



Departamento de Física Aplicada I

Escuela Universitaria Politécnica

TECNOLOGÍA DE FLUIDOS Y CALOR

TABLAS DE MECÁNICA DE FLUIDOS

A. Propiedades del agua.....	1
B. Propiedades de líquidos comunes	2
C. Propiedades típicas y grados de viscosidad de aceites lubricantes de petróleo	3
D. Variación de la viscosidad con la temperatura	4
E. Propiedades del aire.....	5
F1. Dimensiones de tubos de acero Calibre 40.....	6
F2. Dimensiones de tubos de acero Calibre 80.....	7
G. Dimensiones de tuberías de acero.....	8
H. Dimensiones de tuberías de cobre tipo K	9
I. Dimensiones de tubos de hierro dúctil	9
J. Factores de Conversión	10
K. Pérdidas de carga lineales.	11
L. Pérdidas de carga locales.....	12

A. Propiedades del agua

A.1 Unidades S.I. ($p_{abs} = 101 \text{ kPa}$)

Temperatura (°C)	Peso específico γ (kN/m ³)	Densidad ρ (kg/m ³)	Viscosidad dinámica μ (Pa·s) ó (N·s/m ²)	Viscosidad cinemática ν (m ² /s)
0	9.81	1000	1.75×10^{-3}	1.75×10^{-6}
5	9.81	1000	1.52×10^{-3}	1.52×10^{-6}
10	9.81	1000	1.30×10^{-3}	1.30×10^{-6}
15	9.81	1000	1.15×10^{-3}	1.15×10^{-6}
20	9.79	998	1.02×10^{-3}	1.02×10^{-6}
25	9.78	997	8.91×10^{-4}	8.94×10^{-7}
30	9.77	996	8.00×10^{-4}	8.03×10^{-7}
35	9.75	994	7.18×10^{-4}	7.22×10^{-7}
40	9.73	992	6.51×10^{-4}	6.56×10^{-7}
45	9.71	990	5.94×10^{-4}	6.00×10^{-7}
50	9.69	988	5.41×10^{-4}	5.48×10^{-7}
55	9.67	986	4.98×10^{-4}	5.05×10^{-7}
60	9.65	984	4.60×10^{-4}	4.67×10^{-7}
65	9.62	981	4.31×10^{-4}	4.39×10^{-7}
70	9.59	978	4.02×10^{-4}	4.11×10^{-7}
75	9.56	975	3.73×10^{-4}	3.83×10^{-7}
80	9.53	971	3.50×10^{-4}	3.60×10^{-7}
85	9.50	968	3.30×10^{-4}	3.41×10^{-7}
90	9.47	965	3.11×10^{-4}	3.22×10^{-7}
95	9.44	962	2.92×10^{-4}	3.04×10^{-7}
100	9.40	958	2.82×10^{-4}	2.94×10^{-7}

A.2 Sistema Británico de Unidades ($p_{abs} = 14.7 \text{ lb/pulg}^2$)

Temperatura (°F)	Peso específico γ (lb/pie ³)	Densidad ρ (slugs/pie ³)	Viscosidad dinámica μ (lb·s/pie ²)	Viscosidad cinemática ν (pie ² /s)
32	62.4	1.94	3.66×10^{-5}	1.89×10^{-5}
40	62.4	1.94	3.23×10^{-5}	1.67×10^{-5}
50	62.4	1.94	2.72×10^{-5}	1.40×10^{-5}
60	62.4	1.94	2.35×10^{-5}	1.21×10^{-5}
70	62.3	1.94	2.04×10^{-5}	1.05×10^{-5}
80	62.2	1.93	1.77×10^{-5}	9.15×10^{-6}
90	62.1	1.93	1.60×10^{-5}	8.29×10^{-6}
100	62.0	1.93	1.42×10^{-5}	7.37×10^{-6}
110	61.9	1.92	1.26×10^{-5}	6.55×10^{-6}
120	61.7	1.92	1.14×10^{-5}	5.94×10^{-6}
130	61.5	1.91	1.05×10^{-5}	5.49×10^{-6}
140	61.4	1.91	9.60×10^{-6}	5.03×10^{-6}
150	61.2	1.90	8.90×10^{-6}	4.68×10^{-6}
160	61.0	1.90	8.30×10^{-6}	4.38×10^{-6}
170	60.8	1.89	7.70×10^{-6}	4.07×10^{-6}
180	60.6	1.88	7.23×10^{-6}	3.84×10^{-6}
190	60.4	1.88	6.80×10^{-6}	3.62×10^{-6}
200	60.1	1.87	6.25×10^{-6}	3.35×10^{-6}
212	59.8	1.86	5.89×10^{-6}	3.17×10^{-6}

B. Propiedades de líquidos comunes

B.1 Unidades S.I.

($p_{abs} = 101 \text{ kPa}$; $T = 25 \text{ }^{\circ}\text{C}$)

	Gravedad específica ó Densidad relativa sg	Peso específico γ (kN/m^3)	Densidad ρ (kg/m^3)	Viscosidad dinámica μ (Pa·s) ó (N·s/m^2)
Acetona	0.787	7.72	787	3.16×10^{-4}
Alcohol, etílico	0.787	7.72	787	1.00×10^{-3}
Alcohol, metílico	0.789	7.74	789	5.60×10^{-4}
Alcohol, propílico	0.802	7.87	802	1.92×10^{-3}
Amoniaco	0.826	8.10	826	—
Benceno	0.876	8.59	876	6.03×10^{-4}
Tetracloruro de carbono	1.590	15.60	1 590	9.10×10^{-4}
Aceite de ricino	0.960	9.42	960	6.51×10^{-1}
Etilenglicol	1.100	10.79	1 100	1.62×10^{-2}
Gasolina	0.68	6.67	680	2.87×10^{-4}
Glicerina	1.258	12.34	1 258	9.60×10^{-1}
Queroseno	0.823	8.07	823	1.64×10^{-3}
Aceite de linaza	0.930	9.12	930	3.31×10^{-2}
Mercurio	13.54	132.8	13 540	1.53×10^{-3}
Propano	0.495	4.86	495	1.10×10^{-4}
Agua de mar	1.030	10.10	1 030	1.03×10^{-3}
Trementina	0.870	8.53	870	1.37×10^{-3}
Aceite de petróleo, medio	0.852	8.36	852	2.99×10^{-3}
Aceite de petróleo, pesado	0.906	8.89	906	1.07×10^{-1}

