

ESCUELA DE
INGENIERÍA MECÁNICA



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA DE
VALPARAÍSO

COMPRESOR TORNILLO

Alumno: Carlos Aguilar Pinto

Asignatura: ICM557-3

Fecha: 09/11/2020

Profesores: Cristóbal Galleguillos Ketterer

Tomas Herrera Muñoz

Contenido

INTRODUCCIÓN.	II
OBJETIVOS.	III
PROCEDIMIENTO DEL TRABAJO	IV
DATOS Y FORMULAS A USAR	IV
TABLA VALORES CALCULADOS.	
DESARROLLO.	I
DESCRIBA UTILIZANDO UN ESQUEMA DEL COMPRESOR Y SU OPERACIÓN.	I
<i>Esquema representativo.</i>	II
GRÁFICOS.	III
<i>Datos del fabricante.</i>	III
<i>¿Los valores están en el rango que les corresponde?</i>	IV
<i>¿Qué comentario surge de lo anterior?</i>	IV
PRP	V
<i>¿Qué significa el punto de rocío?</i>	V
<i>Calcule el contenido de humedad del aire que entra y que sale del compresor.</i>	V
CONCLUSIÓN.	VI
ANEXO.	VII
BIBLIOGRAFÍA	IX

Introducción.

En el presente informe se hablará sobre el trabajo que realiza el compresor de tornillo y como varían sus valores a medida que varia la presión de descarga.

Objetivos.

- Analizar el comportamiento del compresor de tornillo como máquina de una instalación industrial.
- Determinar la capacidad a distintas presiones.
- Comparar los cálculos con los datos del fabricante.

Procedimiento del trabajo

Poner en marcha la instalación, programando el compresor a una presión de 7 [bar].

Cerrar a descarga del estanque de almacenamiento.

Descargar parcialmente el estanque y observar cómo actúan los sistemas automáticos.

Programar el compresor a una presión mínima de 5,5 [bar] y regular el caudal de descarga para que se mantenga a esa presión con el máximo caudal posible.

Medir:

- Presión de descarga, [bar].
- Velocidad del compresor, [rpm].
- Temperatura ambiente, [°C].
- Temperatura de descarga del compresor, [°C].
- Temperatura de PRP secador, [°C].
- Temperatura del estanque de baja presión, [°C].
- Presión en el estanque de baja presión, [cm_{ca}].
- Corriente eléctrica, [A].
- Humedad relativa, [%]

Se repiten las mediciones para las presiones 6, 7, 8 y 9 [bar].

La presión atmosférica, [mm_{Hg}] se mide al comienzo del ensayo.

Datos y formulas a usar

Capacidad:

Estanque baja presión

$$V = 8,62 * \alpha * S * T_a \sqrt{\frac{H}{T * P_a}}$$

Donde:

V	Capacidad, caudal de aire libre [m ³ /h]
$\alpha=0,600$	Coeficiente de caudal de diafragma
S	Sección del orificio del diafragma en [cm ²], el diámetro del orificio es de 22 [mm]
T _a	Temperatura absoluta de aspiración del compresor [K]
T	Temperatura absoluta del estanque de baja presión [K]
H	Presión en el manómetro diferencial [cm _{agua}]
P _a	Presión barométrica [cm _{agua}]

COMPRESOR DE TORNILLO													
P.Des	Veloc.	Temp	Hum. Amb.	Temp	Punto	Temp.	Pres.	Corriente	Caudal	Pres.			
		Amb		Desc.	Rocío	EBP					EBP	Atm	
p_d	n	t_{amb}	H_{amb}	t_{desc}	PRP	t_{EBP}	Δh	I	Q	P_{atm}			
[bar]	[rpm]	[°C]	%	[°C]	[°C]	[°C]	[mm _{ca}]	[A]	[%]	[mmH _g]			
5,5	4315	18	59,4	73	4	20	476	17	98	759,5			
6	4350	19	58,9	73	4	20	484	16	100	759,5			
7	4350	18	58,6	75	4	21	464	17	100	759,5			
8	4176	18	58,9	76	4	21,5	406	17	100	759,5			
9	3984	19	58,9	77	4	21	348	17	100	759,5			

Tabla valores calculados.

