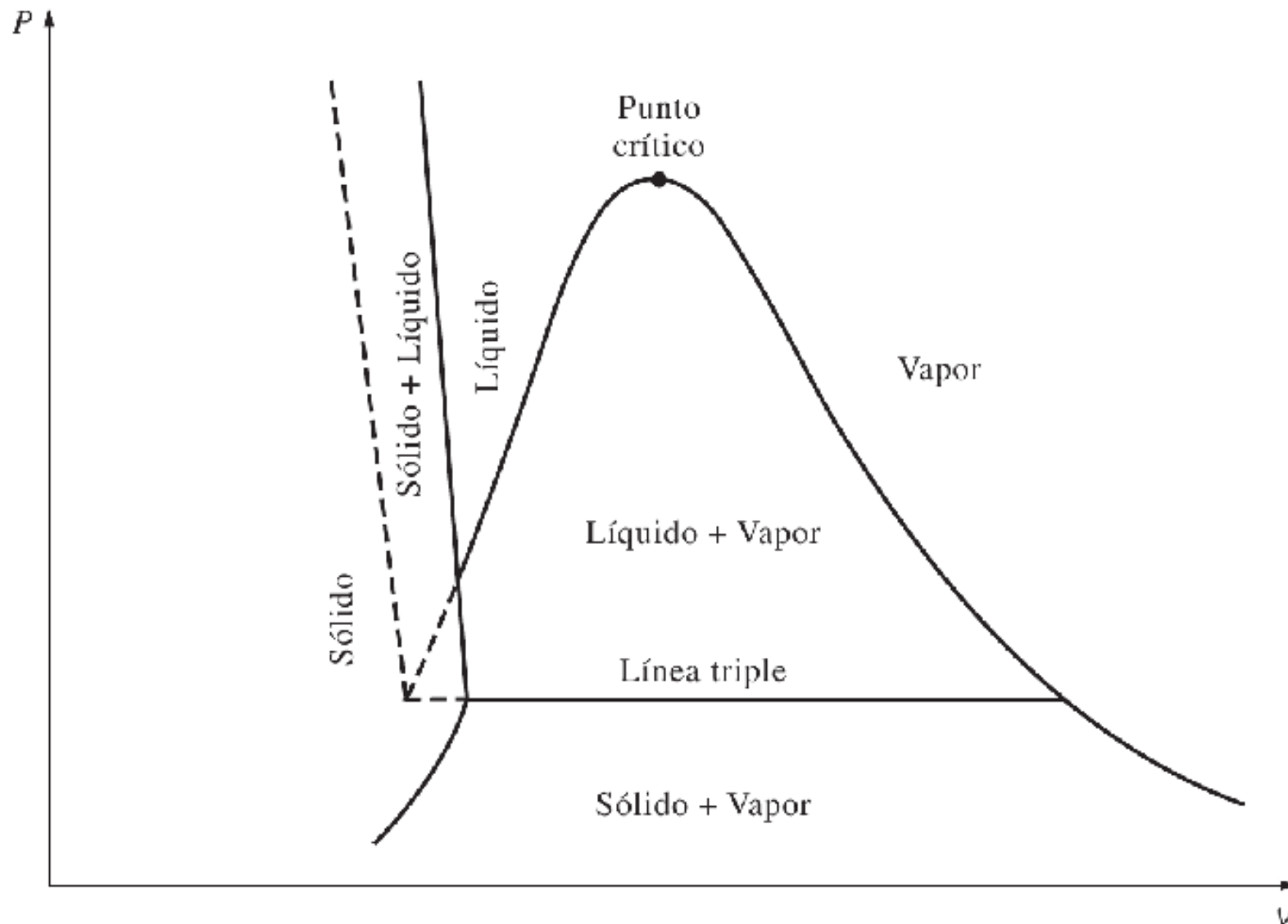
- Cada curva** considera una **temperatura constante**.

# Diagrama $P-\nu$ : Inclusión de la fase sólida



a) Diagrama  $P-\nu$  de una sustancia que se contrae al congelarse.

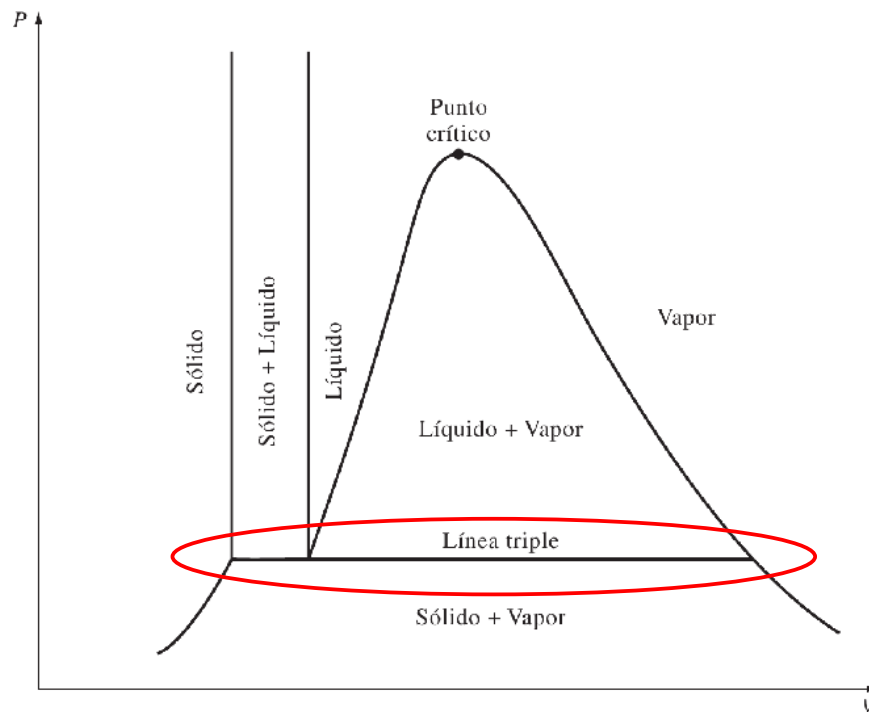
# Diagrama $P-\nu$ : Inclusión de la fase sólida



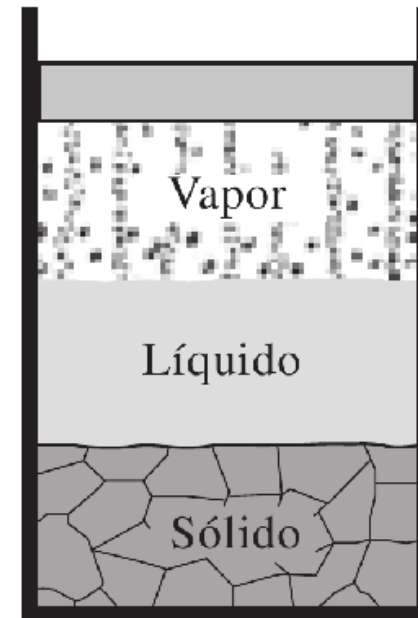
b) Diagrama  $P-\nu$  de una sustancia que se expande al congelarse (por ejemplo, agua).

# Diagrama $P-v$ : Línea triple

- La **línea triple** corresponde a valores donde se encuentran los tres estados.

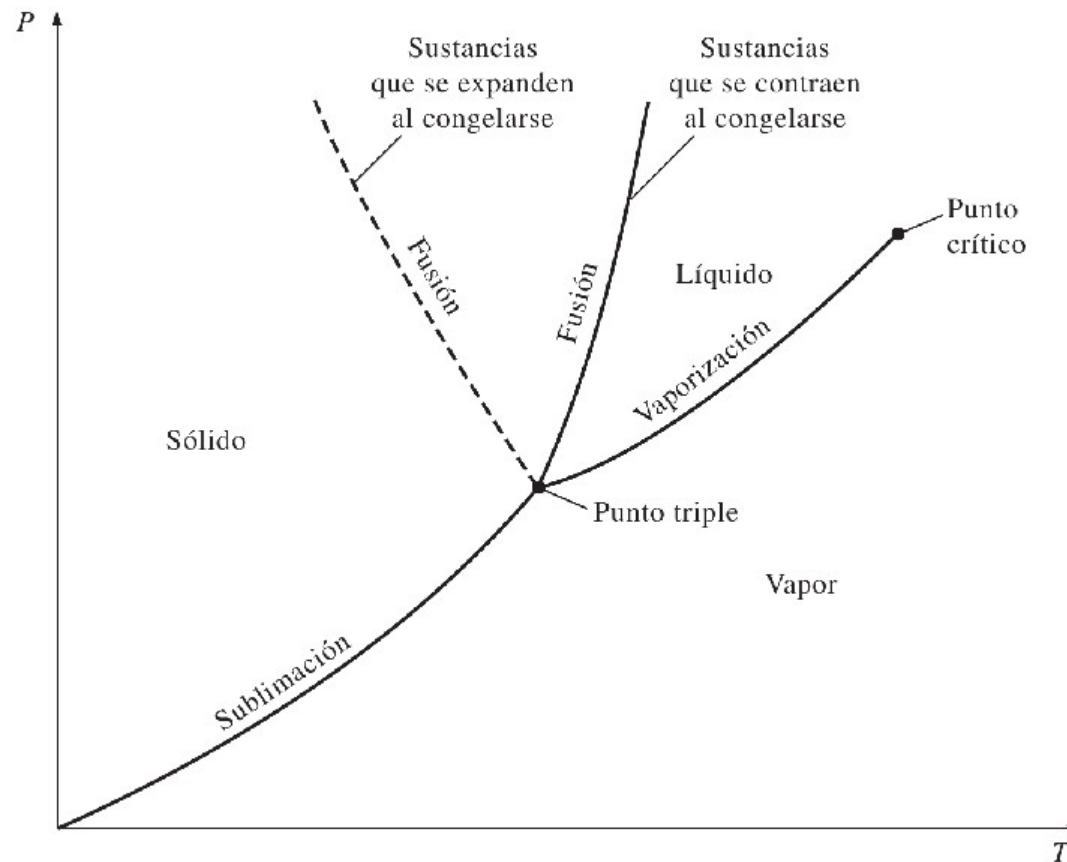


a) Diagrama  $P-v$  de una sustancia que se contrae al congelarse.