B.2 Sistema Británico de Unidades

($p_{abs} = 14.7 \text{ lb/pulg}^2$, $T = 77 \text{ }^{\circ}\text{F}$)

	Gravedad específica ó Densidad relativa sg	Peso específico γ (lb/pie^3)	Densidad ρ (slugs/pie^3)	Viscosidad dinámica μ (lb·s/pie^2)
Acetona	0.787	48.98	1.53	6.60×10^{-6}
Alcohol, etílico	0.787	49.01	1.53	2.10×10^{-5}
Alcohol, metílico	0.789	49.10	1.53	1.17×10^{-5}
Alcohol, propílico	0.802	49.94	1.56	4.01×10^{-5}
Amoniaco	0.826	51.41	1.60	—
Benceno	0.876	54.55	1.70	1.26×10^{-5}
Tetracloruro de carbono	1.590	98.91	3.08	1.90×10^{-5}
Aceite de ricino	0.960	59.69	1.86	1.36×10^{-2}
Etilenglicol	1.100	68.47	2.13	3.38×10^{-4}
Gasolina	0.68	42.40	1.32	6.00×10^{-6}
Glicerina	1.258	78.50	2.44	2.00×10^{-2}
Queroseno	0.823	51.20	1.60	3.43×10^{-5}
Aceite de linaza	0.930	58.00	1.80	6.91×10^{-4}
Mercurio	13.54	844.9	26.26	3.20×10^{-5}
Propano	0.495	30.81	0.96	2.30×10^{-6}
Agua de mar	1.030	64.00	2.00	2.15×10^{-5}
Trementina	0.870	54.20	1.69	2.87×10^{-5}
Aceite de petróleo, medio	0.852	53.16	1.65	6.25×10^{-5}
Aceite de petróleo, pesado	0.906	56.53	1.76	2.24×10^{-3}

C. Propiedades típicas y grados de viscosidad de aceites lubricantes de petróleo

Tipo	Gravedad específica	Viscosidad cinemática, ν				Índice de viscosidad
		a 40 °C (104 °F)		a 100 °C (212 °F)		
		(m ² /s)	(pie ² /s)	(m ² /s)	(pie ² /s)	
Sistemas hidráulicos para automóviles	0.887	3.99×10^{-5}	4.30×10^{-4}	7.29×10^{-6}	7.85×10^{-5}	141
Sistemas hidráulicos para máquinas-herramienta						
Ligero	0.887	3.20×10^{-5}	3.44×10^{-4}	4.79×10^{-6}	5.16×10^{-5}	64
Mediano	0.895	6.70×10^{-5}	7.21×10^{-4}	7.29×10^{-6}	7.85×10^{-5}	66
Pesado	0.901	1.96×10^{-4}	2.11×10^{-3}	1.40×10^{-5}	1.51×10^{-4}	70
Baja temperatura	0.844	1.40×10^{-5}	1.51×10^{-4}	5.20×10^{-6}	5.60×10^{-5}	226
Aceites lubricantes para máquinas-herramienta						
Ligero	0.881	2.20×10^{-5}	2.37×10^{-4}	3.90×10^{-6}	4.20×10^{-5}	80
Mediano	0.915	6.60×10^{-5}	7.10×10^{-4}	7.00×10^{-6}	7.53×10^{-5}	83
Pesado	0.890	2.00×10^{-4}	2.15×10^{-3}	1.55×10^{-5}	1.67×10^{-4}	80

Grado de viscosidad SAE	Baja temperatura—Viscosidad dinámica		Alta temperatura	
	Condición de manivela*	Condición de bombeo*	Viscosidad cinemática a 100 °C (cSt)*	
	(cP) Máx. a (°C)	(cP) Máx. a (°C)	Mín.	Máx.
0W	3250 a -30	30 000 a -35	3.8	—
5W	3500 a -25	30 000 a -30	3.8	—
10W	3500 a -20	30 000 a -25	4.1	—
15W	3500 a -15	30 000 a -20	5.6	—
20W	4500 a -10	30 000 a -15	5.6	—
25W	6000 a -5	30 000 a -10	9.3	—
20	—	—	5.6	<9.3
30	—	—	9.3	<12.5
40	—	—	12.5	<16.3
50	—	—	16.3	<21.9
60	—	—	21.9	<26.1