P desc.	Caudal		Velocidad
Pd	Q		n
[bar]	[m ³ /h]	[%]	[rpm]
5,5	42,1818116	100	4315
6	41,9012869	100	4350
7	42,7890766	100	4350
8	43,2954739	100	4176
9	42,9360424	100	3984

Ilustración 1: Tabla valores calculados.

Desarrollo.

Describa utilizando un esquema del compresor y su operación.

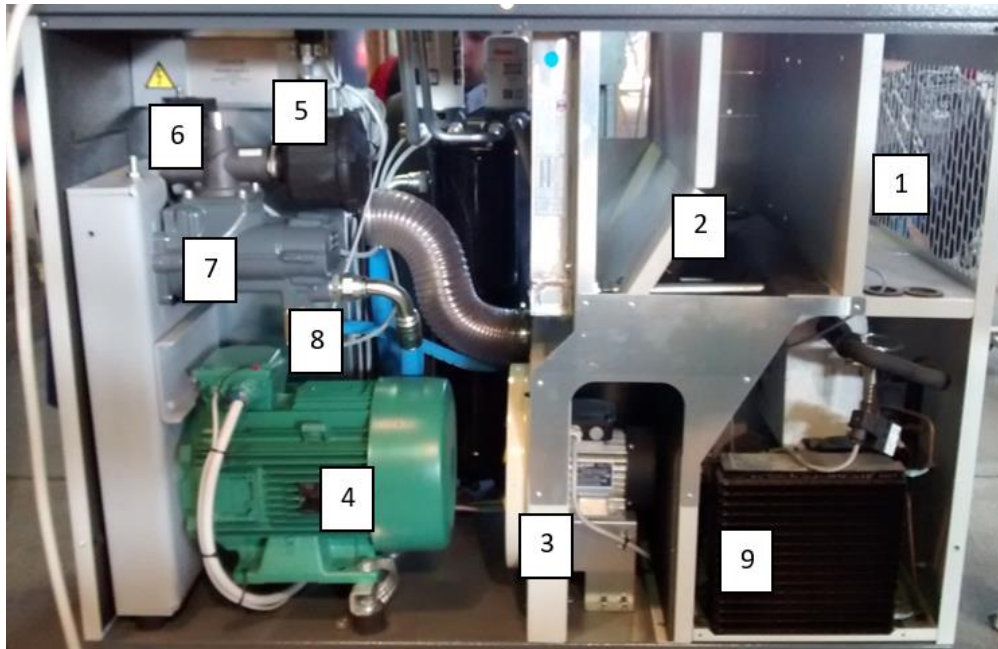


Ilustración 2: Esquema del compresor.

- 1) El aire ingresa a través de la rejilla, choca con la pared para luego pasar al punto 2.
- 2) La pared filtra las partículas mas grandes que se aspiran en el aire.
- 3) El ventilador, que hace circular el aire directamente hacia el motor.
- 4) El aire ingresa al compresor para la compresión, al mismo tiempo se refrigera el motor eléctrico ubicado directamente después del ventilador, y por ultimo se refrigera el tablero eléctrico también.
- 5) Filtro de aire.
- 6) Válvula reguladora del paso de aire.
- 7) Compresor en donde el aire circula por los tornillos y se comprime.
- 8) Válvula de retención y mínima presión.
- 9) Intercambiador de calor por donde circula el liquido refrigerante que se encarga de refrigerar el compresor.

Finalmente, el aire pasa al estanque de acumulación del compresor. Luego de 2 filtros mas a la salida del aire se incorpora el estanque de alta presión donde es media la presión de descarga.

De forma paralela el aceite que se separo del aire llega a un refrigerador de aceite que incluye un sistema de filtrado para eliminar las impurezas que se pudieron recoger en el trayecto, nuevamente una vez limpio es inyectado al tornillo para seguir su funcionamiento.

Esquema representativo.