# Diagrama $T-P$

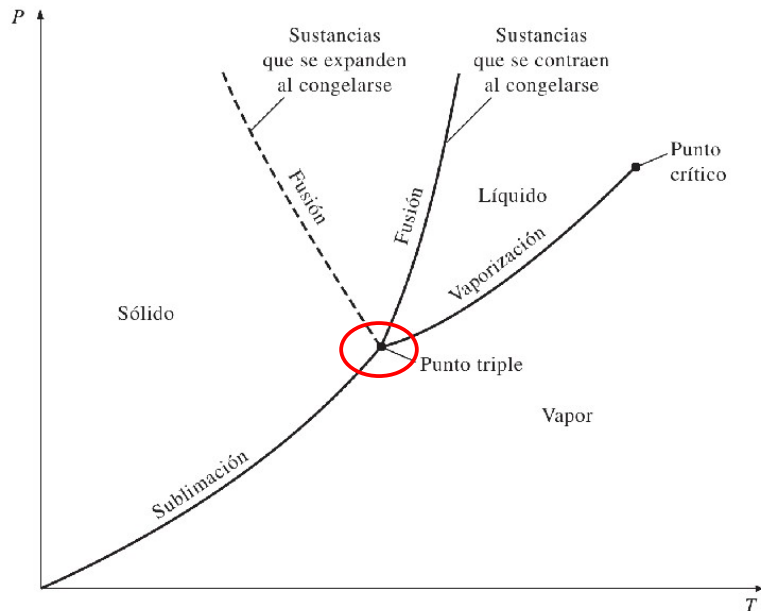
- En un **diagrama  $T-P$**  se grafica la **temperatura  $T$**  en función de la **presión  $P$** .



- La frontera con el fluido supercrítico no está del todo bien definida en un diagrama  $T-P$ .

# Diagrama $T$ – $P$ : Punto triple

- El punto triple corresponde a un punto donde las tres fases coexisten.



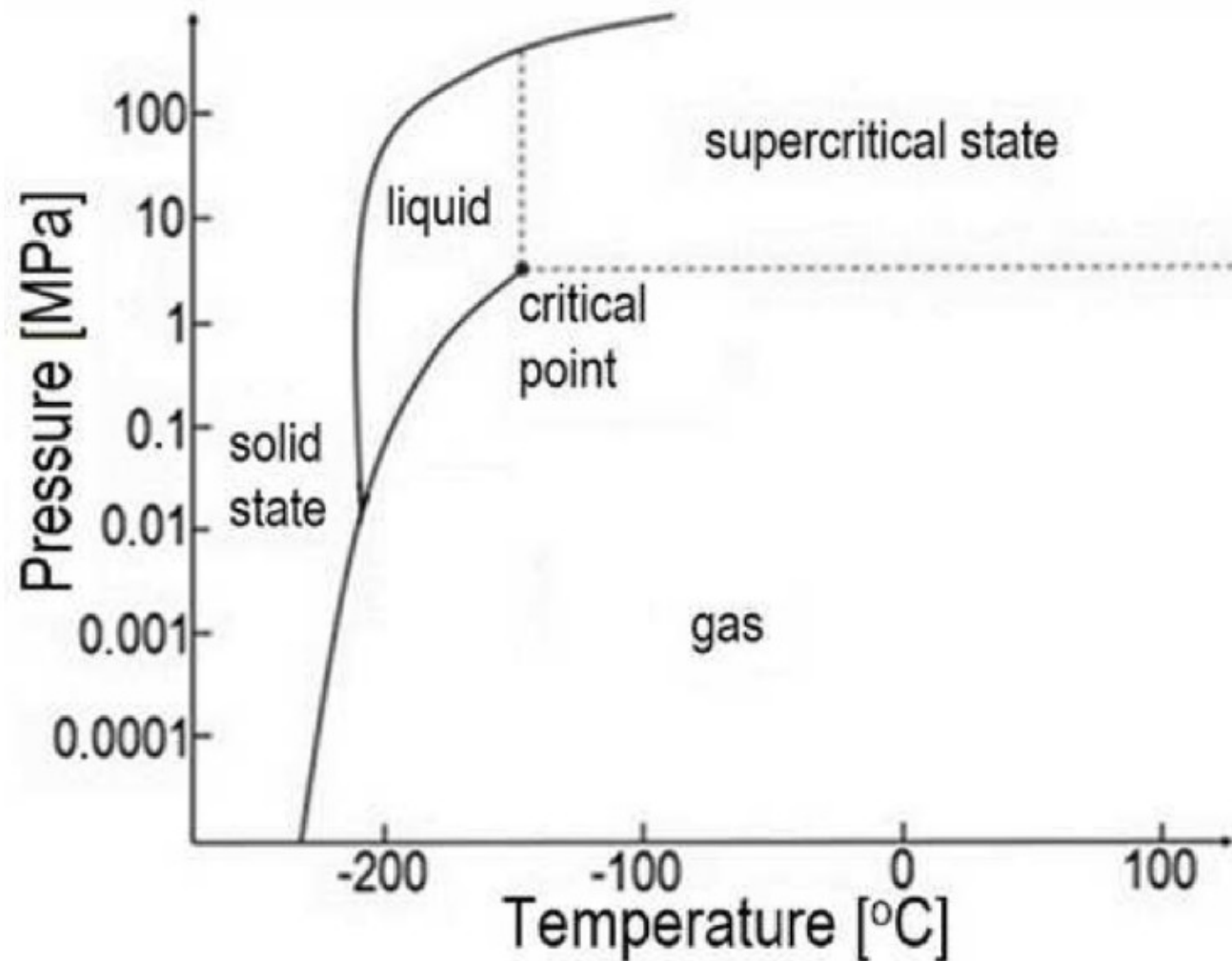
Temperaturas y presiones del punto triple de varias sustancias

Sustancia	Fórmula	$T_{tp}$ , K	$P_{tp}$ , kPa
Acetileno	$C_2H_2$	192.4	120
Agua	$H_2O$	273.16	0.61
Amoníaco	$NH_3$	195.40	6.076
Argón	A	83.81	68.9
Carbón (grafito)	C	3 900	10 100
Cloruro de hidrógeno	HCl	158.96	13.9
Deuterio	$D_2$	18.63	17.1
Dióxido de azufre	$SO_2$	197.69	1.67
Dióxido de carbono	$CO_2$	216.55	517
Etano	$C_2H_6$	89.89	$8 \times 10^{-4}$
Etileno	$C_2H_4$	104.0	0.12
Helio 4 (punto $\lambda$ )	He	2.19	5.1
Hexafluoruro de uranio	$UF_6$	337.17	151.7
Hidrógeno	$H_2$	13.84	7.04
Mercurio	Hg	234.2	$1.65 \times 10^{-7}$
Metano	$CH_4$	90.68	11.7
Monóxido de carbono	CO	68.10	15.37
Neón	Ne	24.57	43.2
Nitrógeno	$N_2$	63.18	12.6
Óxido nítrico	NO	109.50	21.92
Óxido nitroso	$N_2O$	182.34	87.85
Oxígeno	$O_2$	54.36	0.152
Paladio	Pd	1 825	$3.5 \times 10^{-3}$
Platino	Pt	2 045	$2.0 \times 10^{-4}$
Titanio	Ti	1 941	$5.3 \times 10^{-3}$
Xenón	Xe	161.3	81.5
Zinc	Zn	692.65	0.065

Fuente: Datos del National Bureau of Standards (U.S. Circ., 500 (1952).

