

## 1 Números adimensionales

Nusselt	$Nu = \frac{h L_c}{k}$	Relación entre la convección y conducción en un fluido.
Reynolds	$Re = \frac{u L_c}{\nu}$	Relación entre las fuerzas de inercia y viscosas.
Rayleigh	$Ra = Gr Pr = \frac{g \beta \Delta T L_c^3}{\nu \alpha}$	Relación entre el transporte de energía por conducción y por transporte en el seno de un fluido.
Grashof	$Gr = \frac{g \beta \Delta T L_c^3}{\nu^2}$	Relación entre las fuerzas de empuje y viscosas. (Convección libre o forzada)
Prandtl	$Pr = \frac{\nu}{\alpha}$	

## 2 Ordenes de Magnitud del Coeficiente de Película

Flujo Externo	Forzada	Gas	80-200
		Líquido	1.000-3.000
	Libre	Gas	5
		Líquido	300-400
Flujo Interno	Forzada	Gas	500-800
		Líquido	3.000-4.000
	Libre	Gas	5
		Líquido	300

## 3 Correlaciones convección

### 3.1 Flujo externo

Convección Forzada		
1	Placa Plana	$\overline{Nu} = (0.037 Re^{0.8} - 871) Pr^{1/3}$
2	Conducto Circular	$\overline{Nu}_L = c Re_D^n Pr^{1/3}$ (Tabla 1)
3	Conducto no Circular	$\overline{Nu}_L = c Re_{De}^n Pr^{1/3}$ (Tabla 2)
4	Esfera	$\overline{Nu}_D = 2 + (0.48 Re_D^{1/2} + 0.06 Re_D^{2/3}) Pr^{0.4} \frac{\mu}{\mu_s}$
5	Banco de Tubos	$\overline{Nu}_D = 1.13 C_1 C_2 Re_{D_{max}}^m Pr^{1/3}$ (Tabla 3 y 4)
Convección Libre		
6	Placa Plana Vertical	$\overline{Nu}_L = c Ra_L^n$ (Tabla 5)
7	Placa Plana Horizontal	$\overline{Nu}_L = c Ra_L^n$ (Tabla 6)
8	Placa Plana Inclinada	$\overline{Nu}_L = c (Ra_L \cos \theta)^n$ (Tabla 5)
9	Cilindro Vertical	$\overline{Nu}_L = c Ra_L^n$ (Tabla 5)
10	Cilindro Horizontal	$\overline{Nu}_D = c Ra_D^n$ (Tabla 5)

### 3.2 Flujo interno

Convección Forzada		
11	Conducto Circular	$\overline{Nu}_D = 0.023 Re^{0.8} Pr^{1/3}$
12	Conducto no Circular	$\overline{Nu}_D = 0.023 Re_{De}^{0.8} Pr^{1/3} \quad De = 4A / P$
Convección Libre		
13	Recinto Rectangular	$\overline{Nu}_L = 0.069 Ra_L^{1/3} Pr^{0.074}$
14	Recinto Cilíndrico (Hor.)	$\overline{Nu}_D = 0.55 Ra_D^{1/4}$
15	Recinto Cilíndrico (Ver.)	$\overline{Nu}_D = 0.55 Ra_D^{1/4}$
16	Recinto Esférico	$\overline{Nu}_L = 0.13 Ra_D^{1/3}$

### 3.3 Tablas de coeficientes de las correlaciones

Tabla 1: Coeficientes correlación 2

$Re_D$	C	m
0.4 - 4	0.989	0.330
4 - 40	0.911	0.385
40 - 4000	0.683	0.466
4000 - 40000	0.193	0.618
40000 - 400000	0.027	0.805

Tabla 2: Coeficientes correlación 3






Geometría	$Re_D$	C	m
Cuadrado			
$V \rightarrow$ 	$5 \cdot 10^3 - 10^5$	0.246	0.588
$V \rightarrow$ 	$5 \cdot 10^3 - 10^5$	0.102	0.675
Hexágono			
$V \rightarrow$ 	$5 \cdot 10^3 - 1.95 \cdot 10^4$	0.160	0.638
	$1.95 \cdot 10^4 - 10^5$	0.0385	0.782
$V \rightarrow$ 	$5 \cdot 10^3 - 10^5$	0.153	0.638
Placa vertical			
$V \rightarrow$ 	$4 \cdot 10^3 - 1.5 \cdot 10^4$	0.228	0.731

Tabla 3: Coeficientes "C<sub>2</sub>" de la correlación 5.