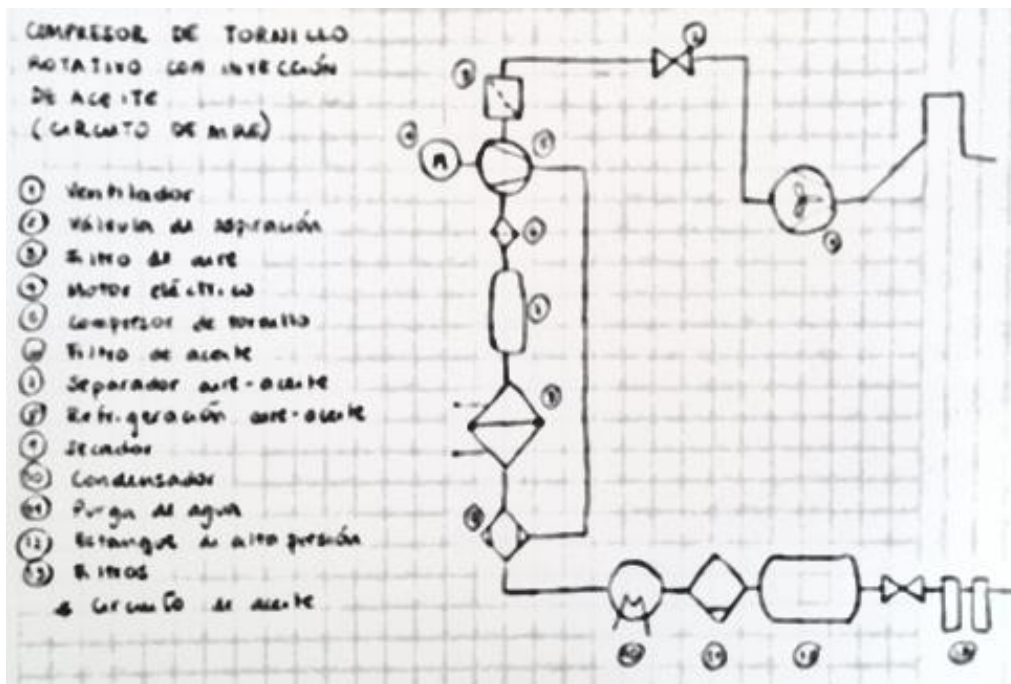


Ilustración 3: Esquema representativo.

Gráficos.

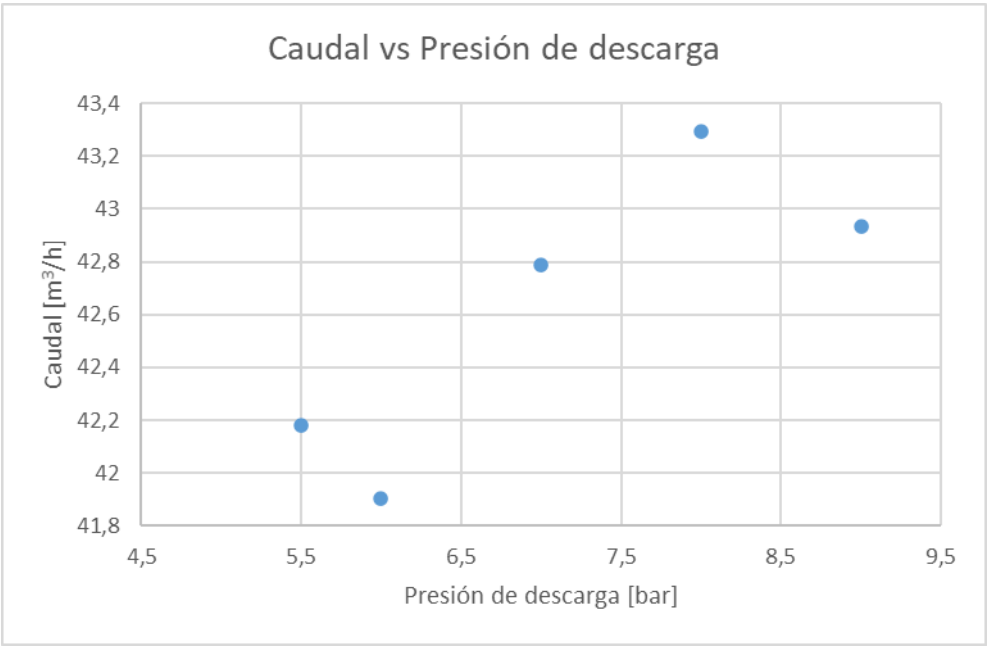


Ilustración 4: Caudal vs Presión de carga.

Datos del fabricante.

