

Propiedades de una sustancia pura

Profesor:

Joaquín Zueco Jordán

Área de Máquinas y Motores Térmicos

Principio de estado

Objetivo de la Termodinámica es relacionar las variables termodinámicas de un sistema , en equilibrio termodinámico

El n° de propiedades independientes es (1+ n° de modos de trabajo cuasiestático relevantes)

Sistema simple compresible posee 1 forma de trabajo, $p dV$

Estado termodinámico definido conocido 2 props. independientes

M.C.

Sistema simple

P, V, T

$P, V, T \Rightarrow$ Variables termodinámicas fundamentales

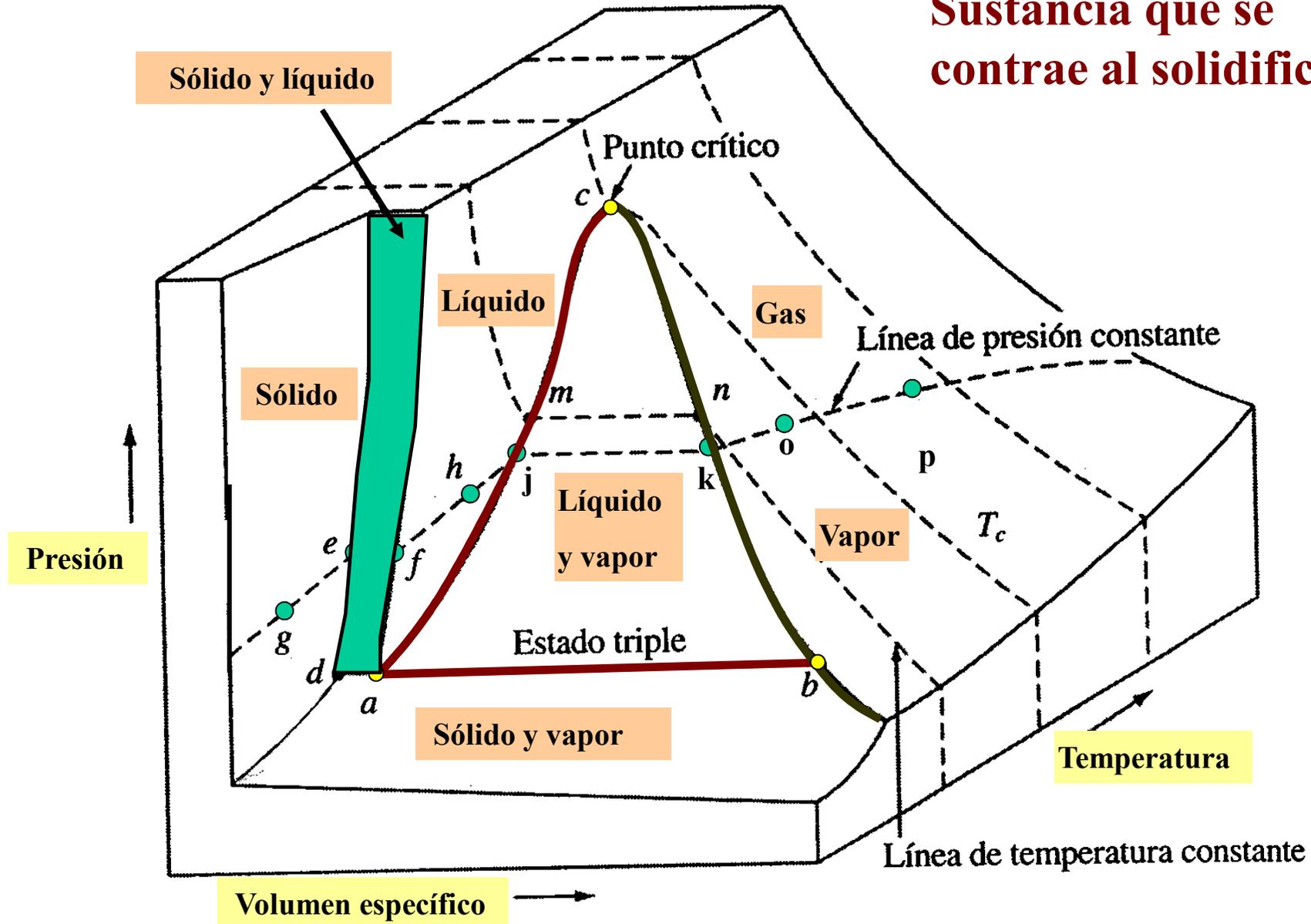
$$f(P, V, T) = 0$$

La ecuación de estado nos permite hallar una variable fundamental conocidas las otras dos.

