TP N°4 – PÉRDIDAS DE CARGA EN FLUIDOS REALES – PARTE 1

Ejercicio 1: Determinar la pérdida de carga en un tramo de tubería nueva de fundición sin recubrimiento, de 30 cm de diámetro interior y 1000 m de longitud, cuando:

a) Fluye agua a 15 ºC y una velocidad de 1 m/s.

b) Cuando circula Gasoil a 15 ºC y a la misma velocidad.

Usar el diagrama de **Rouse** y comparar con los valores que obtendrían trabajando con el diagrama de **Moody**.

CONCEPTOS NECESARIOS:

- Número de Reynolds: $Re = \frac{V.Ø}{v}$
- Ecuación de Darcy Weisbach: $H_{rp} = \lambda \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g}$
- Régimen del Fluido.
- Diagrama de Rouse.
- Diagrama de Moody.

<u>Ejercicio 1</u>: a)

Material: Fundición.
Diámetro: 30cm.
Longitud: 1000m.
Velocidad: 1m/s.
Fluido: **agua** a T=15°C.→ viscosidad: v=1,13x10^{-6}m^2/s

$$Re = \frac{V.\emptyset}{v} = \frac{\frac{1m}{s}.0{,}3m.}{1{,}13x10^{-6}m^2/s} = 265.486{,}7 = 2{,}65x10^5 > 4000 \rightarrow Turbulento$$

Rugosidad (de tabla): $Ke = 0{,}25mm$

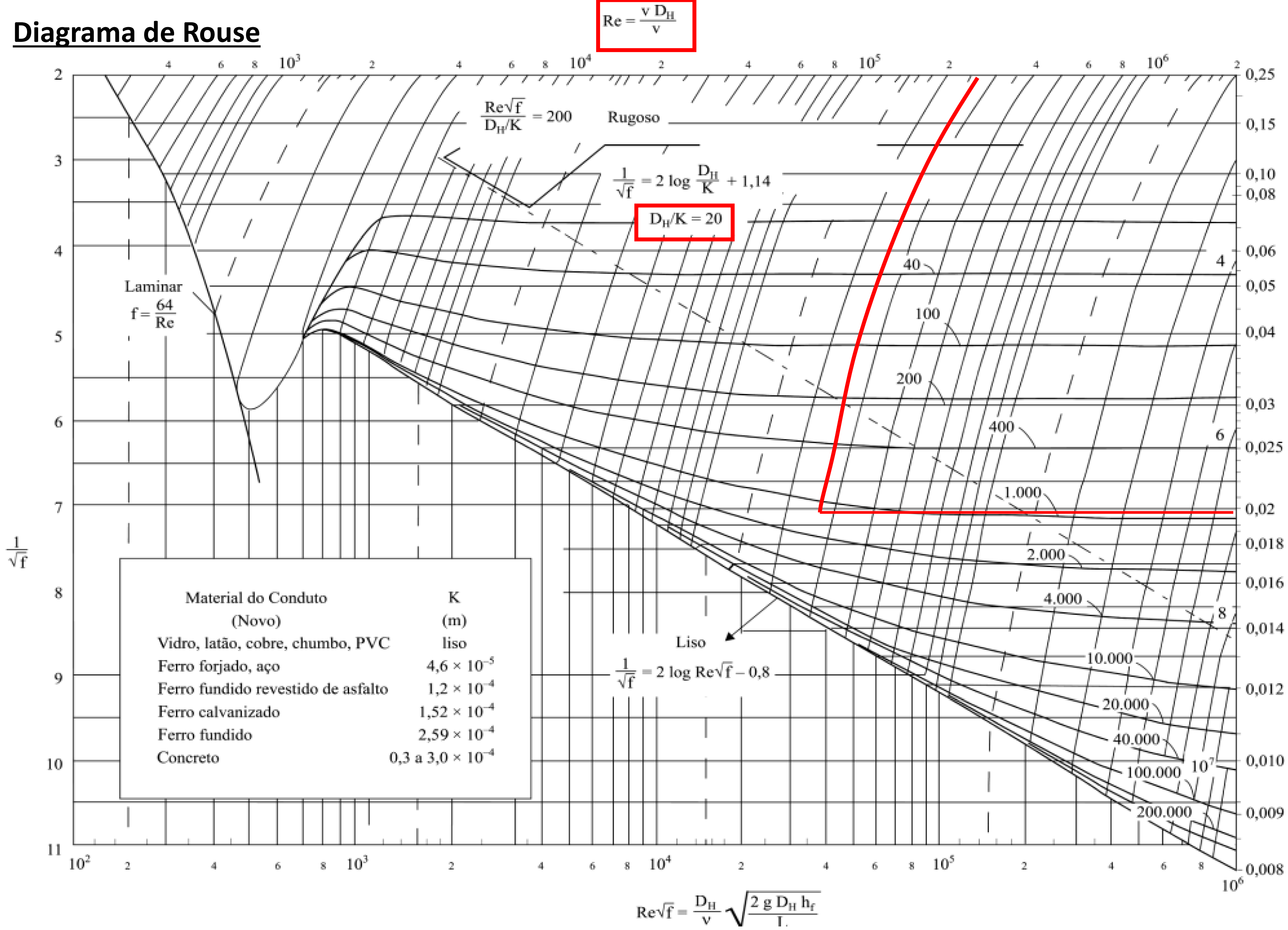
Rugosidad relativa:

$$\left.\begin{cases} Kr = \dfrac{Ke}{\emptyset} = \dfrac{0{,}25mm}{300mm} = 8{,}33x10^{-4} \quad \text{(D. Moody)} \\ Kr = \dfrac{\emptyset}{Ke} = \dfrac{300mm}{0{,}25m} \approx 1200 \quad \text{(D. Rouse)} \end{cases} + Re \right\} \boldsymbol{\lambda \approx 0{,}0225}$$