TIPO DE COMPRESOR	Presión de trabajo máx. WorkPlace		Capacidad FAD* mín.-máx.			Potencia instalada del motor		Nivel sonoro**	Peso (kg/lbs)				
	bar(e)	psig	l/s	m³/h	cfm	kW	CV		dB(A)	WorkPlace		WorkPlace Full Feature	
										Montado sobre suelo	Montado sobre depósito	Montado sobre suelo	Montado sobre depósito
VERSIÓN a 50/60 Hz													
GA 5 VSD	5.5	80	6.1-15.2	22.0-54.7	13.4-33.4	5.5	7.5	62	275	335	318	378	
	7.5	109	5.7-15.0	20.5-54.0	12.7-33.0	5.5	7.5	62	275	335	318	378	
	10	145	7.1-13.2	24.5-42.1	15.0-25.7	5.5	7.5	62	275	335	318	378	
	13	188	8.9-10	32-36.0	18.3-22.0	5.5	7.5	62	275	335	318	378	
Copiar (Ctrl+C)													
GA 7 VSD	5.5	80	5.1-20.5	18.4-73.8	11.2-45.1	7.5	10	64	280	340	325	385	
	7.5	109	7.3-20.3	26.2-73.1	15.4-44.7	7.5	10	64	280	340	325	385	
	10	145	6.6-17.0	23.7-61.2	13.9-37.0	7.5	10	64	280	340	325	385	
	13	188	5.9-13.5	21.2-48.6	12.9-30.4	7.5	10	64	280	340	325	385	

Ilustración 5: Datos del fabricante.

Para poder comparar los valores es necesario normalizar nuestros valores ya que los datos del fabricante se refieren a aire FAD, según norma ISO 1217 (Temperatura de aire de entrada 20 °C, 68 °F. Presión absoluta de entrada 1 bar (14,5 psi). Humedad 0 [%]), como se muestra en la tabla siguiente:

P desc.	Velocidad	Caudal	Caudal normalizado	Valores mínimo fabricante	Valores máximo fabricante
Pd	n	Q			
[bar]	[rpm]	[m3/h]	[m3/h]	[m3/h]	[m3/h]
5,5	4315	42,1818116	42,5239584	18,4	73,8
6	4350	41,9012869	41,9012869	20,48	73,66
7	4350	42,7890766	42,7890766	25,68	73,31
8	4176	43,2954739	45,099452	21,22	71,196
9	3984	42,9360424	46,880468	23,7	66,436

Ilustración 6: Tabla normalizada para comparar valores.

¿Los valores están en el rango que les corresponde?

Comparando datos de ambas tablas podemos observar que los rangos obtenidos se cumplen y se mantiene dentro de los parámetros establecidos por el fabricante.

Se podría encontrar leves diferencias, pero siguen estando dentro de los parámetros que se pueden tolerar para el ensayo.

¿Qué comentario surge de lo anterior?

Las variaciones por lo que se puede ver comparando ambas tablas son mínimas, los valores se encuentran dentro del rango de funcionamiento dado por el fabricante.

Las leves diferencias se deben en mayor medida a la realización de la toma de mediciones, diferencias ambientales y factores humanos durante el ensayo, aun así, se considera una buena toma de muestras.

PRP

¿Qué significa el punto de rocío?

La temperatura en la que el vapor-gas alcanza enfriándose a una presión constante y condensando en forma de agua líquida. Esta condensación del agua es un problema constante en las instalaciones de aire comprimido.

Calcule el contenido de humedad del aire que entra y que sale del compresor.

$$PR = \sqrt[8]{HR/100} * (110 + T) - 110$$

PR = temperatura punto rocío

T = temperatura ambiente

$$w = \frac{0.622 * HR * Psat}{p - HR * Psat}$$

w = humedad absoluta

Los datos sobre los valores se obtendrán de la tabla A-4 mostrado en el anexo.

Presión descarga [bar]	HR entrada [%]	HR salida [%]	Psat entrada [Pa]	Psat salida [Pa]	Humedad absoluta entrada [Kg _{agua} /Kg _{aseco}]	Humedad absoluta salida [Kg _{agua} /Kg _{aseco}]
5,5	59,4	39,58758907	101258.35	233920	0,0089	0,00099
6	58,9	37,19813175	101258.36	233920	0,0086	0,00095
7	58,6	39,58758907	101258.37	250532	0,0086	0,0009
8	58,9	39,58758907	101258.38	258838	0,0086	0,0009
9	58,9	37,19813175	101258.39	250532	0,0086	0,00059

Ilustración 7:Tabla humedad.

