

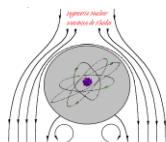
Mecánica de Fluidos

Alberro Eguilegor, Gorka
Almandoz Berrondo, Francisco Javier
Eснаola Aldanondo, Ganix
Garmendia Antín, Maddi
Jiménez Redal, Rubén

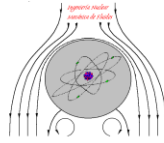


Universidad
del País Vasco

Euskal Herriko
Unibertsitatea

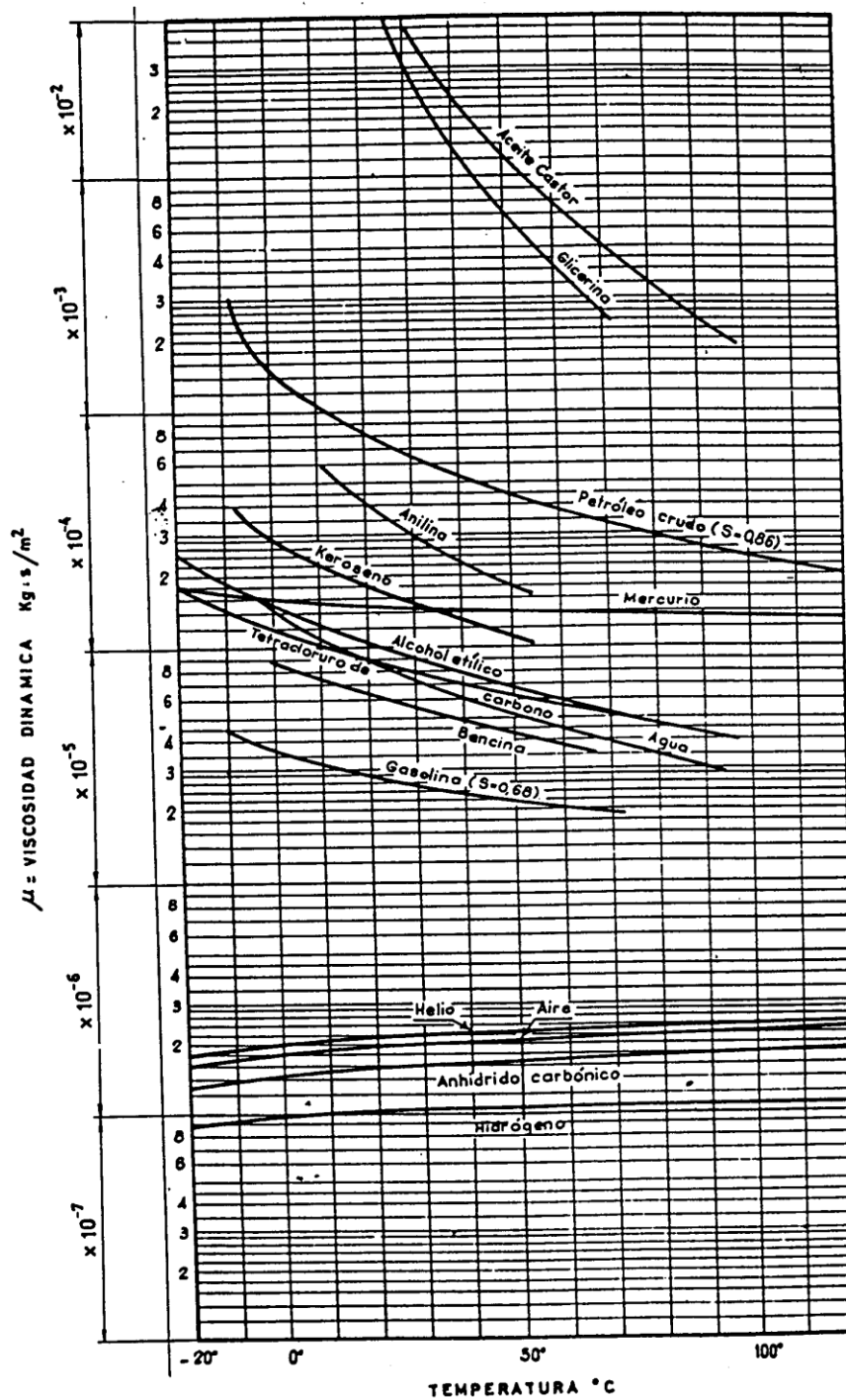


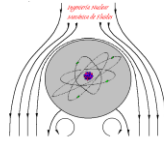
ÁBACOS Y CUADROS



ÁBACO Nº 1

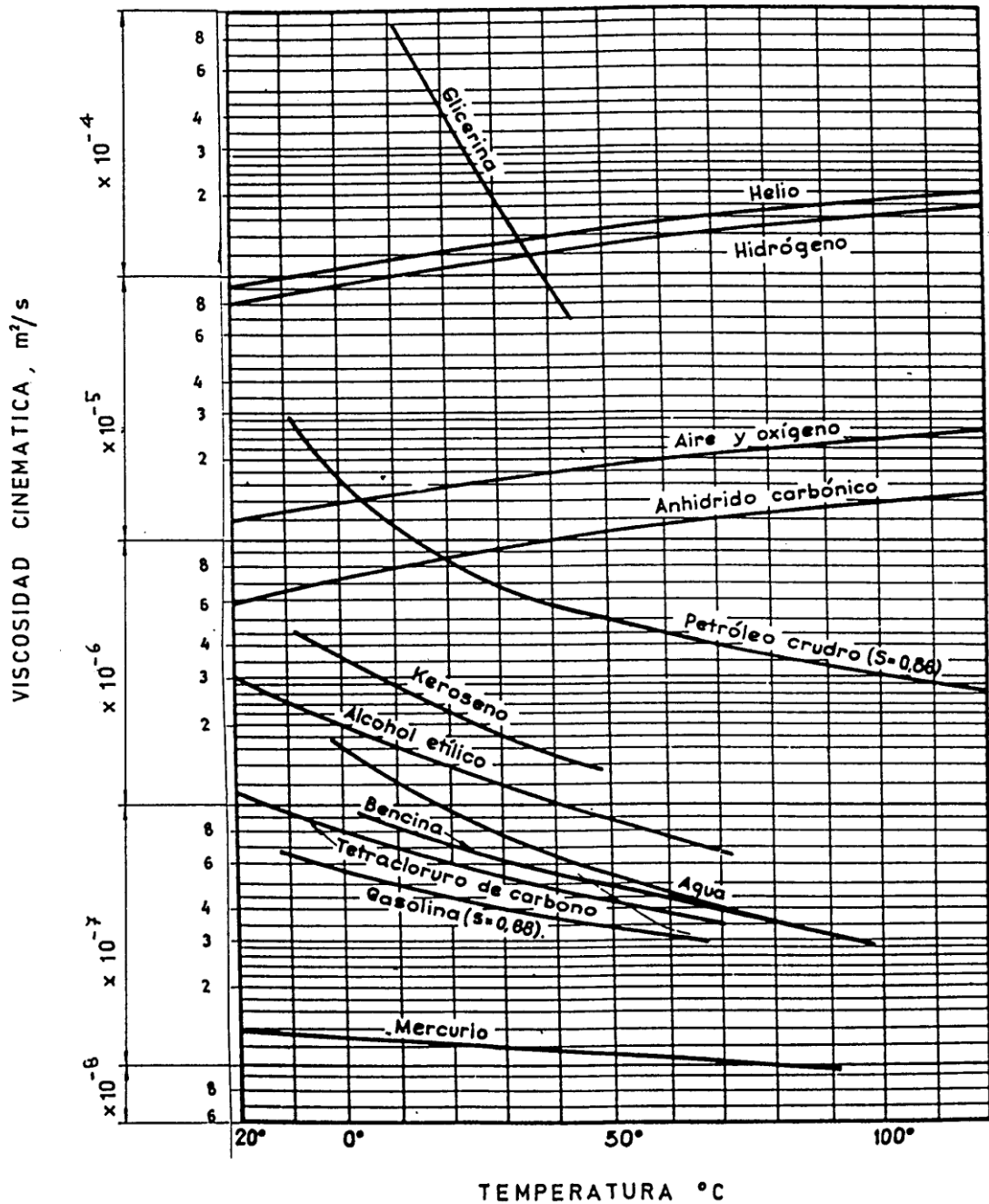
VISCOSIDADES DINÁMICAS (μ) DE ALGUNOS GASES Y LÍQUIDOS A LA PRESIÓN ATMOSFÉRICA NORMAL.

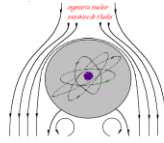




ÁBACO Nº 2

VISCOSIDADES CINEMÁTICAS (ν) DE ALGUNOS GASES Y LÍQUIDOS A LA PRESIÓN ATMOSFÉRICA NORMAL

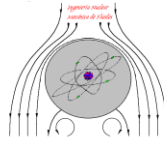




CUADRO Nº 3

VALORES DE LA RUGOSIDAD

Tipo de tubería	Valores de ε en centímetros (cm)	
	Intervalo	Valor de diseño
Acero roblonado	0,091 – 0,91	0,18
Hormigón	0,03 – 0,3	0,12
Fundición	0,012 – 0,06	0,026
Madera	0,0183 – 0,09	0,06
Hierro galvanizado	0,006 – 0,024	0,015
Fundición asfaltada	0,006 – 0,018	0,012
