

# Mecánica de Fluidos

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

# PÉRDIDAS DE CARGA

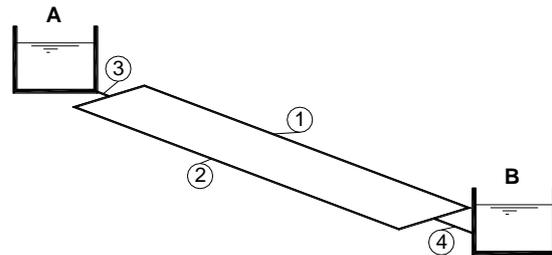
## (Temas 16 y 17)

1. Los depósitos A y B de la figura están conectados por las tuberías (1) y (2), dispuestas en paralelo. Las tuberías son de fundición. Los diámetros son  $D_1 = 300$  mm y  $D_2 = 600$  mm. Las longitudes son  $L_1 = 1500$  m y  $L_2 = 3000$  m. El fluido circulante es petróleo crudo a  $28$  °C ( $s = 0,86$ ).

Despreciando las longitudes de las tuberías (3) y (4) y las pérdidas menores, se pide:

a) Caudal  $Q_2$  si  $Q_1 = 56$  l/s.

b) Diámetro de tubería del mismo material y  $L = 3000$  m que podría sustituir a aquellas dos (1) y (2), es decir, el diámetro de tubería que transporte el mismo caudal que las otras dos conjuntamente. Los diámetros de tubería disponibles son: 600mm, 625 mm, 650 mm y 675 mm.

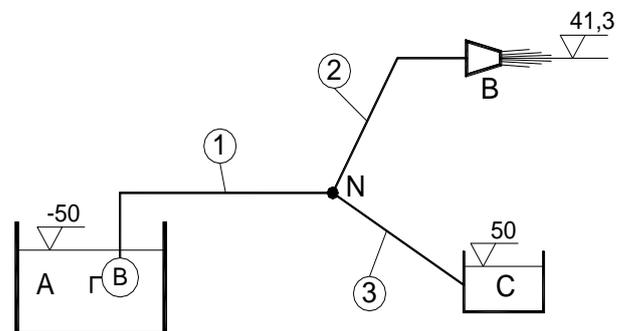


2. En la instalación de la figura, se bombea agua desde el depósito A a la boquilla B y al depósito abierto C. La potencia bruta de la bomba es 130 kW. El diámetro de la boquilla B es de 20 mm. El caudal  $Q_3 = 100$  l/s. Teniendo en cuenta los datos del enunciado, se pide:

a) Bernoulli en el nudo N (Darcy-Weisbach).

b) Caudal  $Q_2$  (Hazen-Williams).

c) Rendimiento de la bomba (Hazen-Williams).

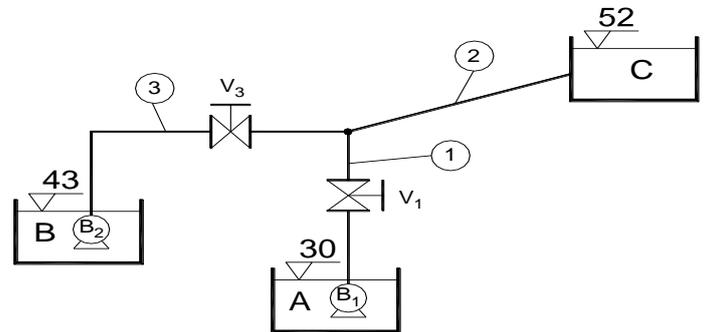


Tuberías	Diámetro (mm)	Material	Longitud (m)
1	500	Hormigón	5000
2	50	Polietileno (PE)	112
3	500	Hormigón	1000

3. Teniendo en cuenta los datos del enunciado para el sistema de la figura, se pide:

a) Caudal circulante si la válvula  $V_1$  está abierta y la válvula  $V_3$  cerrada (**Hazen-Williams**).

b) Si se cierra la válvula  $V_1$  y se abre  $V_3$ , para que al depósito C llegue un caudal de 72 l/s, calcular la potencia bruta de la bomba  $B_2$  (**Darcy-Weisbach**).