Pérdidas de carga Primarias:

$$H_{rp} = \lambda \frac{L}{D}\frac{v^2}{2g} = 0{,}0225 \frac{1000m}{0{,}3m}\frac{(1m/s)^2}{2.9{,}8m/s^2} \rightarrow \boxed{\boldsymbol{H_{rp} = 3{,}82m}}$$

Diagrama de Rouse

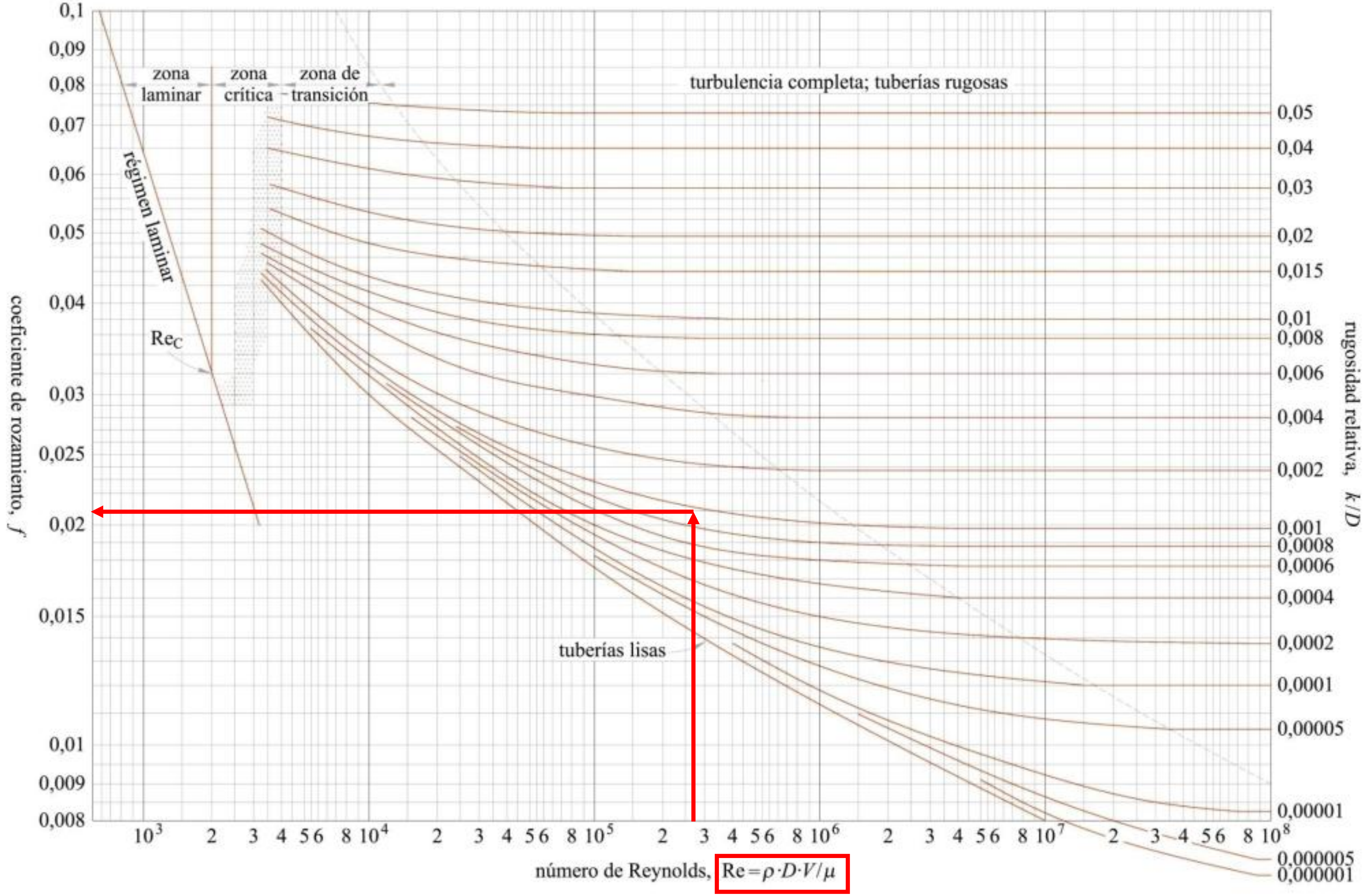


$$Re = 2{,}65x10^5$$

$$Kr = \frac{\emptyset}{Ke} \approx 1200$$

$$\boldsymbol{\lambda \approx 0{,}0225}$$

Diagrama de Moody



$$Re = 2{,}65x10^{5}$$

$$Kr = \frac{Ke}{\emptyset} = 8{,}33x10^{-4}$$

$$\boldsymbol{\lambda \approx 0{,}0225}$$

<u>Ejercicio 1</u>: b)