Acero comercial y soldado	0,003 – 0,009	0,006
Hierro forjado	0,003 -0,009	0,006
Tubo estirado	0,00024	0,00024
Latón y cobre	0,00015	0,00015
Fibrocemento	0,01	0,01
PVC y PE	0,0007	0,0007



CUADRO Nº 4

COEFICIENTES DE FRICCIÓN EN TUBERÍAS

Tipo de Flujo	Comportamiento de la tubería	Expresión	Coficiente f	h_f
Flujo laminar $Re \leq 2000$		Hagen-Poiseuille	$f = 64 / Re$	$hf = f (v)$
$2000 < Re < 4000$	Flujo indeterminado	Zona crítica, no se debe de trabajar		
Flujo turbulento $(Re \geq 4000)$	Tubería Lisa $Re < Re' = \frac{23}{\epsilon/D}$	$Re \leq 10^5$ Blasius	$f = 0.316 / Re^{0.25}$	$hf = f (v^{1.75})$
		$Re > 10^5$ Karman-Prandtl	$\frac{1}{\sqrt{f}} = 2 \log \frac{Re \sqrt{f}}{2.51}$	
	Tubería semirrugosa $Re' \leq Re \leq Re''$	Colebrook- White	$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left[\frac{2.51}{Re \sqrt{f}} + \frac{\epsilon/D}{3.71} \right]$	
	Tubería rugosa $Re > Re'' = \frac{560}{\epsilon/D}$	Karman-Prandtl	$f = \frac{0.25}{\left[\log_{10} \frac{3.71}{\epsilon/D} \right]^2}$	$hf = f (v^2)$