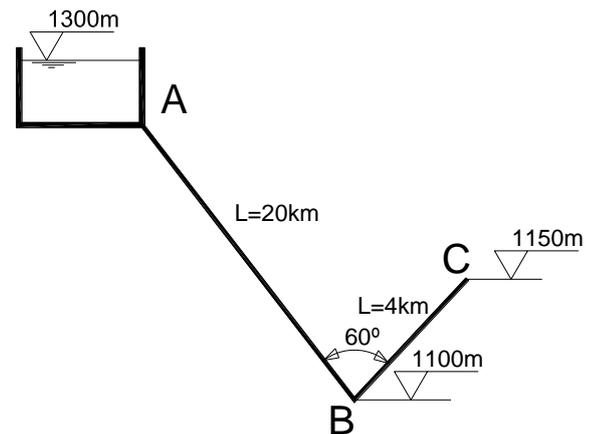
**Datos:** Material: Hierro galvanizado. Potencia bruta de la bomba  $B_1 = 33,16$  kW;  $\eta_{B1} = 65\%$ ;  $\eta_{B2} = 70\%$

	L (m)	D (mm)
1	1650	300
2	3150	400
3	925	350

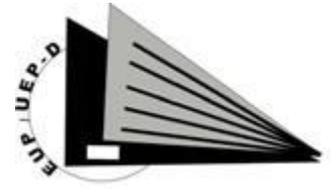
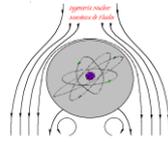
4. Una ciudad C debe abastecerse desde un depósito A, con un caudal de agua de 500 l/s (agua =  $10^{-6}$  m<sup>2</sup>/s), mediante una tubería de fundición diseñada según el esquema de la figura. En su extremo C es preciso disponer de una presión de 3,5 kg/cm<sup>2</sup>. Se pide:

a) Diámetro comercial necesario. Los diámetros comerciales van de 50 en 50 mm (**Darcy-Weisbach**).

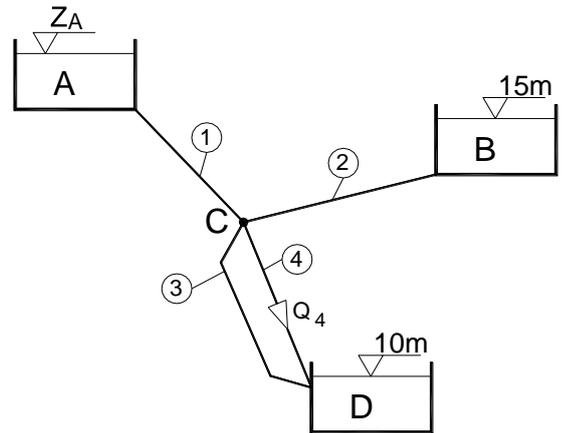
b) Si el diámetro instalado es de 600 mm, calcular la presión en el punto B (**Hazen-Williams**).



**Nota:** despreciese el término de la energía cinética de la ecuación de Bernoulli y las pérdidas menores.



5. En la figura se muestra una red de abastecimiento de agua ( $v_{\text{agua}} = 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ ). El caudal que circula por la tubería 4 hacia el depósito D es de 500 l/s. Las tuberías son de hierro galvanizado. Se pide:



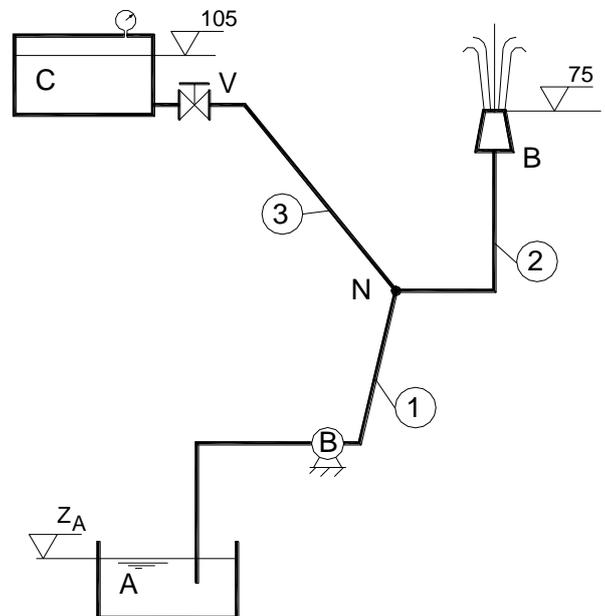
- Perdidas de carga en la tubería 4 (Darcy-Weisbach).
- Caudales circulantes y su sentido en el resto de las tuberías (Hazen-Williams).
- Cota del depósito A (Hazen-Williams).