$$\begin{aligned} P &= P(V, T) \\ V &= V(P, T) \\ T &= T(P, V) \end{aligned}$$

Comportamiento de los fluidos, superficie P-v-T

Sustancia que se contrae al solidificar



Sustancia que se expande al solidificar

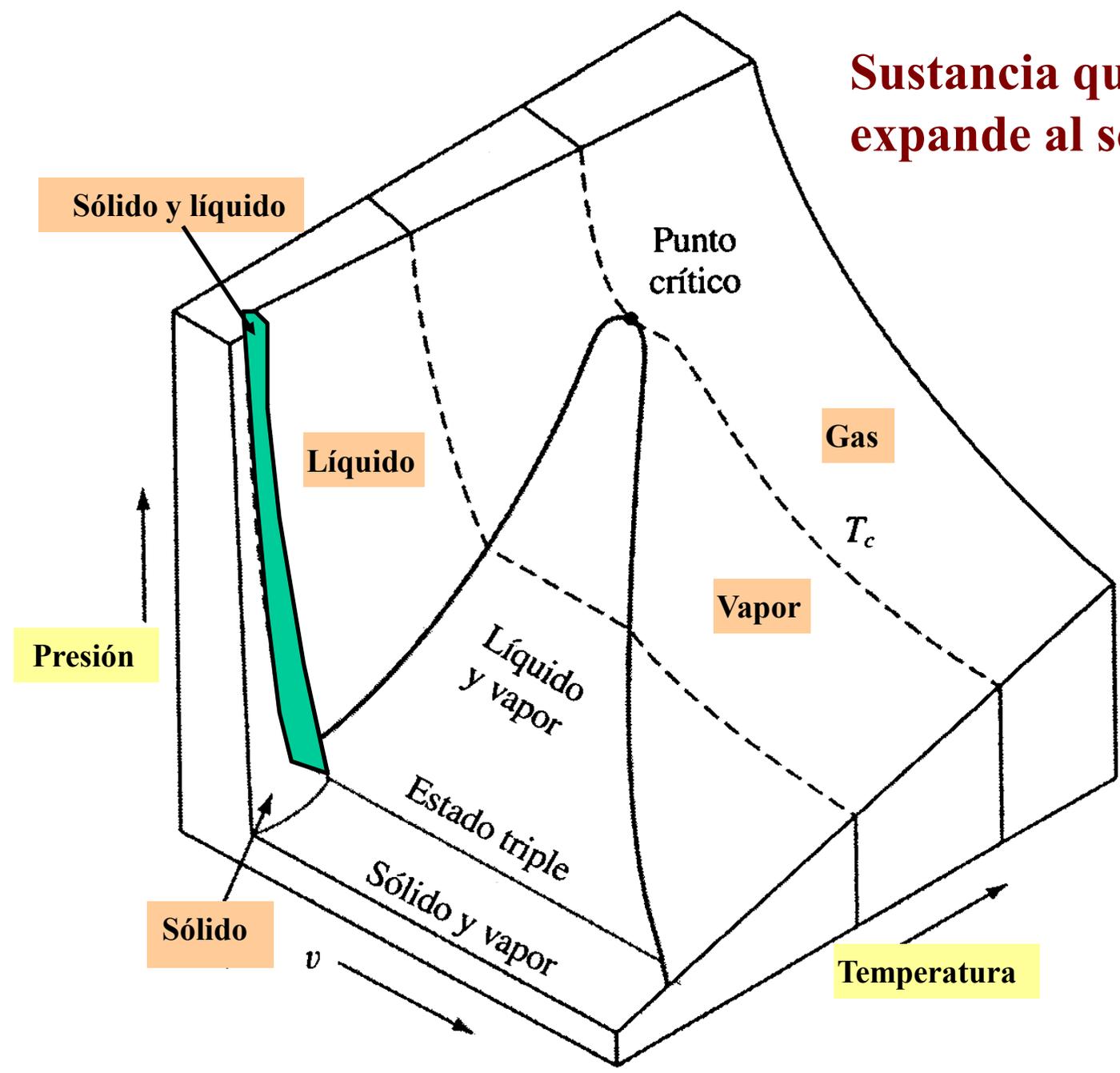
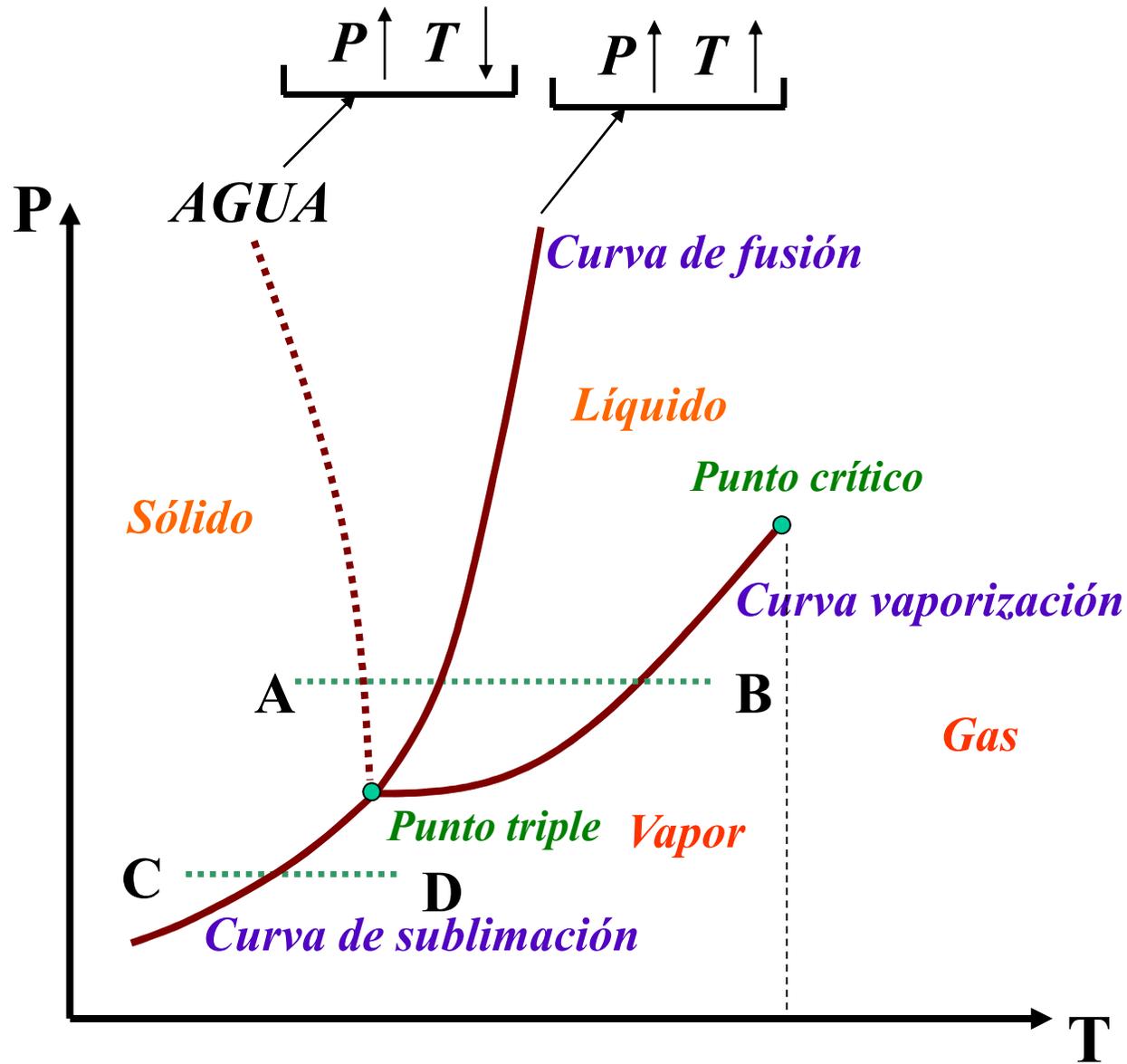
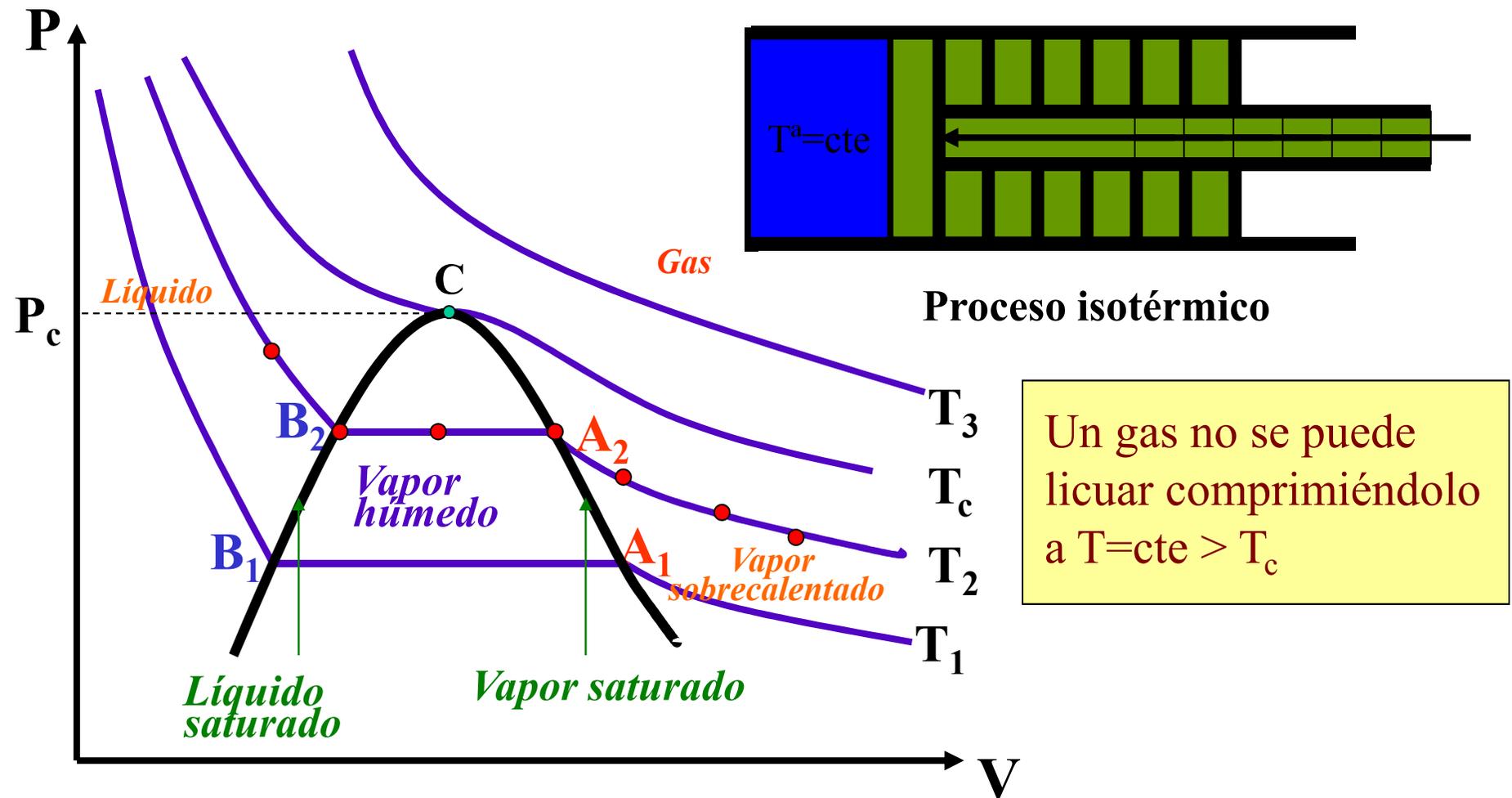