* Utilizando la norma modificada ASTM D2602

Utilizando ASTM D4684

+ Utilizando ASTM D445

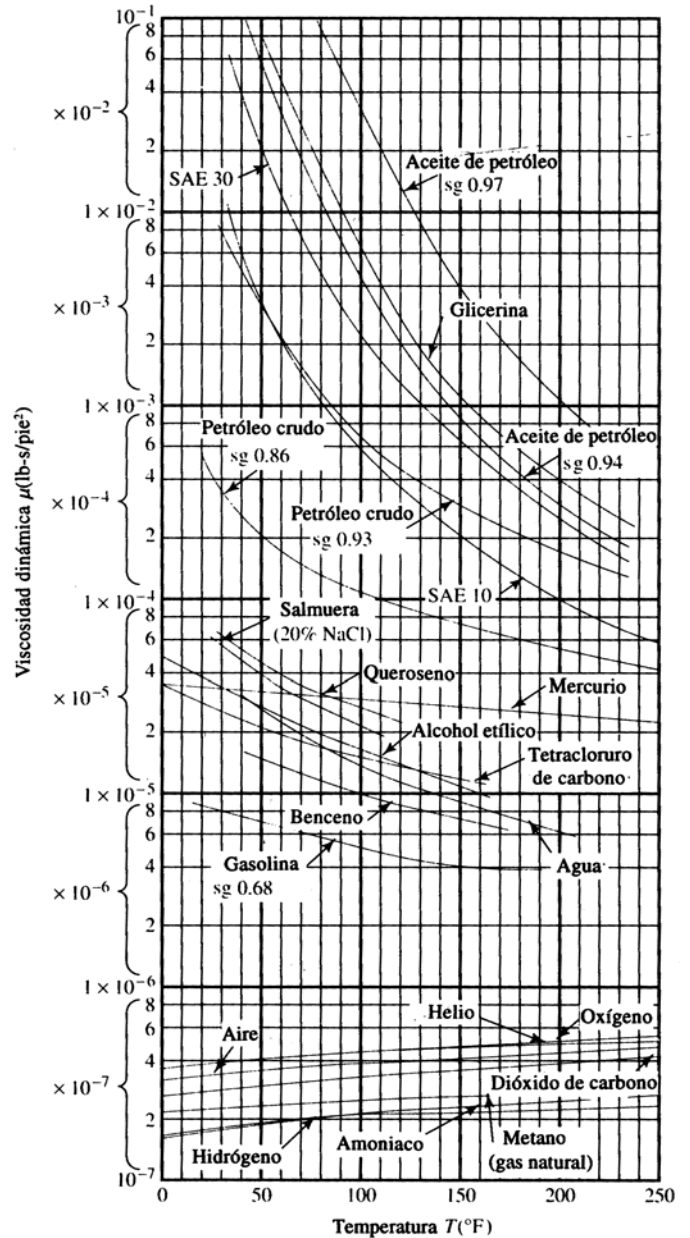
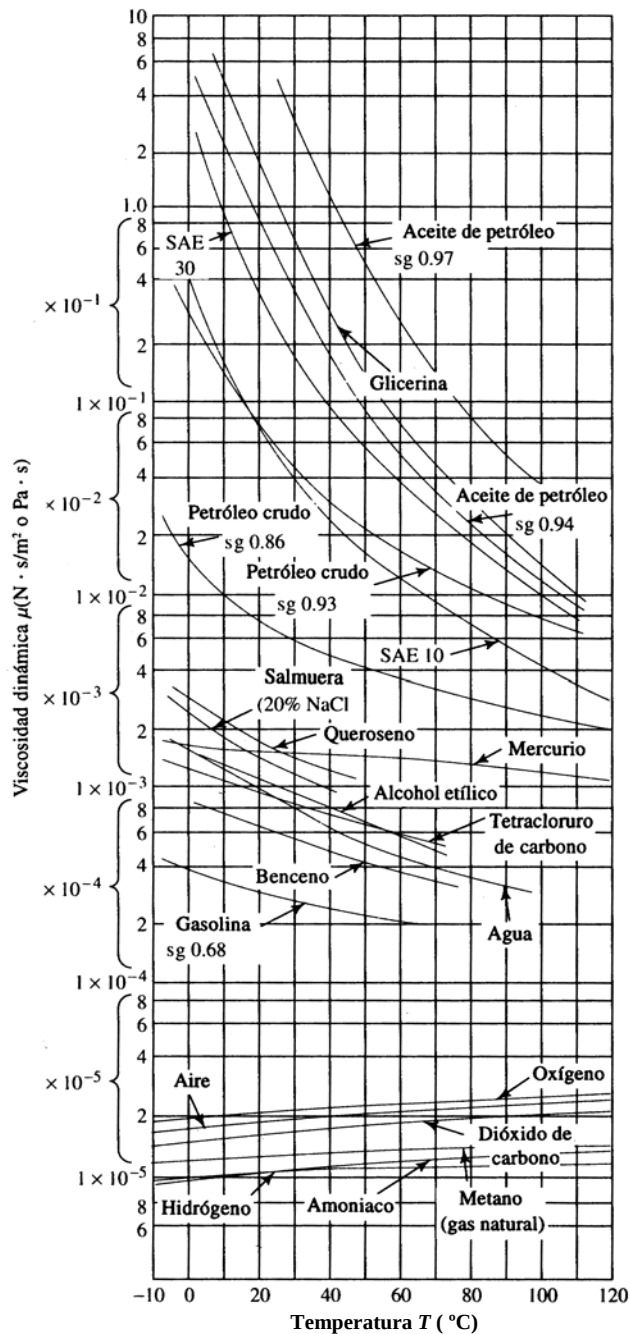
Grado de viscosidad SAE	Temperatura máxima para viscosidad dinámica de 150 000 cP*	Viscosidad cinemática a 100 °C (cSt) [#]	
	(°C)	Mín.	Máx.
70W	-55	4.1	—
75W	-40	4.1	—
80W	-26	7.0	—
85W	-12	11.0	—
90	—	13.5	<24.0
140	—	24.0	<41.0
250	—	41.0	—

* Utilizando ASTM D2983

Utilizando ASTM D445

Grado ISO VG	Viscosidad cinemática a 40 °C (cSt) o (mm ² /s)		
	Nominal	Mínimo	Máximo
2	2.2	1.98	2.40
3	3.2	2.88	3.52
5	4.6	4.14	5.06
7	6.8	6.12	7.48
10	10	9.00	11.0
15	15	13.5	16.5
22	22	19.8	24.2
32	32	28.8	35.2
46	46	41.4	50.6
68	68	61.2	74.8
100	100	90.0	110
150	150	135	165
220	220	198	242
320	320	288	352
460	460	414	506
680	680	612	748
1000	1000	900	1100
1500	1500	1350	1650

D. Variación de la viscosidad con la temperatura



E. Propiedades del aire

E.1 Propiedades del aire a presión atmosférica

Las propiedades del aire para condiciones estándar a nivel del mar son las siguientes:

$$\begin{aligned} T &= 15^{\circ}\text{C} \\ P &= 101.325 \text{ kPa} \\ \rho &= 1.225 \text{ kg/m}^3 \\ \gamma &= 12.01 \text{ N/m}^3 \\ \mu &= 1.789 \times 10^{-5} \text{ Pa} \cdot \text{s} \\ \nu &= 1.46 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s} \end{aligned}$$

Temperatura (°C)	Densidad ρ (kg/m ³)	Peso específico γ (kN/m ³)	Viscosidad dinámica μ (Pa·s) ó (N·s/m ²)	Viscosidad cinemática ν (m ² /s)
-40	1.514	14.85	1.51×10^{-5}	9.98×10^{-6}
-30	1.452	14.24	1.56×10^{-5}	1.08×10^{-5}
-20	1.394	13.67	1.62×10^{-5}	1.16×10^{-5}
-10	1.341	13.15	1.67×10^{-5}	1.24×10^{-5}
0	1.292	12.67	1.72×10^{-5}	1.33×10^{-5}
10	1.247	12.23	1.77×10^{-5}	1.42×10^{-5}
20	1.204	11.81	1.81×10^{-5}	1.51×10^{-5}
30	1.164	11.42	1.86×10^{-5}	1.60×10^{-5}
40	1.127	11.05	1.91×10^{-5}	1.69×10^{-5}
50	1.092	10.71	1.95×10^{-5}	1.79×10^{-5}
60	1.060	10.39	1.99×10^{-5}	1.89×10^{-5}
70	1.029	10.09	2.04×10^{-5}	1.99×10^{-5}
80	0.9995	9.802	2.09×10^{-5}	2.09×10^{-5}
90	0.9720	9.532	2.13×10^{-5}	2.19×10^{-5}
100	0.9459	9.277	2.17×10^{-5}	2.30×10^{-5}
110	0.9213	9.034	2.22×10^{-5}	2.40×10^{-5}
120	0.8978	8.805	2.26×10^{-5}	2.51×10^{-5}