	Longitud (m)	Diámetro (mm)
Tubería 1	1500	1000
Tubería 2	1000	500
Tubería 3	2200	500
Tubería 4	2000	600

6. En el sistema de la figura, se bombea agua a través de una boquilla de diámetro 25 mm (B) por medio de una bomba de 2500 W de potencia bruta con un rendimiento del 75 %. Para el caso inicial en el que la válvula V está cerrada, se pide:

	L (m)	D (mm)
1	750	80
2	500	80
3	200	70

- Cota de la lámina de agua del depósito inferior (A) para el caso en el que el chorro que sale por la boquilla alcance 6 m de altura (Darcy-Weisbach).

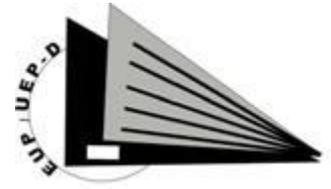
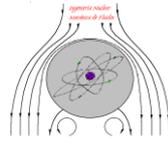


Se pretende aumentar la velocidad en la boquilla a 20 m/s. Para ello, se abre completamente la válvula V.

- Suponiendo constante la potencia útil de la bomba y  $z_A = 70 \text{ m}$ , calcular la lectura del manómetro del depósito C (Hazen-Williams).

**Datos:** Todas las tuberías son de fundición.

**Nota:** Despréciense las pérdidas menores, incluidas las de la boquilla.



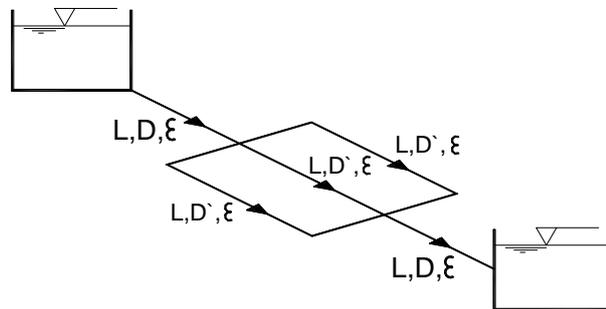
7. Se ha medido un caudal de 69 l/s en la conducción que une dos depósitos abiertos a la atmósfera con una diferencia de cota de 100 m. Si el diámetro de la tubería es de 250 mm y su  $C_{HW} = 130$ , calcula la longitud de la tubería.

- a) 12,7 km.
- b)  $3,59 \cdot 10^{-13}$  m.
- c) 52732 km.
- d) Otro valor.

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

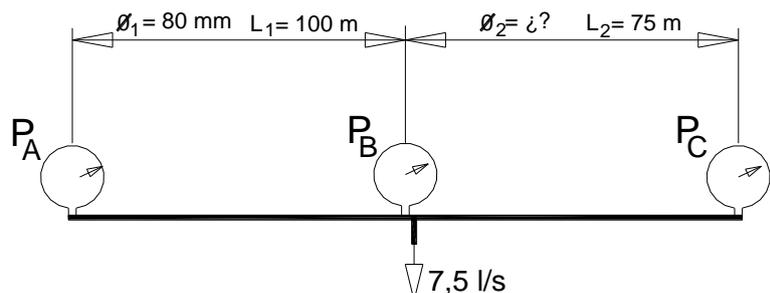
8. Se realiza un trasvase de agua entre dos depósitos que tienen un desnivel de 100 m. El material y la longitud de las cinco tuberías son idénticos. Los diámetros  $D'$  de las tuberías en paralelo son inferiores al diámetro de la tubería principal  $D$ . Calcular la potencia pérdida total en el sistema debido a las pérdidas de carga en el conjunto de tuberías, cuando llegan al depósito inferior 250 l/s.

- a) 100 kW.
- b) Faltan datos.
- c) 490 kW.
- d) 245 kW.