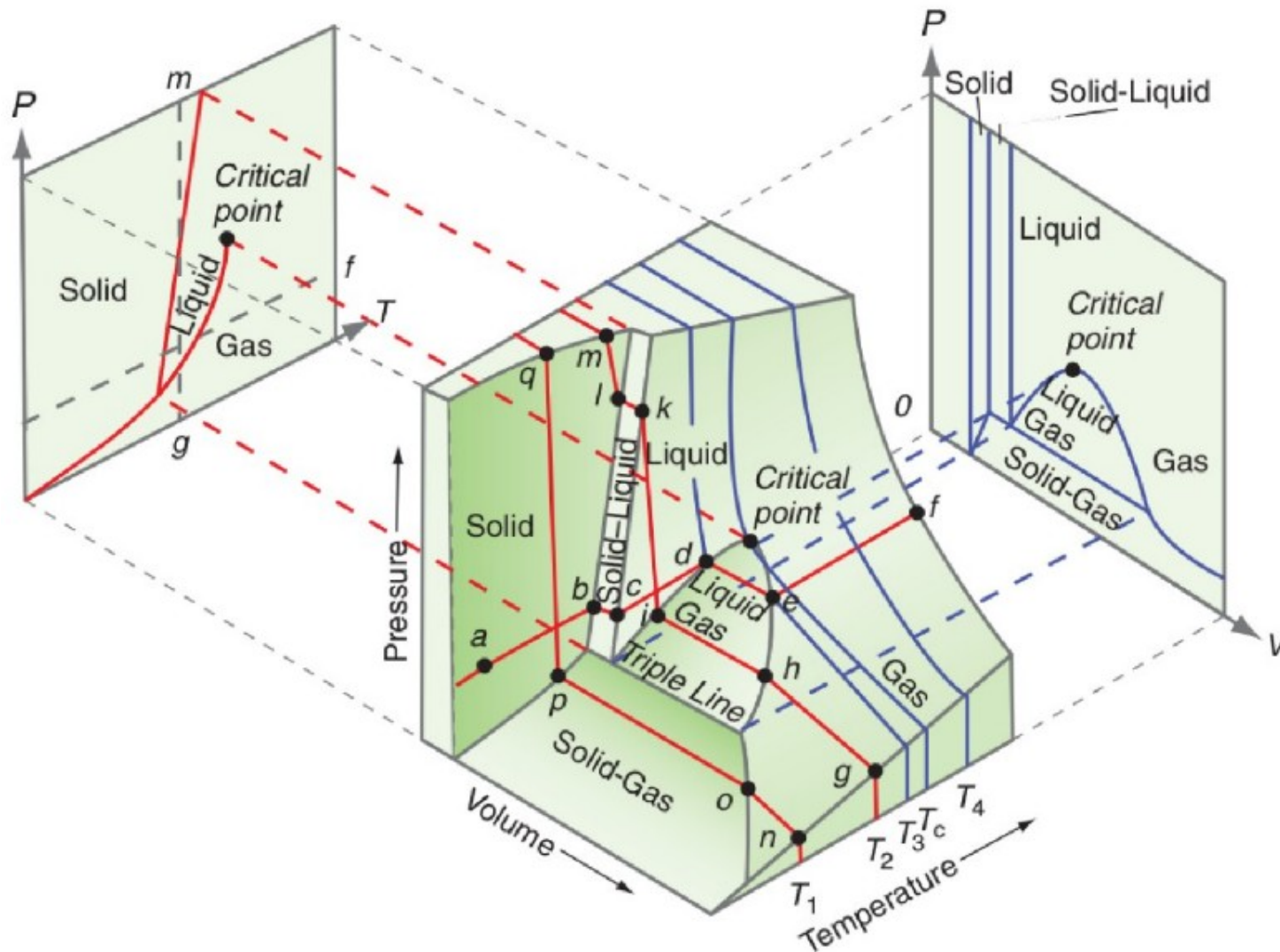


# Ejemplo diagrama $T-P$ : Nitrógeno



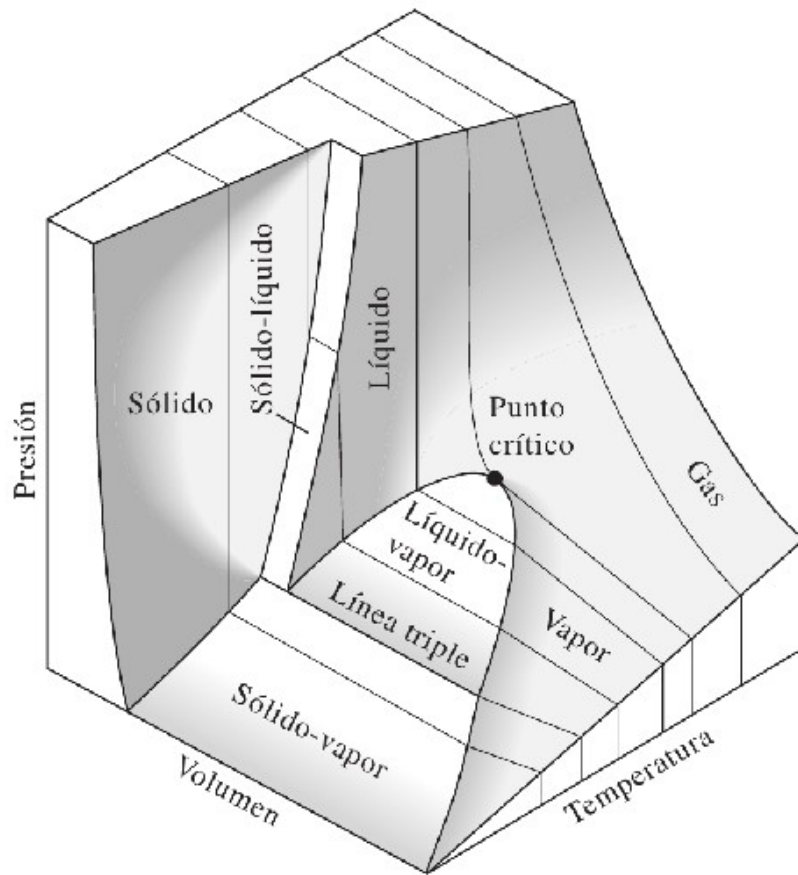
# Superficie $P-v-T$

- Es posible graficar una superficie en tres dimensiones para incluir las tres variables.

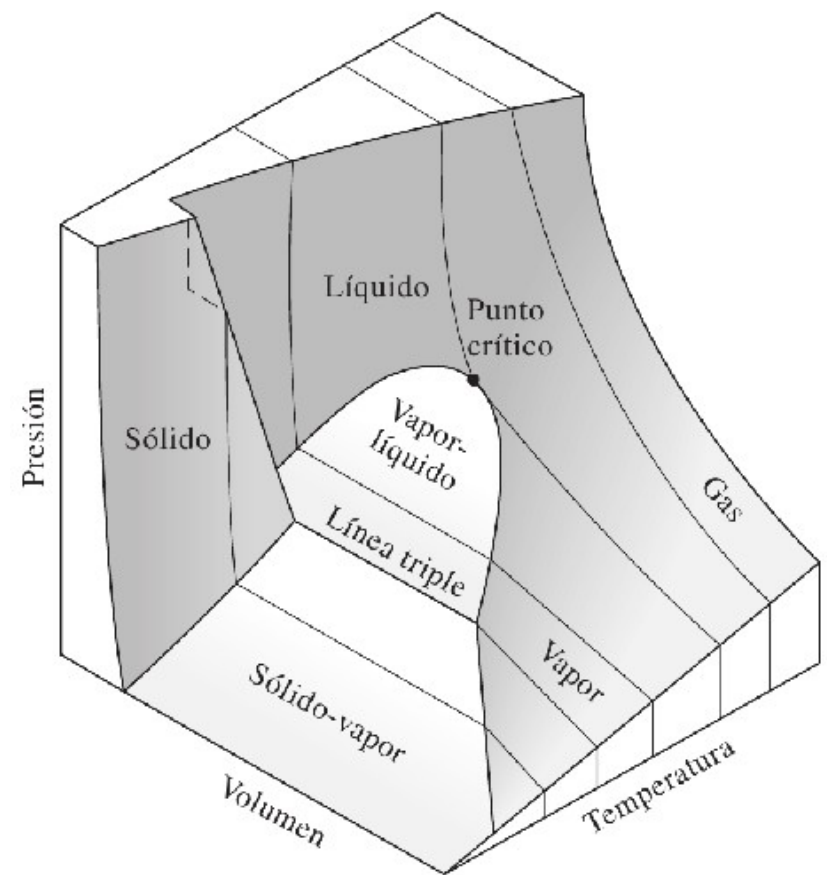


# Superficie $P-v-T$

- Es posible graficar una superficie en tres dimensiones para incluir las tres variables.

