

Unidades del SI [101 kPa (abs) y 25 °C]

	Gravedad específica sg	Peso específico γ (kN/m ³)	Densidad ρ (kg/m ³)	Viscosidad dinámica η (Pa·s)	Viscosidad cinemática ν (m ² /s)
Acetona	0.787	7.72	787	3.16×10^{-4}	4.02×10^{-7}
Alcohol, etilo	0.787	7.72	787	1.00×10^{-3}	1.27×10^{-6}
Alcohol, metilo	0.789	7.74	789	5.60×10^{-4}	7.10×10^{-7}
Alcohol, propilo	0.802	7.87	802	1.92×10^{-3}	2.39×10^{-6}
Aguamarina amoniaco (25%)	0.910	8.93	910	—	—
Benceno	0.876	8.59	876	6.03×10^{-4}	6.88×10^{-7}
Tetracloruro de carbono	1.590	15.60	1 590	9.10×10^{-4}	5.72×10^{-7}
Aceite de ricino	0.960	9.42	960	6.51×10^{-1}	6.78×10^{-4}
Etilenglicol	1.100	10.79	1 100	1.62×10^{-2}	1.47×10^{-5}
Gasolina	0.68	6.67	680	2.87×10^{-4}	4.22×10^{-7}
Glicerina	1.258	12.34	1 258	9.60×10^{-1}	7.63×10^{-4}
Queroseno	0.823	8.07	823	1.64×10^{-3}	1.99×10^{-6}
Aceite de linaza	0.930	9.12	930	3.31×10^{-2}	3.56×10^{-5}
Mercurio	13.54	132.8	13 540	1.53×10^{-3}	1.13×10^{-7}
Propano	0.495	4.86	495	1.10×10^{-4}	2.22×10^{-7}
Agua de mar	1.030	10.10	1 030	1.03×10^{-3}	1.00×10^{-6}
Trementina	0.870	8.53	870	1.37×10^{-3}	1.57×10^{-6}
Aceite combustible, medio	0.852	8.36	852	2.99×10^{-3}	3.51×10^{-6}
Aceite combustible, pesado	0.906	8.89	906	1.07×10^{-1}	1.18×10^{-4}

Datos aproximados de los fluidos naturales y biológicos seleccionados. Los valores varían significativamente con su composición.

Aceite de oliva a 68 °F (20 °C)	0.92	9.03	920	0.085	9.24×10^{-5}
Miel a 70 °F (21 °C)	1.42	13.93	1420	10.0	7.04×10^{-3}
Salsa Catsup a 70 °F (21 °C)	1.48	14.52	1480	50.0	3.38×10^{-2}
Mantequilla de maní a 70 °F (21 °C)	1.30	12.75	1300	250	1.92×10^{-1}
Sangre a 50 °F (10 °C)	1.06	10.20	1060	0.01	9.43×10^{-6}
Sangre a 98.6 °F (37 °C)	1.06	10.20	1060	3.5×10^{-3}	3.30×10^{-6}