9. Un conducto horizontal está formado por dos tramos de tubería conectados en serie. El primer tramo es de hierro forjado, tiene una longitud  $L=100$  m y su diámetro es  $D=80$  mm. El segundo tramo es de cobre y la longitud es  $L=75$  m. El conducto transporta alcohol etílico ( $s=0,79$ ) a  $20^\circ\text{C}$ . A lo largo del conducto están colocados tres manómetros ( $P_A$ ,  $P_B$  y  $P_C$ ), al inicio y final de cada tramo de tubería. Las lecturas de dichos manómetros son 2,2, 1,0 y 4,2  $\text{kg/cm}^2$  (las lecturas no están ordenadas). Se pide, mediante **Darcy-Weisbach** y el ábaco de Moody o las expresiones que lo definen:

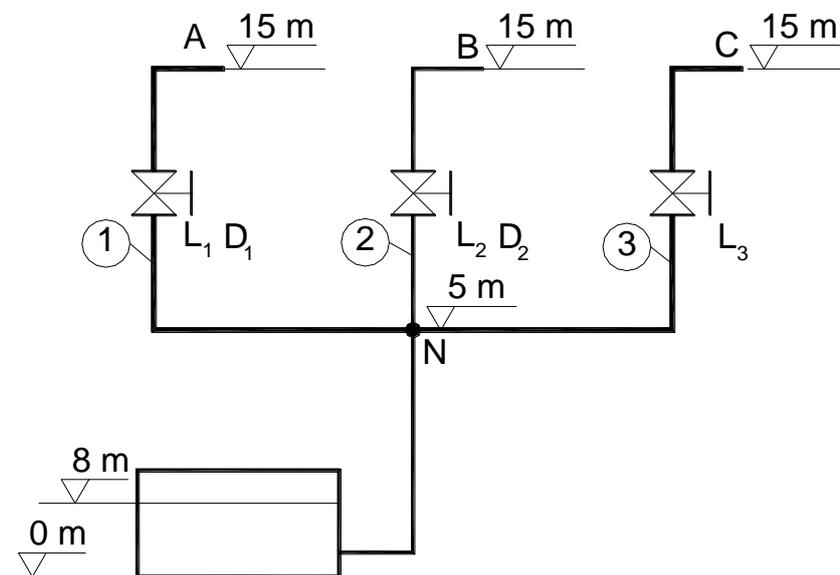
- a) Caudal que circula por el tramo de hierro forjado.
- b) Si al inicio del tramo de cobre se extraen 7,5 l/s del conducto, calcular el diámetro de la tubería de cobre para cumplir las condiciones del ejercicio.



**Nota:** Despreciar términos cinéticos.

10. El sistema del esquema se emplea para suministrar mediante el depósito presurizado inferior, un edulcorante líquido (jarabe de glucosa,  $s=1,3$ ) a  $20^{\circ}\text{C}$  a través de tuberías de acero comercial en una instalación industrial de preparación de refrescos embotellados. Para que el funcionamiento sea correcto, el sistema debe ser capaz de suministrar al menos  $4500\text{ l/min}$  en cada surtidor. En la configuración de la figura el surtidor B proporciona el caudal mínimo para un funcionamiento correcto. Se pide, mediante Darcy-Weisbach:

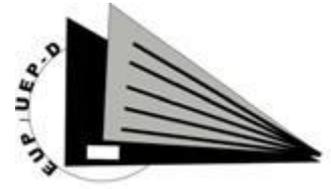
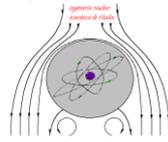
- Demostrar razonadamente por qué el surtidor A no funcionará correctamente.
- Deducir el diámetro exacto de la tubería del tramo 3 que proporciona el caudal mínimo.
- Elegir el diámetro comercial entre los de la lista proporcionada para instalar en el tramo 3.