Diagrama de fases



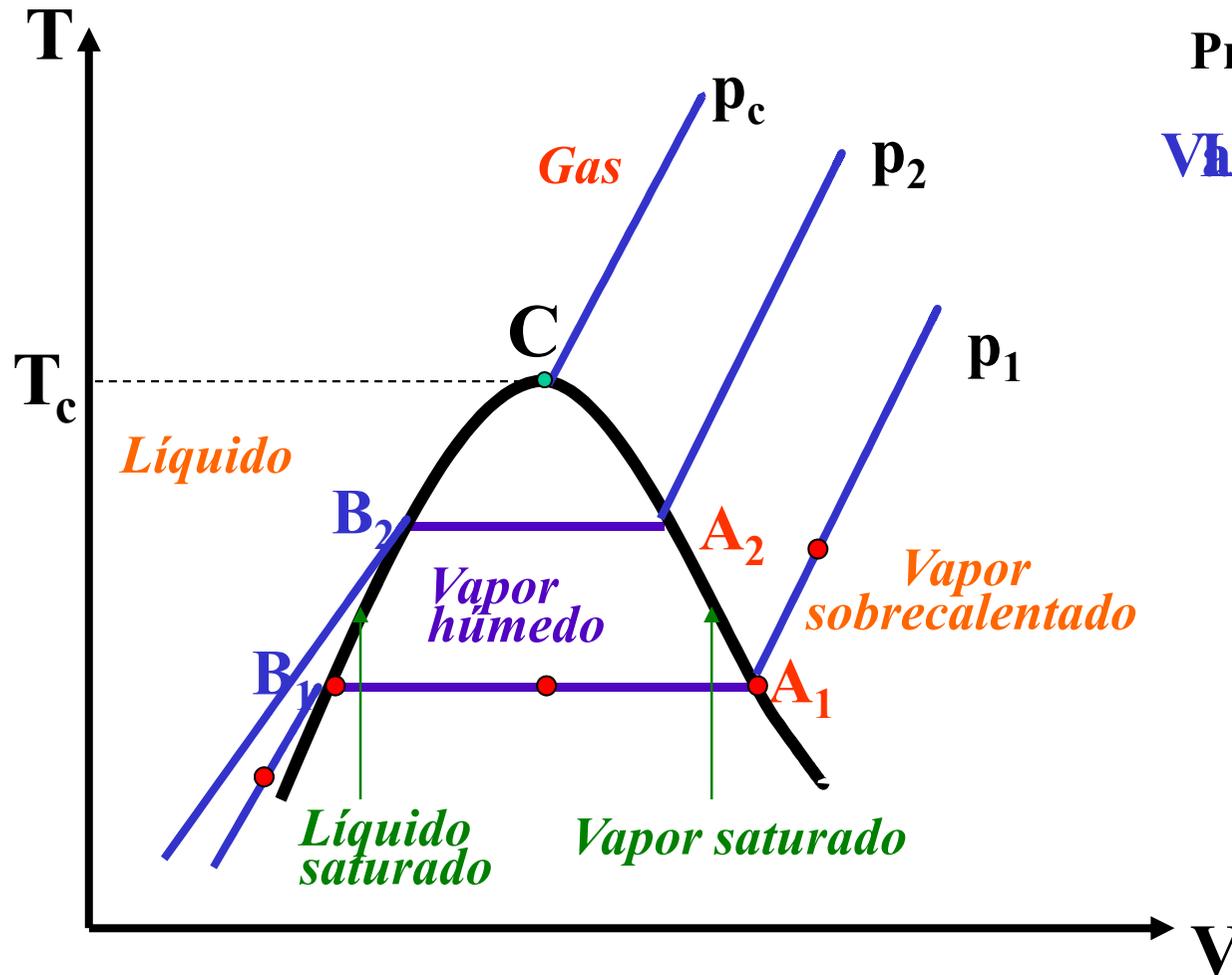
Comportamiento de los fluidos

Introducimos un gas en un cilindro y medimos P , V en distintos estados de igual temperatura



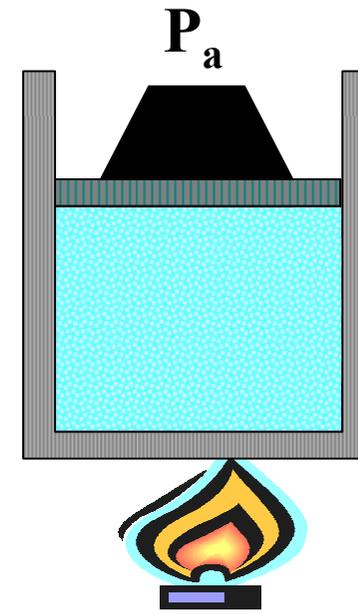
Comportamiento de los fluidos

Introducimos un gas en un cilindro y medimos
T, V en distintos estados de igual presión



Proceso isobárico

Vapor sobrecalentado



Temperaturas y presiones críticas.

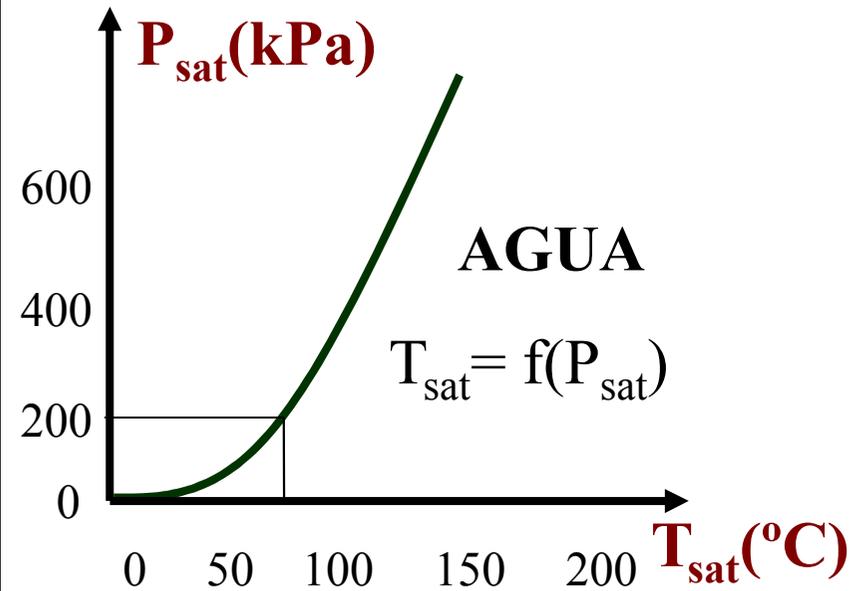
Sustancia	Temperatura crítica		Presión crítica (atm)
	°C	K	
Agua	374	647	218
Bióxido de Carbono	31	304	72.8
Oxígeno	-118	155	50
Nitrógeno	-147	126	33.5
Hidrógeno	-239.9	33.3	12.8
Helio	-267.9	5.3	2.3

Temperaturas y presiones en el Punto Triple.