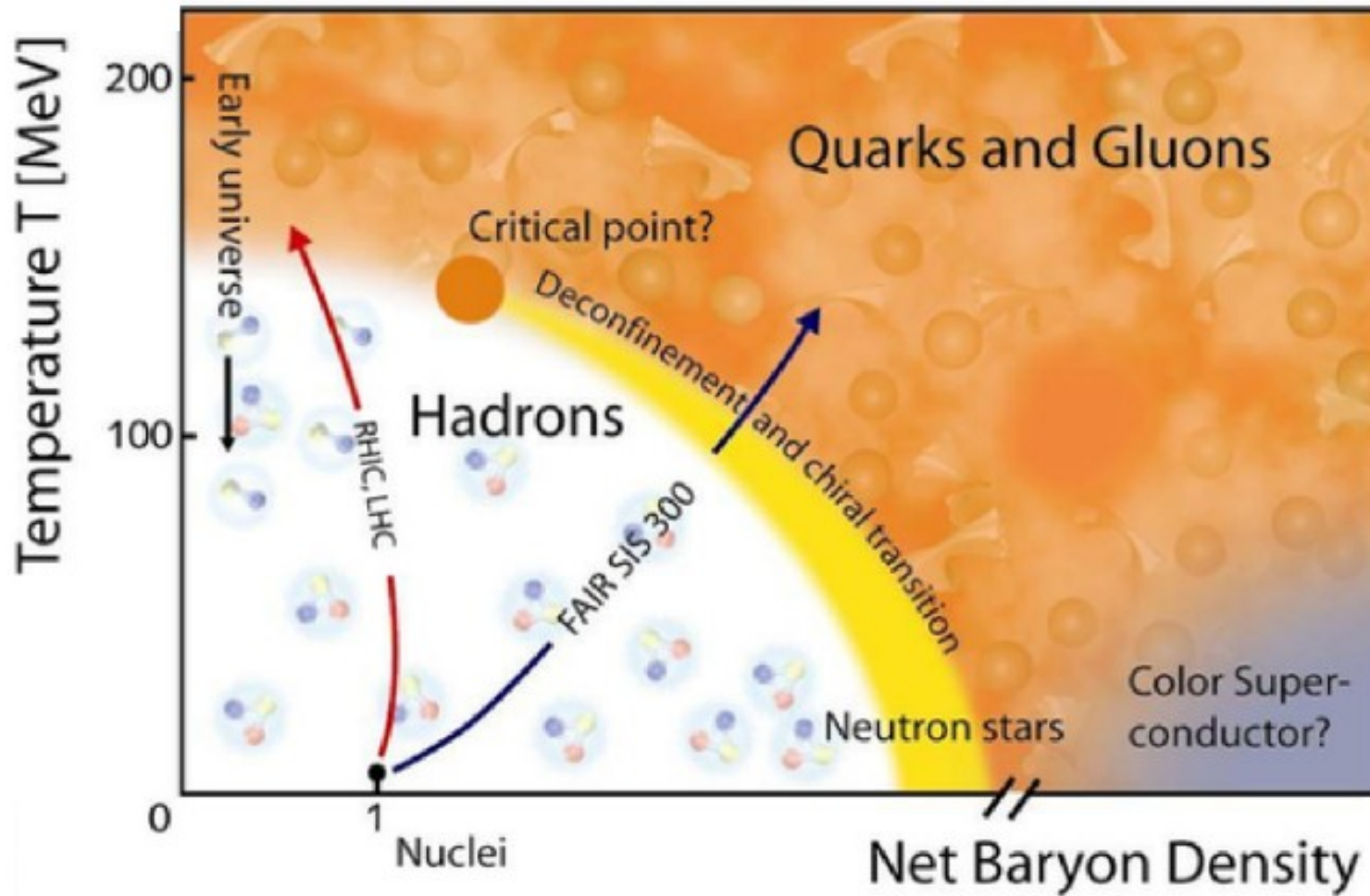


Superficie  $P-v-T$  de una sustancia que se *contrae* al congelarse.



Superficie  $P-v-T$  de una sustancia que se *expande* al congelarse (como el agua).

# Ejemplo: Diagrama de QCD



# Clase 10: Diagramas de fase y tablas

- Diagramas de propiedades.
- **Tablas termodinámicas.**



# Tablas termodinámicas

- Para la mayoría de sustancias no es posible escribir las relación entre propiedades en forma de ecuaciones.
- Por esto, las propiedades termodinámicas suelen ser tabuladas en las llamadas **tablas termodinámicas**.

Agua saturada. Tabla de temperaturas

Temp., T °C	Volumen específico, m³/kg				Energía interna, kJ/kg				Entalpía, kJ/kg		Entropía, kJ/kg · K	
	Pres. sat., P <sub>sat</sub> kPa	Liq. sat., v <sub>f</sub>	Vapor sat., v <sub>g</sub>		Liq. sat., u <sub>f</sub>	Evap., u <sub>fg</sub>	Vapor sat., u <sub>g</sub>		Liq. sat., h <sub>f</sub>	Evap., h <sub>fg</sub>	Liq. sat., s <sub>f</sub>	Vapor sat., s <sub>g</sub>
0.01	0.6117	0.001000	206.00		0.000	2374.0	2374.0	0.001	2560.9	2560.9	0.0000	9.1556
5	0.8726	0.001000	167.03		21.019	2350.6	2371.6	0.0753	2581.1	2581.1	0.0753	9.6069
10	1.2281	0.001000	105.30		42.000	2340.6	2382.6	0.1511	2598.8	2598.8	0.1511	9.8898
15	1.7057	0.001001	77.885		62.980	2322.5	2385.5	0.2245	2613.9	2613.9	0.2245	10.0898
20	2.3392	0.001002	57.162		83.913	2318.4	2402.3	0.2937	2627.5	2627.5	0.2937	10.2198
25	3.1698	0.001003	43.346		104.83	2314.3	2419.1	0.3597	2640.1	2640.1	0.3597	10.2808
30	4.2460	0.001004	32.804		125.73	2310.2	2435.9	0.4235	2651.9	2651.9	0.4235	10.3268
35	5.6291	0.001006	25.208		146.63	2306.0	2452.7	0.4855	2663.0	2663.0	0.4855	10.3618
40	7.3891	0.001008	19.510		167.53	2301.9	2469.4	0.5465	2673.7	2673.7	0.5465	10.3868
45	9.5923	0.001010	15.251		188.43	2297.7	2486.1	0.6065	2684.0	2684.0	0.6065	10.4038
50	12.349	0.001012	12.036		209.33	2293.5	2502.8	0.6655	2693.9	2693.9	0.6655	10.4128
55	15.763	0.001015	9.5629		230.24	2289.3	2519.5	0.7235	2703.5	2703.5	0.7235	10.4138
60	19.947	0.001017	7.6670		251.16	2285.1	2536.3	0.7805	2712.8	2712.8	0.7805	10.4068
65	25.043	0.001020	6.1025		272.09	2280.9	2552.9	0.8365	2721.9	2721.9	0.8365	10.3918
70	31.202	0.001023	5.0056		293.04	2276.7	2569.7	0.8915	2730.8	2730.8	0.8915	10.3688
75	38.957	0.001026	4.1291		313.99	2272.5	2586.5	0.9455	2739.5	2739.5	0.9455	10.3378
80	47.416	0.001029	3.4023		334.97	2268.3	2603.3	0.9985	2748.0	2748.0	0.9985	10.2988
85	57.688	0.001032	2.8821		355.95	2264.1	2620.1	1.0505	2756.3	2756.3	1.0505	10.2518
90	70.183	0.001036	2.4203		376.97	2259.9	2636.9	1.1015	2764.4	2764.4	1.1015	10.1968
95	86.009	0.001040	1.9908		398.00	2255.7	2653.7	1.1505	2772.3	2772.3	1.1505	10.1338
100	101.42	0.001043	1.6720		419.06	2251.5	2670.6	1.1975	2780.0	2780.0	1.1975	10.0628
105	120.90	0.001047	1.4186		440.15	2247.3	2687.4	1.2425	2787.5	2787.5	1.2425	9.9838
110	145.38	0.001052	1.2004		461.27	2243.1	2704.4	1.2855	2794.8	2794.8	1.2855	9.8968
115	169.18	0.001056	1.0360		482.42	2238.9	2721.3	1.3265	2802.0	2802.0	1.3265	9.8018
120	198.67	0.001060	0.89133		503.60	2234.7	2738.3	1.3655	2809.1	2809.1	1.3655	9.7008
125	232.23	0.001065	0.77012		524.83	2230.5	2755.3	1.4025	2816.1	2816.1	1.4025	9.5948
130	270.28	0.001070	0.66808		546.10	2226.3	2772.4	1.4375	2823.0	2823.0	1.4375	9.4838
135	313.27	0.001075	0.58179		567.41	2222.1	2789.5	1.4705	2829.8	2829.8	1.4705	9.3678
140	361.53	0.001080	0.50803		588.77	2217.9	2806.7	1.5015	2836.5	2836.5	1.5015	9.2468
145	415.68	0.001085	0.44609		610.19	2213.7	2823.9	1.5305	2843.1	2843.1	1.5305	9.1208
150	476.16	0.001091	0.39048		631.66	2209.5	2841.2	1.5575	2849.6	2849.6	1.5575	8.9908
155	543.45	0.001096	0.34068		653.19	2205.3	2858.5	1.5825	2856.0	2856.0	1.5825	8.8568
160	618.93	0.001102	0.30080		674.79	2201.1	2875.9	1.6065	2862.3	2862.3	1.6065	8.7188
165	702.93	0.001108	0.27244		696.46	2196.9	2893.4	1.6285	2868.5	2868.5	1.6285	8.5768
170	792.18	0.001114	0.24860		718.20	2192.7	2910.9	1.6485	2874.6	2874.6	1.6485	8.4308
175	897.60	0.001121	0.22659		740.02	2188.5	2928.5	1.6665	2880.6	2880.6	1.6665	8.2808
180	1022.8	0.001127	0.20684		761.93	2184.3	2946.2	1.6825	2886.5	2886.5	1.6825	8.1268
185	1172.3	0.001134	0.18903		783.93	2180.1	2964.0	1.6965	2892.3	2892.3	1.6965	7.9688
190	1350.2	0.001141	0.17299		806.00	2175.9	2981.9	1.7085	2898.0	2898.0	1.7085	7.8068
195	1560.8	0.001149	0.15889		828.18	2171.7	2999.9	1.7185	2903.6	2903.6	1.7185	7.6408
200	1804.9	0.001157	0.14721		850.46	2167.5	3017.9	1.7265	2909.1	2909.1	1.7265	7.4708

Agua saturada. Tabla de temperaturas (continuación)