Material: Fundición.
Diámetro: 30cm.
Longitud: 1000m.
Velocidad: 1m/s.
Fluido: **Gasoil** a T=15°C.→ viscosidad: v=9x10^{-6}m^2/s

$$Re = \frac{V.\varnothing}{v} = \frac{\frac{1m}{s}.0{,}3m.}{9x10^{-6}m^2/s} = 33.333{,}33 = 3{,}33x10^4 > 2000 \rightarrow Turbulento$$

Rugosidad (de tabla): $Ke = 0{,}25mm$

Rugosidad relativa:

$$\left.\begin{cases} Kr = \dfrac{Ke}{\varnothing} = \dfrac{0{,}25mm}{300mm} = 8{,}33x10^{-4} \quad \text{(D. Moody)} \\ Kr = \dfrac{\varnothing}{Ke} = \dfrac{300mm}{0{,}25m} \approx 1200 \quad \text{(D. Rouse)} \end{cases} + Re \right\} \boldsymbol{\lambda \approx 0,04}$$

Pérdidas de carga Primarias:

$$H_{rp} = \lambda \frac{L}{D}\frac{v^2}{2g} = 0{,}04 \frac{1000m}{0{,}3m}\frac{(1m/s)^2}{2.9{,}8m/s^2} \rightarrow \boxed{\boldsymbol{H_{rp} = 6,8m}}$$

COEFICIENTE λ DE LA EC. 9-4 PARA TUBERIAS COMERCIALES

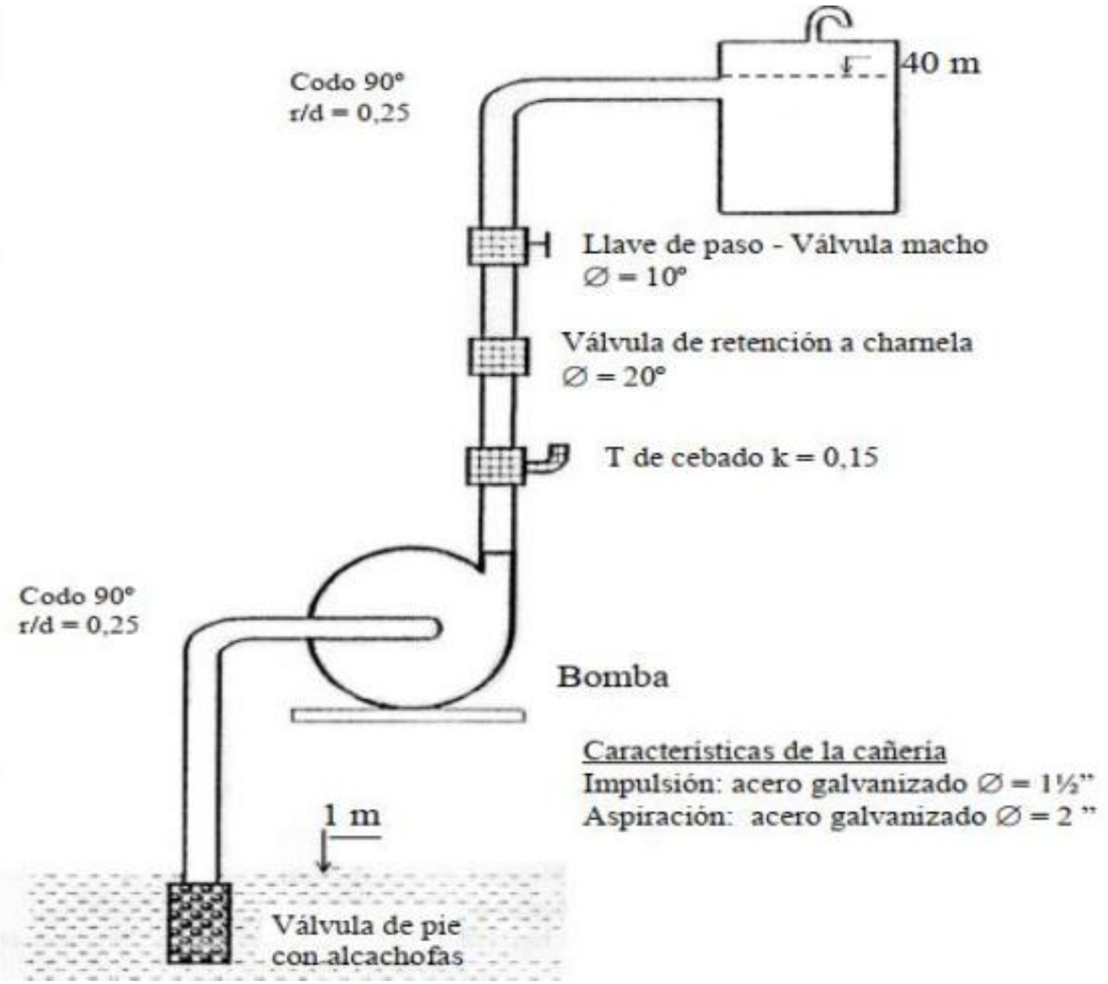
Tuberías	*Régimen*	*Fórmula*	*Autor*
lisas y rugosas	laminar	$\lambda = \frac{64}{Re}$	Poiseulle
lisas	turbulento (1) Re < 100.000	$\lambda = \frac{0{,}316}{Re^{1/4}}$	Blasius
lisas	turbulento (1) Re < 100.000	$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = 2 \log_{10} \left(Re \sqrt{\lambda}\right) - 0{,}8$	Kármán-Prandtl (primera ecuación)
rugosas	turbulento (zona de transición)	$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \log_{10} \left(\frac{k/D}{3{,}7} + \frac{2{,}51}{Re \sqrt{\lambda}}\right)$	Colebrook
rugosas	turbulento (zona final)	$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = 2 \log_{10} \frac{D}{2k} + 1{,}74$	Kármán-Prandtl (segunda ecuación)