DIMENSIONES DE LA TUBERÍA DE ACERO

Cédula 40

Tamaño nominal de la tubería		Diámetro exterior		Espesor de pared		Diámetro interior			Área de flujo	
NPS (in)	DN (mm)	(in)	(mm)	(in)	(mm)	(in)	(ft)	(mm)	(ft ²)	(m ²)
1/8	6	0.405	10.3	0.068	1.73	0.269	0.0224	6.8	0.000 394	3.660 × 10 ⁻⁵
1/4	8	0.540	13.7	0.088	2.24	0.364	0.0303	9.2	0.000 723	6.717 × 10 ⁻⁵
3/8	10	0.675	17.1	0.091	2.31	0.493	0.0411	12.5	0.001 33	1.236 × 10 ⁻⁴
1/2	15	0.840	21.3	0.109	2.77	0.622	0.0518	15.8	0.002 11	1.960 × 10 ⁻⁴
3/4	20	1.050	26.7	0.113	2.87	0.824	0.0687	20.9	0.003 70	3.437 × 10 ⁻⁴
1	25	1.315	33.4	0.133	3.38	1.049	0.0874	26.6	0.006 00	5.574 × 10 ⁻⁴
1 1/4	32	1.660	42.2	0.140	3.56	1.380	0.1150	35.1	0.010 39	9.653 × 10 ⁻⁴
1 1/2	40	1.900	48.3	0.145	3.68	1.610	0.1342	40.9	0.014 14	1.314 × 10 ⁻³
2	50	2.375	60.3	0.154	3.91	2.067	0.1723	52.5	0.023 33	2.168 × 10 ⁻³
2 1/2	65	2.875	73.0	0.203	5.16	2.469	0.2058	62.7	0.033 26	3.090 × 10 ⁻³
3	80	3.500	88.9	0.216	5.49	3.068	0.2557	77.9	0.051 32	4.768 × 10 ⁻³
3 1/2	90	4.000	101.6	0.226	5.74	3.548	0.2957	90.1	0.068 68	6.381 × 10 ⁻³
4	100	4.500	114.3	0.237	6.02	4.026	0.3355	102.3	0.088 40	8.213 × 10 ⁻³
5	125	5.563	141.3	0.258	6.55	5.047	0.4206	128.2	0.139 0	1.291 × 10 ⁻²
6	150	6.625	168.3	0.280	7.11	6.065	0.5054	154.1	0.200 6	1.864 × 10 ⁻²
8	200	8.625	219.1	0.322	8.18	7.981	0.6651	202.7	0.347 2	3.226 × 10 ⁻²
10	250	10.750	273.1	0.365	9.27	10.020	0.8350	254.5	0.547 9	5.090 × 10 ⁻²
12	300	12.750	323.9	0.406	10.31	11.938	0.9948	303.2	0.777 1	7.219 × 10 ⁻²
14	350	14.000	355.6	0.437	11.10	13.126	1.094	333.4	0.939 6	8.729 × 10 ⁻²
16	400	16.000	406.4	0.500	12.70	15.000	1.250	381.0	1.227	0.1140
18	450	18.000	457.2	0.562	14.27	16.876	1.406	428.7	1.553	0.1443
20	500	20.000	508.0	0.593	15.06	18.814	1.568	477.9	1.931	0.1794
24	600	24.000	609.6	0.687	17.45	22.626	1.886	574.7	2.792	0.2594

Cédula 80

Tamaño nominal de la tubería		Diámetro exterior		Espesor de pared		Diámetro interior			Área de flujo	
NPS (in)	DN (mm)	(in)	(mm)	(in)	(mm)	(in)	(ft)	(mm)	(ft ²)	(m ²)
1/8	6	0.405	10.3	0.095	2.41	0.215	0.017 92	5.5	0.000 253	2.350 × 10 ⁻⁵
1/4	8	0.540	13.7	0.119	3.02	0.302	0.025 17	7.7	0.000 497	4.617 × 10 ⁻⁵
3/8	10	0.675	17.1	0.126	3.20	0.423	0.035 25	10.7	0.000 976	9.067 × 10 ⁻⁵
1/2	15	0.840	21.3	0.147	3.73	0.546	0.045 50	13.9	0.001 625	1.510 × 10 ⁻⁴
5/8	20	1.050	26.7	0.154	3.91	0.742	0.061 83	18.8	0.003 00	2.787 × 10 ⁻⁴
1	25	1.315	33.4	0.179	4.55	0.957	0.079 75	24.3	0.004 99	4.636 × 10 ⁻⁴
1 1/4	32	1.660	42.2	0.191	4.85	1.278	0.106 5	32.5	0.008 91	8.278 × 10 ⁻⁴
1 1/2	40	1.900	48.3	0.200	5.08	1.500	0.125 0	38.1	0.012 27	1.140 × 10 ⁻³
2	50	2.375	60.3	0.218	5.54	1.939	0.161 6	49.3	0.020 51	1.905 × 10 ⁻³
2 1/2	65	2.875	73.0	0.276	7.01	2.323	0.193 6	59.0	0.029 44	2.735 × 10 ⁻³
3	80	3.500	88.9	0.300	7.62	2.900	0.241 7	73.7	0.045 90	4.264 × 10 ⁻³
3 1/2	90	4.000	101.6	0.318	8.08	3.364	0.280 3	85.4	0.061 74	5.736 × 10 ⁻³
4	100	4.500	114.3	0.337	8.56	3.826	0.318 8	97.2	0.079 86	7.419 × 10 ⁻³
5	125	5.563	141.3	0.375	9.53	4.813	0.401 1	122.3	0.126 3	1.173 × 10 ⁻²
6	150	6.625	168.3	0.432	10.97	5.761	0.480 1	146.3	0.181 0	1.682 × 10 ⁻²
8	200	8.625	219.1	0.500	12.70	7.625	0.635 4	193.7	0.317 4	2.949 × 10 ⁻²
10	250	10.750	273.1	0.593	15.06	9.564	0.797 0	242.9	0.498 6	4.632 × 10 ⁻²
12	300	12.750	323.9	0.687	17.45	11.376	0.948 0	289.0	0.705 6	6.555 × 10 ⁻²
14	350	14.000	355.6	0.750	19.05	12.500	1.042	317.5	0.852 1	7.916 × 10 ⁻²
16	400	16.000	406.4	0.842	21.39	14.314	1.193	363.6	1.117	0.1038
18	450	18.000	457.2	0.937	23.80	16.126	1.344	409.6	1.418	0.1317
20	500	20.000	508.0	1.031	26.19	17.938	1.495	455.6	1.755	0.1630
24	600	24.000	609.6	1.218	30.94	21.564	1.797	547.7	2.535	0.2344