Sustancia	Presión		Temperatura (K)
	N/m ²	atm	
Agua	6.10×10^2	6.03×10^{-3}	273.16 (0.01°C)
Bióxido de Carbono	5.16×10^5	5.10	216.6
Amoniaco	6.06×10^3	6.00×10^{-2}	195.40
Nitrógeno	1.25×10^4	1.24×10^{-1}	63.2
Oxígeno	1.52×10^2	1.50×10^{-3}	54.4
Hidrógeno	7.03×10^3	6.95×10^{-2}	13.8

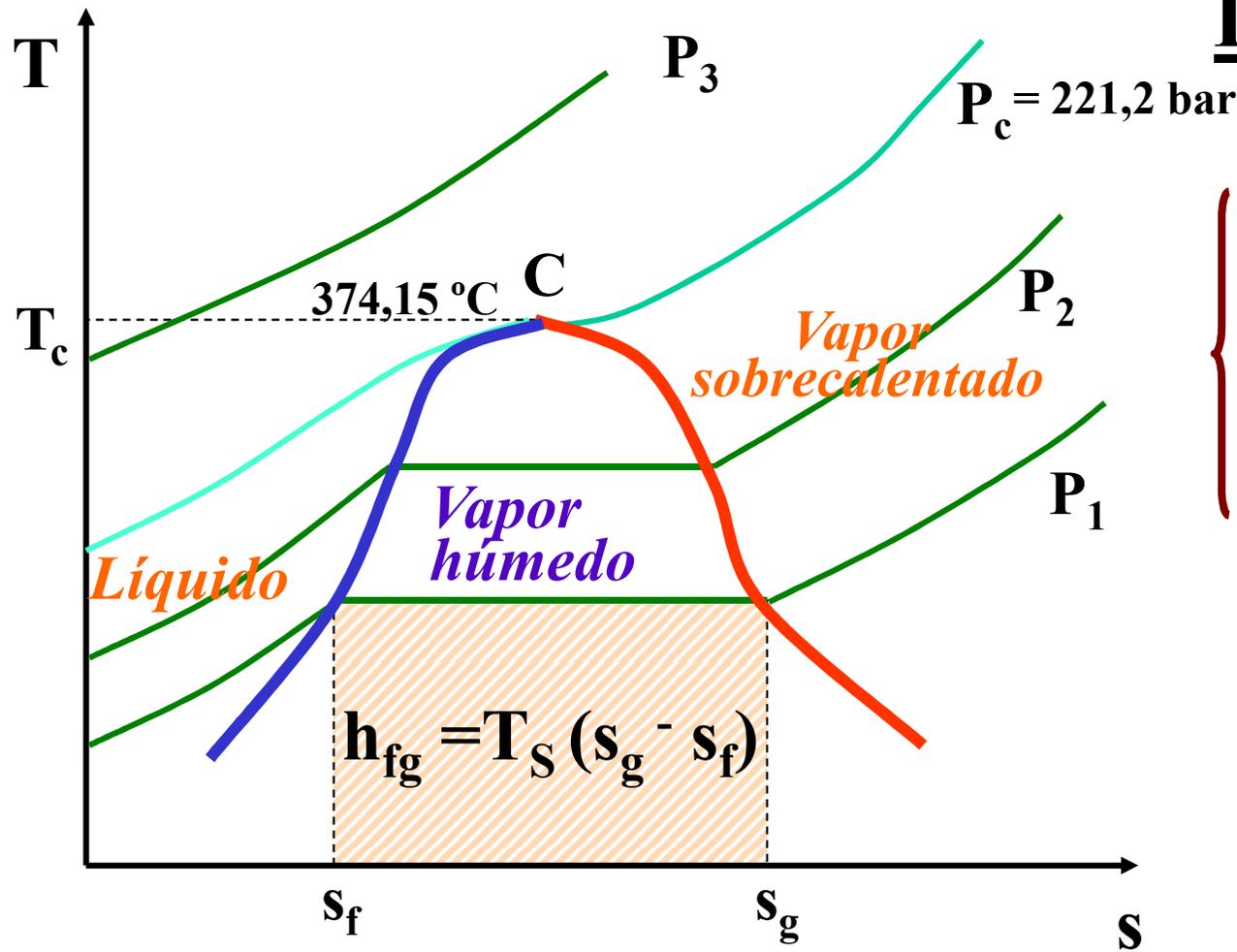
Temperatura y presión de saturación

Altura	P. atm. (kPa)	T _{sat} (°C)
0	101,33	100,0
1000	89,55	96,3
2000	79,50	93,2
5000	54,05	83,0
10000	26,50	66,2
20000	5,53	34,5



- Al $p_{\text{sat}} \uparrow$ tiempos de cocción más cortos y ahorro energético
- Al altura \uparrow disminuye la p_{sat} (y T_{sat}) tiempos de cocción mayores
- Por cada 1000m de altura la T_{sat} disminuye unos 3°C

Diagrama T-s



Vapor saturado seco
 $h_g \quad s_g \quad v_g \quad u_g$

Líquido saturado
 $h_f \quad s_f \quad v_f \quad u_f$

Entalpía:

$$h = u + p v$$

Calor latente de vaporización

$$h_{fg} = u_g - u_f + P_s (v_g - v_f)$$

T_s Temperatura de saturación

P_s Presión de saturación

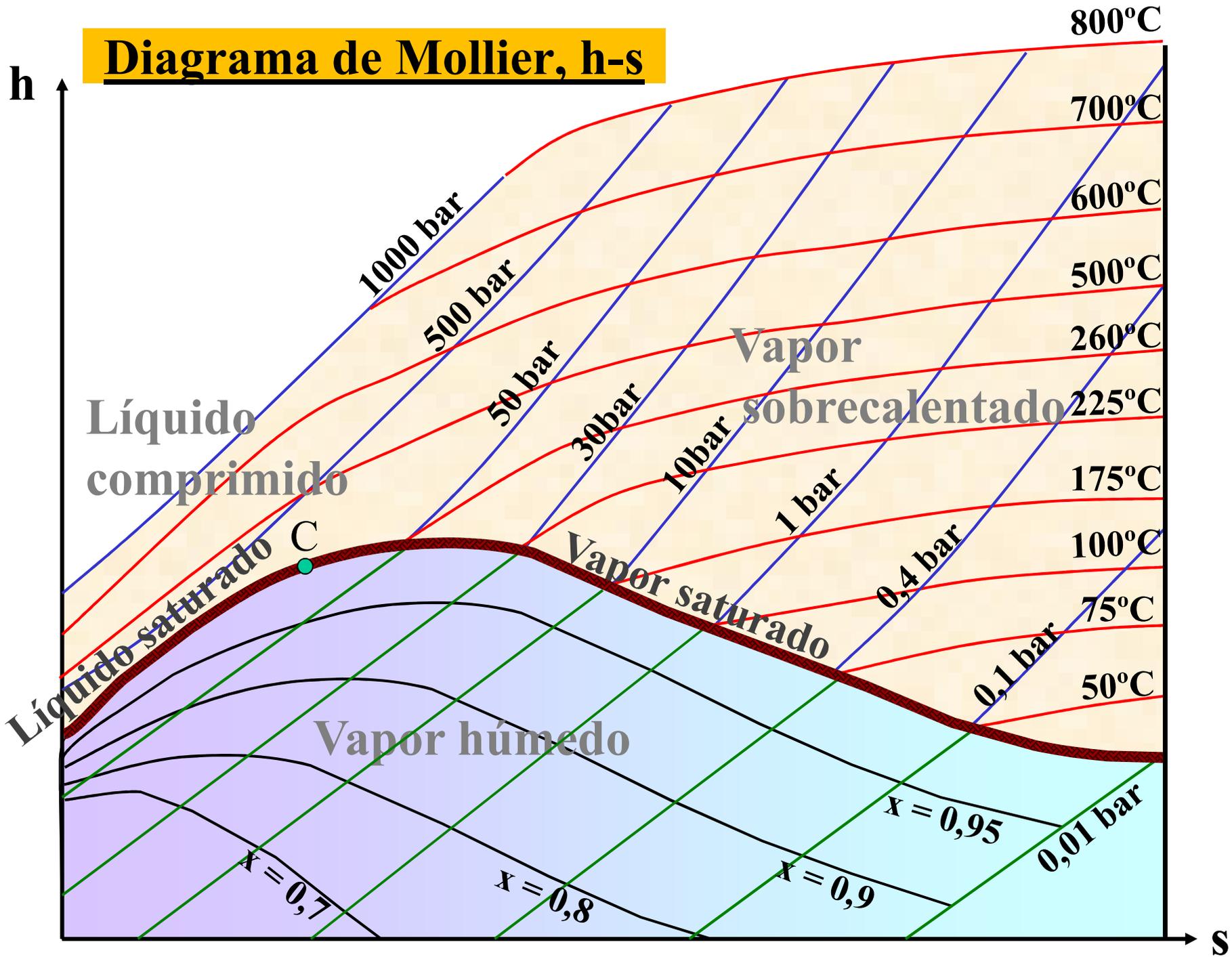
Calores latentes (a 1 atm)