TP N°4 – PÉRDIDAS DE CARGA EN FLUIDOS REALES – PARTE 2

Ejercicio 4: La bomba de la imagen debe nutrir al tanque de reserva, con 30.000 litros/diarios, en tres periodos de bombeo de una hora cada uno.

a) Calcular la potencia necesaria de la bomba y el consumo diario de energía si el rendimiento de la bomba es de 0,6 y rendimiento mecánico de la instalación 0,75. La temperatura del agua permanece constante a 20ºC, la longitud de aspiración es **4,00 m** y la de impulsión es de **32,00 m**.

b) Determinar la pérdida de carga total, mediante el método de la longitud equivalente.



Caudal en 3 períodos de 1hr c/u:

$$Q = \frac{30000l}{3hs}\frac{1m^3}{1000l}\frac{1hs}{3600s} = 2{,}78x10^{-3}m^3/s$$

Velocidades en los Tramos Aspiración e Impulsión:

$$V_1 = \frac{2{,}78x10^{-3}m^3/s}{\pi(0{,}0508m)^2/2} = 1{,}37\,\frac{m}{s}\ \text{(Aspiración)}$$

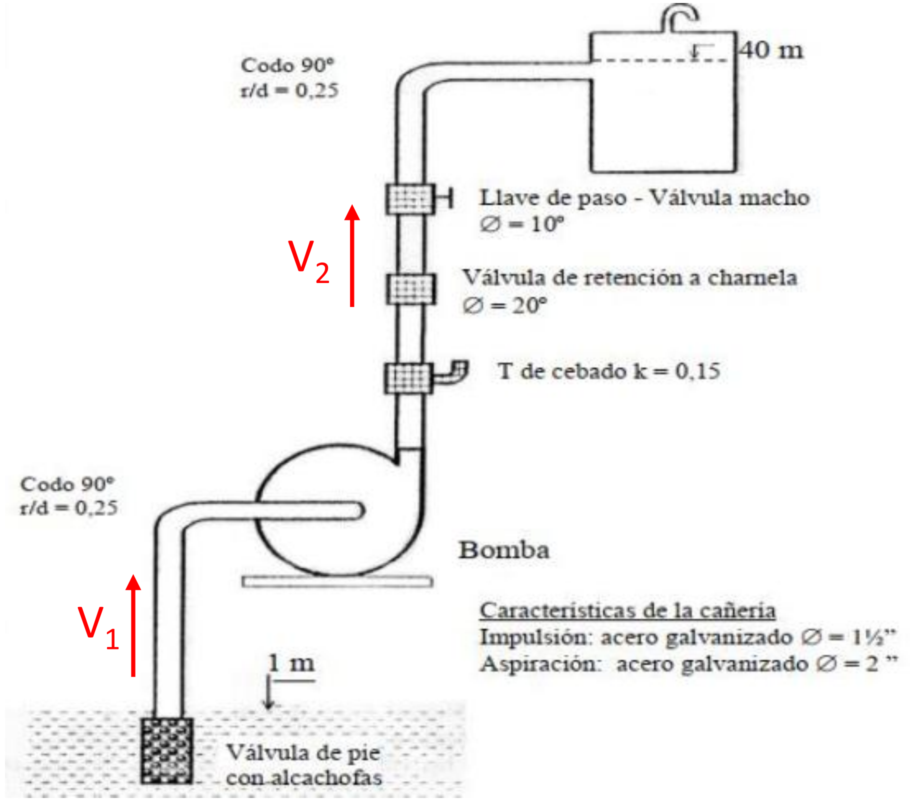
$$V_2 = \frac{2{,}78x10^{-3}m^3/s}{\pi(0{,}0381m)^2/2} = 2{,}44\,\frac{m}{s}\ \text{(Impulsión)}$$

Cálculo del N° *Re* en Aspiración e Impulsión:

$$\text{(Asp)}: R_e = \frac{V_1\phi_1}{\nu} = \frac{\frac{1{,}37m}{s} * 0{,}0508m}{1{,}0038 * 10^{-6}\ m^2/s} = 69.332$$

$$\text{(Imp)}: R_e = \frac{V_2\phi_2}{\nu} = \frac{\frac{2{,}44m}{s} * 0{,}038m}{1{,}0038 * 10^{-6}\ m^2/s} = 92.612$$

>4000
Régimen
Turbulento



Rugosidad p/ acero Galvanizado: K=0,000152m (tabla)
Rugosidad Relativa:
$K/\varnothing_1$=0,00152m/0,0508m=0,03
$K/\varnothing_2$=0,00152m/0,0381m=0,04