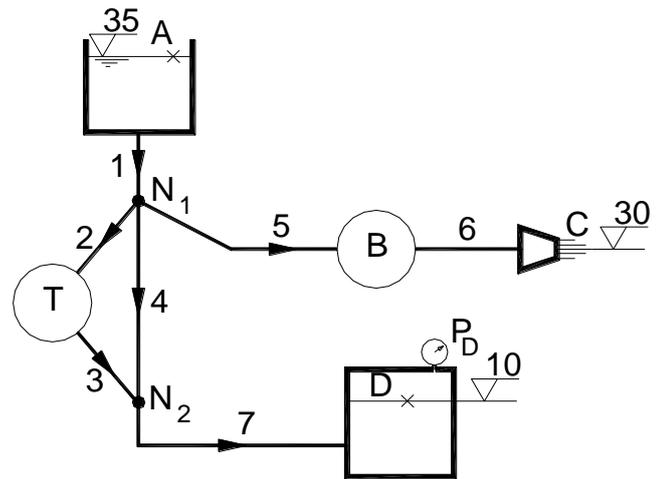
$L_1$	36,8 m	$D_1$	200 mm
$L_2$	11 m	$D_2$	250 mm
$L_3$	18 m	$D_3$	¿?

**Datos:** Las pérdidas en las piezas de unión de tuberías son despreciables;  $k_{\text{valv}}=2,77$ ; Diámetros comerciales de tubería (mm): 70, 80, 100, 125, 150, 175, 200, 250, 300, 350, 400. Viscosidad cinemática del fluido:  $3 \cdot 10^{-5}\text{ m}^2/\text{s}$ .

**Nota:** En caso de ser necesario, limitar a 3 el número de iteraciones a realizar ó en su defecto, a un cambio menor al 5% de la variable a calcular. El depósito puede considerarse de grandes dimensiones.



11. La instalación hidráulica de la figura consta de dos depósitos, A y D, dos turbomáquinas (la bomba B y la turbina T) y una boquilla de un sistema de riego, C. La densidad relativa del fluido que circula por la instalación es  $s=0,9$ . El depósito A está abierto a la atmósfera y el depósito D está presurizado. Sabiendo que la potencia del chorro a la salida de la boquilla C es de 25 kW y que todas las tuberías son de fundición, se pide:



- La longitud total del sistema de riego ( $L_5 + L_6$ ).
- Caudal que circula por la tubería 4.
- Diámetro de la tubería 7.

**Datos:**  $D_{boq}=100$  mm;  $D_4=110$  mm;  $D_5=D_6=375$  mm;  $Q_1=600$  l/s;  $\eta_B=0,8$ ;  $Pot_{bruta}$  bomba=41 kW; salto neto de la turbina 5,56 mcl;  $L_4=75$  m;  $L_7=155$  m;  $P_D=100$  kPa;  $v=8 \cdot 10^{-7}$  m<sup>2</sup>/s. Las cotas en la figura están representadas en metros.  
**Pérdidas:**  $h_{f1}=0,4$  kg/cm<sup>2</sup>;  $h_{f2}=1$  mca;  $h_{f3}=0,5$  mcl ( $s=2$ );  $k_{boq}=0,3$ .

**Nota:** En caso de ser necesario iterar comenzar con el valor:  $f=0,015$ .

12. En la instalación de la figura se puede ver un depósito presurizado ( $P_A=0,75$  kg/cm<sup>2</sup>). Cuando la válvula  $V_3$  está completamente cerrada, el chorro de agua que sale por la boquilla B alcanza una altura de 3 m.

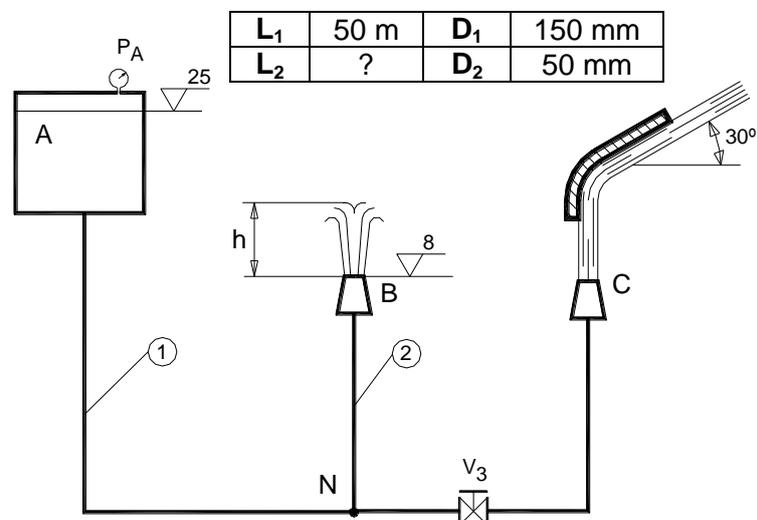
Se pide, mediante **Hazen-Williams**:

- Longitud de la tubería 2.