Sustancia	Punto de fusión (°C)	Calor de fusión		Punto de ebullición (°C)	Calor de evaporación	
		Kcal/kg	kJ/kg		Kcal/kg	kJ/kg
Oxígeno	-218.8	3.3	14	-883	51	210
Alcohol etílico	-114	25	104	78	204	85
Agua	0	79.7	333	100	539	2260
Plomo	327	5.9	25	1750	208	870
Plata	961	21	88	2193	558	2300
Tungsteno	3410	44	184	5900	1150	4800
Hierro	1808	69.1	289	3023	1520	6340

Sustancia	Punto de fusión (°C)	Calor latente fusión (kJ/kg)	Punto de ebullición (°C)	Calor lat. vaporización (kJ/kg)
Helio			-268,9	21
Nitrógeno	-209,9	25,5	-195,8	201
Alcohol etílico	-114	104	78	854
Mercurio	-39	11,8	357	272
Agua	0	333	100	2255
Plata	96 1	88,3	2193	2335
Plomo	327	24,5	1620	912
Oro	1063	64,4	2660	1580

(a presión atmosférica)

Diagrama de Mollier, h-s



Propiedades del agua saturada (vapor húmedo). Tabla de temperaturas

Temp. °C	Presión bar	Volumen específico m ³ /kg		Energía interna kJ/kg		Entalpía kJ/kg			Entropía kJ/kg · K		Temp. °C
		Líquido sat. $v_f \times 10^3$	Vapor sat. v_g	Líquido sat. u_f	Vapor sat. u_g	Líquido sat. h_f	Vapori- zación h_{fg}	Vapor sat. h_g	Líquido sat. s_f	Vapor sat. s_g	
.01	0.00611	1.0002	206.136	0.00	2375.3	0.01	2501.3	2501.4	0.0000	9.1562	.01
4	0.00813	1.0001	157.232	16.77	2380.9	16.78	2491.9	2508.7	0.0610	9.0514	4
5	0.00872	1.0001	147.120	20.97	2382.3	20.98	2489.6	2510.6	0.0761	9.0257	5
6	0.00935	1.0001	137.734	25.19	2383.6	25.20	2487.2	2512.4	0.0912	9.0003	6
8	0.01072	1.0002	120.917	33.59	2386.4	33.60	2482.5	2516.1	0.1212	8.9501	8
10	0.01228	1.0004	106.379	42.00	2389.2	42.01	2477.7	2519.8	0.1510	8.9008	10
11	0.01312	1.0004	99.857	46.20	2390.5	46.20	2475.4	2521.6	0.1658	8.8765	11
12	0.01402	1.0005	93.784	50.41	2391.9	50.41	2473.0	2523.4	0.1806	8.8524	12
13	0.01497	1.0007	88.124	54.60	2393.3	54.60	2470.7	2525.3	0.1953	8.8285	13
14	0.01598	1.0008	82.848	58.79	2394.7	58.80	2468.3	2527.1	0.2099	8.8048	14
15	0.01705	1.0009	77.926	62.99	2396.1	62.99	2465.9	2528.9	0.2245	8.7814	15
16	0.01818	1.0011	73.333	67.18	2397.4	67.19	2463.6	2530.8	0.2390	8.7582	16
17	0.01938	1.0012	69.044	71.38	2398.8	71.38	2461.2	2532.6	0.2535	8.7351	17
18	0.02064	1.0014	65.038	75.57	2400.2	75.58	2458.8	2534.4	0.2679	8.7123	18
19	0.02198	1.0016	61.293	79.76	2401.6	79.77	2456.5	2536.2	0.2823	8.6897	19
20	0.02339	1.0018	57.791	83.95	2402.9	83.96	2454.1	2538.1	0.2966	8.6672	20
21	0.02487	1.0020	54.514	88.14	2404.3	88.14	2451.8	2539.9	0.3109	8.6450	21
22	0.02645	1.0022	51.447	92.32	2405.7	92.33	2449.4	2541.7	0.3251	8.6229	22
23	0.02810	1.0024	48.574	96.51	2407.0	96.52	2447.0	2543.5	0.3393	8.6011	23
24	0.02985	1.0027	45.883	100.70	2408.4	100.70	2444.7	2545.4	0.3534	8.5794	24
25	0.03169	1.0029	43.360	104.88	2409.8	104.89	2442.3	2547.2	0.3674	8.5580	25
26	0.03363	1.0032	40.994	109.06	2411.1	109.07	2439.9	2549.0	0.3814	8.5367	26
27	0.03567	1.0035	38.774	113.25	2412.5	113.25	2437.6	2550.8	0.3954	8.5156	27
28	0.03782	1.0037	36.690	117.42	2413.9	117.43	2435.2	2552.6	0.4093	8.4946	28
29	0.04008	1.0040	34.733	121.60	2415.2	121.61	2432.8	2554.5	0.4231	8.4739	29
30	0.04246	1.0043	32.894	125.78	2416.6	125.79	2430.5	2556.3	0.4369	8.4533	30
31	0.04496	1.0046	31.165	129.96	2418.0	129.97	2428.1	2558.1	0.4507	8.4329	31
32	0.04759	1.0050	29.540	134.14	2419.3	134.15	2425.7	2559.9	0.4644	8.4127	32
33	0.05034	1.0053	28.011	138.32	2420.7	138.33	2423.4	2561.7	0.4781	8.3927	33
34	0.05324	1.0056	26.571	142.50	2422.0	142.50	2421.0	2563.5	0.4917	8.3728	34