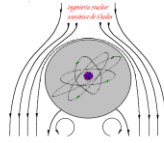
Expresiones aproximadas de PSAK

Tubo liso y $Re > 10^5$:

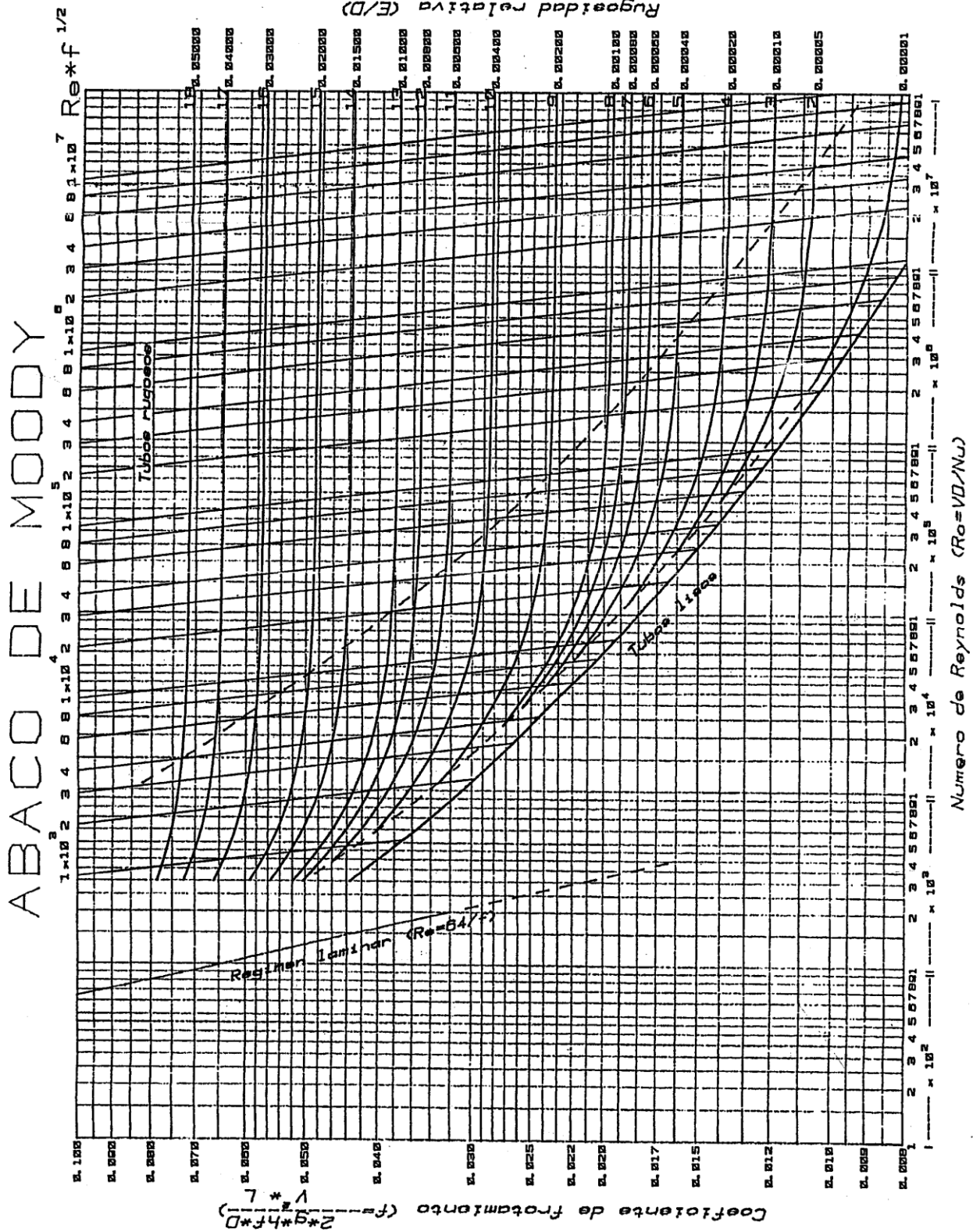
$$f = \frac{0,25}{\left[\lg_{10} \frac{5,74}{Re^{0,9}} \right]^2}$$

Tubo semiliso:

$$f = \frac{0,25}{\left[\lg_{10} \left[\frac{\epsilon/D}{3,71} + \frac{5,74}{Re^{0,9}} \right] \right]^2}$$