N (nº filas)	1	2	3	4	5	6	7	8	9
En línea	0.64	0.80	0.87	0.90	0.92	0.94	0.96	0.98	0.99
Cruzada	0.68	0.75	0.83	0.89	0.92	0.95	0.97	0.98	0.99

Tabla 4: Coeficientes “C<sub>1</sub>” de la correlación 5.

Distribución	S <sub>I</sub> /D	S <sub>T</sub> /D							
		1.25		1.50		2.00		3.00	
		C <sub>1</sub>	m	C <sub>1</sub>	M	C <sub>1</sub>	M	C <sub>1</sub>	m
En línea	1.25	0.348	0.592	0.275	0.608	0.100	0.704	0.0633	0.752
	1.50	0.367	0.586	0.250	0.620	0.101	0.702	0.0678	0.744
	2.00	0.418	0.570	0.299	0.602	0.229	0.632	0.198	0.648
	3.00	0.290	0.601	0.357	0.584	0.374	0.581	0.286	0.608
Cruzada	0.600	-	-	-	-	-	-	0.213	0.636
	0.900	-	-	-	-	0.446	0.571	0.401	0.581
	1.000	-	-	0.479	0.558	-	-	-	-
	1.125	-	-	-	-	0.478	0.565	0.518	0.560
	1.250	0.518	0.556	0.505	0.554	0.519	0.556	0.522	0.562
	1.500	0.451	0.568	0.460	0.562	0.452	0.568	0.488	0.568
	2.000	0.404	0.572	0.416	0.568	0.482	0.556	0.449	0.570
	3.000	0.310	0.592	0.356	0.580	0.440	0.562	0.428	0.574

Tabla 5: Coeficientes de las correlaciones (6), (8), (9), y (10)

TIPO DE FLUJO	Ra <sub>L</sub>	c	n
Laminar	10 <sup>4</sup> a 10 <sup>9</sup>	0.59	1/4
Turbulento	10 <sup>9</sup> a 10 <sup>13</sup>	0.10	1/3

Tabla 6: Coeficientes de la correlación (7)

ORIENTACIÓN DE LA PLACA	TIPO DE FLUJO	Ra <sub>L</sub>	c	n
Superficie superior caliente o superficie inferior fría	Laminar	10 <sup>5</sup> a 2*10 <sup>7</sup>	0.54	1/4
	Turbulento	2*10 <sup>7</sup> a 3*10 <sup>10</sup>	0.15	1/3
Superficie inferior caliente o superficie superior fría	Laminar	3*10 <sup>5</sup> a 3*10 <sup>10</sup>	0.27	1/4