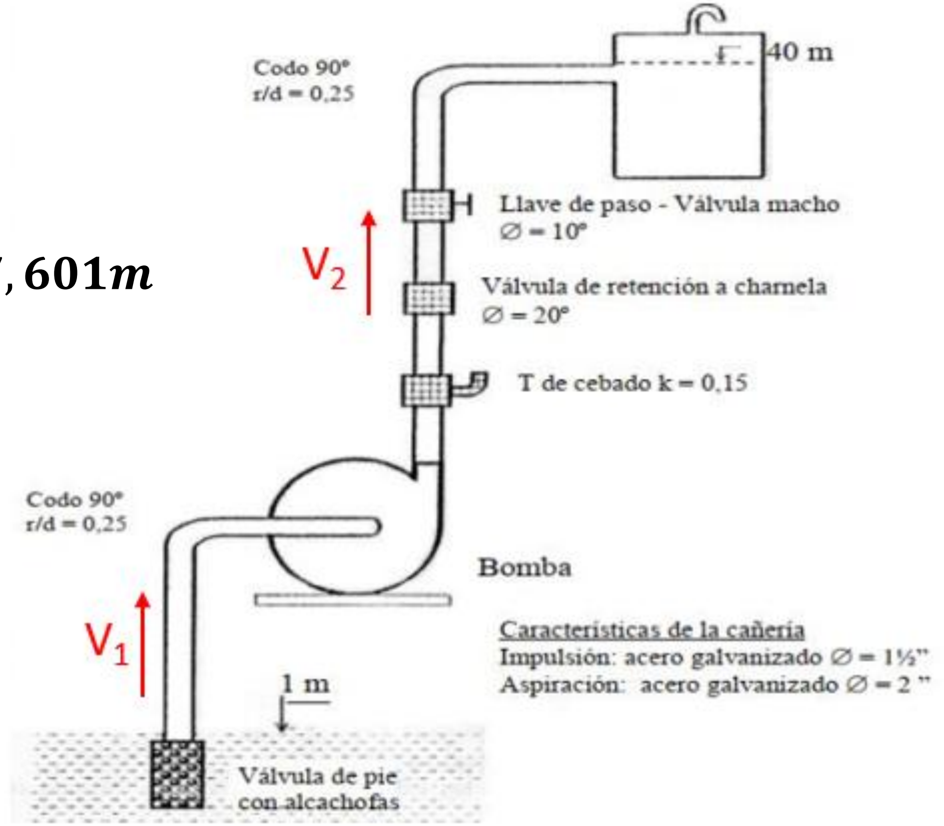
Del diagrama de Moody (con Re y K/Ø):
λ_1=0,028
λ_2=0,029

Cálculo de Pérdidas Primarias (distribuidas):

$$H_{rp1} = \lambda \frac{L}{D}\frac{v^2}{2g} = 0{,}028 \frac{4m}{0{,}0508m} \frac{(1{,}37m/s)^2}{2.9{,}8m/s^2} \rightarrow \quad \boldsymbol{H_{rp1} = 0,211m}$$

$$H_{rp2} = \lambda \frac{L}{D}\frac{v^2}{2g} = 0{,}029 \frac{32m}{0{,}0381m} \frac{(2{,}44m/s)^2}{2.9{,}8m/s^2} \rightarrow \quad \boldsymbol{H_{rp1} = 7,39m}$$

$$\boldsymbol{H_{rp} = 7,601m}$$



Cálculo de Pérdidas Secundarias (Concentradas):

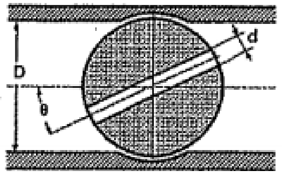
Válvula Macho:	ξ_1=0,3
Válvula Retención:	ξ_2=2,40
T de Cebado:	ξ_3=k=0,15
Válvula de Pie:	ξ_4=10
Codo 90°:	ξ_5=0,4

Se obtiene de **Tablas** con **tipo** y **relación de tamaño** de accesorio

$$H_{rs1} = (\xi_4 + \xi_5)\frac{{v_1}^2}{2g} = 10{,}4 \frac{(1{,}37m/s)^2}{2.9{,}8m/s^2} \rightarrow \quad \boldsymbol{H_{rs1} = 0,99m}$$

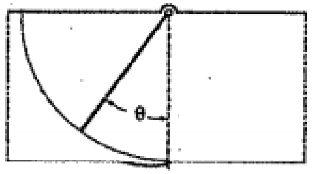
$$H_{rs2} = (\xi_1 + \xi_2 + \xi_3 + \xi_5)\frac{{v_2}^2}{2g} = (0{,}3 + 2{,}40 + 0{,}15 + 0{,}4)\frac{(2{,}44m/s)^2}{2.9{,}8m/s^2} \rightarrow \quad \boldsymbol{H_{rs2} = 0,985m}$$

$$\boldsymbol{H_{rs} = 1,975m}$$



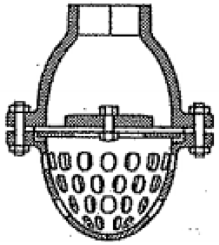
VÁLVULA CILÍNDRICA

θ	5°	10°	15°	20°	25	30°	35°	40°	45°	50°	55°	60°	65°	90°
ξ	0,05	0,30	0,8	1,60	3,1	5,50	9,7	17,3	31,2	52,6	106	206	486	∞