ÁBACO Nº 5 ABACO DE MOODY

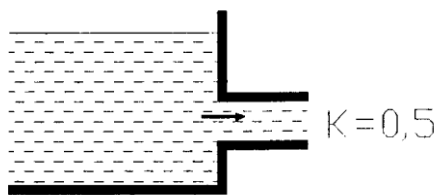


CUADRO Nº 6

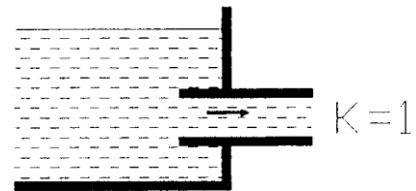
COEFICIENTES K DE PÉRDIDAS DE CARGA EN PIEZAS ESPECIALES

Pérdida de carga en metros:
$$h_f = K \frac{V^2}{2g} \quad (V \text{ en m/s})$$

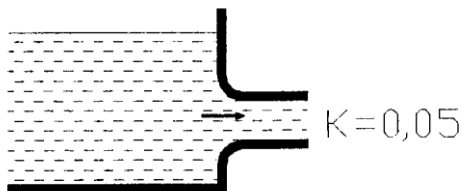
SALIDAS DE DEPÓSITOS



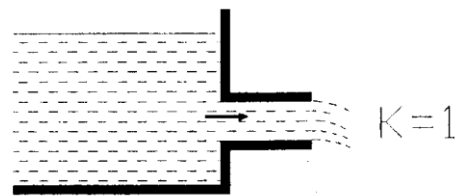
Ángulos vivos



Orificio Borda

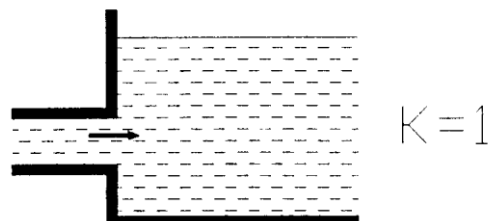


Ángulos redondeados

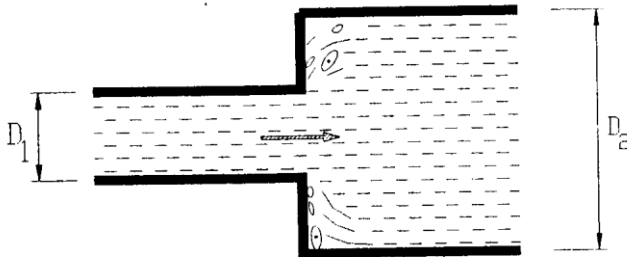


Ángulos vivos, salida atmosférica

ENTRADA A DEPÓSITOS



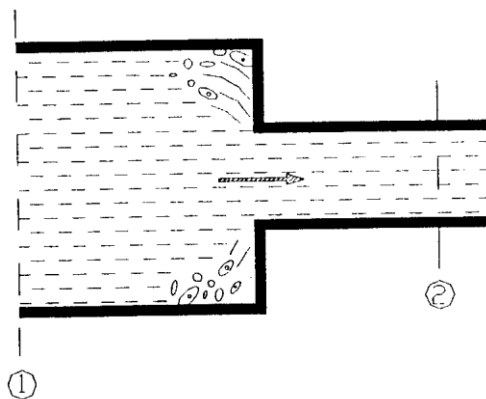
ENSANCHAMIENTO BRUSCO



$$K = \left[1 - \left(\frac{D_1}{D_2} \right)^2 \right]^2$$

$$h_f = K \cdot \frac{V_1^2}{2g}$$

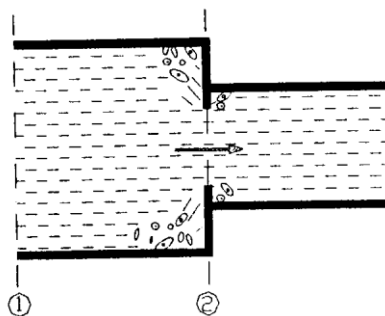
ESTRECHAMIENTO BRUSCO



$$K = \left[\frac{1}{C_c} - 1 \right]^2$$

$$h_f = K \cdot \frac{V_2^2}{2g}$$

A_2/A_1	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
C_c	0,624	0,632	0,643	0,659	0,681	0,712	0,755	0,813	0,892	1

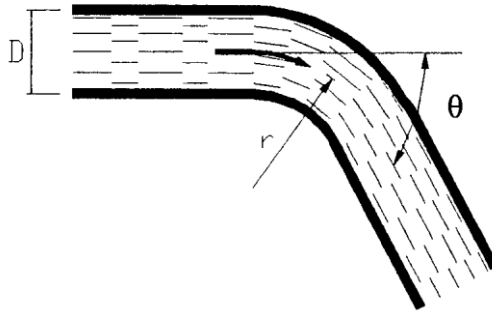


$$K = \left[1 - \left(\frac{D_1}{D_2} \right)^2 \right]^2$$

$$h_f = K \cdot \frac{V_1^2}{2g}$$

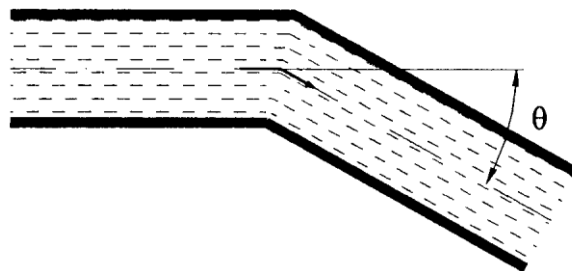
A_2/A_1	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
K	232	51	18	9,6	5,3	3,1	2,1	1,2	0,6	0,48

CODOS REDONDEADOS



r/D \ θ	1	2	3	4	6
22,5°	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
30°	0,07	0,06	0,06	0,06	0,06
45°	0,14	0,10	0,09	0,08	0,08
60°	0,19	0,12	0,11	0,10	0,09
90°	0,21	0,14	0,12	0,11	0,09