Temp., T °C	Volumen específico, m³/kg				Energía interna, kJ/kg				Entalpía, kJ/kg		Entropía, kJ/kg · K	
	Pres. sat., P <sub>sat</sub> kPa	Liq. sat., v <sub>f</sub>	Vapor sat., v <sub>g</sub>		Liq. sat., u <sub>f</sub>	Evap., u <sub>fg</sub>	Vapor sat., u <sub>g</sub>		Liq. sat., h <sub>f</sub>	Evap., h <sub>fg</sub>	Liq. sat., s <sub>f</sub>	Vapor sat., s <sub>g</sub>
205	1724.3	0.001164	0.11508		872.85	2163.3	3036.2	1.7325	2914.5	2914.5	1.7325	7.3008
210	1907.7	0.001173	0.10429		895.38	2159.1	3054.5	1.7445	2920.0	2920.0	1.7445	7.1368
215	2106.9	0.001181	0.094680		918.02	2154.9	3072.9	1.7555	2925.3	2925.3	1.7555	6.9688
220	2319.6	0.001190	0.086094		940.79	2150.6	3091.4	1.7655	2930.5	2930.5	1.7655	6.7968
225	2545.7	0.001199	0.078405		963.70	2146.3	3109.9	1.7745	2935.6	2935.6	1.7745	6.6208
230	2794.1	0.001208	0.071505		986.76	2142.0	3127.8	1.7825	2940.6	2940.6	1.7825	6.4408
235	3064.6	0.001217	0.065300		1010.0	2137.7	3145.7	1.7895	2945.5	2945.5	1.7895	6.2568
240	3347.0	0.001226	0.059707		1033.4	2133.4	3162.8	1.7955	2950.3	2950.3	1.7955	6.0688
245	3651.2	0.001240	0.054656		1056.9	2129.1	3179.9	1.8005	2955.0	2955.0	1.8005	5.8768
250	3976.2	0.001252	0.050085		1080.7	2124.8	3196.5	1.8045	2959.6	2959.6	1.8045	5.6808
255	4322.9	0.001263	0.045961		1104.7	2120.5	3212.2	1.8075	2964.1	2964.1	1.8075	5.4808
260	4692.3	0.001276	0.042175		1128.8	2116.2	3227.0	1.8095	2968.5	2968.5	1.8095	5.2768
265	5085.3	0.001289	0.038748		1153.3	2111.9	3241.2	1.8105	2972.8	2972.8	1.8105	5.0688
270	5503.0	0.001303	0.035622		1178.2	2107.6	3255.8	1.8115	2977.0	2977.0	1.8115	4.8568
275	5944.4	0.001317	0.032767		1203.5	2103.3	3270.8	1.8115	2981.1	2981.1	1.8115	4.6408
280	6416.6	0.001333	0.030103		1229.2	2098.9	3286.1	1.8105	2985.1	2985.1	1.8105	4.4208
285	6914.6	0.001349	0.027756		1255.3	2094.6	3301.9	1.8085	2989.0	2989.0	1.8085	4.1968
290	7441.8	0.001366	0.025656		1281.9	2090.3	3318.2	1.8065	2992.8	2992.8	1.8065	3.9688
295	7999.0	0.001384	0.023808		1308.0	2086.0	3334.8	1.8035	2996.5	2996.5	1.8035	3.7368
300	8587.9	0.001404	0.022169		1333.7	2081.7	3351.4	1.8005	2999.1	2999.1	1.8005	3.5008
305	9209.5	0.001425	0.020732		1360.0	2077.4	3367.4	1.7965	3001.6	3001.6	1.7965	3.2608
310	9865.0	0.001447	0.019483		1387.7	2073.1	3383.8	1.7915	3004.0	3004.0	1.7915	3.0168
315	10556.4	0.001472	0.018409		1416.1	2068.8	3400.9	1.7855	3006.3	3006.3	1.7855	2.7688
320	11284.0	0.001499	0.017509		1445.1	2064.5	3418.6	1.7785	3008.5	3008.5	1.7785	2.5168
325	12051.0	0.001528	0.016783		1474.9	2060.2	3436.9	1.7705	3010.6	3010.6	1.7705	2.2608
330	12858.8	0.001560	0.016209		1505.7	2055.9	3455.6	1.7615	3012.6	3012.6	1.7615	2.0008
335	13707.0	0.001597	0.015784		1537.5	2051.6	3474.9	1.7515	3014.5	3014.5	1.7515	1.7368
340	14600.0	0.001638	0.015493		1570.1	2047.3	3494.4	1.7405	3016.3	3016.3	1.7405	1.4688
345	15541.0	0.001683	0.015322		1603.7	2043.0	3514.7	1.7285	3018.0	3018.0	1.7285	1.2068
350	16529.0	0.001734	0.015268		1638.4	2038.7	3535.1	1.7155	3019.6	3019.6	1.7155	0.9408
355	17570.0	0.001790	0.015327		1684.2	2034.4	3559.6	1.7015	3021.1	3021.1	1.7015	0.6708
360	18666.0	0.001852	0.015493		1731.2	2030.1	3584.4	1.6865	3022.5	3022.5	1.6865	0.4068
365	19822.0	0.001920	0.015762		1779.5	2025.8	3609.3	1.6705	3023.8	3023.8	1.6705	0.1408
370	21054.0	0.002021	0.016249		1830.2	2021.5	3635.7	1.6535	3025.0	3025.0	1.6535	0.0000
375.05	22264	0.002106	0.00105		2015.7	0	2015.7	0	3026.3	0	3026.3	0

# Estados de líquido y vapor saturado

- Las propiedades de líquidos y vapores saturados de muchas sustancias se encuentran tabuladas.
- El subíndice  $f$  denota propiedades de un líquido saturado.
- El subíndice  $g$  denota propiedades de un vapor saturado.

## Ejemplo:

$\nu_g$  : volúmen específico de gas saturado

$\nu_f$  : volúmen específico de líquido saturado

$$\nu_{fg} = \nu_g - \nu_f.$$

Temp. °C $T$	Pres. sat. kPa $P_{sat}$	Volumen específico m <sup>3</sup> /kg	
		Líquido sat. $\nu_f$	Vapor sat. $\nu_g$
85	57.868	0.001032	2.8261
90	70.183	0.001036	2.3593
95	84.609	0.001040	1.9808

↑

Temperatura especificada

↑

Presión de saturación correspondiente

↑

Volumen específico del líquido saturado

↑

Volumen específico del vapor saturado

# Estados de líquido y vapor saturado

Agua saturada. Tabla de temperaturas

Temp., $T$ °C	Pres. sat., $P_{\text{sat}}$ kPa	Volumen específico, $\text{m}^3/\text{kg}$		Energía interna, $\text{kJ/kg}$			Entalpía, $\text{kJ/kg}$			Entropía, $\text{kJ/kg} \cdot \text{K}$		
		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., $s_g$
0.01	0.6117	0.001000	206.00	0.000	2374.9	2374.9	0.001	2500.9	2500.9	0.0000	9.1556	9.1556
5	0.8725	0.001000	147.03	21.019	2360.8	2381.8	21.020	2489.1	2510.1	0.0763	8.9487	9.0249
10	1.2281	0.001000	106.32	42.020	2346.6	2388.7	42.022	2477.2	2519.2	0.1511	8.7488	8.8999
15	1.7057	0.001001	77.885	62.980	2332.5	2395.5	62.982	2465.4	2528.3	0.2245	8.5559	8.7803
20	2.3392	0.001002	57.762	83.913	2318.4	2402.3	83.915	2453.5	2537.4	0.2965	8.3696	8.6661
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
50	12.352	0.001012	12.026	209.33	2233.4	2442.7	209.34	2382.0	2591.3	0.7038	7.3710	8.0748
55	15.763	0.001015	9.5639	230.24	2219.1	2449.3	230.26	2369.8	2600.1	0.7680	7.2218	7.9898
60	19.947	0.001017	7.6670	251.16	2204.7	2455.9	251.18	2357.7	2608.8	0.8313	7.0769	7.9082
65	25.043	0.001020	6.1935	272.09	2190.3	2462.4	272.12	2345.4	2617.5	0.8937	6.9360	7.8296
70	31.202	0.001023	5.0396	293.04	2175.8	2468.9	293.07	2333.0	2626.1	0.9551	6.7989	7.7540
75	38.597	0.001026	4.1291	313.99	2161.3	2475.3	314.03	2320.6	2634.6	1.0158	6.6655	7.6812
80	47.416	0.001029	3.4053	334.97	2146.6	2481.6	335.02	2308.0	2643.0	1.0756	6.5355	7.6111
85	57.868	0.001032	2.8261	355.96	2131.9	2487.8	356.02	2295.3	2651.4	1.1346	6.4089	7.5435
90	70.183	0.001036	2.3593	376.97	2117.0	2494.0	377.04	2282.5	2659.6	1.1929	6.2853	7.4782
95	84.609	0.001040	1.9808	398.00	2102.0	2500.1	398.09	2269.6	2667.6	1.2504	6.1647	7.4151
100	101.42	0.001043	1.6720	419.06	2087.0	2506.0	419.17	2256.4	2675.6	1.3072	6.0470	7.3542
105	120.90	0.001047	1.4186	440.15	2071.8	2511.9	440.28	2243.1	2683.4	1.3634	5.9319	7.2952
110	143.38	0.001052	1.2094	461.27	2056.4	2517.7	461.42	2229.7	2691.1	1.4188	5.8193	7.2382
115	169.18	0.001056	1.0360	482.42	2040.9	2523.3	482.59	2216.0	2698.6	1.4737	5.7092	7.1829
120	198.67	0.001060	0.89133	503.60	2025.3	2528.9	503.81	2202.1	2706.0	1.5279	5.6013	7.1292
125	232.23	0.001065	0.77012	524.83	2009.5	2534.3	525.07	2188.1	2713.1	1.5816	5.4956	7.0771
130	270.28	0.001070	0.66808	546.10	1993.4	2539.5	546.38	2173.7	2720.1	1.6346	5.3919	7.0265
135	313.22	0.001075	0.58179	567.41	1977.3	2544.7	567.75	2159.1	2726.9	1.6872	5.2901	6.9773
140	361.53	0.001080	0.50850	588.77	1960.9	2549.6	589.16	2144.3	2733.5	1.7392	5.1901	6.9294
145	415.68	0.001085	0.44600	610.19	1944.2	2554.4	610.64	2129.2	2739.8	1.7908	5.0919	6.8827
150	476.16	0.001091	0.39248	631.66	1927.4	2559.1	632.18	2113.8	2745.9	1.8418	4.9953	6.8371
155	543.49	0.001096	0.34648	653.19	1910.3	2563.5	653.79	2098.0	2751.8	1.8924	4.9002	6.7927
160	618.23	0.001102	0.30680	674.79	1893.0	2567.8	675.47	2082.0	2757.5	1.9426	4.8066	6.7492
165	700.93	0.001108	0.27244	696.46	1875.4	2571.9	697.24	2065.6	2762.8	1.9923	4.7143	6.7067
170	792.18	0.001114	0.24260	718.20	1857.5	2575.7	719.08	2048.8	2767.9	2.0417	4.6233	6.6650
175	892.60	0.001121	0.21659	740.02	1839.4	2579.4	741.02	2031.7	2772.7	2.0906	4.5335	6.6242
180	1002.8	0.001127	0.19384	761.92	1820.9	2582.8	763.05	2014.2	2777.2	2.1392	4.4448	6.5841
185	1123.5	0.001134	0.17390	783.91	1802.1	2586.0	785.19	1996.2	2781.4	2.1875	4.3572	6.5447
190	1255.2	0.001141	0.15636	806.00	1783.0	2589.0	807.43	1977.9	2785.3	2.2355	4.2705	6.5059
195	1398.8	0.001149	0.14089	828.18	1763.6	2591.7	829.78	1959.0	2788.8	2.2831	4.1847	6.4678
200	1554.9	0.001157	0.12721	850.46	1743.7	2594.2	852.26	1939.8	2792.0	2.3305	4.0997	6.4302