## 4 Tablas de propiedades

Tabla 7: Propiedades termofísicas de sólidos metálicos a 300 K

Descripción	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$c_p$ (J/kg·K)	$k$ (W/m·K)	$\alpha \cdot 10^6$ (m <sup>2</sup> /s)
Acero puro	7870	447	80.2	23.1
Acero al carbono	7854	434	60.5	17.7
Acero al carbono-silicio	7817	446	51.9	14.9
Acero al carbono-Manganeso-silicio	8131	434	41.0	11.6
Acero con cromo (bajo)	7822	444	37.7	10.9
Acero inoxidable, AISI 302	8055	480	15.1	3.91
Acero inoxidable, AISI 304	7900	477	14.9	3.95
Acero inoxidable, AISI 316	8238	468	13.4	3.48
Acero inoxidable, AISI 347	7978	480	14.2	3.71
Aluminio puro	2702	903	237	97.1
Aluminio, aleación 2024-T6	2770	875	177	73.0
Aluminio, aleación 195, vaciado	2790	883	168	68.2
Armco (99.75% puro)	7870	447	72.7	20.7
Berilio	1850	1825	200	59.2
Bismuto	9780	122	7.86	6.59
Boro	2500	1107	27.0	9.76
Cadmio	8650	231	96.8	48.4
Cinc	7140	389	116	41.8
Circonio	6570	278	22.7	12.4
Cromo	7160	449	93.7	29.1
Cobalto	8862	421	99.2	26.6
Cobre puro	8933	385	401	117
Bronce comercial (90% Cu, 10% Al)	8800	420	52.0	14.0
Bronce fosforoso (89% Cu, 11% Sn)	8780	355	54.0	17.0
Latón (70% Cu, 30% Zn)	8530	380	110	33.9
Constantan (55% Cu, 45% Ni)	8920	384	23.0	6.71
Estaño	7310	227	66.6	40.1
Germanio	5360	322	59.9	34.7
Iridio	22500	130	147	50.3
Magnesio	1740	1024	156	87.6
Molibdeno	10240	251	138	53.7
Níquel puro	8900	444	90.7	23.0
Nicromio (80% Ni, 20% Cr)	8400	420	12.0	3.40
Inconel X-750	8510	439	11.7	3.10
Niobio	8570	265	53.7	23.6
Oro	19300	129	317	127
Paladio	12020	244	71.8	24.5
Plata	10500	235	429	174
Platino puro	21450	133	71.6	25.1
Platino, aleación (60% Pt, 40% Rh)	16630	162	47.0	17.4
Plomo	11340	129	35.3	24.1
Renio	21100	136	47.9	16.7
Rodio	12450	243	150	49.6
Silicio	2330	712	148	89.2
Tantalio	16600	140	57.5	24.7
Titanio	4500	522	21.9	9.32
Torio	11700	118	54.0	39.1
Tungsteno	19300	132	174	68.3
Uranio	19070	116	27.6	12.5
Vanadio	6100	489	30.7	10.3

Fuente: Frank P. Incropera y David P. DeWitt, "Fundamentos de la Transferencia de Calor" 4ª Ed., Prentice Hall, Méjico, 1999. Apéndice A.

Tabla 8: Propiedades termofísicas de sólidos no metálicos a 300 K

Selección de correlaciones y tablas para convección

Descripción	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$c_p$ (J/kg·K)	$k$ (W/m·K)	$\alpha \cdot 10^6$ (m <sup>2</sup> /s)
Azufre	2070	708	0.206	0.141
Bióxido de torio	9110	235	13.0	6.10
Bióxido de titanio, policristalino	4157	710	8.40	2.80
Bióxido de silicio, cristalino	2650	745	10.4/6.21 <sup>a</sup>	
Bióxido de silicio, policristalino	2220	745	1.38	0.834
Boro	2500	1105	27.6	9.99
Carbono amorfo	1950	-	1.60	-
Carbono, diamante tipo IIa	3500	509	2300	1290
Carburo de silicio	3160	675	490	230
Compuesto epóxico de fibra de boro	2080	1122	2.29/0.59 <sup>b</sup>	
Compuesto epóxico de fibra de grafito	1400	935	11.1/0.87 <sup>b</sup>	
Grafito pirolítico	2210	709	1950/5.70 <sup>c</sup>	
Óxido de aluminio, zafiro	3970	765	46.0	15.1
Óxido de aluminio, policristalino	3970	765	36.0	11.9
Óxido de Berilio	3000	1030	272	88.0
Pirocerámico granulada	2600	808	3.98	1.89
Nitruro de Silicio	2400	691	16.0	9.65

<sup>a</sup> La primera conductividad es en la dirección paralela al eje del cristal y la segunda perpendicular.

<sup>b</sup> La primera conductividad es en la dirección paralela a las fibras y la segunda perpendicular.

<sup>c</sup> La primera conductividad es en la dirección paralela a las capas y la segunda perpendicular.

Fuente: Frank P. Incropera y David P. DeWitt, "Fundamentos de la Transferencia de Calor" 4<sup>a</sup> Ed., Prentice Hall, México, 1999. Apéndice A.

