

Ejemplo de interpolación doble.

Datos conocidos:

$$h = 2958.07 \left[ \frac{kJ}{kg} \right]$$

$$P = 22.9 [bar]$$

Table 3 Water and Steam—continued

$P$ (abs) bar		20			21			22			23			24			25		
$t_s$ °C		212.4			214.8			217.2			219.5			221.8			223.9		
		$h$	$s$	$v$	$h$	$s$	$v$	$h$	$s$	$v$	$h$	$s$	$v$	$h$	$s$	$v$	$h$	$s$	$v$
Sat. Liquid		908.6	2.4468	1.1766	919.9	2.4699	1.1809	930.9	2.4921	1.1850	941.6	2.5136	1.1891	951.9	2.5342	1.1932	961.9	2.5542	1.1972
Sat. Vapour		2797.2	6.3367	99.549	2798.2	6.3187	94.902	2799.1	6.3015	90.663	2799.8	6.2850	86.780	2800.4	6.2690	83.209	2800.9	6.2537	79.915
$t$ °C · TK																			
0	273.15	2.0	0.0000	0.99922	2.1	0.0000	0.99917	2.2	0.0000	0.99912	2.3	0.0000	0.99907	2.4	0.0000	0.99902	2.5	0.0000	0.99897
10	283.15	43.9	0.1508	0.99931	44.0	0.1508	0.99926	44.1	0.1508	0.99922	44.2	0.1508	0.99917	44.3	0.1508	0.99912	44.4	0.1508	0.99907
20	293.15	85.7	0.2959	1.0008	85.8	0.2959	1.0008	85.9	0.2958	1.0007	86.0	0.2958	1.0007	86.1	0.2958	1.0006	86.2	0.2958	1.0006
30	303.15	127.5	0.4359	1.0034	127.6	0.4359	1.0034	127.7	0.4358	1.0033	127.8	0.4358	1.0033	127.8	0.4358	1.0032	127.9	0.4357	1.0032
40	313.15	169.2	0.5713	1.0069	169.3	0.5713	1.0069	169.4	0.5713	1.0068	169.5	0.5712	1.0068	169.6	0.5712	1.0067	169.7	0.5711	1.0067

  

200	473.15	852.6	2.3300	1.1560	852.6	2.3298	1.1559	852.6	2.3296	1.1558	852.7	2.3295	1.1557	852.7	2.3293	1.1556	852.8	2.3292	1.1555
210	483.15	897.8	2.4245	1.1725	897.8	2.4243	1.1724	897.8	2.4242	1.1723	897.9	2.4240	1.1722	897.9	2.4238	1.1720	897.9	2.4237	1.1719
220	493.15	2819.9	6.3829	102.09	2813.8	6.3504	96.560	2807.5	6.3187	91.520	2801.2	6.2878	86.907	2794.7	6.2576	82.189	2788.1	6.2275	77.471
230	503.15	2848.4	6.4403	105.32	2843.0	6.4091	99.700	2837.4	6.3787	94.581	2831.8	6.3491	89.897	2826.0	6.3202	85.595	2820.1	6.2920	81.628
240	513.15	2875.9	6.4943	108.43	2871.0	6.4642	102.72	2866.0	6.4349	97.517	2860.9	6.4065	92.759	2855.7	6.3788	88.390	2850.5	6.3517	84.364
250	523.15	2902.4	6.5434	111.45	2897.9	6.5162	105.64	2893.4	6.4879	100.35	2888.9	6.4605	95.513	2884.2	6.4338	91.075	2879.5	6.4077	86.985
260	533.15	2928.1	6.5941	114.38	2924.0	6.5656	108.47	2919.6	6.5372	103.06	2915.1	6.5097	98.177	2910.6	6.4857	93.666	2907.4	6.4605	89.511
270	543.15	2953.1	6.6406	117.24	2949.4	6.6128	111.23	2945.7	6.5860	105.76	2941.9	6.5600	100.76	2938.1	6.5349	96.180	2934.2	6.5104	91.957
280	553.15	2977.5	6.6852	120.04	2974.2	6.6580	113.93	2970.8	6.6317	108.37	2967.3	6.6064	103.29	2963.8	6.5818	98.626	2960.3	6.5580	94.335
290	563.15	3001.5	6.7281	122.79	2998.4	6.7014	116.58	2994.9	6.6750	110.92	2991.4	6.6496	105.76	2987.9	6.6267	101.02	2985.7	6.6034	96.654

En las imágenes se pueden apreciar que la presión buscada no se encuentra directamente en las tablas de vapor, por lo que es necesario buscar la entalpía entre dos valores de temperaturas en las dos presiones que están justo por encima y por debajo de la presión buscada.