E.2 Propiedades de la atmósfera

Unidades S.I.				Sistema Británico de Unidades			
Altitud (m)	Temperatura (°C)	Presión (kPa)	Densidad (kg/m ³)	Altitud (pies)	Temperatura (°F)	Presión (lb/pulg ²)	Densidad (slugs/pie ³)
0	15.00	101.3	1.225	0	59.00	14.696	2.38×10^{-3}
200	13.70	98.9	1.202	500	57.22	14.433	2.34×10^{-3}
400	12.40	96.6	1.179	1000	55.43	14.173	2.25×10^{-3}
600	11.10	94.3	1.156	5000	41.17	12.227	2.05×10^{-3}
800	9.80	92.1	1.134	10000	23.34	10.106	1.76×10^{-3}
1000	8.50	89.9	1.112	15000	5.51	8.293	1.50×10^{-3}
2000	2.00	79.5	1.007	20000	-12.62	6.753	1.27×10^{-3}
3000	-4.49	70.1	0.9093	30000	-47.99	4.365	8.89×10^{-4}
4000	-10.98	61.7	0.8194	40000	-69.70	2.720	5.85×10^{-4}
5000	-17.47	54.0	0.7364	50000	-69.70	1.683	3.62×10^{-4}
10000	-49.90	26.5	0.4135	60000	-69.70	1.040	2.24×10^{-4}
15000	-56.50	12.11	0.1948	70000	-67.30	0.644	1.38×10^{-4}
20000	-56.50	5.53	0.0889	80000	-61.81	0.400	8.45×10^{-5}
25000	-51.60	2.55	0.0401	90000	-56.32	0.251	5.22×10^{-5}
30000	-46.64	1.20	0.0184	100000	-50.84	0.158	3.25×10^{-5}

F1. Dimensiones de tubos de acero Calibre 40

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

F2. Dimensiones de tubos de acero Calibre 80

Tamaño nominal de la tubería (pulg)	Diámetro exterior		Grosor de la pared		Diámetro interior			Área de flujo	
	(pulg)	(mm)	(pulg)	(mm)	(pulg)	(pie)	(mm)	(pie ²)	(m ²)
1/8	0.405	10.3	0.095	2.41	0.215	0.017 92	5.5	0.000 253	2.350×10^{-5}
1/4	0.540	13.7	0.119	3.02	0.302	0.025 17	7.7	0.000 497	4.617×10^{-5}
3/8	0.675	17.1	0.126	3.20	0.423	0.035 25	10.7	0.000 976	9.067×10^{-5}
1/2	0.840	21.3	0.147	3.73	0.546	0.045 50	13.9	0.001 625	1.510×10^{-4}
3/4	1.050	26.7	0.154	3.91	0.742	0.061 83	18.8	0.003 00	2.787×10^{-4}
1	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	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	1.900	48.3	0.200	5.08	1.500	0.125 0	38.1	0.012 27	1.140×10^{-3}
2	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	2.875	73.0	0.276	7.01	2.323	0.193 6	59.0	0.029 44	2.735×10^{-3}
3	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	4.000	101.6	0.318	8.08	3.364	0.280 3	85.4	0.061 74	5.736×10^{-3}
4	4.500	114.3	0.337	8.56	3.826	0.318 8	97.2	0.079 86	7.419×10^{-3}
5	5.563	141.3	0.375	9.53	4.813	0.401 1	122.3	0.126 3	1.173×10^{-2}
6	6.625	168.3	0.432	10.97	5.761	0.480 1	146.3	0.181 0	1.682×10^{-2}
8	8.625	219.1	0.500	12.70	7.625	0.635 4	193.7	0.317 4	2.949×10^{-2}
10	10.750	273.1	0.593	15.06	9.564	0.797 0	242.9	0.498 6	4.632×10^{-2}
12	12.750	323.9	0.687	17.45	11.376	0.948 0	289.0	0.705 6	6.555×10^{-2}
14	14.000	355.6	0.750	19.05	12.500	1.042	317.5	0.852 1	7.916×10^{-2}
16	16.000	406.4	0.842	21.39	14.314	1.193	363.6	1.117	0.1038
18	18.000	457.2	0.937	23.80	16.126	1.344	409.6	1.418	0.1317
20	20.000	508.0	1.031	26.19	17.938	1.495	455.6	1.755	0.1630
24	24.000	609.6	1.218	30.94	21.564	1.797	547.7	2.535	0.2344

G. Dimensiones de tuberías de acero

Diámetro exterior		Grosor de la pared		Diámetro interior			Área de flujo	
(pulg)	(mm)	(pulg)	(mm)	(pulg)	(pie)	(mm)	(pie ²)	(m ²)
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}
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}
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}
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}
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}
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}
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}
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}
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	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 1/4	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}
1 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}
1 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}
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}