Conclusión.

En el presente informe se concluyo el objetivo en su totalidad, se analizo el comportamiento del compresor y se comparo con los valores de funcionamiento dados por el fabricante.

Estos valores dieron una total concordancia con lo dado por que pudimos verificar el funcionamiento pleno en su rango de funcionamiento del compresor de tornillo.

Anexo.

914

TABLAS DE PROPIEDADES, FIGURAS Y DIAGRAMAS (UNIDADES SI)

TABLA A-4

Agua saturada. Tabla de temperaturas

Temp., T °C	Pres. sat., P _{sat} kPa	Volumen específico, m³/kg		Energía interna, kJ/kg			Entalpía, kJ/kg			Entropía, kJ/kg · K		
		Líquido, sat., v _f	Vapor sat., v _g	Líquido, sat., u _f	Evapor., u _{fg}	Vapor sat., u _g	Líquido, sat., h _f	Evapor., h _{fg}	Vapor sat., h _g	Líquido, sat., s _f	Evapor., 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	7.5670	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	6.6656	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	4.8056	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

TABLA A-4

Agua saturada. Tabla de temperaturas (conclusión)

Temp., T °C	Pres. sat., P _{sat} kPa	Volumen específico, m³/kg		Energía interna, kJ/kg			Entalpía, kJ/kg			Entropía, kJ/kg · K		
		Liq. sat., v _f	Vapor sat., v _g	Liq. sat., u _f	Evap., u _{fg}	Vapor sat., u _g	Liq. sat., h _f	Evap., h _{fg}	Vapor sat., h _g	Liq. sat., s _f	Evap., s _{fg}	Vapor sat., s _g
205	1724.3	0.001164	0.11508	872.86	1723.5	2596.4	874.87	1920.0	2794.8	2.3776	4.0154	6.3930
210	1907.7	0.001173	0.10429	895.38	1702.9	2598.3	897.61	1899.7	2797.3	2.4245	3.9318	6.3563
215	2105.9	0.001181	0.094680	918.02	1681.9	2599.9	920.50	1878.8	2799.3	2.4712	3.8489	6.3200
220	2319.6	0.001190	0.086094	940.79	1660.5	2601.3	943.55	1857.4	2801.0	2.5176	3.7664	6.2840
225	2549.7	0.001199	0.078405	963.70	1638.6	2602.3	966.76	1835.4	2802.2	2.5639	3.6844	6.2483
230	2797.1	0.001209	0.071505	986.76	1616.1	2602.9	990.14	1812.8	2802.9	2.6100	3.6028	6.2128
235	3062.6	0.001219	0.065300	1010.0	1593.2	2603.2	1013.7	1789.5	2803.2	2.6560	3.5216	6.1775
240	3347.0	0.001229	0.059707	1033.4	1569.8	2603.1	1037.5	1765.5	2803.0	2.7018	3.4405	6.1424
245	3651.2	0.001240	0.054656	1056.9	1545.7	2602.7	1061.5	1740.8	2802.2	2.7476	3.3596	6.1072
250	3976.2	0.001252	0.050085	1080.7	1521.1	2601.8	1085.7	1715.3	2801.0	2.7933	3.2788	6.0721
255	4322.9	0.001263	0.045941	1104.7	1495.8	2600.5	1110.1	1689.0	2799.1	2.8390	3.1979	6.0369
260	4692.3	0.001276	0.042175	1128.8	1469.9	2598.7	1134.8	1661.8	2796.6	2.8847	3.1169	6.0017
265	5085.3	0.001289	0.038748	1153.3	1443.2	2596.5	1159.8	1633.7	2793.5	2.9304	3.0358	5.9662
270	5503.0	0.001303	0.035622	1177.9	1415.7	2593.7	1185.1	1604.6	2789.7	2.9762	2.9542	5.9305
275	5946.4	0.001317	0.032767	1202.9	1387.4	2590.3	1210.7	1574.5	2785.2	3.0221	2.8723	5.8944
280	6416.6	0.001333	0.030153	1228.2	1358.2	2586.4	1236.7	1543.2	2779.9	3.0681	2.7898	5.8579
285	6914.6	0.001349	0.027756	1253.7	1328.1	2581.8	1263.1	1510.7	2773.7	3.1144	2.7066	5.8210
290	7441.8	0.001366	0.025554	1279.7	1296.9	2576.5	1289.8	1476.9	2766.7	3.1608	2.6225	5.7834
295	7999.0	0.001384	0.023528	1306.0	1264.5	2570.5	1317.1	1441.6	2758.7	3.2076	2.5374	5.7450
300	8587.9	0.001404	0.021659	1332.7	1230.9	2563.6	1344.8	1404.8	2749.6	3.2548	2.4511	5.7059
305	9209.4	0.001425	0.019932	1360.0	1195.9	2555.8	1373.1	1366.3	2739.4	3.3024	2.3633	5.6657
310	9865.0	0.001447	0.018333	1387.7	1159.3	2547.1	1402.0	1325.9	2727.9	3.3506	2.2737	5.6243
315	10556	0.001472	0.016849	1416.1	1121.1	2537.2	1431.6	1283.4	2715.0	3.3994	2.1821	5.5816
320	11284	0.001499	0.015470	1445.1	1080.9	2526.0	1462.0	1238.5	2700.6	3.4491	2.0881	5.5372
325	12051	0.001528	0.014183	1475.0	1038.5	2513.4	1493.4	1191.0	2684.3	3.4998	1.9911	5.4908
330	12858	0.001560	0.012979	1505.7	993.5	2499.2	1525.8	1140.3	2666.0	3.5516	1.8906	5.4422
335	13707	0.001597	0.011848	1537.5	945.5	2483.0	1559.4	1086.0	2645.4	3.6050	1.7857	5.3907
340	14601	0.001638	0.010783	1570.7	893.8	2464.5	1594.6	1027.4	2622.0	3.6602	1.6756	5.3358
345	15541	0.001685	0.009772	1605.5	837.7	2443.2	1631.7	963.4	2595.1	3.7179	1.5585	5.2765
350	16529	0.001741	0.008806	1642.4	775.9	2418.3	1671.2	892.7	2563.9	3.7788	1.4326	5.2114
355	17570	0.001808	0.007872	1682.2	706.4	2388.6	1714.0	812.9	2526.9	3.8442	1.2942	5.1384
360	18666	0.001895	0.006950	1726.2	625.7	2351.9	1761.5	720.1	2481.6	3.9165	1.1373	5.0537
365	19822	0.002015	0.006009	1777.2	526.4	2303.6	1817.2	605.5	2422.7	4.0004	0.9489	4.9493
370	21044	0.002217	0.004953	1844.5	385.6	2230.1	1891.2	443.1	2334.3	4.1119	0.6890	4.8009
373.95	22064	0.003106	0.003106	2015.7	0	2015.7	2084.3	0	2084.3	4.4070	0	4.4070