DIMENSIONES DE TUBOS DE ACERO, COBRE Y PLÁSTICO

Dimensiones de tubos de acero —tamaños basados en pulgadas									
Diámetro exterior		Espesor de pared		Diámetro interior			Área de flujo		
(in)	(mm)	(in)	(mm)	(in)	(ft)	(mm)	(ft ²)	(m ²)	
$\frac{1}{8}$	3.18	0.032	0.813	0.061	0.00508	1.549	2.029×10^{-5}	1.885×10^{-6}	
		0.035	0.889	0.055	0.00458	1.397	1.650×10^{-5}	1.533×10^{-6}	
$\frac{3}{16}$	4.76	0.032	0.813	0.124	0.01029	3.137	8.319×10^{-5}	7.728×10^{-6}	
		0.035	0.889	0.117	0.00979	2.985	7.530×10^{-5}	6.996×10^{-6}	
$\frac{1}{4}$	6.35	0.035	0.889	0.180	0.01500	4.572	1.767×10^{-4}	1.642×10^{-5}	
		0.049	1.24	0.152	0.01267	3.861	1.260×10^{-4}	1.171×10^{-5}	
$\frac{5}{16}$	7.94	0.035	0.889	0.243	0.02021	6.160	3.207×10^{-4}	2.980×10^{-5}	
		0.049	1.24	0.215	0.01788	5.448	2.509×10^{-4}	2.331×10^{-5}	
$\frac{3}{8}$	9.53	0.035	0.889	0.305	0.02542	7.747	5.074×10^{-4}	4.714×10^{-5}	
		0.049	1.24	0.277	0.02308	7.036	4.185×10^{-4}	3.888×10^{-5}	
$\frac{1}{2}$	12.70	0.049	1.24	0.402	0.03350	10.21	8.814×10^{-4}	8.189×10^{-5}	
		0.065	1.65	0.370	0.03083	9.40	7.467×10^{-4}	6.937×10^{-5}	
$\frac{5}{8}$	15.88	0.049	1.24	0.527	0.04392	13.39	1.515×10^{-3}	1.407×10^{-4}	
		0.065	1.65	0.495	0.04125	12.57	1.336×10^{-3}	1.242×10^{-4}	
$\frac{3}{4}$	19.05	0.049	1.24	0.652	0.05433	16.56	2.319×10^{-3}	2.154×10^{-4}	
		0.065	1.65	0.620	0.05167	15.75	2.097×10^{-3}	1.948×10^{-4}	
$\frac{7}{8}$	22.23	0.049	1.24	0.777	0.06475	19.74	3.293×10^{-3}	3.059×10^{-4}	
		0.065	1.65	0.745	0.06208	18.92	3.027×10^{-3}	2.812×10^{-4}	
$1\frac{1}{2}$	25.40	0.065	1.65	0.870	0.07250	22.10	4.128×10^{-3}	3.835×10^{-4}	
		0.083	2.11	0.834	0.06950	21.18	3.794×10^{-3}	3.524×10^{-4}	
$1\frac{3}{4}$	31.75	0.065	1.65	1.120	0.09333	28.45	6.842×10^{-3}	6.356×10^{-4}	
		0.083	2.11	1.084	0.09033	27.53	6.409×10^{-3}	5.954×10^{-4}	
$2\frac{1}{2}$	38.10	0.065	1.65	1.370	0.1142	34.80	1.024×10^{-2}	9.510×10^{-4}	
		0.083	2.11	1.334	0.1112	33.88	9.706×10^{-3}	9.017×10^{-4}	
$2\frac{3}{4}$	44.45	0.065	1.65	1.620	0.1350	41.15	1.431×10^{-2}	1.330×10^{-3}	
		0.083	2.11	1.584	0.1320	40.23	1.368×10^{-2}	1.271×10^{-3}	
$3\frac{1}{2}$	50.80	0.065	1.65	1.870	0.1558	47.50	1.907×10^{-2}	1.772×10^{-3}	
		0.083	2.11	1.834	0.1528	46.58	1.835×10^{-2}	1.704×10^{-3}	