Fuente: Termodinámica Técnica, Moran & Shapiro, 1993

Propiedades del agua saturada (vapor húmedo). Tabla de presiones

Presión bar	Temp. °C	Volumen específico m ³ /kg		Energía interna kJ/kg		Entalpía kJ/kg			Entropía kJ/kg · K		Presión bar
		Líquido sat. $v_f \times 10^3$	Vapor sat. v_g	Líquido sat. u_f	Vapor sat. u_g	Líquido sat. h_f	Vapori- zación h_{fg}	Vapor sat. h_g	Líquido sat. s_f	Vapor sat. s_g	
0.04	28.96	1.0040	34.800	121.45	2415.2	121.46	2432.9	2554.4	0.4226	8.4746	0.04
0.06	36.16	1.0064	23.739	151.53	2425.0	151.53	2415.9	2567.4	0.5210	8.3304	0.06
0.08	41.51	1.0084	18.103	173.87	2432.2	173.88	2403.1	2577.0	0.5926	8.2287	0.08
0.10	45.81	1.0102	14.674	191.82	2437.9	191.83	2392.8	2584.7	0.6493	8.1502	0.10
0.20	60.06	1.0172	7.649	251.38	2456.7	251.40	2358.3	2609.7	0.8320	7.9085	0.20
0.30	69.10	1.0223	5.229	289.20	2468.4	289.23	2336.1	2625.3	0.9439	7.7686	0.30
0.40	75.87	1.0265	3.993	317.53	2477.0	317.58	2319.2	2636.8	1.0259	7.6700	0.40
0.50	81.33	1.0300	3.240	340.44	2483.9	340.49	2305.4	2645.9	1.0910	7.5939	0.50
0.60	85.94	1.0331	2.732	359.79	2489.6	359.86	2293.6	2653.5	1.1453	7.5320	0.60
0.70	89.95	1.0360	2.365	376.63	2494.5	376.70	2283.3	2660.0	1.1919	7.4797	0.70
0.80	93.50	1.0380	2.087	391.58	2498.8	391.66	2274.1	2665.8	1.2329	7.4346	0.80
0.90	96.71	1.0410	1.869	405.06	2502.6	405.15	2265.7	2670.9	1.2695	7.3949	0.90
1.00	99.63	1.0432	1.694	417.36	2506.1	417.46	2258.0	2675.5	1.3026	7.3594	1.00
1.50	111.4	1.0528	1.159	466.94	2519.7	467.11	2226.5	2693.6	1.4336	7.2233	1.50
2.00	120.2	1.0605	0.8857	504.49	2529.5	504.70	2201.9	2706.7	1.5301	7.1271	2.00
2.50	127.4	1.0672	0.7187	535.10	2537.2	535.37	2181.5	2716.9	1.6072	7.0527	2.50
3.00	133.6	1.0732	0.6058	561.15	2543.6	561.47	2163.8	2725.3	1.6718	6.9919	3.00
3.50	138.9	1.0786	0.5243	583.95	2546.9	584.33	2148.1	2732.4	1.7275	6.9405	3.50
4.00	143.6	1.0836	0.4625	604.31	2553.6	604.74	2133.8	2738.6	1.7766	6.8959	4.00
4.50	147.9	1.0882	0.4140	622.25	2557.6	623.25	2120.7	2743.9	1.8207	6.8565	4.50
5.00	151.9	1.0926	0.3749	639.68	2561.2	640.23	2108.5	2748.7	1.8607	6.8212	5.00
6.00	158.9	1.1006	0.3157	669.90	2567.4	670.56	2086.3	2756.8	1.9312	6.7600	6.00
7.00	165.0	1.1080	0.2729	696.44	2572.5	697.22	2066.3	2763.5	1.9922	6.7080	7.00
8.00	170.4	1.1148	0.2404	720.22	2576.8	721.11	2048.0	2769.1	2.0462	6.6628	8.00
9.00	175.4	1.1212	0.2150	741.83	2580.5	742.83	2031.1	2773.9	2.0946	6.6226	9.00
10.0	179.9	1.1273	0.1944	761.68	2583.6	762.81	2015.3	2778.1	2.1387	6.5863	10.0
15.0	198.3	1.1539	0.1318	843.16	2594.5	844.84	1947.3	2792.2	2.3150	6.4448	15.0
20.0	212.4	1.1767	0.09963	906.44	2600.3	908.79	1890.7	2799.5	2.4474	6.3409	20.0
25.0	224.0	1.1973	0.07998	959.11	2603.1	962.11	1841.0	2803.1	2.5547	6.2575	25.0
30.0	233.9	1.2165	0.06668	1004.8	2604.1	1008.4	1795.7	2804.2	2.6457	6.1869	30.0
35.0	242.6	1.2347	0.05707	1045.4	2603.7	1049.8	1753.7	2803.4	2.7253	6.1253	35.0
40.0	250.4	1.2522	0.04978	1082.3	2602.3	1087.3	1714.1	2801.4	2.7964	6.0701	40.0
45.0	257.5	1.2692	0.04406	1116.2	2600.1	1121.9	1676.4	2798.3	2.8610	6.0199	45.0
50.0	264.0	1.2859	0.03944	1147.8	2597.1	1154.2	1640.1	2794.3	2.9202	5.9734	50.0
60.0	275.6	1.3187	0.03244	1205.4	2589.7	1213.4	1571.0	2784.3	3.0267	5.8892	60.0
70.0	285.9	1.3513	0.02737	1257.6	2580.5	1267.0	1505.1	2772.1	3.1211	5.8133	70.0
80.0	295.1	1.3842	0.02352	1305.6	2569.8	1316.6	1441.3	2758.0	3.2068	5.7432	80.0
90.0	303.4	1.4178	0.02048	1350.5	2557.8	1363.3	1378.9	2742.1	3.2858	5.6772	90.0
100.	311.1	1.4524	0.01803	1393.0	2544.4	1407.6	1317.1	2724.7	3.3596	5.6141	100.
110.	318.2	1.4886	0.01599	1433.7	2529.8	1450.1	1255.5	2705.6	3.4295	5.5527	110.

Propiedades del agua; vapor sobrecalentado

T °C	v m ³ /kg	u kJ/kg	h kJ/kg	s kJ/kg · K	v m ³ /kg	u kJ/kg	h kJ/kg	s kJ/kg · K
$p = 0.06 \text{ bar} = 0.006 \text{ MPa}$					$p = 0.35 \text{ bar} = 0.035 \text{ MPa}$			
$(T_{\text{sat}} = 36.16^\circ\text{C})$					$(T_{\text{sat}} = 72.69^\circ\text{C})$			
Sat.	23.739	2425.0	2567.4	8.3304	4.526	2473.0	2631.4	7.7158
80	27.132	2487.3	2650.1	8.5804	4.625	2483.7	2645.6	7.7564
120	30.219	2544.7	2726.0	8.7840	5.163	2542.4	2723.1	7.9644
160	33.302	2602.7	2802.5	8.9693	5.696	2601.2	2800.6	8.1519
200	36.383	2661.4	2879.7	9.1398	6.228	2660.4	2878.4	8.3237
240	39.462	2721.0	2957.8	9.2982	6.758	2720.3	2956.8	8.4828
280	42.540	2781.5	3036.8	9.4464	7.287	2780.9	3036.0	8.6314
320	45.618	2843.0	3116.7	9.5859	7.815	2842.5	3116.1	8.7712
360	48.696	2905.5	3197.7	9.7180	8.344	2905.1	3197.1	8.9034
400	51.774	2969.0	3279.6	9.8435	8.872	2968.6	3279.2	9.0291
440	54.851	3033.5	3362.6	9.9633	9.400	3033.2	3362.2	9.1490
500	59.467	3132.3	3489.1	10.1336	10.192	3132.1	3488.8	9.3194
$p = 10.0 \text{ bar} = 1.0 \text{ MPa}$					$p = 15.0 \text{ bar} = 1.5 \text{ MPa}$			
$(T_{\text{sat}} = 179.91^\circ\text{C})$					$(T_{\text{sat}} = 198.32^\circ\text{C})$			
Sat.	0.1944	2583.6	2778.1	6.5865	0.1318	2594.5	2792.2	6.4448
200	0.2060	2621.9	2827.9	6.6940	0.1325	2598.1	2796.8	6.4546
240	0.2275	2692.9	2920.4	6.8817	0.1483	2676.9	2899.3	6.6628
280	0.2480	2760.2	3008.2	7.0465	0.1627	2748.6	2992.7	6.8381
320	0.2678	2826.1	3093.9	7.1962	0.1765	2817.1	3081.9	6.9938
360	0.2873	2891.6	3178.9	7.3349	0.1899	2884.4	3169.2	7.1363
400	0.3066	2957.3	3263.9	7.4651	0.2030	2951.3	3255.8	7.2690
440	0.3257	3023.6	3349.3	7.5883	0.2160	3018.5	3342.5	7.3940
500	0.3541	3124.4	3478.5	7.7622	0.2352	3120.3	3473.1	7.5698
540	0.3729	3192.6	3565.6	7.8720	0.2478	3189.1	3560.9	7.6805
600	0.4011	3296.8	3697.9	8.0290	0.2668	3293.9	3694.0	7.8385
640	0.4198	3367.4	3787.2	8.1290	0.2793	3364.8	3783.8	7.9391