H. Dimensiones de tuberías de cobre tipo K

Tamaño nominal (pulg)	Diámetro exterior		Grosor de la pared		Diámetro interior			Área de flujo	
	(pulg)	(mm)	(pulg)	(mm)	(pulg)	(pie)	(mm)	(pie ²)	(m ²)
1/8	0.250	6.35	0.035	0.889	0.180	0.0150	4.572	1.767×10^{-4}	1.642×10^{-5}
1/4	0.375	9.53	0.049	1.245	0.277	0.0231	7.036	4.185×10^{-4}	3.888×10^{-5}
3/8	0.500	12.70	0.049	1.245	0.402	0.0335	10.21	8.814×10^{-4}	8.189×10^{-5}
1/2	0.625	15.88	0.049	1.245	0.527	0.0439	13.39	1.515×10^{-3}	1.407×10^{-4}
5/8	0.750	19.05	0.049	1.245	0.652	0.0543	16.56	2.319×10^{-3}	2.154×10^{-4}
3/4	0.875	22.23	0.065	1.651	0.745	0.0621	18.92	3.027×10^{-3}	2.812×10^{-4}
1	1.125	28.58	0.065	1.651	0.995	0.0829	25.27	5.400×10^{-3}	5.017×10^{-4}
1 1/4	1.375	34.93	0.065	1.651	1.245	0.1037	31.62	8.454×10^{-3}	7.854×10^{-4}
1 1/2	1.625	41.28	0.072	1.829	1.481	0.1234	37.62	1.196×10^{-2}	1.111×10^{-3}
2	2.125	53.98	0.083	2.108	1.959	0.1632	49.76	2.093×10^{-2}	1.945×10^{-3}
2 1/2	2.625	66.68	0.095	2.413	2.435	0.2029	61.85	3.234×10^{-2}	3.004×10^{-3}
3	3.125	79.38	0.109	2.769	2.907	0.2423	73.84	4.609×10^{-2}	4.282×10^{-3}
3 1/2	3.625	92.08	0.120	3.048	3.385	0.2821	85.98	6.249×10^{-2}	5.806×10^{-3}
4	4.125	104.8	0.134	3.404	3.857	0.3214	97.97	8.114×10^{-2}	7.538×10^{-3}
5	5.125	130.2	0.160	4.064	4.805	0.4004	122.0	1.259×10^{-1}	1.170×10^{-2}
6	6.125	155.6	0.192	4.877	5.741	0.4784	145.8	1.798×10^{-1}	1.670×10^{-2}
8	8.125	206.4	0.271	6.883	7.583	0.6319	192.6	3.136×10^{-1}	2.914×10^{-2}
10	10.125	257.2	0.338	8.585	9.449	0.7874	240.0	4.870×10^{-1}	4.524×10^{-2}
12	12.125	308.0	0.405	10.287	11.315	0.9429	287.4	6.983×10^{-1}	6.487×10^{-2}

I. Dimensiones de tubos de hierro dúctil

Tamaño nominal (pulg)	Diámetro exterior		Grosor de la pared		Diámetro interior			Área de flujo	
	(pulg)	(mm)	(pulg)	(mm)	(pulg)	(pie)	(mm)	(pie ²)	(m ²)
3	3.96	100.6	0.320	8.13	3.32	0.277	84.3	0.0601	5.585×10^{-3}
4	4.80	121.9	0.350	8.89	4.10	0.342	104.1	0.0917	8.518×10^{-3}
6	6.90	175.3	0.380	9.65	6.14	0.512	156.0	0.2056	1.910×10^{-2}
8	9.05	229.9	0.410	10.41	8.23	0.686	209.0	0.3694	3.432×10^{-2}
10	11.10	281.9	0.440	11.18	10.22	0.852	259.6	0.5697	5.292×10^{-2}
12	13.20	335.3	0.480	12.19	12.24	1.020	310.9	0.8171	7.591×10^{-2}
14	15.65	397.5	0.510	12.95	14.63	1.219	371.6	1.167	0.1085
16	17.80	452.1	0.540	13.72	16.72	1.393	424.7	1.525	0.1417
18	19.92	506.0	0.580	14.73	18.76	1.563	476.5	1.920	0.1783
20	22.06	560.3	0.620	15.75	20.82	1.735	528.8	2.364	0.2196
24	26.32	668.5	0.730	18.54	24.86	2.072	631.4	3.371	0.3132

J. Factores de Conversión

<i>Magnitud</i>	<i>Unidad Inglesa</i>	<i>Unidad S.I.</i>	<i>Símbolo</i>	<i>Unidades equivalentes</i>
<i>Longitud</i>	1 pie	= 0.3048 metros	m	—
<i>Masa</i>	1 slug	= 14.59 kilogramos	kg	—
<i>Tiempo</i>	1 segundo	= 1.0 segundo	s	—
<i>Fuerza</i>	1 libra (lb)	= 4.448 newtons	N	kg · m/s ²
<i>Presión</i>	1 lb/pulg ²	= 6895 pascales	Pa	N/m ² ó kg/m · s ²
<i>Energía</i>	1 lb-pie	= 1.356 julios	J	N · m ó kg · m ² /s ²
<i>Potencia</i>	1 lb-pie/s	= 1.356 vatios	W	J/s

<i>Longitud</i>	
1 pie = 0.3048 m	1 km = 1000 m
1 pulg = 25.4 mm	1 cm = 10 mm
1 mi = 5280 pie	1 m = 1000 mm
1 mi = 1.609 km	
<i>Área</i>	
1 pie ² = 0.0929 m ²	1 m ² = 10.76 pies ²
1 pulg ² = 645.2 mm ²	1 m ² = 10 ⁶ mm ²
<i>Volumen</i>	
1 pie ³ = 7.48 gal	1 gal = 0.003 79 m ³
1 pie ³ = 1728 pulg ³	1 gal = 3.785 L
1 pie ³ = 0.0283 m ³	1 m ³ = 1000 L
	1 galón imperial = 1.201 gal (EUA)
<i>Velocidad de flujo de volumen</i>	
1 pie ³ /s = 449 gal/min	1 gal/min = 3.785 L/min
1 pie ³ /s = 0.0283 m ³ /s	1 L/min = 16.67 × 10 ⁻⁶ m ³ /s
1 gal/min = 6.309 × 10 ⁻⁵ m ³ /s	1 m ³ /s = 60 000 L/min
<i>Temperatura</i>	
$T(^{\circ}\text{C}) = [T(^{\circ}\text{F}) - 32] \frac{5}{9}$	<i>Presión</i>
$T(^{\circ}\text{F}) = \frac{9}{5} [T(^{\circ}\text{C})] + 32$	1 bar = 100 kPa
	1 bar = 14.50 lb/pulg ²
<i>Densidad</i>	
1 slug/pie ³ = 515.4 kg/m ³	<i>Energía</i>
	1 lb-pie = 1.356 J
	1 Btu = 1.055 kJ
	1 W-h = 3.600 kJ
<i>Peso específico</i>	
1 lb/pie ³ = 157.1 N/m ³	
<i>Potencia</i>	
1 hp = 550 lb-pie/s	1 lb-pie/s = 1.356 W
1 hp = 745.7 W	1 Btu/h = 0.293 W