Coeficiente de resistencia —ampliación súbita—. Datos métricos

D_2/D_1	Velocidad v_1 , m/s										
	0.5	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0
1.2	0.11	0.10	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09
1.4	0.26	0.26	0.24	0.23	0.23	0.22	0.22	0.22	0.21	0.21	0.21
1.6	0.40	0.39	0.36	0.35	0.35	0.34	0.33	0.33	0.32	0.32	0.32
1.8	0.51	0.49	0.46	0.45	0.44	0.43	0.42	0.42	0.41	0.41	0.41
2.0	0.60	0.58	0.54	0.52	0.52	0.51	0.50	0.50	0.49	0.48	0.48
2.5	0.74	0.72	0.67	0.65	0.64	0.63	0.62	0.62	0.61	0.60	0.59
3.0	0.84	0.80	0.75	0.73	0.71	0.70	0.69	0.68	0.67	0.67	0.66
4.0	0.93	0.89	0.83	0.80	0.79	0.77	0.76	0.75	0.74	0.74	0.73
5.0	0.97	0.93	0.87	0.84	0.83	0.81	0.80	0.79	0.78	0.77	0.76
10.0	1.00	0.98	0.92	0.89	0.87	0.85	0.84	0.83	0.82	0.82	0.81
∞	1.00	1.00	0.94	0.91	0.89	0.87	0.86	0.85	0.84	0.83	0.82

D_2/D_1 —relación entre el diámetro de la tubería más grande y el diámetro de la tubería más pequeña; v_1 —velocidad en la tubería más pequeña.

Fuente: Brater, Ernest F. et al. © 1996 *Handbook of Hydraulics*, 7a. ed. Nueva York: McGraw-Hill, tabla 6-5.

Coeficiente de resistencia —ampliación gradual

D_2/D_1	Ángulo de cono θ											
	2°	6°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	45°	50°	60°
1.1	0.01	0.01	0.03	0.05	0.10	0.13	0.16	0.18	0.19	0.20	0.21	0.23
1.2	0.02	0.02	0.04	0.09	0.16	0.21	0.25	0.29	0.31	0.33	0.35	0.37
1.4	0.02	0.03	0.06	0.12	0.23	0.30	0.36	0.41	0.44	0.47	0.50	0.53
1.6	0.03	0.04	0.07	0.14	0.26	0.35	0.42	0.47	0.51	0.54	0.57	0.61
1.8	0.03	0.04	0.07	0.15	0.28	0.37	0.44	0.50	0.54	0.58	0.61	0.65
2.0	0.03	0.04	0.07	0.16	0.29	0.38	0.46	0.52	0.56	0.60	0.63	0.68
2.5	0.03	0.04	0.08	0.16	0.30	0.39	0.48	0.54	0.58	0.62	0.65	0.70
3.0	0.03	0.04	0.08	0.16	0.31	0.40	0.48	0.55	0.59	0.63	0.66	0.71
∞	0.03	0.05	0.08	0.16	0.31	0.40	0.49	0.56	0.60	0.64	0.67	0.72

Fuente: Brater, Ernest F., Horace W. King, James E. Lindell y C. Y. Wei. 1996. *Handbook of Hydraulics*, 7a. ed. Nueva York: McGraw-Hill, tabla 6-6.

Coeficiente de resistencia —contracción súbita—. Datos para la figura 10.8

D_2/D_1	Velocidad v_2									
	0.6 m/s 2 ft/s	1.2 m/s 4 ft/s	1.8 m/s 6 ft/s	2.4 m/s 8 ft/s	3 m/s 10 ft/s	4.5 m/s 15 ft/s	6 m/s 20 ft/s	9 m/s 30 ft/s	12 m/s 40 ft/s	
1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1.1	0.03	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05	0.05	0.06	
1.2	0.07	0.07	0.07	0.07	0.08	0.08	0.09	0.10	0.11	
1.4	0.17	0.17	0.17	0.17	0.18	0.18	0.18	0.19	0.20	
1.6	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.25	0.25	0.25	0.24	
1.8	0.34	0.34	0.34	0.33	0.33	0.32	0.31	0.29	0.27	
2.0	0.38	0.37	0.37	0.36	0.36	0.34	0.33	0.31	0.29	
2.2	0.40	0.40	0.39	0.39	0.38	0.37	0.35	0.33	0.30	
2.5	0.42	0.42	0.41	0.40	0.40	0.38	0.37	0.34	0.31	
3.0	0.44	0.44	0.43	0.42	0.42	0.40	0.39	0.36	0.33	
4.0	0.47	0.46	0.45	0.45	0.44	0.42	0.41	0.37	0.34	
5.0	0.48	0.47	0.47	0.46	0.45	0.44	0.42	0.38	0.35	
10.0	0.49	0.48	0.48	0.47	0.46	0.45	0.43	0.40	0.36	
∞	0.49	0.48	0.48	0.47	0.47	0.45	0.44	0.41	0.38	