Mostraré esto en una tabla para que queden más claros los datos:

$$h = 2958.07 \left[ \frac{kJ}{kg} \right]$$

$$P = 22.9 [bar]$$

$T [^{\circ}C]$	$P_1 [bar]$	$h_1 \left[ \frac{kJ}{kg} \right]$	$s_1 \left[ \frac{kJ}{kgK} \right]$	$v_1 \left[ \frac{dm^3}{kg} \right]$	$P_2 [bar]$	$h_2 \left[ \frac{kJ}{kg} \right]$	$s_2 \left[ \frac{kJ}{kgK} \right]$	$v_2 \left[ \frac{dm^3}{kg} \right]$
270	22	2945.7	6.586	105.76	23	2941.9	6.56	100.76
280	22	2970.8	6.6317	108.37	23	2967.3	6.6064	103.29

Lo primero que tenemos que hacer es usar la entalpía como referencia para saber en qué punto de temperatura nos encontramos para cada presión, esto quiere decir que vamos a tener una “temperatura intermedia” para la presión 1 y para la presión 2. Estas se calculan de la siguiente forma:

$$\begin{aligned}
 T_{inter1} &= \left( \frac{h - h_{1'}}{h_{1''} - h_{1'}} \right) * (T_2 - T_1) + T_1 \\
 &= \left( \frac{2958.07 - 2945.7}{2970.8 - 2945.7} \right) * (280 - 270) + 270 = 274.928 [^{\circ}C]
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 T_{inter2} &= \left( \frac{h - h_{2'}}{h_{2''} - h_{2'}} \right) * (T_2 - T_1) + T_1 \\
 &= \left( \frac{2958.07 - 2941.9}{2967.3 - 2941.9} \right) * (280 - 270) + 270 = 276.366 [^{\circ}C]
 \end{aligned}$$

Ahora que tenemos estas temperaturas intermedias, las usamos para asociar ese punto de entalpía que usamos antes con su posición dentro del rango de entropías y volúmenes específicos para ambas presiones. Esto implica que vamos a tener una “entropía intermedia” y un “volumen específico intermedio” para cada presión. Estos datos se pueden calcular de la siguiente forma:

$$\begin{aligned}
 S_{inter1} &= \left( \frac{T_{inter1} - T_1}{T_2 - T_1} \right) * (S_{1''} - S_{1'}) + S_{1'} \\
 &= \left( \frac{274.928 - 270}{280 - 270} \right) * (6.6317 - 6.586) + 6.586 \\
 &= 6.609 \left[ \frac{kJ}{kgK} \right]
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S_{inter2} &= \left( \frac{T_{inter2} - T_1}{T_2 - T_1} \right) * (S_{2''} - S_{2'}) + S_{2'} \\
 &= \left( \frac{276.366 - 270}{280 - 270} \right) * (6.6064 - 6.56) + 6.56 = 6.589 \left[ \frac{kJ}{kgK} \right]
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 v_{inter1} &= \left( \frac{T_{inter1} - T_1}{T_2 - T_1} \right) * (v_{1''} - v_{1'}) + v_{1'} \\
 &= \left( \frac{274.928 - 270}{280 - 270} \right) * (108.37 - 105.76) + 105.76 \\
 &= 107.046 \left[ \frac{dm^3}{kg} \right]
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 v_{inter2} &= \left( \frac{T_{inter2} - T_1}{T_2 - T_1} \right) * (v_{2''} - v_{2'}) + v_{2'} \\
 &= \left( \frac{276.366 - 270}{280 - 270} \right) * (103.29 - 100.76) + 100.76 \\
 &= 102.37 \left[ \frac{dm^3}{kg} \right]
 \end{aligned}$$

Ahora que tenemos las temperaturas, volúmenes específicos y entropías intermedias podemos finalmente calcular los valores finales usando al menos una vez el valor de la presión conocida para hacer coincidir esos valores intermedios en un único punto.

$$\begin{aligned}
 T &= \left( \frac{P - P_1}{P_2 - P_1} \right) * (T_{inter2} - T_{inter1}) + T_{inter1} \\
 &= \left( \frac{22.9 - 22}{23 - 22} \right) * (276.366 - 274.928) + 274.928 \\
 &= 276.222[^\circ C]
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S &= \left( \frac{T - T_{inter1}}{T_{inter2} - T_{inter1}} \right) * (S_{inter2} - S_{inter1}) + S_{inter1} \\
 &= \left( \frac{276.222 - 274.928}{276.366 - 274.928} \right) * (6.589 - 6.609) + 6.609 \\
 &= 6.591 \left[ \frac{kJ}{kgK} \right]
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 v &= \left( \frac{T - T_{inter1}}{T_{inter2} - T_{inter1}} \right) * (v_{inter2} - v_{inter1}) + v_{inter1} \\
 &= \left( \frac{276.222 - 274.928}{276.366 - 274.928} \right) * (102.37 - 107.046) + 107.046 \\
 &= 102.838 \left[ \frac{dm^3}{kg} \right]
 \end{aligned}$$