# Entalpía

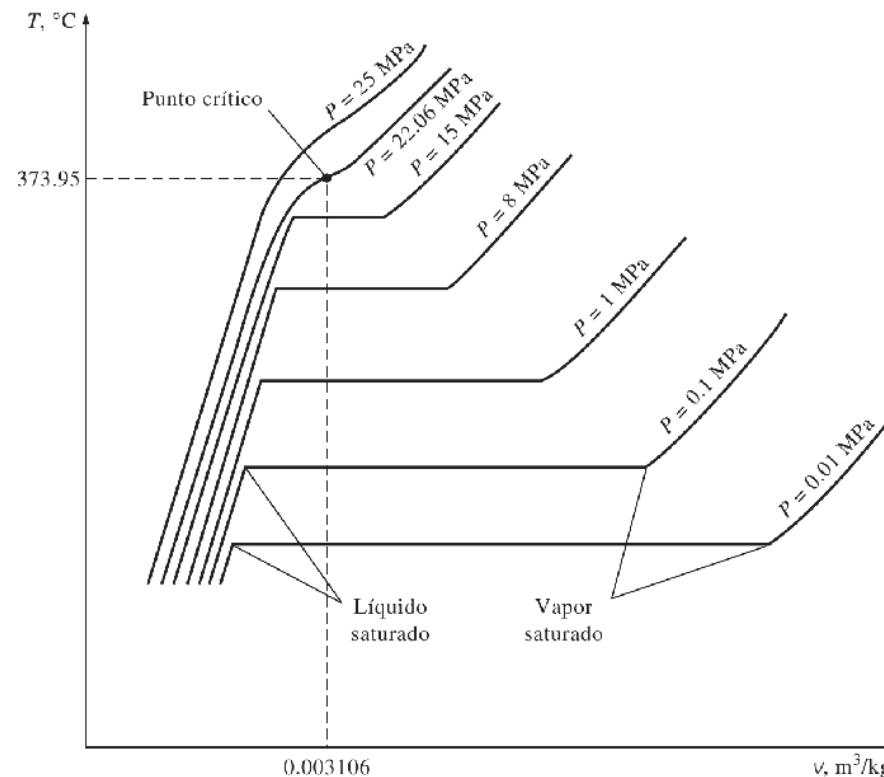
- En estas tablas ha aparecido una nueva cantidad denotada  $h$  y llamada entalpía.
- En muchos procesos, en especial de generación de potencia y refrigeración, aparece la combinación  $u + P\nu$ .
- Esto nos motiva a definir la **entalpía**  $h$  y la **entalpía total**  $H$

$$h = u + P\nu, \quad H = U + PV.$$

- La entalpía total tiene **unidades de energía**.
- Mide la **cantidad de energía** que un sistema **puede intercambiar** con su entorno.

# Entalpía de saturación

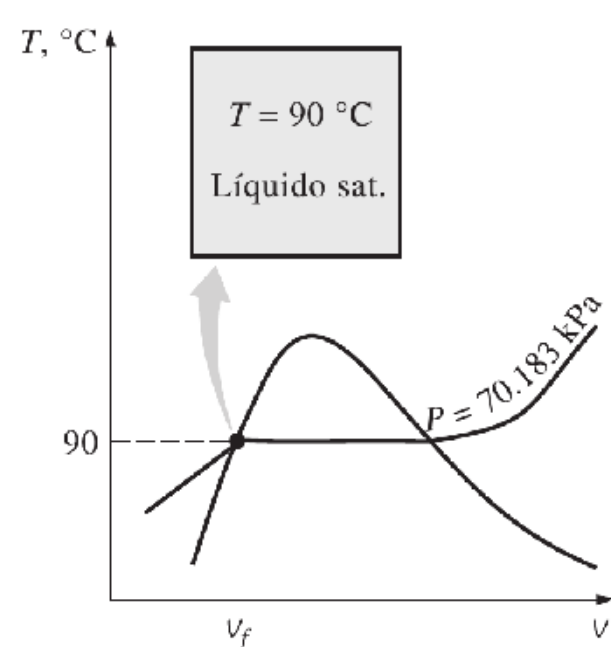
- La **entalpía de saturación**  $h_{fg}$  corresponde a la **energía necesaria para evaporar una masa** de líquido a temperaturas y presiones determinadas.
- **Disminuye al aumentar la presión** y se vuelve **cero sobre el punto crítico**.



# Ejemplo 1:

- Un recipiente rígido contiene **50 kg** de **agua líquida saturada** a **90 °C**. Determine la **presión** en el recipiente y el **volumen** del mismo.

Temp. sat. °C $T$	Pres. sat. kPa $P_{\text{sat}}$	Volumen específico m <sup>3</sup> /kg	
		Líquido sat. $\nu_f$	Vapor sat. $\nu_g$
85	57.868	0.001032	2.8261
90	70.183	0.001036	2.3593
95	84.609	0.001040	1.9808



# Ejemplo 1:

- Un recipiente rígido contiene **50 kg** de **agua líquida saturada** a **90 °C**. Determine la **presión** en el recipiente y el **volumen** del mismo.

Temp. sat. °C $T$	Pres. sat. kPa $P_{\text{sat}}$	Volumen específico m³/kg	
		Líquido sat. $\nu_f$	Vapor sat. $\nu_g$
85	57.868	0.001032	2.8261
90	70.183	0.001036	2.3593
95	84.609	0.001040	1.9808

De la figura vemos que el agua saturada está a una presión:

$$P_{\text{sat}} = 70.183 \text{ kPa}$$

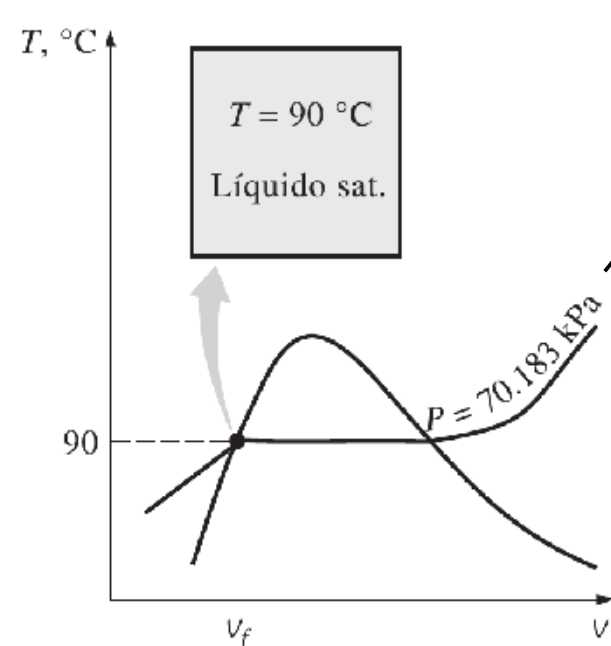
De la tabla, el volumen específico:

$$\nu_{\text{sat}} = 0.001036 \text{ m}^3/\text{kg}$$

El volumen total:

$$V_{\text{sat}} = m\nu_{\text{sat}} = 50 \text{ kg } 0.001036 \text{ m}^3/\text{kg}$$

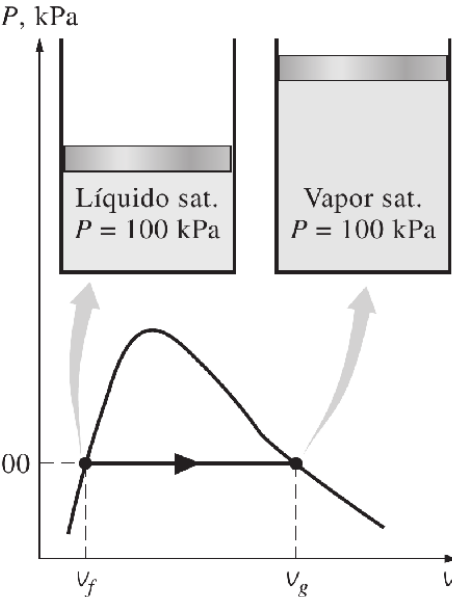
$$\longrightarrow V_{\text{sat}} = 0.0518 \text{ m}^3$$



# Ejemplo 2:

- Una masa de 200 gramos de agua líquida saturada se evapora por completo a una presión constante de 100 kPa. Determine el cambio de volumen y la cantidad de energía transferida al agua.