Propiedades del agua, líquido subenfriado o comprimido

T °C	$v \times 10^3$ m ³ /kg	u kJ/kg	h kJ/kg	s kJ/kg · K	$v \times 10^3$ m ³ /kg	u kJ/kg	h kJ/kg	s kJ/kg · K
$p = 2.5 \text{ bar} = 2.5 \text{ MPa}$ ($T_{\text{sat}} = 223.99^\circ\text{C}$)					$p = 5.0 \text{ bar} = 5.0 \text{ MPa}$ ($T_{\text{sat}} = 263.99^\circ\text{C}$)			
20	1.0006	83.80	86.30	.2961	.9995	83.65	88.65	.2956
40	1.0067	167.25	169.77	.5715	1.0056	166.95	171.97	.5705
80	1.0280	334.29	336.86	1.0737	1.0268	333.72	338.85	1.0720
100	1.0423	418.24	420.85	1.3050	1.0410	417.52	422.72	1.3030
140	1.0784	587.82	590.52	1.7369	1.0768	586.76	592.15	1.7343
180	1.1261	761.16	763.97	2.1375	1.1240	759.63	765.25	2.1341
200	1.1555	849.9	852.8	2.3294	1.1530	848.1	853.9	2.3255
220	1.1898	940.7	943.7	2.5174	1.1866	938.4	944.4	2.5128
Sat.	1.1973	959.1	962.1	2.5546	1.2859	1147.8	1154.2	2.9202
$p = 7.5 \text{ bar} = 7.5 \text{ MPa}$ ($T_{\text{sat}} = 290.59^\circ\text{C}$)					$p = 10.0 \text{ bar} = 10.0 \text{ MPa}$ ($T_{\text{sat}} = 311.06^\circ\text{C}$)			
20	.9984	83.50	90.99	.2950	.9972	83.36	93.33	.2945
40	1.0045	166.64	174.18	.5696	1.0034	166.35	176.38	.5686
80	1.0256	333.15	340.84	1.0704	1.0245	332.59	342.83	1.0688
100	1.0397	416.81	424.62	1.3011	1.0385	416.12	426.50	1.2992
140	1.0752	585.72	593.78	1.7317	1.0737	584.68	595.42	1.7292
180	1.1219	758.13	766.55	2.1308	1.1199	756.65	767.84	2.1275
220	1.1835	936.2	945.1	2.5083	1.1805	934.1	945.9	2.5039
260	1.2696	1124.4	1134.0	2.8763	1.2645	1121.1	1133.7	2.8699
Sat.	1.3677	1282.0	1292.2	3.1649	1.4524	1393.0	1407.6	3.3596

Aproximaciones a líquido saturado de un líquido comprimido

Cuando no se disponen datos (a presiones bajas)

Volumen específico: $v(P,T) \approx v_f(T)$

Energía interna: $u(P,T) \approx u_f(T)$

Entalpía: $h(P,T) \approx h_f(T) + v_f(T) [P - P_{\text{sat}}(T)]$

Ejemplo:

Aprox. líquido saturado a 20°C (20°C, 10MPa)

$$v_f(20^\circ\text{C}) = 0,0010017 \text{ m}^3/\text{kg} \longrightarrow 0,0009972 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$u_f(20^\circ\text{C}) = 83,95 \text{ kJ/kg} \longrightarrow 83,36 \text{ kJ/kg}$$

$$h(P,T) = 93,97 \text{ kJ/kg} \longrightarrow 93,33 \text{ kJ/kg}$$

Título o calidad de un vapor húmedo

Título de un vapor

$$x = \frac{m_g}{m} = \frac{m_g}{m_f + m_g}$$

Grado de humedad

$$y = \frac{m_f}{m}$$

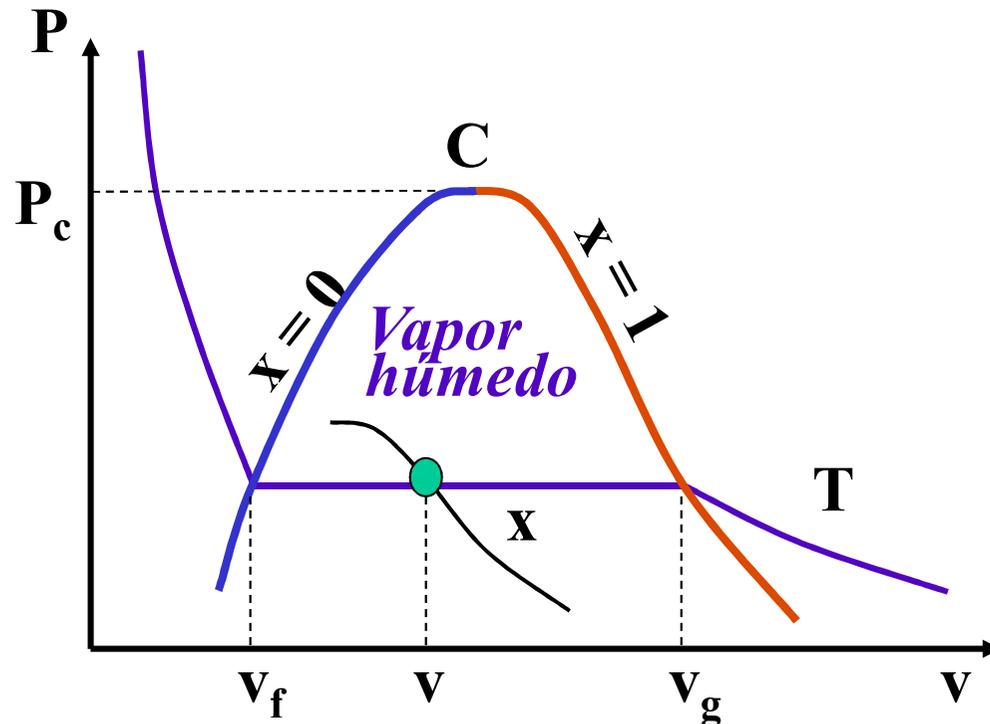
1 kg
vapor húmedo

=

x kg
vapor saturado
seco

+

(1 - x) kg
líquido saturado



$$V = V_{\text{liq}} + V_{\text{vap}}$$

$$v = \frac{V}{m} = \frac{V_f}{m} + \frac{V_g}{m}$$

$$v = \frac{m_f}{m} v_f + \frac{m_g}{m} v_g$$

Calor específico

Cantidad de calor necesaria para elevar un grado la temperatura de la unidad de masa de una sustancia

$$c = \frac{1}{m} \frac{dQ}{dT} = \frac{dq}{dT}$$

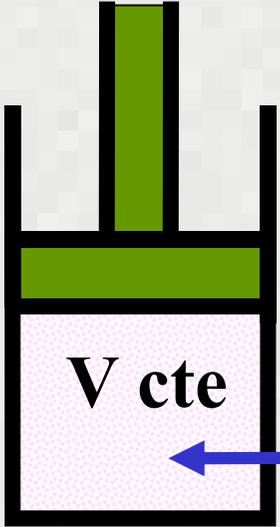
$c = c(T,P)$

Unidades:

- J/kg K
- J/kg °C

$c_v \Rightarrow$ c. e. a volumen cte.