Tabla 9: Propiedades termofísicas de otros materiales

Descripción	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$c_p$ (J/kg·K)	$k$ (W/m·K)
Bloque hueco de hormigón	1200	1050	0.49
Contrachapado de madera	700	1600	0.17
Enlucido de yeso	800	920	0.03
Forjado cerámico	1250	880	0.95
Forjado de hormigón	1500	1000	1.38
Hormigón armado (2% acero)	2400	1000	2.5
Hormigón en masa con áridos	2400	1050	1.63
Ladrillo hueco (Fabrica)	1200	920	0.49
Ladrillo macizo (Fabrica)	1800	1380	0.87
Lana mineral MW36	50	1030	0.036
Maderas de coníferas	600	2810	0.14
Mortero de cemento	2000	1050	1.4
Poliestireno Expandido tipo IV	20	1450	0.036
Poliestireno Extruído clase 0.034	25	1450	0.034
Poliuretano conformado Clase C	50	1800	0.025
Poliuretano proyectado	30	1800	0.026
Teja arcilla	2000	800	1
Vidrio para acristalar	2500	750	0.95

Fuente: Base de datos del programa de calificación energética de edificios, CALENER, Grupo de Termotecnia, Universidad de Sevilla, 2002.

Selección de correlaciones y tablas para convección

Tabla 10: Propiedades del aire seco a presión atmosférica

T (°C)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$c_p$ (kJ/kg·K)	$\mu \cdot 10^6$ (N·s/m <sup>2</sup> )	$\nu \cdot 10^6$ (m <sup>2</sup> /s)	$k \cdot 10^3$ (W/m·K)	$\alpha \cdot 10^6$ (m <sup>2</sup> /s)	Pr
-150	2.867	0.9825	8.636	3.013	11.71	4.157	0.7246
-100	2.039	0.9656	11.9	5.835	15.82	8.034	0.7263
-90	1.927	0.9753	12.49	6.482	16.62	8.842	0.733
-80	1.828	0.9835	13.07	7.153	17.42	9.692	0.7381
-70	1.738	0.9901	13.64	7.85	18.22	10.59	0.7414
-60	1.656	0.9952	14.2	8.572	19.01	11.53	0.7433
-50	1.582	0.999	14.74	9.317	19.79	12.52	0.744
-40	1.514	1.002	15.27	10.08	20.57	13.56	0.7436
-30	1.452	1.004	15.79	10.88	21.34	14.65	0.7425
-20	1.394	1.005	16.3	11.69	22.11	15.78	0.7408
-10	1.341	1.006	16.8	12.52	22.88	16.96	0.7387
0	1.292	1.006	17.29	13.38	23.64	18.17	0.7362
5	1.269	1.006	17.54	13.82	24.01	18.8	0.735
10	1.247	1.006	17.78	14.26	24.39	19.44	0.7336
15	1.225	1.007	18.02	14.71	24.76	20.08	0.7323
20	1.204	1.007	18.25	15.16	25.14	20.74	0.7309
25	1.184	1.007	18.49	15.61	25.51	21.4	0.7296
30	1.164	1.007	18.72	16.08	25.88	22.08	0.7282
35	1.146	1.007	18.95	16.54	26.25	22.76	0.7268
40	1.117	1.007	19.18	17.02	26.62	23.45	0.7255
45	1.11	1.007	19.41	17.49	26.99	24.16	0.7241
50	1.092	1.007	19.63	17.97	27.35	24.87	0.7228
55	1.076	1.007	19.86	18.46	27.72	25.59	0.7215
60	1.06	1.007	20.08	18.95	28.08	26.31	0.7202
65	1.044	1.007	20.3	19.45	28.45	27.05	0.719
70	1.029	1.007	20.52	19.95	28.81	27.79	0.7177
75	1.014	1.008	20.74	20.45	29.17	28.55	0.7166
80	0.9996	1.008	20.96	20.97	29.53	29.31	0.7154
85	0.9857	1.008	21.17	21.48	29.88	30.07	0.7143
90	0.9721	1.008	21.39	22	30.24	30.85	0.7132
95	0.9589	1.009	21.6	22.52	30.6	31.63	0.7121
100	0.946	1.009	21.81	23.05	30.95	32.42	0.7111
110	0.9213	1.01	22.23	24.12	31.65	34.02	0.7092
120	0.8979	1.011	22.64	25.21	32.35	35.64	0.7073
130	0.8756	1.012	23.05	26.32	33.05	37.3	0.7057
140	0.8544	1.013	23.45	27.44	33.74	38.98	0.7041
150	0.8343	1.014	23.85	28.59	34.43	40.68	0.7027
160	0.815	1.016	24.24	29.74	35.11	42.4	0.7014
170	0.7966	1.017	24.63	30.92	35.79	44.15	0.7003
180	0.779	1.019	25.01	32.11	36.46	45.92	0.6992
190	0.7622	1.021	25.39	33.32	37.13	47.71	0.6983
200	0.7461	1.023	25.77	34.54	37.79	49.53	0.6974
210	0.7306	1.025	26.14	35.78	38.45	51.36	0.6967
220	0.7158	1.027	26.51	37.04	39.1	53.21	0.696
230	0.7016	1.029	26.88	38.31	39.75	55.08	0.6955
240	0.6879	1.031	27.24	39.6	40.4	56.97	0.695
250	0.6748	1.033	27.6	40.9	41.04	58.88	0.6946
260	0.6621	1.035	27.95	42.22	41.67	60.81	0.6942
270	0.6499	1.037	28.3	43.55	42.31	62.75	0.694
280	0.6382	1.04	28.65	44.9	42.93	64.72	0.6938
290	0.6269	1.042	29	46.26	43.56	66.69	0.6936
300	0.6159	1.044	29.34	47.64	44.18	68.69	0.6935
310	0.6054	1.047	29.68	49.03	44.79	70.7	0.6934
320	0.5951	1.049	30.01	50.43	45.4	72.73	0.6934
330	0.5853	1.051	30.35	51.85	46.01	74.77	0.6935
340	0.5757	1.054	30.68	53.29	46.61	76.83	0.6936
350	0.5665	1.056	31.01	54.73	47.21	78.9	0.6937