Agua saturada: Tabla de propiedades												
Prop. P MPa			Entalpías específicas kJ/kg				Entropías kJ/kg·K				Energía kJ/kg	
			líq.	vapor	líq.	vapor	líq.	vapor	líq.	vapor		
T <sub>sat</sub> °C			u <sub>f</sub>	u <sub>g</sub>	h <sub>f</sub>	h <sub>g</sub>	s <sub>f</sub>	s <sub>g</sub>	u <sub>f</sub>	u <sub>g</sub>	h <sub>f</sub>	h <sub>g</sub>
1.0	0.001	0.001	999.8	999.8	0.001	2381.5	0.001	8.880	0.001	2381.5	0.001	8.880
1.5	0.001	0.001	999.8	999.8	0.001	2381.5	0.001	8.880	0.001	2381.5	0.001	8.880
2.0	0.001	0.001	999.8	999.8	0.001	2381.5	0.001	8.880	0.001	2381.5	0.001	8.880
2.5	0.001	0.001	999.8	999.8	0.001	2381.5	0.001	8.880	0.001	2381.5	0.001	8.880
3.0	0.001	0.001	999.8	999.8	0.001	2381.5	0.001	8.880	0.001	2381.5	0.001	8.880
4.0	0.001	0.001	999.8	999.8	0.001	2381.5	0.001	8.880	0.001	2381.5	0.001	8.880
5.0	0.001	0.001	999.8	999.8	0.001	2381.5	0.001	8.880	0.001	2381.5	0.001	8.880
6.0	0.001	0.001	999.8	999.8	0.001	2381.5	0.001	8.880	0.001	2381.5	0.001	8.880
7.0	0.001	0.001	999.8	999.8	0.001	2381.5	0.001	8.880	0.001	2381.5	0.001	8.880
8.0	0.001	0.001	999.8	999.8	0.001	2381.5	0.001	8.880	0.001	2381.5	0.001	8.880
9.0	0.001	0.001	999.8	999.8	0.001	2381.5	0.001	8.880	0.001	2381.5	0.001	8.880
10.0	0.001	0.001	999.8	999.8	0.001	2381.5	0.001	8.880	0.001	2381.5	0.001	8.880
15.0	0.001	0.001	999.8	999.8	0.001	2381.5	0.001	8.880	0.001	2381.5	0.001	8.880
20.0	0.001	0.001	999.8	999.8	0.001	2381.5	0.001	8.880	0.001	2381.5	0.001	8.880
25.0	0.001	0.001	999.8	999.8	0.001	2381.5	0.001	8.880	0.001	2381.5	0.001	8.880
30.0	0.001	0.001	999.8	999.8	0.001	2381.5	0.001	8.880	0.001	2381.5	0.001	8.880
35.0	0.001	0.001	999.8	999.8	0.001	2381.5	0.001	8.880	0.001	2381.5	0.001	8.880
40.0	0.001	0.001	999.8	999.8	0.001	2381.5	0.001	8.880	0.001	2381.5	0.001	8.880
45.0	0.001	0.001	999.8	999.8	0.001	2381.5	0.001	8.880	0.001	2381.5	0.001	8.880
50.0	0.001	0.001	999.8	999.8	0.001	2381.5	0.001	8.880	0.001	2381.5	0.001	8.880
55.0	0.001	0.001	999.8	999.8	0.001	2381.5	0.001	8.880	0.001	2381.5	0.001	8.880
60.0	0.001	0.001	999.8	999.8	0.001	2381.5	0.001	8.880	0.001	2381.5	0.001	8.880
65.0	0.001	0.001	999.8	999.8	0.001	2381.5	0.001	8.880	0.001	2381.5	0.001	8.880
70.0	0.001	0.001	999.8	999.8	0.001	2381.5	0.001	8.880	0.001	2381.5	0.001	8.880
75.0	0.001	0.001	999.8	999.8	0.001	2381.5	0.001	8.880	0.001	2381.5	0.001	8.880
80.0	0.001	0.001	999.8	999.8	0.001	2381.5	0.001	8.880	0.001	2381.5	0.001	8.880
85.0	0.001	0.001	999.8	999.8	0.001	2381.5	0.001	8.880	0.001	2381.5	0.001	8.880
90.0	0.001	0.001	999.8	999.8	0.001	2381.5	0.001	8.880	0.001	2381.5	0.001	8.880
95.0	0.001	0.001	999.8	999.8	0.001	2381.5	0.001	8.880	0.001	2381.5	0.001	8.880
100.0	0.001	0.001	999.8	999.8	0.001	2381.5	0.001	8.880	0.001	2381.5	0.001	8.880



# Ejemplo 2:

- Una masa de **200 gramos** de **agua líquida saturada** se **evapora por completo** a una **presión constante de 100 kPa**. Determine el **cambio de volumen** y la **cantidad de energía transferida al agua**.