Si el depósito A se despresuriza, poniéndose en contacto con la atmósfera y las alturas iniciales ( $z_A, z_B, h$ ) permanecen constantes, y si se abre la válvula  $V_3$  completamente, calcular:

- Fuerza resultante que realiza el chorro que sale por la boquilla C sobre el álabe.

**Datos:**  $D_{boquilla}=40$  mm. Todas las tuberías son de PVC.

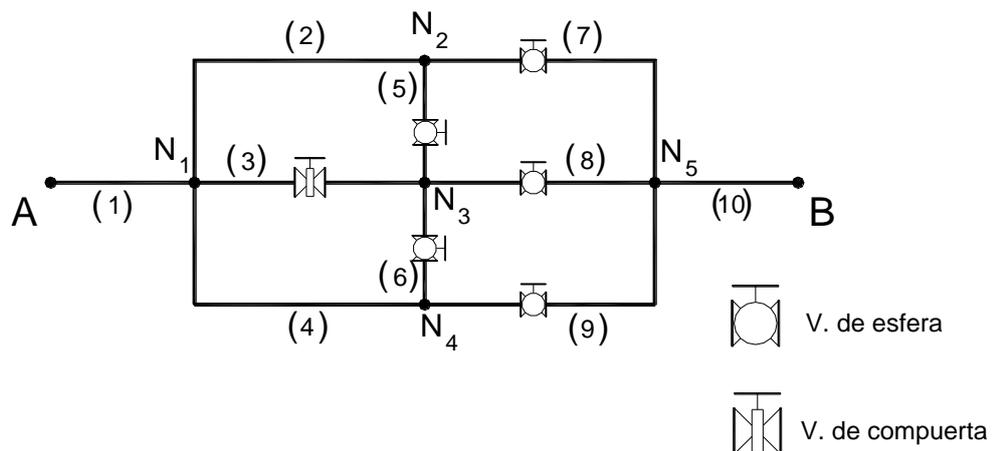


13. El sistema de tuberías de acero comercial de la figura tiene como función transportar gasolina ( $s=0,68$ ) a  $20^{\circ}\text{C}$  desde el punto A hasta el punto B. El sistema está compuesto por 10 partes o ramales (ver numeración en la figura) y por cinco nudos ( $N_1, N_2, N_3, N_4, N_5$ ). El sistema contiene distintas válvulas que alteran el funcionamiento del sistema en función de si están totalmente abiertas o totalmente cerradas. Los ramales 5, 6, 7, 8 y 9 contienen una válvula de esfera de longitud equivalente de 2 m cuando está completamente abierta, y el ramal 3 una válvula de compuerta con un factor de paso adimensional de 0,17 cuando está totalmente abierta. Los cuatro codos del sistema tienen una longitud equivalente de 0,75 m cada uno. El Bernoulli en el punto A es  $B_A=34$  m.c.a. y en el punto B es  $B_B=41,24$  m.c.gasolina. Se pide:

a) Sabiendo que el caudal entrante al nudo A es de 250 l/s, calcular el Bernoulli en los nudos  $N_1$  y  $N_5$  (m.c.gasolina).

b) Considérese que se ha alcanzado el régimen permanente en la siguiente configuración: válvulas 5 y 6 totalmente cerradas; válvulas 3, 7, 8 y 9 totalmente abiertas. Caudal entrante en A = 250 l/s. Deducir el caudal en cada uno de los 10 ramales. Es obligatorio indicar los caudales deducidos en l/s en la tabla adjunta.

c) Longitud (m) del ramal 7 para las condiciones del apartado anterior.