Fuente: Las tablas A-4 a A-8 fueron generadas utilizando el programa para resolver ecuaciones de ingeniería (EES) desarrollado por S. A. Klein y F. L. Alvarado. La rutina utilizada en los cálculos es la altamente precisa Steam_IAPWS, que incorpora la Formulación 1995 para las Propiedades Termodinámicas de la Sustancia Agua Ordinaria para Uso Científico y General, editada por The International Association for the Properties of Water and Steam (IAPWS). Esta formulación reemplaza a la formulación de 1984 de Haar, Gallagher y Keil (NBS/NRC Steam Tables, Hemisphere Publishing Co., 1984), la cual está también disponible en EES como la rutina STEAM. La nueva formulación se basa en las correlaciones de Saul y Wagner (J. Phys. Chem. Ref. Data, 16, 893, 1987) con modificaciones para ajustarla a la Escala Internacional de Temperaturas de 1990. Las modificaciones están descritas por Wagner y Pruss (J. Phys. Chem. Ref. Data, 22, 783, 1993). Las propiedades del hielo están basadas en Hyland y Wexler, "Formulations for the Thermodynamic Properties of the Saturated Phases of H₂O from 173.15 K a 473.15 K", ASHRAE Trans., Part 2A, Paper 2793, 1983.

Bibliografía

“Termodinámica” yunus cengel 7ma edición.

Apuntes Profesor Ramiro Mege