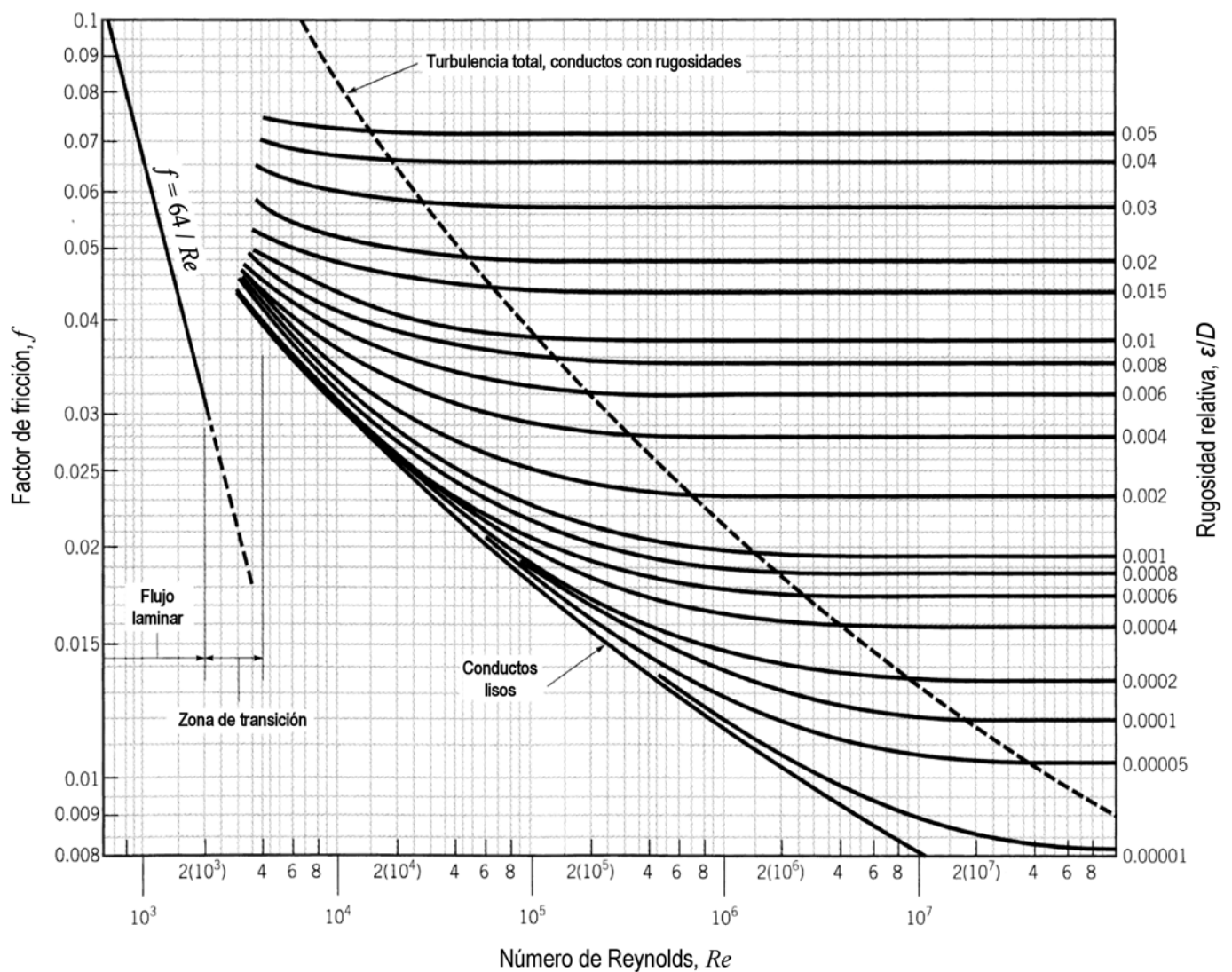
K. Pérdidas de carga lineales.

Ecuación de Darcy

$$h_L = f \times \frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2g} \Rightarrow \begin{cases} \text{- Régimen laminar: } f = \frac{64}{Re} & (\text{Ley de Poiseuille}) \\ \text{- Régimen turbulento: diagrama de Moody} \end{cases}$$

Material	Rugosidad, ε (m)
Vidrio, plástico	0.0 (suave)
Cobre, latón, plomo (tubería)	1.5×10^{-6}
Hierro fundido: sin revestir	2.4×10^{-4}
Hierro fundido: revestido de asfalto	1.2×10^{-4}
Acero comercial o acero soldado	4.6×10^{-5}
Hierro forjado	4.6×10^{-6}
Acero remachado	1.8×10^{-3}
Hormigón	1.2×10^{-3}

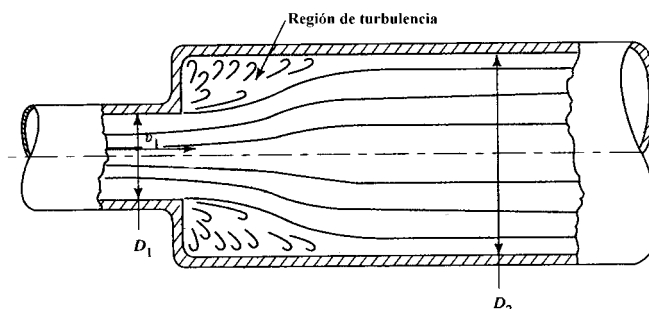
Diagrama de Moody



L. Pérdidas de carga locales.

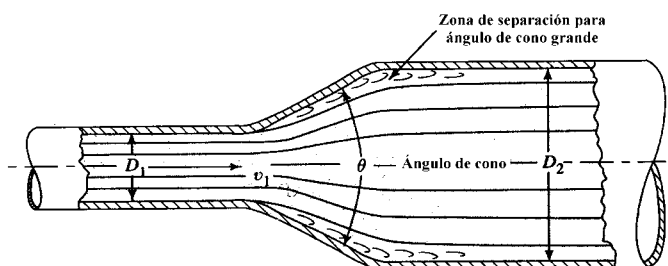
$$h_L = K \frac{v^2}{2g}$$

L1. Dilatación súbita.