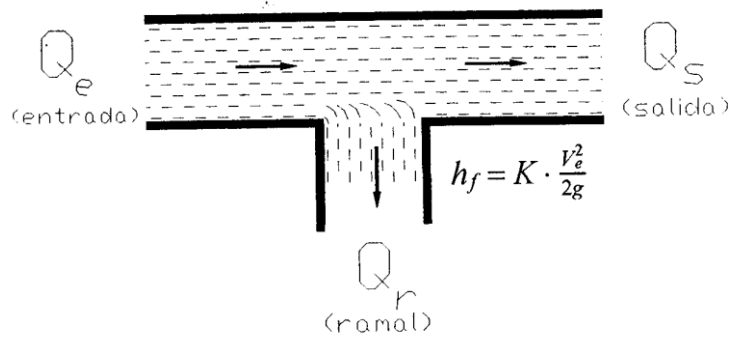
CODOS BRUSCOS



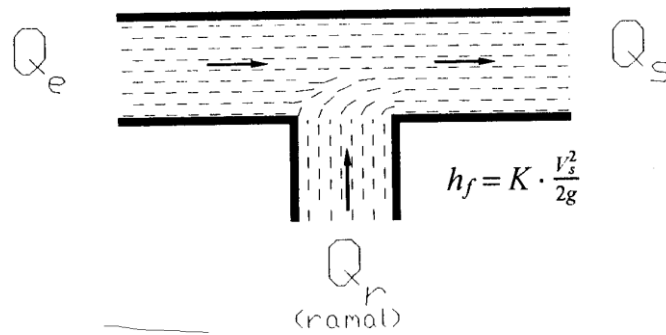
θ	22,5	30	45	60	90
K	0,07	0,11	0,24	0,47	1,13

CODOS COMERCIALES DE 90° DE RADIO MEDIO: $K \approx 0,75$

CODOS COMERCIALES DE 90° DE RADIO GRANDE: $K \approx 0,6$

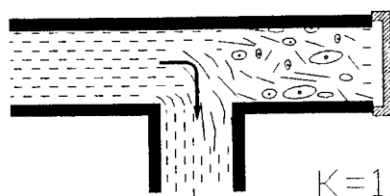


Q_r/Q_e	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1
K_r	0,95	0,88	0,89	0,95	1,1	1,28
K_s	0,04	-0,08	-0,05	0,07	0,1	0,35

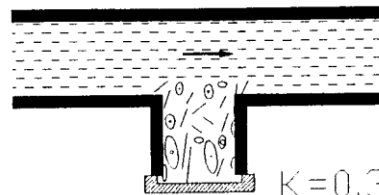


Q_r/Q_s	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1
K_e	0,04	0,17	0,3	0,41	0,51	0,6
K_s	-1,12	-0,4	0,08	0,47	0,72	0,91

EMPALME EN T NORMAL

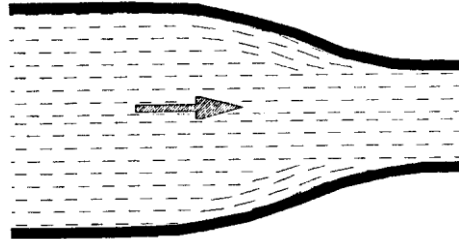


T con cambio de dirección



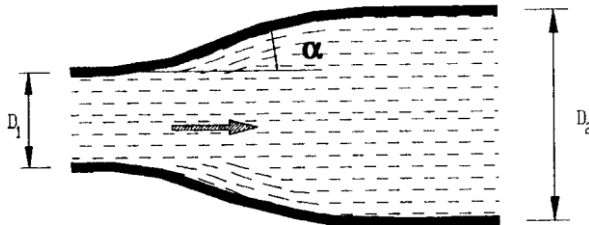
Sin cambio de dirección

ESTRECHAMIENTO PROGRESIVO



h_f despreciable

ENSANCHAMIENTO PROGRESIVO

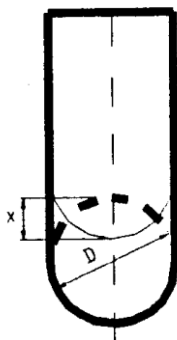


$$h_f = K \frac{V^2}{2g}$$

$$k = 0,2 \cdot \left[1 - \left(\frac{D_1}{D_2} \right)^4 \right] \quad (\alpha \leq 10^\circ)$$

$K \equiv$ ensanchamiento brusco ($\alpha > 10^\circ$)

VÁLVULA DE COMPUERTA (TUBOS CIRCULARES)

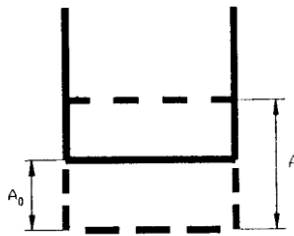


X = penetración del obturador (en m)

D = diámetro tubería (en m)

X/D	0	0,125	0,25	0,375	0,5	0,625	0,75	0,875
K	0,19	0,21	0,26	0,81	2,1	5,5	17	98

VÁLVULA DE COMPUERTA (TUBOS RECTANGULARES)