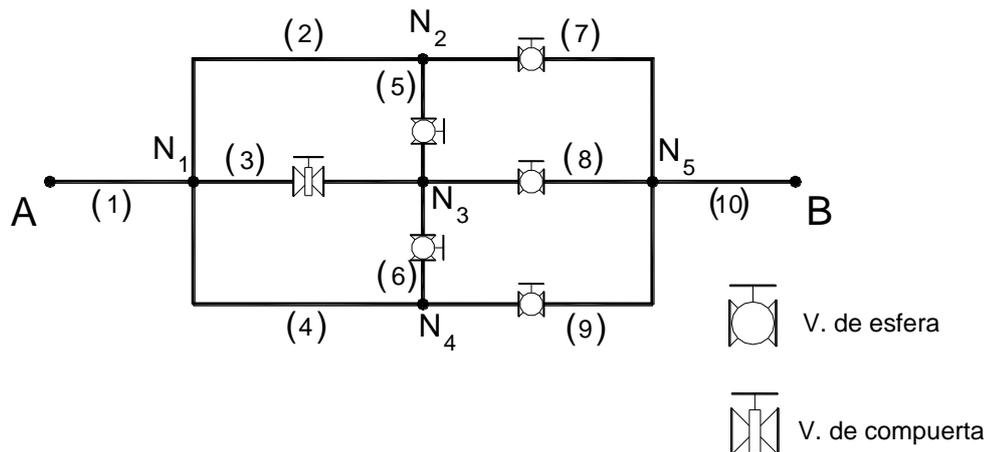
	Ramales									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
D (mm)	200	200	150	200	??	??	200	150	200	200
L (m)	15	12	10	12	2	2	??	10	13	16
Q (l/s)	250									

**Nota:** en caso de ser necesario, limitar a 3 el número de iteraciones a realizar ó en su defecto, a un cambio menor al 5% de la variable a calcular.

14. Mediante el sistema de tuberías de acero comercial de la figura se desea trasvasar agua de A a B. El sistema está compuesto por 10 partes o ramales (ver numeración en la figura) y cinco nudos ( $N_1, N_2, N_3, N_4, N_5$ ). En el sistema están instaladas diversas válvulas para regular su funcionamiento. En los ramales 5, 6, 7, 8 y 9 está instalada en cada ramal una válvula de esfera, cuya longitud equivalente es 2 m cuando está completamente abierta. En el ramal 3 se ha colocado una válvula de compuerta cuyo factor de paso adimensional es 0,17 cuando está totalmente abierta. Los cuatro codos del sistema tienen una longitud equivalente de 0,75 m cada una. Sabiendo que el caudal entrante en A es 250 l/s y habiéndose alcanzado el régimen permanente en la configuración 2, se pide, utilizando la expresión de **Hazen-Williams**:

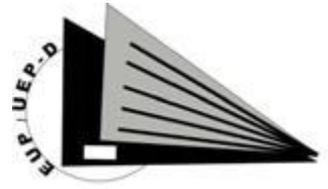
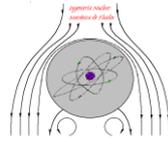
- Rellenar la tabla inferior indicando los caudales circulantes por cada ramal.
- Si  $B_A = 50$  mca, calcular las pérdidas generadas en los ramales 1, 2, 8 y 10 en la configuración 2.
- Suponiendo que  $B_B = 15$  mca, deducir el diámetro comercial que deberá tener el ramal 5 en la configuración 2.

**Configuración 2:** válvulas 3, 6, 7 y 9 totalmente cerradas. Válvulas 5 y 8 totalmente abiertas.



	Ramal									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
D (mm)	200	200	150	200	??	??	200	150	200	200
L (m)	15	12	10	12	2	2	??	10	13	16
Q (l/s)	250									

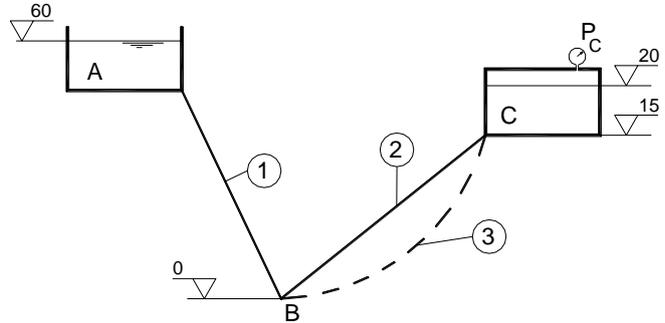
**Nota:** en caso de ser necesario, limitar a 3 el número de iteraciones a realizar ó en su defecto, a un cambio menor al 5% de la variable a calcular.