Coefficiente de resistencia —contracción súbita—. Datos métricos

D_2/D_1	Velocidad v_2 , m/s										
	0.5	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0
1.1	0.03	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
1.2	0.07	0.07	0.07	0.08	0.08	0.08	0.09	0.09	0.10	0.10	0.10
1.4	0.17	0.17	0.17	0.18	0.18	0.18	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19
1.6	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.25	0.25	0.25	0.25	0.24
1.8	0.34	0.34	0.34	0.33	0.32	0.31	0.31	0.30	0.29	0.29	0.28
2.0	0.38	0.38	0.37	0.36	0.35	0.34	0.33	0.33	0.32	0.31	0.30
2.2	0.40	0.40	0.39	0.38	0.37	0.36	0.35	0.35	0.34	0.33	0.32
2.5	0.42	0.42	0.41	0.40	0.39	0.38	0.37	0.36	0.35	0.34	0.33
3.0	0.44	0.44	0.43	0.42	0.41	0.40	0.39	0.38	0.37	0.36	0.35
4.0	0.47	0.46	0.45	0.44	0.43	0.42	0.41	0.40	0.38	0.37	0.36
5.0	0.48	0.48	0.46	0.45	0.45	0.44	0.42	0.41	0.39	0.38	0.37
10.0	0.49	0.48	0.47	0.46	0.46	0.44	0.43	0.42	0.41	0.40	0.39
∞	0.49	0.49	0.47	0.47	0.46	0.45	0.44	0.43	0.42	0.41	0.40

D_2/D_1 —relación del diámetro de la tubería más grande sobre el diámetro de la tubería más pequeña; v_2 —velocidad en la tubería más pequeña.

Fuente: Brater, Ernest F., Horace W. King, James E. Lindell y C. Y. Wei. 1996. *Handbook of Hydraulics*, 7a. ed. Nueva York: McGraw-Hill, tabla 6-7.

Resistencia en válvulas y accesorios expresada como la longitud equivalente en diámetros de tubería, L_e/D

Tipo	Longitud equivalente en diámetros de tubería L_e/D
Válvula de globo —totalmente abierta	340
Válvula de ángulo —totalmente abierta	150
Válvula de compuerta —totalmente abierta	8
—abierta $\frac{3}{4}$	35
—abierta $\frac{1}{2}$	160
—abierta $\frac{1}{4}$	900
Válvula de retención —tipo oscilante	100
Válvula de retención —tipo bola	150
Válvula de mariposa —totalmente abierta, 2-8 in	45
—10-14 in	35
—16-24 in	25
Válvula de pie —tipo disco de vástago	420
Válvula de pie —tipo disco de bisagras	75
Codo estándar de 90°	30
Codo de 90° y radio largo	20
Codo de 90° para calle	50
Codo estándar de 45°	16
Codo de 45° para calle	26
Doblez de retorno cerrado	50
Té estándar —con flujo por la línea principal	20
—con flujo por la ramificación	60

(Reproducido con autorización de Crane Co. *Flow of Fluids through Valves, Fittings and Pipe*, artículo técnico núm. 410, 2011. Todos los derechos reservados).

Rugosidad de la tubería —valores de diseño

Material	Rugosidad ϵ (m)	Rugosidad ϵ (ft)
Vidrio	Liso	Liso
Plástico	3.0×10^{-7}	1.0×10^{-6}
Tubo estirado; cobre, latón, acero	1.5×10^{-6}	5.0×10^{-6}
Acero, comercial o soldado	4.6×10^{-5}	1.5×10^{-4}
Hierro galvanizado	1.5×10^{-4}	5.0×10^{-4}
Hierro dúctil —revestido	1.2×10^{-4}	4.0×10^{-4}
Hierro dúctil —sin revestir	2.4×10^{-4}	8.0×10^{-4}
Concreto, bien hecho	1.2×10^{-4}	4.0×10^{-4}
Acero remachado	1.8×10^{-3}	6.0×10^{-3}