Agua saturada. Tabla de presiones

Pres., P kPa	Entalpías específicas, kJ/kg				Entalpías, kJ/kg				Entropías, kJ/kg·°C			
	Temp., t <sub>sat</sub> , °C	Líquido, u <sub>f</sub>	Vapor, u <sub>g</sub>	Calor latente, u <sub>fg</sub>	Temp., t <sub>sat</sub> , °C	Líquido, h <sub>f</sub>	Vapor, h <sub>g</sub>	Calor latente, h <sub>fg</sub>	Temp., t <sub>sat</sub> , °C	Líquido, s <sub>f</sub>	Vapor, s <sub>g</sub>	Calor latente, s <sub>fg</sub>
1.0	6.97	0.001000	171.9	171.9	25.30	25.30	253.9	228.6	25.30	0.001000	0.8810	0.8800
1.5	13.02	0.001000	173.64	173.64	26.00	26.00	254.1	228.1	26.00	0.001000	0.8820	0.8810
2.0	18.02	0.001000	175.56	175.56	26.50	26.50	254.5	228.0	26.50	0.001000	0.8830	0.8820
3.0	21.08	0.001000	178.42	178.42	27.00	27.00	255.0	228.0	27.00	0.001000	0.8840	0.8830
5.0	26.08	0.001000	183.04	183.04	27.50	27.50	255.5	228.0	27.50	0.001000	0.8850	0.8840
10	32.02	0.001000	188.05	188.05	28.00	28.00	256.0	228.0	28.00	0.001000	0.8860	0.8850
20	39.02	0.001000	193.81	193.81	28.50	28.50	256.5	228.0	28.50	0.001000	0.8870	0.8860
30	43.02	0.001000	196.84	196.84	28.80	28.80	256.8	228.0	28.80	0.001000	0.8880	0.8870
40	46.02	0.001000	199.35	199.35	29.00	29.00	257.0	228.0	29.00	0.001000	0.8890	0.8880
50	48.02	0.001000	201.51	201.51	29.10	29.10	257.1	228.0	29.10	0.001000	0.8900	0.8890
60	49.02	0.001000	203.36	203.36	29.20	29.20	257.2	228.0	29.20	0.001000	0.8910	0.8900
70	50.02	0.001000	204.95	204.95	29.30	29.30	257.3	228.0	29.30	0.001000	0.8920	0.8910
80	50.02	0.001000	206.30	206.30	29.40	29.40	257.4	228.0	29.40	0.001000	0.8930	0.8920
90	50.02	0.001000	207.45	207.45	29.50	29.50	257.5	228.0	29.50	0.001000	0.8940	0.8930
100	50.02	0.001000	208.43	208.43	29.60	29.60	257.6	228.0	29.60	0.001000	0.8950	0.8940
110	50.02	0.001000	209.28	209.28	29.70	29.70	257.7	228.0	29.70	0.001000	0.8960	0.8950
120	50.02	0.001000	210.01	210.01	29.80	29.80	257.8	228.0	29.80	0.001000	0.8970	0.8960
130	50.02	0.001000	210.64	210.64	29.90	29.90	257.9	228.0	29.90	0.001000	0.8980	0.8970
140	50.02	0.001000	211.18	211.18	29.90	29.90	258.0	228.0	29.90	0.001000	0.8990	0.8980
150	50.02	0.001000	211.64	211.64	30.00	30.00	258.1	228.0	30.00	0.001000	0.9000	0.8990
160	50.02	0.001000	212.02	212.02	30.10	30.10	258.2	228.0	30.10	0.001000	0.9010	0.9000
170	50.02	0.001000	212.33	212.33	30.20	30.20	258.3	228.0	30.20	0.001000	0.9020	0.9010
180	50.02	0.001000	212.58	212.58	30.30	30.30	258.4	228.0	30.30	0.001000	0.9030	0.9020
190	50.02	0.001000	212.77	212.77	30.40	30.40	258.5	228.0	30.40	0.001000	0.9040	0.9030
200	50.02	0.001000	212.91	212.91	30.50	30.50	258.6	228.0	30.50	0.001000	0.9050	0.9040
210	50.02	0.001000	213.00	213.00	30.60	30.60	258.7	228.0	30.60	0.001000	0.9060	0.9050
220	50.02	0.001000	213.05	213.05	30.70	30.70	258.8	228.0	30.70	0.001000	0.9070	0.9060
230	50.02	0.001000	213.07	213.07	30.80	30.80	258.9	228.0	30.80	0.001000	0.9080	0.9070
240	50.02	0.001000	213.06	213.06	30.90	30.90	259.0	228.0	30.90	0.001000	0.9090	0.9080
250	50.02	0.001000	213.03	213.03	31.00	31.00	259.1	228.0	31.00	0.001000	0.9100	0.9090
260	50.02	0.001000	212.97	212.97	31.10	31.10	259.2	228.0	31.10	0.001000	0.9110	0.9100
270	50.02	0.001000	212.89	212.89	31.20	31.20	259.3	228.0	31.20	0.001000	0.9120	0.9110
280	50.02	0.001000	212.78	212.78	31.30	31.30	259.4	228.0	31.30	0.001000	0.9130	0.9120
290	50.02	0.001000	212.64	212.64	31.40	31.40	259.5	228.0	31.40	0.001000	0.9140	0.9130
300	50.02	0.001000	212.47	212.47	31.50	31.50	259.6	228.0	31.50	0.001000	0.9150	0.9140
310	50.02	0.001000	212.28	212.28	31.60	31.60	259.7	228.0	31.60	0.001000	0.9160	0.9150
320	50.02	0.001000	212.06	212.06	31.70	31.70	259.8	228.0	31.70	0.001000	0.9170	0.9160
330	50.02	0.001000	211.82	211.82	31.80	31.80	259.9	228.0	31.80	0.001000	0.9180	0.9170
340	50.02	0.001000	211.56	211.56	31.90	31.90	260.0	228.0	31.90	0.001000	0.9190	0.9180
350	50.02	0.001000	211.28	211.28	32.00	32.00	260.1	228.0	32.00	0.001000	0.9200	0.9190
360	50.02	0.001000	210.98	210.98	32.10	32.10	260.2	228.0	32.10	0.001000	0.9210	0.9200
370	50.02	0.001000	210.66	210.66	32.20	32.20	260.3	228.0	32.20	0.001000	0.9220	0.9210
380	50.02	0.001000	210.32	210.32	32.30	32.30	260.4	228.0	32.30	0.001000	0.9230	0.9220
390	50.02	0.001000	210.00	210.00	32.40	32.40	260.5	228.0	32.40	0.001000	0.9240	0.9230
400	50.02	0.001000	209.65	209.65	32.50	32.50	260.6	228.0	32.50	0.001000	0.9250	0.9240
410	50.02	0.001000	209.30	209.30	32.60	32.60	260.7	228.0	32.60	0.001000	0.9260	0.9250
420	50.02	0.001000	208.93	208.93	32.70	32.70	260.8	228.0	32.70	0.001000	0.9270	0.9260
430	50.02	0.001000	208.56	208.56	32.80	32.80	260.9	228.0	32.80	0.001000	0.9280	0.9270
440	50.02	0.001000	208.17	208.17	32.90	32.90	261.0	228.0	32.90	0.001000	0.9290	0.9280
450	50.02	0.001000	207.77	207.77	33.00	33.00	261.1	228.0	33.00	0.001000	0.9300	0.9290
460	50.02	0.001000	207.36	207.36	33.10	33.10	261.2	228.0	33.10	0.001000	0.9310	0.9300
470	50.02	0.001000	206.94	206.94	33.20	33.20	261.3	228.0	33.20	0.001000	0.9320	0.9310
480	50.02	0.001000	206.51	206.51	33.30	33.30	261.4	228.0	33.30	0.001000	0.9330	0.9320
490	50.02	0.001000	206.07	206.07	33.40	33.40	261.5	228.0	33.40	0.001000	0.9340	0.9330
500	50.02	0.001000	205.62	205.62	33.50	33.50	261.6	228.0	33.50	0.001000	0.9350	0.9340
510	50.02	0.001000	205.16	205.16	33.60	33.60	261.7	228.0	33.60	0.001000	0.9360	0.9350
520	50.02	0.001000	204.70	204.70	33.70	33.70	261.8	228.0	33.70	0.001000	0.9370	0.9360
530	50.02	0.001000	204.23	204.23	33.80	33.80	261.9	228.0	33.80	0.001000	0.9380	0.9370
540	50.02	0.001000	203.75	203.75	33.90	33.90	262.0	228.0	33.90	0.001000	0.9390	0.9380
550	50.02	0.001000	203.26	203.26	34.00	34.00	262.1	228.0	34.00	0.001000	0.9400	0.9390
560	50.02	0.001000	202.76	202.76	34.10	34.10	262.2	228.0	34.10	0.001000	0.9410	0.9400
570	50.02	0.001000	202.25	202.25	34.20	34.20	262.3	228.0	34.20	0.001000	0.9420	0.9410
580	50.02	0.001000	201.73	201.73	34.30	34.30	262.4	228.0	34.30	0.001000	0.9430	0.9420
590	50.02	0.001000	201.20	201.20	34.40	34.40	262.5	228.0	34.40	0.001000	0.9440	0.9430
600	50.02	0.001000	200.66	200.66	34.50	34.50	262.6	228.0	34.50	0.001000	0.9450	0.9440
610	50.02	0.001000	200.11	200.11	34.60	34.60	262.7	228.0	34.60	0.001000	0.9460	0.9450
620	50.02	0.001000	199.55	199.55	34.70	34.70	262.8	228.0	34.70	0.001000	0.9470	0.9460
630	50.02	0.001000	198.98	198.98	34.80	34.80	262.9	228.0	34.80	0.001000	0.9480	0.9470
640	50.02	0.001000	198.40	198.40	34.90	34.90	263.0	228.0	34.90	0.001000	0.9490	0.9480
650	50.02	0.001000	197.81	197.81	35.00	35.00	263.1	228.0	35.00	0.001000	0.9500	0.9490
660	50.02	0.001000	197.21	197.21	35.10	35.10	263.2	228.0	35.10	0.001000	0.9510	0.9500
670	50.02	0.001000	196.60	196.60	35.20	35.20	263.3	228.0	35.20	0.001000	0.9520	0.9510
680	50.02	0.001000	195.98	195.98	35.30	35.30	263.4	228.0	35.30	0.001000	0.9530	0.9520
690	50.02	0.001000	195.35	195.35	35.40	35.40	263.5	228.0	35.40	0.001000	0.9540	0.9530
700	50.02	0.001000	194.71	194.71	35.50	35.50	263.6	228.0	35.50	0.001000	0.9550	0.9540

Agua saturada. Tabla de presiones

Volumen específico, $m^3/kg$			
Pres., $P$ kPa	Temp. sat., $T_{sat}$ °C	Líqu. sat., $v_f$	Vapor sat., $v_g$
00	99.61	0.001043	1.6941

# Ejemplo 2:

- Una masa de **200 gramos** de **agua líquida saturada** se **evapora por completo** a una **presión constante de 100 kPa**. Determine el **cambio de volumen** y la **cantidad de energía transferida al agua**.

Agua saturada. Tabla de presiones

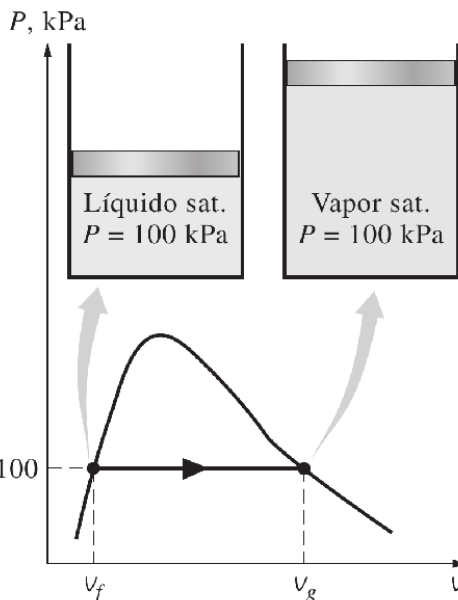
Pres., MPa P <sub>sat</sub> , °C	Temperatura, °C		Energía interna, kJ/kg		Entalpía, kJ/kg		Entropía, kJ/kg·°C	
	Líquido, u <sub>f</sub>	Vapor, u <sub>g</sub>	Líquido, u <sub>f</sub>	Vapor, u <sub>g</sub>	Líquido, h <sub>f</sub>	Vapor, h <sub>g</sub>	Líquido, s <sub>f</sub>	Vapor, s <sub>g</sub>
0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09
0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11
0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12
0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13
0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14
0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16
0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19
0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21
0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22
0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23
0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24
0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26
0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27
0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28
0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29
0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31
0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32
0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33
0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34
0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36
0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37
0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38
0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39
0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41
0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42
0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43
0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44
0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45
0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46
0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47
0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48
0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49
0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51
0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52
0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53
0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54
0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55
0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56
0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57
0.58	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58
0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59
0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61
0.62	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62
0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63
0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64
0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65
0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66
0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67
0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68
0.69	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69
0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70
0.71	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71
0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72
0.73	0.73	0.73	0.73	0.73	0.73	0.73	0.73	0.73
0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74
0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
0.76	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76
0.77	0.77	0.77	0.77	0.77	0.77	0.77	0.77	0.77
0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78
0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79
0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81
0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82
0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83
0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84
0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85
0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86
0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87
0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88
0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89
0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91
0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92
0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93
0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94
0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96
0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97
0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98
0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Agua saturada. Tabla de presiones

Pres., P kPa	Temp. sat., T <sub>sat</sub> °C	Entalpía, kJ/kg		
		Líqu. sat., h <sub>f</sub>	Evap., h <sub>fg</sub>	Vapor sat., h <sub>g</sub>
100	99.61	417.51	2257.5	2675.0

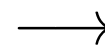
La energía transferida corresponde a la entalpía de evaporación a 100 kPa:

$$h_{fg} = 2257.5 \text{ kJ/kg}$$



La energía transferida total:

$$H_{fg} = m h_{fg} = 0.2 \text{ kg } 2257.5 \text{ kJ/kg}$$



$$H_{fg} = 461.5 \text{ kJ}$$

# Resumen

- Hemos revisado distintos tipos de **diagrama de propiedades** para visualizar las **fases de la materia** y sus **transiciones**.
- Comenzamos a revisar las **tablas termodinámicas** en el caso de **líquidos y vapores saturados**.
- Definimos la entalpía.
- Próxima clase:
  - Tablas termodinámicas (continuación).