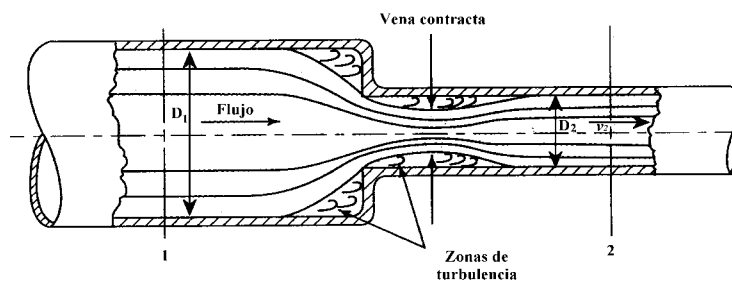
D_2/D_1	Velocidad, v_1						
	0.6 m/s 2 pies/s	1.2 m/s 4 pies/s	3 m/s 10 pies/s	4.5 m/s 15 pies/s	6 m/s 20 pies/s	9 m/s 30 pies/s	12 m/s 40 pies/s
1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1.2	0.11	0.10	0.09	0.09	0.09	0.09	0.08
1.4	0.26	0.25	0.23	0.22	0.22	0.21	0.20
1.6	0.40	0.38	0.35	0.34	0.33	0.32	0.32
1.8	0.51	0.48	0.45	0.43	0.42	0.41	0.40
2.0	0.60	0.56	0.52	0.51	0.50	0.48	0.47
2.5	0.74	0.70	0.65	0.63	0.62	0.60	0.58
3.0	0.83	0.78	0.73	0.70	0.69	0.67	0.65
4.0	0.92	0.87	0.80	0.78	0.76	0.74	0.72
5.0	0.96	0.91	0.84	0.82	0.80	0.77	0.75
10.0	1.00	0.96	0.89	0.86	0.84	0.82	0.80
∞	1.00	0.98	0.91	0.88	0.86	0.83	0.81

L2. Dilatación gradual.



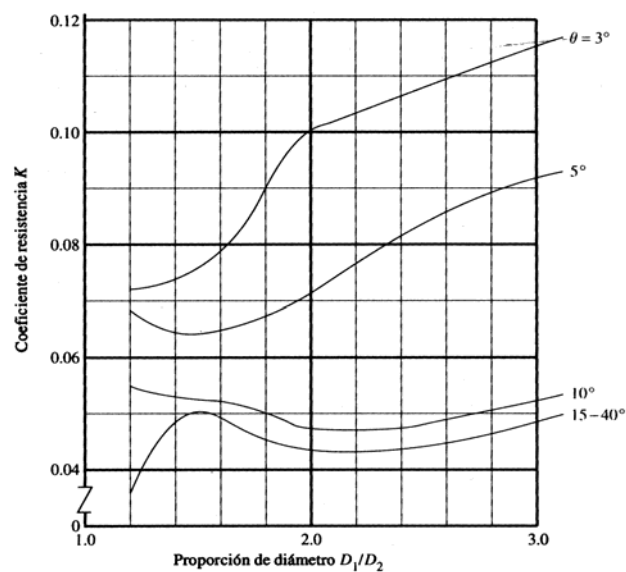
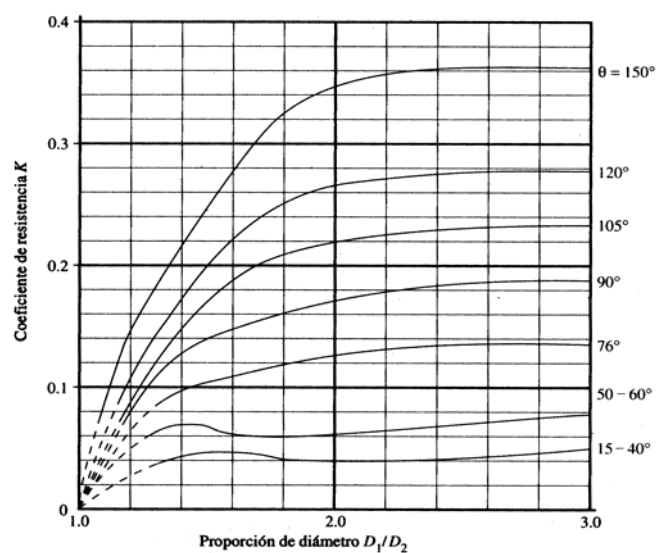
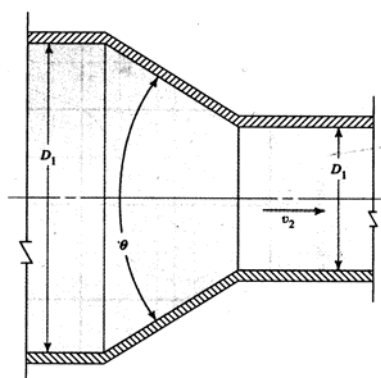
D_2/D_1	Ángulo del cono, θ											
	2	6	10	15	20	25	30	35	40	45	50	60
1.1	0.01	0.01	0.03	0.05	0.10	0.13	0.16	0.18	0.19	0.20	0.21	0.23
1.2	0.02	0.02	0.04	0.09	0.16	0.21	0.25	0.29	0.31	0.33	0.35	0.37
1.4	0.02	0.03	0.06	0.12	0.23	0.30	0.36	0.41	0.44	0.47	0.50	0.53
1.6	0.03	0.04	0.07	0.14	0.26	0.35	0.42	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

L3. Contracción súbita.

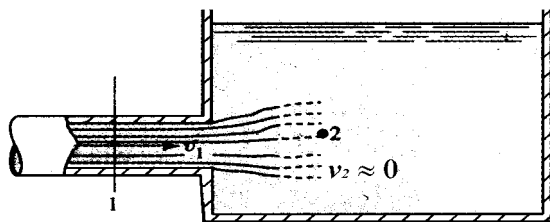


D_1/D_2	Velocidad, v_1								
	0.6 m/s 2 pies/s	1.2 m/s 4 pies/s	1.8 m/s 6 pies/s	2.4 m/s 8 pies/s	3 m/s 10 pies/s	4.5 m/s 15 pies/s	6 m/s 20 pies/s	9 m/s 30 pies/s	12 m/s 40 pies/s
1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1.1	0.03	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05	0.05	0.06
1.2	0.07	0.07	0.07	0.07	0.08	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

L4. Contracción gradual.