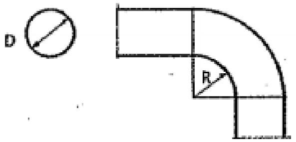
VÁLVULA DE RETENCIÓN

θ	10°	15°	20°	25°	30°	40°	50°	60°	65°
ξ	5,20	3,10	2,4	2,10	2	1,80	1,7	1,5	1,2



VÁLVULA ALCACHOFA

D (mm)	40	50	65	80	100	125	150	200	250	300	350	400	450	500
ξ	12,0	10,0	8,8	8,0	7,0	6,5	6,0	5,2	4,4	3,7	3,4	3,1	2,8	2,5



R/D	0	0,25	0,5	1
ξ	0,8	0,4	0,25	0,15

Válvula Cilíndrica: ξ_1=0,3

Válvula Retención: ξ_2=2,40

T de Cebado: ξ_3=k=0,15

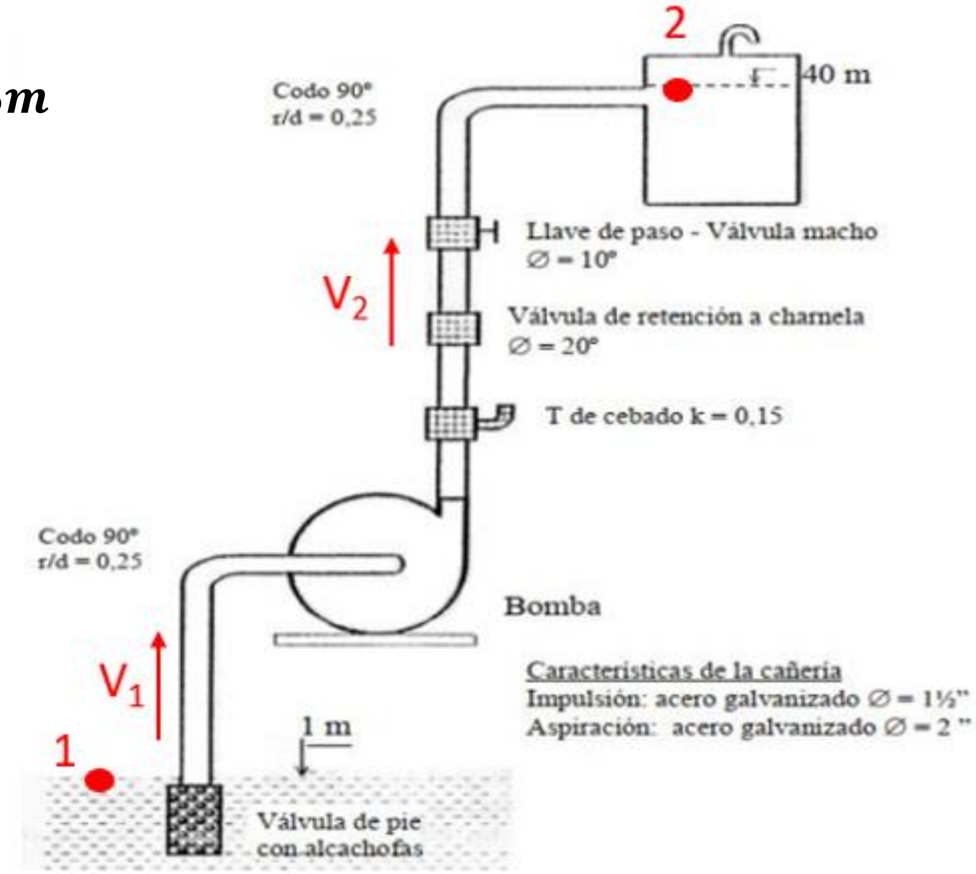
Válvula de Pie: ξ_4=10

Codo 90°: ξ_5=0,4

Pérdidas Primarias (distribuidas): $\boldsymbol{H_{rp}= 7,601m}$

Pérdidas Secundarias (Concentradas): $\boldsymbol{H_{rs}= 1,975m}$

$\boldsymbol{H_{rt}= 9,55m}$



Planteamos Bernoulli entre ambos puntos:

$$\cancel{\frac{p_1}{\gamma}} + Z_1 + \cancel{\frac{V_1{}^2}{2g}} + H_B - H_{rp} - H_{rs} = \cancel{\frac{p_2}{\gamma}} + Z_2 + \cancel{\frac{V_2{}^2}{2g}}$$

$$H_B = Z_2 - Z_1 + H_{rp} + H_{rs} = 40m - 1m + 7{,}601m + 1{,}975m$$

Altura necesaria de la Bomba: → $\boldsymbol{H_B = 48,57m}$

Potencia de la Bomba:

$$N_B = \frac{\gamma . H_B . Q}{75 * \eta_B * \eta_I} = 1000\frac{kg}{m^3} . 48{,}57m . 2{,}78x10^{-3}\frac{m^3}{s} . \frac{1}{(75.0{,}6.0{,}75)} = \boldsymbol{4CV}$$