Tabla 4: Propiedades del aire seco a presión atmosférica (cont.)

T (°C)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$c_p$ (kJ/kg·K)	$\mu \cdot 10^6$ (N·s/m <sup>2</sup> )	$\nu \cdot 10^6$ (m <sup>2</sup> /s)	$k \cdot 10^3$ (W/m·K)	$\alpha \cdot 10^6$ (m <sup>2</sup> /s)	Pr
360	0.5576	1.059	31.33	56.19	47.81	80.99	0.6938
370	0.5489	1.061	31.65	57.67	48.4	83.09	0.694
380	0.5405	1.064	31.97	59.16	48.99	85.21	0.6943
390	0.5323	1.066	32.29	60.66	49.57	87.34	0.6945
400	0.5244	1.069	32.61	62.18	50.15	89.49	0.6948
410	0.5167	1.071	32.92	63.71	50.72	91.65	0.6951
420	0.5093	1.073	33.23	65.25	51.29	93.83	0.6954
430	0.502	1.076	33.54	66.8	51.86	96.02	0.6957
440	0.495	1.078	33.84	68.37	52.42	98.22	0.6961
450	0.4882	1.081	34.15	69.95	52.98	100.4	0.6965
460	0.4815	1.083	34.45	71.54	53.54	102.7	0.6969
470	0.475	1.085	34.75	73.15	54.09	104.9	0.6973
480	0.4687	1.088	35.04	74.77	54.64	107.2	0.6977
490	0.4626	1.09	35.34	76.4	55.18	109.4	0.6982
500	0.4566	1.093	35.63	78.04	55.72	111.7	0.6986
550	0.4289	1.104	37.07	86.44	58.37	123.3	0.7011
600	0.4043	1.115	38.46	95.12	60.93	135.2	0.7037
650	0.3824	1.125	39.81	104.1	63.41	147.4	0.7064
700	0.3628	1.135	41.11	113.3	65.81	159.8	0.7092
750	0.345	1.145	42.39	122.8	68.12	172.5	0.7121
800	0.329	1.153	43.62	132.6	70.37	185.5	0.7149
850	0.3143	1.162	44.83	142.6	72.54	198.7	0.7178
900	0.3009	1.169	46	152.9	74.65	212.2	0.7206
950	0.2886	1.177	47.15	163.4	76.7	225.8	0.7233
1000	0.2773	1.184	48.26	174.1	78.68	239.8	0.726
1100	0.2571	1.196	50.42	196.1	82.48	268.2	0.7312
1200	0.2396	1.207	52.48	219	86.09	297.6	0.736
1400	0.211	1.226	56.35	267.1	92.81	358.8	0.7444
1600	0.1885	1.241	59.92	317.9	99.08	423.6	0.7506
1800	0.1703	1.253	63.22	371.3	105.1	492.5	0.7539
2000	0.1553	1.264	66.3	426.9	111.1	566.2	0.7539

Fuente: Todas las propiedades de Keenan, Chao, Keyes, "Gas Tables", Wiley, 1985.