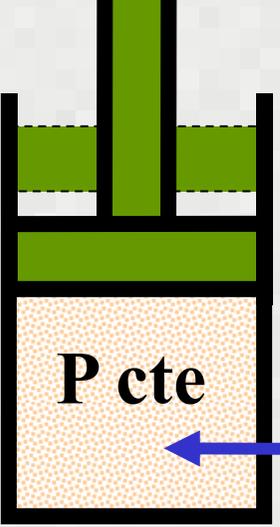
$c_p \Rightarrow$ c.e. a presión cte.



$$c_v = \left. \frac{dq}{dT} \right|_v$$

$$c_v = \left. \frac{\partial u}{\partial T} \right|_v$$

$c_v(v,T)$



$$c_P = \left. \frac{dq}{dT} \right|_p$$

$$c_P = \left. \frac{\partial h}{\partial T} \right|_p$$

$c_p(P,T)$

Sustancia incompresible, $v=\text{constante}$

$$\left. \begin{array}{l} v = \text{cte} \rightarrow dv = 0 \\ u = u(T, v) \end{array} \right\} \begin{array}{l} du = \left(\frac{\partial u}{\partial T} \right)_v dT + \left(\frac{\partial u}{\partial v} \right)_T dv \\ du = \left(\frac{\partial u}{\partial T} \right)_v dT \end{array} \quad \boxed{du = c_v dT}$$

$$\left. \begin{array}{l} h = u + P v \\ h = h(T, P) \\ v = \text{cte} \rightarrow dv = 0 \end{array} \right\} \begin{array}{l} \longrightarrow dh = du + P \cancel{dv} + v dP \\ \longrightarrow dh = du + v \cancel{dP} \end{array}$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{En un proceso} \\ \text{a presi3n cte} \\ P = \text{cte} \rightarrow dP = 0 \end{array} \right\} \begin{array}{l} dh = du \\ du = c_v dT \end{array} \longrightarrow c_v = \left(\frac{\partial h}{\partial T} \right)_p$$

$$\boxed{c_p = c_v = \left(\frac{\partial h}{\partial T} \right)_p \longrightarrow c_p(T) = c_v(T) = c(T)}$$

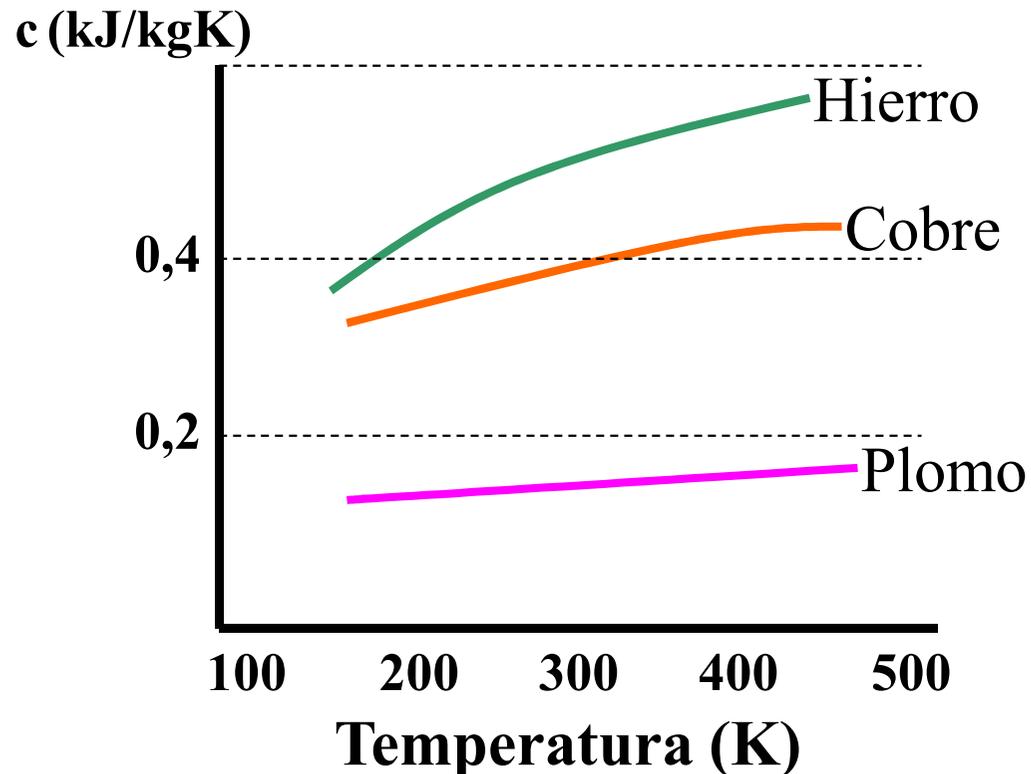
Sustancia incompresible, $v=\text{constante}$

$$h_2 - h_1 = \int_1^2 c(T) dT + v (P_2 - P_1)$$

$$h_2 - h_1 \approx c (T_2 - T_1) + v (P_2 - P_1)$$

$$u_2 - u_1 = \int_1^2 c(T) dT$$

$$u_2 - u_1 \approx c (T_2 - T_1)$$



Los calores específicos varían muy poco con la presión pero sí notablemente con la temperatura

Calor específico del agua entre 0 °C y 100 °C

Temp. °C	Calor específico kJ K·kg	Calor específico Temp.	Calor específico Temp.	Calor específico Temp.	Calor específico Temp.	Calor específico Temp.	Calor específico Temp.				
0 (hielo)	1,960	17	4,184	34	4,178	52	4,182	68	4,189	86	4,201
0	4,217	18	4,183	35	4,178	53	4,182	69	4,189	87	4,202
1	4,213	19	4,182	36	4,178	54	4,182	70	4,190	88	4,203
2	4,210	20	4,182	37	4,178	55	4,183	71	4,190	89	4,204
3	4,207	21	4,181	38	4,178	56	4,183	72	4,191	90	4,205
4	4,205	22	4,181	39	4,179	57	4,183	73	4,192	91	4,206
5	4,202	23	4,180	40	4,179	58	4,184	74	4,192	92	4,207
6	4,200	24	4,180	41	4,179	59	4,184	75	4,193	93	4,208
7	4,198	25	4,180	42	4,179	60	4,185	76	4,194	94	4,209
8	4,196	26	4,179	43	4,179	61	4,185	77	4,194	95	4,210
9	4,194	27	4,179	44	4,179	62	4,186	78	4,195	96	4,211
10	4,192	28	4,179	45	4,180	63	4,186	79	4,196	97	4,212
11	4,191	29	4,179	46	4,180	64	4,187	80	4,196	98	4,213
12	4,189	30	4,178	47	4,180	65	4,187	81	4,197	99	4,214
13	4,188	31	4,178	48	4,180	66	4,188	82	4,198	100	4,216
14	4,187	32	4,178	49	4,181	67	4,188	83	4,199		
15	4,186	33	4,178	50	4,181			84	4,200		
16	4,185			51	4,181			85	4,200		