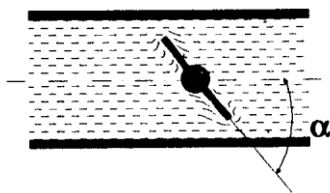


A_0 = sección de paso

A = sección tubo rectangular

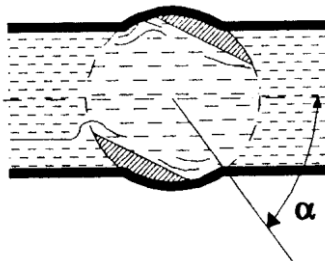
A_0/A	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
K	19,3	44,5	17,8	8,12	4,02	2,1	0,95	0,39	0,11	0

VÁLVULA DE MARIPOSA



α	5	10	15	20	30	40	45	50	60	70
K	0,24	0,52	0,9	1,54	3,9	11	19	33	120	750

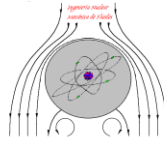
VÁLVULA ESFÉRICA



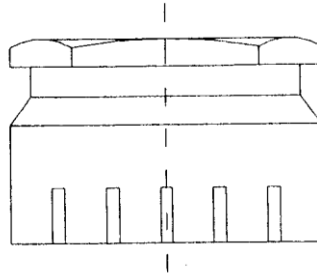
α	5	10	15	20	25	30	35
K	0,05	0,3	0,75	1,56	3,1	5,47	0,7

α	40	45	50	55	60	65	80
K	17,3	31,2	52,6	110	206	490	∞

VÁLVULA DE SEGURIDAD $K = 2,5$

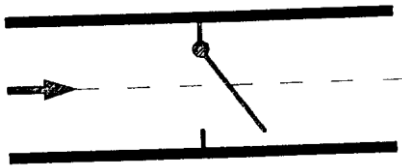


VÁLVULA DE PIÉ CON FILTRO



$K = 2,5$

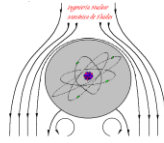
VÁLVULA DE RETENCIÓN



DN 25 : $K = 2,5$

DN 50 : $K = 2$

DN 75 : $K = 1,5$



CUADRO Nº 7

CALCULO RÁPIDO DE TUBERÍAS MEDIANTE EL EMPLEO DE LA FÓRMULA DE HAZEN-WILLIAMS

Podemos expresar las pérdidas de carga $h_f = J_1 \cdot L \cdot Q^{1,852}$

Q = caudal circulante en l/s

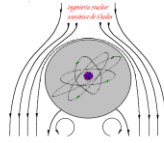
L = longitud en m.

J_1 = pérdida de carga unitaria. Es la pérdida que se produciría si el caudal circulante fuese de 1 l/s. Viene expresada en mcagua/m.de tubería

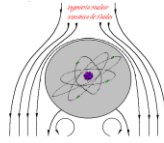
$$J_1 = \frac{1,2117 \cdot 10^{10}}{C_{HW}^{1,852} \cdot D_{mm}^{4,87}}$$

HAZEN WILLIAMS

$C_{HW} = 150$	$\varepsilon/D \leq 1,5 \cdot 10^{-5}$
$C_{HW} = 140$	$1,5 \cdot 10^{-5} < \varepsilon/D \leq 2 \cdot 10^{-4}$
$C_{HW} = 130$	$2 \cdot 10^{-4} < \varepsilon/D \leq 1 \cdot 10^{-3}$
$C_{HW} = 120$	$1 \cdot 10^{-3} < \varepsilon/D \leq 4 \cdot 10^{-3}$
$C_{HW} = 110$	$4 \cdot 10^{-3} < \varepsilon/D \leq 1,5 \cdot 10^{-2}$
$C_{HW} = 100$	$\varepsilon/D > 1,5 \cdot 10^{-2}$



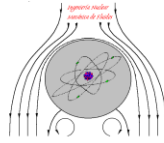
D (mm)	J_1						
	C_{HW}						
	150	140	130	120	110	100	80
50	6,02E-03	6,84E-03	7,84E-03	9,09E-03	0,011	0,013	0,019
60	2,48E-03	2,81E-03	3,23E-03	3,74E-03	4,40E-03	5,25E-03	7,93E-03
70	1,17E-03	1,33E-03	1,52E-03	1,77E-03	2,08E-03	2,48E-03	3,74E-03
80	6,10E-04	6,93E-04	7,95E-04	9,22E-04	1,08E-03	1,29E-03	1,95E-03
100	2,06E-04	2,34E-04	2,68E-04	3,11E-04	3,65E-04	4,36E-04	6,59E-04
125	6,94E-05	7,89E-05	9,05E-05	1,05E-04	1,23E-04	1,47E-04	2,22E-04
150	2,86E-05	3,24E-05	3,72E-05	4,32E-05	5,07E-05	6,05E-05	9,15E-05
175	1,35E-05	1,53E-05	1,76E-05	2,04E-05	2,39E-05	2,86E-05	4,32E-05
200	7,03E-06	7,99E-06	9,17E-06	1,06E-05	1,25E-05	1,49E-05	2,25E-05
250	2,37E-06	2,70E-06	3,09E-06	3,59E-06	4,21E-06	5,03E-06	7,60E-06
300	9,77E-07	1,11E-06	1,27E-06	1,48E-06	1,73E-06	2,07E-06	3,13E-06
350	4,61E-07	5,24E-07	6,01E-07	6,97E-07	8,19E-07	9,77E-07	1,48E-06
400	2,41E-07	2,73E-07	3,14E-07	3,64E-07	4,27E-07	5,10E-07	7,71E-07
450	1,36E-07	1,54E-07	1,77E-07	2,05E-07	2,41E-07	2,87E-07	4,34E-07
500	8,12E-08	9,22E-08	1,06E-07	1,23E-07	1,44E-07	1,72E-07	2,60E-07
600	3,34E-08	3,79E-08	4,35E-08	5,05E-08	5,93E-08	7,08E-08	1,07E-07
700	1,58E-08	1,79E-08	2,05E-08	2,38E-08	2,80E-08	3,34E-08	5,05E-08
800	8,23E-09	9,35E-09	1,07E-08	1,24E-08	1,46E-08	1,74E-08	2,64E-08
1000	2,78E-09	3,15E-09	3,62E-09	4,20E-09	4,93E-09	5,88E-09	8,89E-09