Excepto:

Conductividad de Y.S. Touloukian, P.E. Liley, S.C. Saxena "Thermophysical Properties of Matter – Vol 3", IFI/Plenun, NY, 1970

Viscosidad de Y.S. Touloukian, S.C. Saxena, and P. Hestermans "Thermophysical Properties of Matter – Vol 11", IFI/Plenun, NY, 1970

Selección de correlaciones y tablas para convección

Tabla 11: Propiedades del Amoniaco a presión atmosférica

T (°C)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$c_p$ (kJ/kg·K)	$\mu \cdot 10^7$ (N·s/m <sup>2</sup> )	$\nu \cdot 10^6$ (m <sup>2</sup> /s)	$k \cdot 10^3$ (W/m·K)	$\alpha \cdot 10^6$ (m <sup>2</sup> /s)	Pr
0	0.7715	2.179	93.58	12.13	21.97	13.07	0.9284
10	0.7426	2.169	97.11	13.08	23.02	14.29	0.9152
20	0.716	2.165	100.7	14.06	24.09	15.54	0.9047
30	0.6914	2.165	104.2	15.07	25.18	16.82	0.8962
40	0.6686	2.169	107.8	16.12	26.29	18.13	0.8894
50	0.6472	2.176	111.4	17.21	27.42	19.47	0.8838
60	0.6272	2.186	114.9	18.33	28.58	20.84	0.8792
70	0.6085	2.197	118.6	19.48	29.75	22.25	0.8755
80	0.5909	2.21	122.2	20.67	30.94	23.7	0.8724
90	0.5743	2.224	125.8	21.9	32.15	25.18	0.8699
100	0.5587	2.239	129.4	23.17	33.39	26.69	0.8678
120	0.5298	2.271	136.7	25.8	35.9	29.83	0.865
140	0.5039	2.307	144	28.59	38.49	33.11	0.8635
160	0.4804	2.345	151.4	31.52	41.14	36.52	0.863
180	0.459	2.385	158.8	34.6	43.86	40.07	0.8634
200	0.4395	2.426	166.2	37.82	46.64	43.75	0.8645
250	0.3972	2.533	184.8	46.53	53.83	53.5	0.8697
300	0.3624	2.645	203.5	56.15	61.34	63.99	0.8775
350	0.3333	2.759	222.2	66.68	69.1	75.15	0.8872
400	0.3085	2.875	240.9	78.1	77.09	86.94	0.8983

Fuente: S.A. Klein y F.L. Alvarado, "Engineering Equation Solver Software (EES)", Academia Versión 6.271 (20-07-2001).