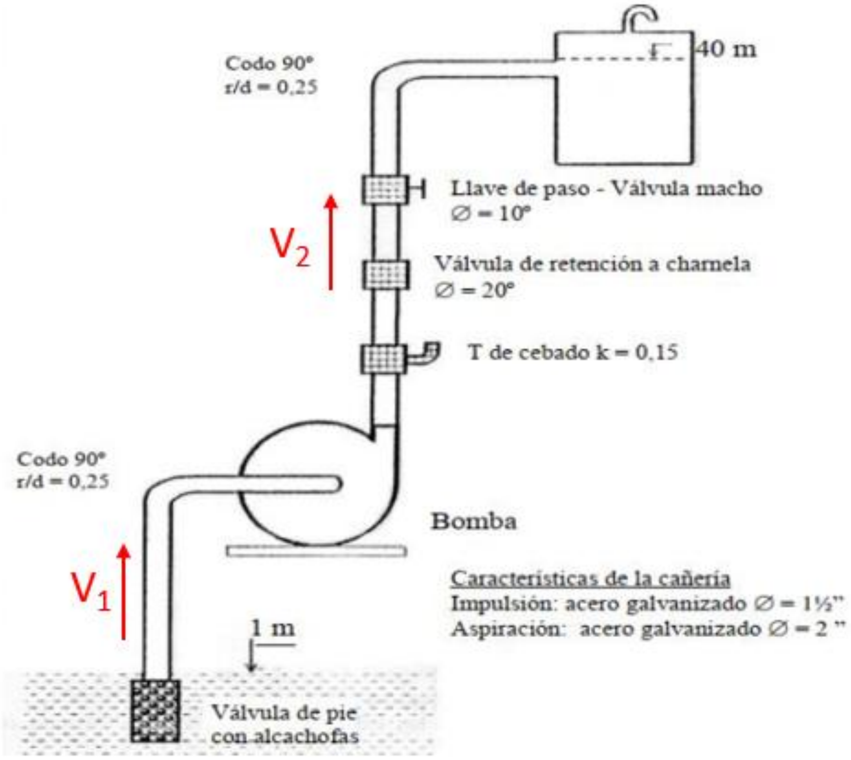
Consumo de Energía:

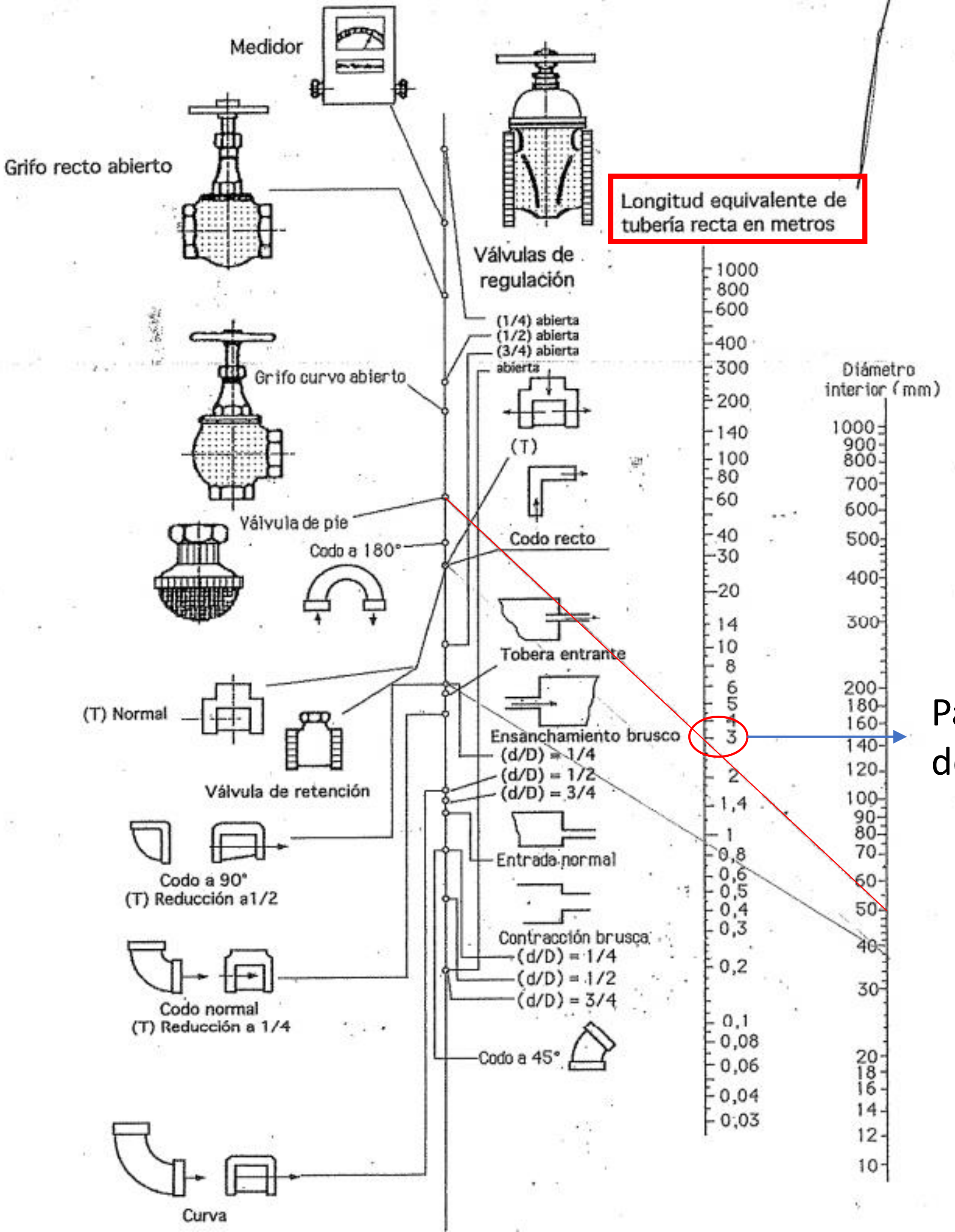
$$E = N_B . t = 4\text{CV}.\frac{736W}{1CV} . 3Hs\frac{3600s}{1Hs} = 31795\text{kJ}$$