CUADRO Nº 8

COEFICIENTES DE RUGOSIDAD MEDIOS SEGÚN MANNING

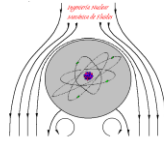
<u>MATERIAL DE LA PARED</u>	<u>n (nº de Manning)</u>
Madera cepillada	0,012
Madera sin cepillar	0,013
Hormigón acabado	0,012
Hormigón en bruto	0,015
Hierro fundido	0,016
Ladrillo	0,016
Acero roblonado	0,016
Arena	0,020
Metal con arrugas	0,022
Grava fina (grosor 10/20/30)	0,022
Grava media	0,025
Grava (grosor 50/100/150)	0,029
Mampostería	0,026
Tierra	0,026
Tierra con piedras o hierba	0,035
Piedras	0,037
Rocas medias	0,042
Rocas grandes	0,060
PVC	0,009



CUADRO Nº 9

Relaciones entre Q_c/Q_{II} ; V_c/V_{II} y h_c/D .- Tabla de Thorman y Franke

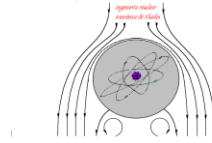
Q_c/Q_{II}	v_c/v_{II}	H_c/H_{II}	Q_c/Q_{II}	v_c/v_{II}	H_c/H_{II}	Q_c/Q_{II}	v_c/v_{II}	H_c/H_{II}
0,001	0,159	0,024	0,36	0,919	0,415	0,82	1,116	0,689
0,002	0,196	0,033	0,37	0,925	0,421	0,83	1,118	0,695
0,003	0,222	0,040	0,38	0,931	0,427	0,84	1,120	0,702
0,004	0,243	0,046	0,39	0,938	0,434	0,85	1,122	0,708
0,005	0,260	0,051	0,40	0,944	0,440	0,86	1,125	0,715
0,006	0,277	0,056	0,41	0,950	0,446	0,87	1,126	0,721
0,007	0,289	0,060	0,42	0,956	0,452	0,88	1,128	0,728
0,008	0,301	0,064	0,43	0,962	0,458	0,89	1,130	0,735
0,009	0,311	0,067	0,44	0,968	0,464	0,90	1,132	0,742
0,010	0,322	0,071	0,45	0,973	0,470	0,91	1,133	0,749
0,015	0,364	0,086	0,46	0,979	0,476	0,92	1,135	0,756
0,020	0,396	0,098	0,47	0,985	0,483	0,93	1,136	0,763
0,025	0,424	0,109	0,48	0,990	0,488	0,94	1,137	0,770
0,030	0,448	0,119	0,49	0,995	0,494	0,95	1,138	0,778
0,035	0,468	0,128	0,50	1,000	0,500	0,96	1,139	0,786
0,040	0,489	0,137	0,51	1,005	0,506	0,97	1,139	0,794
0,045	0,506	0,145	0,52	1,010	0,512	0,98	1,140	0,802
0,050	0,521	0,152	0,53	1,015	0,518	0,99	1,140	0,811
0,060	0,550	0,166	0,54	1,020	0,524	1,0	1,140	0,829
0,070	0,576	0,179	0,55	1,024	0,529	1,02	1,139	0,839
0,080	0,598	0,191	0,56	1,028	0,535	1,03	1,137	0,850
0,090	0,621	0,203	0,57	1,033	0,541	1,04	1,136	0,861
0,10	0,640	0,214	0,58	1,037	0,547	1,05	1,133	0,874
0,11	0,658	0,224	0,59	1,041	0,552	1,06	1,128	0,889
0,12	0,674	0,234	0,60	1,045	0,558	1,0701	1,120	0,910
0,13	0,691	0,244	0,61	1,049	0,564	1,0715	1,118	0,914
0,14	0,705	0,253	0,62	1,053	0,570	1,0730	1,116	0,919
0,15	0,720	0,262	0,63	1,057	0,576	1,0740	1,113	0,923
0,16	0,732	0,270	0,64	1,061	0,581	1,0751	1,110	0,929
0,17	0,746	0,279	0,65	1,064	0,587	1,0755	1,107	0,933
0,18	0,757	0,287	0,66	1,068	0,593	1,07567	1,105	0,936
0,19	0,769	0,295	0,67	1,072	0,599	1,07571	1,104	0,938
0,20	0,780	0,303	0,68	1,075	0,605	1,07568	1,103	0,940
0,22	0,802	0,319	0,69	1,079	0,611	1,0755	1,101	0,943
0,23	0,812	0,326	0,70	1,082	0,617	1,0751	1,097	0,947
0,24	0,822	0,334	0,71	1,085	0,622	1,0741	1,093	0,952
0,25	0,832	0,341	0,72	1,088	0,628	1,0722	1,088	0,958
0,26	0,840	0,348	0,73	1,091	0,634	1,0700	1,083	0,963
0,27	0,849	0,355	0,74	1,094	0,640	1,065	1,074	0,971
0,28	0,858	0,362	0,75	1,097	0,646	1,060	1,066	0,977
0,29	0,866	0,369	0,76	1,100	0,652	1,056	1,060	0,981
0,30	0,875	0,376	0,77	1,103	0,658	1,050	1,054	0,985
0,31	0,882	0,382	0,78	1,106	0,664	1,040	1,041	0,991
0,32	0,890	0,389	0,79	1,108	0,670	1,030	1,031	0,995
0,33	0,897	0,395	0,80	1,111	0,677	1,019	1,019	0,998
0,34	0,904	0,402	0,81	1,114	0,683	1,014	1,014	0,999
0,35	0,911	0,408				1,0	1,000	1,000