Tabla 12: Propiedades del CO<sub>2</sub> a presión atmosférica

T (°C)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$c_p$ (kJ/kg·K)	$\mu \cdot 10^7$ (N·s/m <sup>2</sup> )	$\nu \cdot 10^6$ (m <sup>2</sup> /s)	$k \cdot 10^3$ (W/m·K)	$\alpha \cdot 10^6$ (m <sup>2</sup> /s)	Pr
0	1.977	0.8268	137.1	6.935	14.66	8.968	0.7734
10	1.906	0.8364	142	7.452	15.43	9.683	0.7696
20	1.839	0.846	146.9	7.985	16.22	10.43	0.766
30	1.778	0.8556	151.7	8.535	17.03	11.2	0.7624
40	1.72	0.8651	156.5	9.101	17.84	11.99	0.759
50	1.666	0.8745	161.3	9.683	18.67	12.81	0.7557
60	1.616	0.8838	166.1	10.28	19.5	13.66	0.7527
70	1.568	0.8929	170.8	10.89	20.34	14.53	0.7498
80	1.523	0.9019	175.5	11.52	21.18	15.42	0.7472
90	1.481	0.9107	180.1	12.17	22.03	16.33	0.7447
100	1.441	0.9193	184.7	12.82	22.88	17.27	0.7425
120	1.367	0.9361	193.9	14.18	24.57	19.2	0.7386
140	1.3	0.9523	202.8	15.6	26.27	21.21	0.7353
160	1.24	0.9678	211.7	17.07	27.96	23.3	0.7327
180	1.185	0.9827	220.4	18.6	29.64	25.46	0.7306
200	1.135	0.9971	228.9	20.17	31.31	27.68	0.7289
250	1.026	1.031	249.7	24.34	35.44	33.52	0.7261
300	0.9361	1.061	269.6	28.8	39.47	39.74	0.7248
350	0.8609	1.089	288.8	33.54	43.41	46.31	0.7243
400	0.7968	1.114	307.2	38.55	47.26	53.23	0.7241
450	0.7417	1.137	324.9	43.8	51.02	60.49	0.7242
500	0.6937	1.159	342	49.3	54.72	68.1	0.7239

Fuente: S.A. Klein y F.L. Alvarado, "Engineering Equation Solver Software (EES)", Academia Versión 6.271 (20-07-2001).



Selección de correlaciones y tablas para convección

Tabla 13: Propiedades del CO a presión atmosférica

T (°C)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$c_p$ (kJ/kg·K)	$\mu \cdot 10^7$ (N·s/m <sup>2</sup> )	$\nu \cdot 10^6$ (m <sup>2</sup> /s)	$k \cdot 10^3$ (W/m·K)	$\alpha \cdot 10^6$ (m <sup>2</sup> /s)	Pr
0	1.25	1.041	163.9	13.11	24.59	18.9	0.6937
10	1.206	1.041	168.6	13.99	25.31	20.17	0.6933
20	1.164	1.04	173.3	14.88	26.01	21.48	0.693
30	1.126	1.04	177.9	15.8	26.71	22.81	0.6927
40	1.09	1.04	182.4	16.74	27.4	24.17	0.6924
50	1.056	1.04	186.9	17.69	28.07	25.56	0.6921
60	1.024	1.04	191.3	18.67	28.74	26.99	0.6919
70	0.9944	1.04	195.6	19.67	29.4	28.44	0.6917
80	0.9662	1.039	199.8	20.68	30.04	29.91	0.6915
90	0.9396	1.039	204	21.72	30.68	31.42	0.6913
100	0.9143	1.039	208.2	22.77	31.31	32.95	0.6911
120	0.8678	1.039	216.3	24.93	32.55	36.09	0.6907
140	0.8257	1.039	224.2	27.15	33.75	39.33	0.6904
160	0.7876	1.039	231.9	29.45	34.92	42.67	0.6901
180	0.7528	1.039	239.4	31.8	36.06	46.09	0.6899
200	0.7209	1.039	246.7	34.22	37.17	49.61	0.6897
250	0.652	1.04	264.1	40.51	39.85	58.78	0.6892
300	0.5951	1.04	280.6	47.16	42.38	68.45	0.6889
350	0.5473	1.041	296.3	54.14	44.8	78.61	0.6887
400	0.5067	1.042	311.4	61.46	47.13	89.25	0.6886
450	0.4716	1.043	326	69.11	49.4	100.4	0.6885
500	0.4411	1.045	340.2	77.12	51.63	112	0.6885

Fuente: S.A. Klein y F.L. Alvarado, "Engineering Equation Solver Software (EES)", Academia Versión 6.271 (20-07-2001).