Punto b) Pérdidas totales por el método de Longitud equivalente:

$$H_{r1} = \lambda_1 \frac{(L_1 + L_{eq2} + L_{eq3})}{D} \frac{v^2}{2g}$$

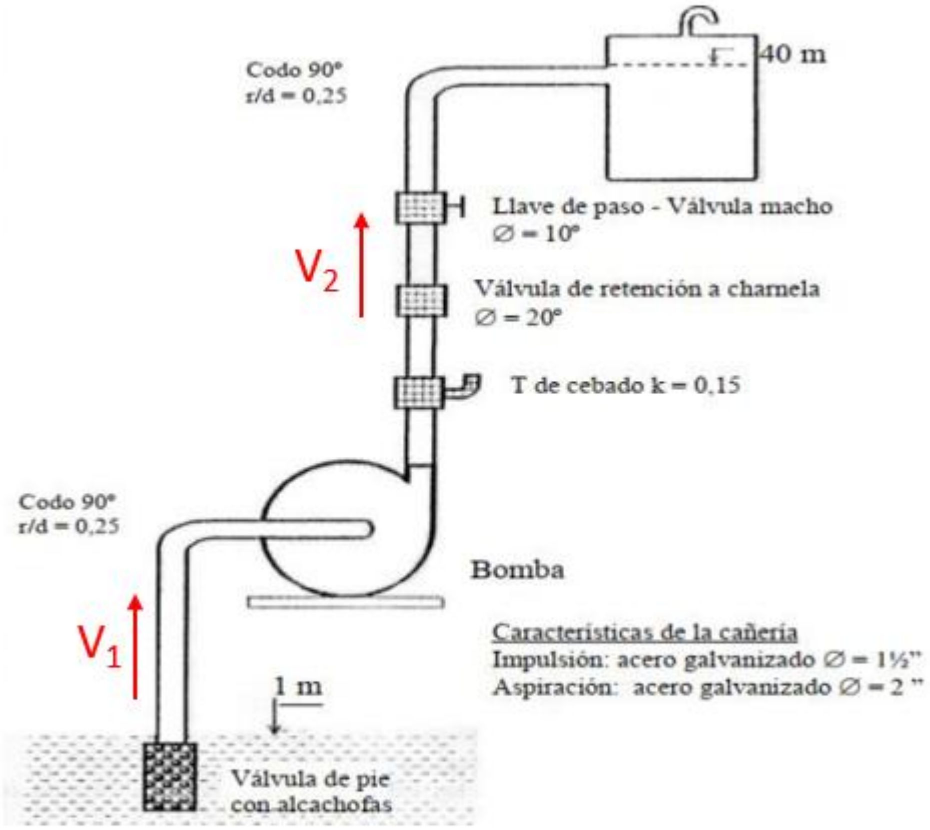
$$H_{r2} = \lambda_2 \frac{(L_2 + L_{eq4} + L_{eq5} + L_{eq5} + L_{eq6})}{D} \frac{v^2}{2g}$$





Para válvula de pie de 50mm: L_{eq}=3m

Punto b) Pérdidas totales por el método de Longitud equivalente:



Codo: Leq1=0,9m

Válvula de Pie: Leq2=3m

Válvula de retención y T cebado: Leq3=1,6m

Válvula de paso: Leq4=0,22m

$$H_{rt} = \lambda_1 \frac{(L_1 + L_{eq1} + L_{eq2})}{D} \frac{{V_1}^2}{2g} + \lambda_2 \frac{(L_2 + L_{eq1} + L_{eq3} + L_{eq4})}{D} \frac{{V_2}^2}{2g}$$

$$H_{rt} = 0{,}028 \frac{(4m + 0{,}9m + 3m)}{0{,}0508m} \frac{(1{,}37m/s)^2}{2.9{,}8m/s^2} + 0{,}028 \frac{(32m + 0{,}9m + 2.1{,}6m + 0{,}22m)}{0{,}0381m} \frac{(2{,}44m/s)^2}{2.9{,}8m/s^2} \rightarrow \quad H_{rt} = 8{,}9m$$

Comparación de Pérdidas totales

- método de Longitud equivalente: $\boldsymbol{H_{rt} = 8,9m}$
- Ábacos y Darcy Weisbach: $\boldsymbol{H_{rt} = 9,55m}$