CUADRO Nº 10

Relaciones entre h_c/D ; Q_c/Q_{II} ; y V_c/V_{II}

h/D	Q_c/Q_{II}	v_c/v_{II}	h/D	Q_c/Q_{II}	v_c/v_{II}	h/D	Q_c/Q_{II}	v_c/v_{II}
0,010	0,000	0,089	0,340	0,249	0,830	0,670	0,789	1,108
0,020	0,001	0,141	0,350	0,263	0,843	0,680	0,806	1,112
0,030	0,002	0,184	0,360	0,277	0,855	0,690	0,821	1,116
0,040	0,003	0,222	0,370	0,292	0,868	0,700	0,837	1,120
0,050	0,005	0,257	0,380	0,307	0,879	0,710	0,853	1,123
0,060	0,007	0,289	0,390	0,322	0,891	0,720	0,868	1,126
0,070	0,010	0,319	0,400	0,337	0,902	0,730	0,883	1,129
0,080	0,013	0,348	0,410	0,353	0,913	0,740	0,898	1,131
0,090	0,017	0,375	0,420	0,368	0,924	0,750	0,912	1,133
0,100	0,021	0,401	0,430	0,384	0,934	0,760	0,926	1,135
0,110	0,025	0,426	0,440	0,400	0,944	0,770	0,939	1,137
0,120	0,031	0,450	0,450	0,417	0,954	0,780	0,953	1,138
0,130	0,036	0,473	0,460	0,433	0,964	0,790	0,965	1,139
0,140	0,042	0,495	0,470	0,450	0,973	0,800	0,977	1,140
0,150	0,049	0,517	0,480	0,466	0,983	0,810	0,989	1,140
0,160	0,056	0,538	0,490	0,483	0,991	0,820	1,000	1,140
0,170	0,063	0,558	0,500	0,500	1,000	0,830	1,011	1,139
0,180	0,071	0,577	0,510	0,517	1,008	0,840	1,021	1,139
0,190	0,079	0,597	0,520	0,534	1,016	0,850	1,030	1,137
0,200	0,088	0,615	0,530	0,551	1,024	0,860	1,039	1,136
0,210	0,097	0,633	0,540	0,568	1,032	0,870	1,047	1,134
0,220	0,106	0,651	0,550	0,586	1,039	0,880	1,054	1,131
0,230	0,116	0,668	0,560	0,603	1,046	0,890	1,060	1,128
0,240	0,126	0,684	0,570	0,620	1,053	0,900	1,066	1,124
0,250	0,137	0,701	0,580	0,637	1,060	0,910	1,070	1,120
0,260	0,148	0,717	0,590	0,655	1,066	0,920	1,073	1,115
0,270	0,159	0,732	0,600	0,672	1,072	0,930	1,075	1,109
0,280	0,171	0,747	0,610	0,689	1,078	0,940	1,076	1,103
0,290	0,183	0,762	0,620	0,706	1,084	0,950	1,075	1,095
0,300	0,196	0,776	0,630	0,723	1,089	0,960	1,071	1,086
0,310	0,209	0,790	0,640	0,740	1,094	0,970	1,066	1,075
0,320	0,222	0,804	0,650	0,756	1,099	0,980	1,057	1,062
0,330	0,235	0,817	0,660	0,773	1,104	0,990	1,042	1,044
						1,000	1,000	1,000



CUADRO Nº 11

Golpe de Ariete

Celeridad de la onda de presión:

Expresión de Joukowski
$$a = \frac{\sqrt{K/\rho}}{\sqrt{1 + \frac{K \cdot D}{E \cdot e}}}$$

Expresión de Allievi
$$a = \frac{9900}{\sqrt{48,3 + \frac{k \cdot D}{e}}}$$

Valores orientativos de k para la fórmula de Allievi

Hierro y acero.....	0,5
Hormigón.....	5
Hormigón armado.....	5
Fundición.....	1
Fibrocemento.....	5,4 (5 ÷ 6)
Poliéster.....	6,6
Plomo.....	5
PVC.....	33 (20 ÷ 50)

Valor de la sobrepresión:

Expresión de Allievi: $\Delta H = a \cdot v/g$

Expresión de Micheaud: $\Delta H = 2 \cdot L \cdot v / g \cdot T_c$