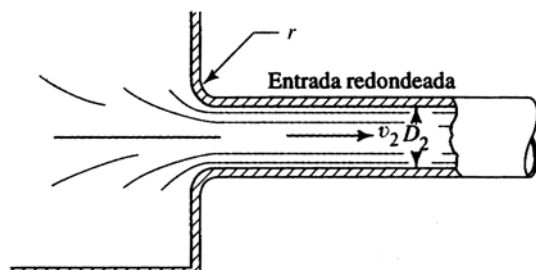
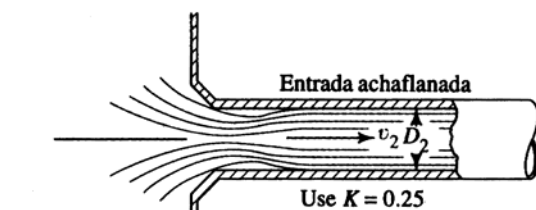
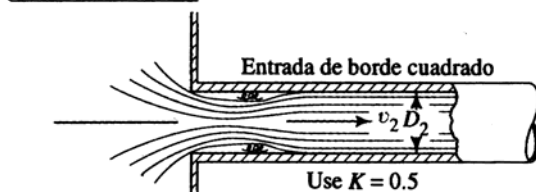
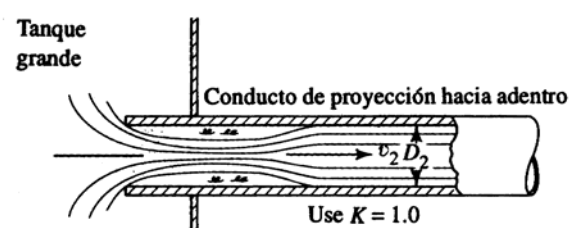


L5. Pérdida de salida de una tubería a un depósito.

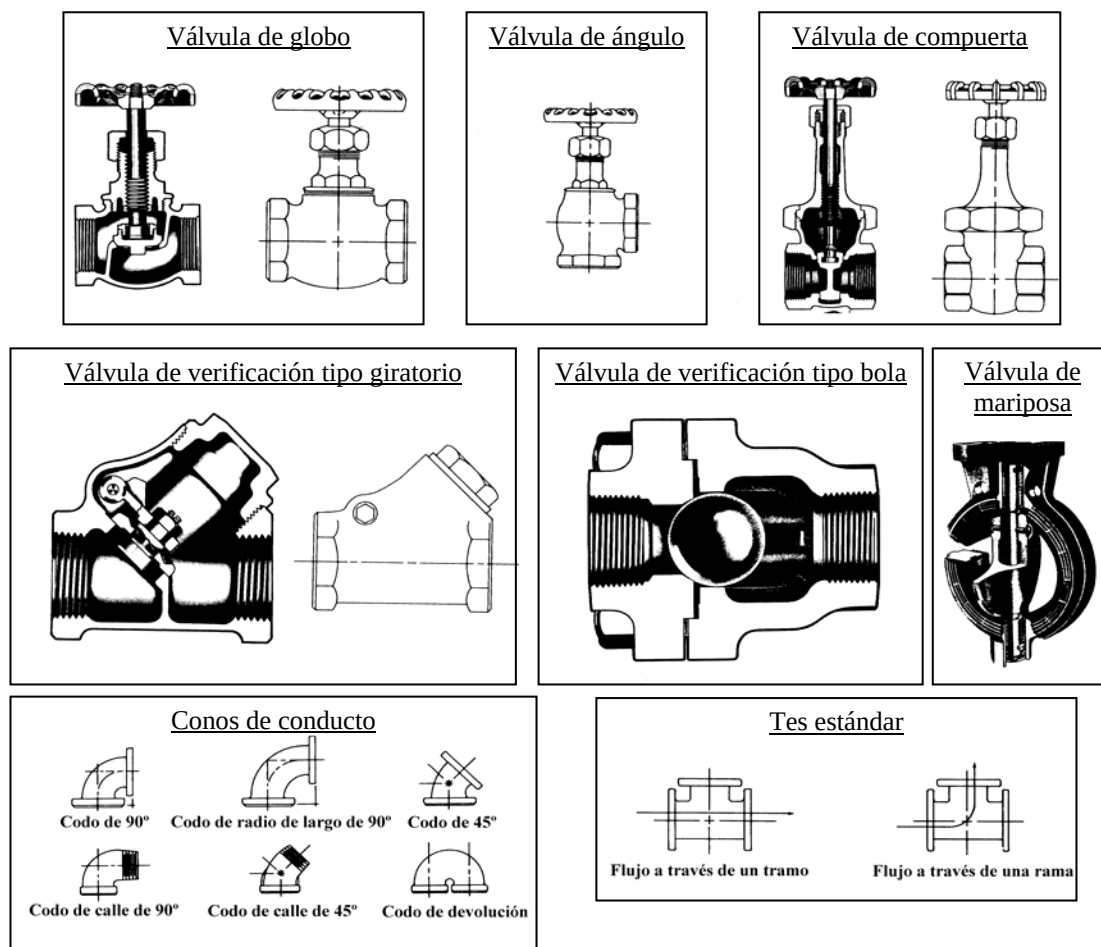


$$K = 1.0 \Rightarrow h_L = 1.0 \frac{v_1^2}{2g}$$

L6. Pérdida de entrada de depósito a tubería.



r / D_2	K	
0	0.50	
0.02	0.28	
0.04	0.24	
0.06	0.15	
0.10	0.09	
> 0.15	0.04	Bien redondeada

L7. Tipos de válvulas y uniones.**L8. Coeficientes de resistencia para válvulas y uniones.**

Tipo	Longitud equivalente en diámetros de conducto, L_e / D
Válvula de globo – completamente abierta	340
Válvula de ángulo – completamente abierta	150
Válvula de compuerta – completamente abierta	8
– $\frac{3}{4}$ abierta	35
– $\frac{1}{2}$ abierta	160
– $\frac{1}{4}$ abierta	900
Válvula de verificación – tipo giratorio	100
Válvula de verificación – tipo de bola	150
Válvula de mariposa – completamente abierta	45
Codo estándar de 90°	30
Codo de radio largo de 90°	20
Codo de calle de 90°	50
Codo estándar de 45°	16
Codo de calle de 45°	26
Codo de devolución cerrada	50
Te estándar – con flujo a través de un tramo	20
Te estándar – con flujo a través de una rama	60
Uniones y acoplamientos	2.0