Tabla 14: Propiedades del vapor de agua a presión atmosférica

T (°C)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$c_p$ (kJ/kg·K)	$\mu \cdot 10^7$ (N·s/m <sup>2</sup> )	$\nu \cdot 10^6$ (m <sup>2</sup> /s)	$k \cdot 10^3$ (W/m·K)	$\alpha \cdot 10^6$ (m <sup>2</sup> /s)	Pr
100.1	0.5973	2.044	122.7	20.54	25.1	20.56	0.9992
110	0.5808	2.023	126.4	21.77	25.78	21.94	0.992
120	0.5652	2.007	130.2	23.04	26.5	23.37	0.9861
130	0.5504	1.995	134	24.35	27.26	24.82	0.9812
140	0.5365	1.987	137.9	25.71	28.05	26.31	0.9771
150	0.5233	1.981	141.8	27.1	28.86	27.84	0.9735
160	0.5108	1.977	145.8	28.53	29.7	29.41	0.9703
170	0.4989	1.975	149.7	30.01	30.57	31.02	0.9675
180	0.4876	1.974	153.7	31.52	31.45	32.67	0.9649
190	0.4768	1.975	157.7	33.08	32.36	34.37	0.9624
200	0.4665	1.976	161.8	34.68	33.28	36.11	0.9602
220	0.4472	1.98	169.9	37.99	35.19	39.74	0.9559
240	0.4295	1.986	178.1	41.46	37.16	43.56	0.9519
260	0.4131	1.994	186.3	45.1	39.19	47.57	0.948
280	0.398	2.003	194.6	48.89	41.28	51.77	0.9444
300	0.384	2.013	202.9	52.84	43.41	56.16	0.9408
350	0.3529	2.04	223.7	63.38	48.96	67.98	0.9323
400	0.3266	2.07	244.5	74.87	54.75	80.98	0.9245
450	0.3039	2.102	265.2	87.26	60.76	95.13	0.9173
500	0.2842	2.135	285.7	100.5	66.97	110.4	0.9108
550	0.2669	2.168	306.1	114.7	73.35	126.8	0.9048
600	0.2516	2.203	326.2	129.7	79.89	144.2	0.8994

Fuente: S.A. Klein y F.L. Alvarado, "Engineering Equation Solver Software (EES)", Academia Versión 6.271 (20-07-2001).

Tabla 15: Propiedades del agua líquida a presión atmosférica

T (°C)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$c_p$ (kJ/kg·K)	$\mu \cdot 10^6$ (N·s/m <sup>2</sup> )	$\nu \cdot 10^6$ (m <sup>2</sup> /s)	$k \cdot 10^3$ (W/m·K)	$\alpha \cdot 10^6$ (m <sup>2</sup> /s)	$\beta \cdot 10^3$ (1/K)	Pr
0.001	1005	4.213	1766	1.757	567.2	0.1339	-0.08021	13.12
5	1004	4.201	1506	1.500	574.8	0.1363	0.01135	11.00
10	1003	4.191	1300	1.297	583.0	0.1387	0.08744	9.348
15	1001	4.184	1135	1.134	591.4	0.1412	0.1523	8.033
20	999.5	4.180	1001	1.001	599.8	0.1436	0.209	6.975
25	997.9	4.176	890.1	0.8920	608.0	0.1459	0.2594	6.114
30	996.2	4.175	797.6	0.8007	616.0	0.1481	0.3051	5.406
35	994.3	4.174	719.6	0.7238	623.6	0.1503	0.347	4.817
40	992.4	4.174	653.3	0.6583	630.7	0.1523	0.3859	4.323
45	990.3	4.175	596.3	0.6022	637.4	0.1542	0.4225	3.906
50	988.1	4.177	547.1	0.5537	643.6	0.1559	0.4572	3.551
55	985.7	4.179	504.2	0.5115	649.3	0.1576	0.4903	3.245
60	983.2	4.182	466.6	0.4746	654.4	0.1592	0.5221	2.981
65	980.6	4.184	433.5	0.4420	659.1	0.1606	0.5528	2.752
70	977.9	4.188	404.1	0.4132	663.2	0.1620	0.5827	2.551
75	975.0	4.191	378.0	0.3877	666.9	0.1632	0.6118	2.375
80	971.9	4.195	354.6	0.3648	670.2	0.1644	0.6402	2.219
85	968.8	4.199	333.6	0.3443	673.0	0.1654	0.6682	2.081
90	965.5	4.204	314.6	0.3259	675.5	0.1664	0.6958	1.958
95	962.1	4.209	297.5	0.3092	677.5	0.1673	0.723	1.848
100	958.5	4.214	281.9	0.2941	679.3	0.1682	0.7501	1.749

Fuente: S.A. Klein y F.L. Alvarado, "Engineering Equation Solver Software (EES)", Academia Versión 6.271 (20-07-2001).