15. El depósito A, situado en la cota 60 y abierto a la atmósfera, contiene gasolina a 20°C. El punto B está en la cota 0. El depósito C, situado en cota 20, está presurizado a una presión 200 kPa.

Las tuberías son de acero comercial.

	1	2
L (m)	1200	2200
D (mm)	350	350

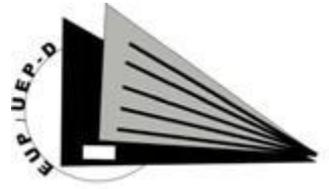
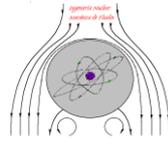


a) Calcular el caudal de trasvase de A a C.

b) Se quiere aumentar el caudal de trasvase a 150 l/s, para lo cual se proyecta instalar una bomba en el punto B. Calcular la potencia útil de la bomba.

Al cabo de 5 años se abandona este trasvase y se decide utilizar los depósitos A y C para almacenamiento y trasvase de agua ( $\nu = 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ ). Se suprime la bomba y se instala una tubería nueva (3) de acero comercial, en paralelo con la antigua (2), de 4000 m de longitud y 250 mm de diámetro, manteniendo también la tubería (1). Se pide, mediante la expresión de **Hazen-Williams**:

c) Caudal de agua circulante.



## SOLUCIONES

1. a)  $Q_2=246,07 \text{ l/s}$ ;  
b)  $D=650 \text{ mm}$ .
2. a)  $B_N=50,67 \text{ mca}$ ;  
b)  $Q_2=2,815 \text{ l/s}$ ;  
c)  $\eta=80,58\%$ .
3. a)  $Q=72 \text{ l/s}$ ;  
b) Pot. Bruta= 12,81 kW.
4. a)  $D=600 \text{ mm}$ ;  
b)  $P_B/=113,3 \text{ mca}$ .
5. a)  $h_f=8,1 \text{ mca}$ ;  
b)  $Q_3= 283,43 \text{ l/s}$ ;  $Q_2= 258,42 \text{ l/s}$ ;  $Q_1=1041,84 \text{ l/s}$ ;  
c)  $z_A=19,94 \text{ m}$ .
6. a)  $z_A=70,3 \text{ m}$ ;  
b)  $P_C/=3,43 \text{ kg/cm}^2$ .
7. a)
8. d)
9. a)  $Q=22,58 \text{ l/s}$ ;  
b)  $D=67,88 \text{ mm}$ .
10. a)  $Q_1= 2044,82 \text{ l/min}$  <  $Q_{\min}=4500 \text{ l/min}$ ;  
b)  $D_{\text{exact}}=259,02 \text{ mm}$ ;  
c)  $D_{\text{comercial}}=300 \text{ mm}$ ;
11. a)  $L_5+ L_6=164,7 \text{ m}$ ;  
b)  $Q_4=28,5 \text{ l/s}$ ;  
c)  $D_7=499,59 \text{ mm}$ .
12. a)  $L_2=14,08 \text{ m}$ ;  
b)  $R=5934,12 \text{ N}$ ,  $=30^\circ$ .
13. a)  $B_{N1}=46,32 \text{ mcg}$ ,  $B_{N5}=45,17 \text{ mcg}$ ;  
b)  $Q_2=Q_7=97,87 \text{ l/s}$ ,  $Q_3=Q_8=51,88 \text{ l/s}$ ,  $Q_4=Q_9=100,25 \text{ l/s}$ ,  $Q_5=Q_6= 0 \text{ l/s}$ ,  
 $Q_{10}=250 \text{ l/s}$ ;  
c)  $L_7=14,22 \text{ m}$ .
14. a)  $Q_1=Q_2=Q_5=Q_8=Q_{10}=250 \text{ l/s}$ ,  $Q_3=Q_4=Q_6=Q_7=Q_9=0$ ;  
b)  $h_{f1}=3,797 \text{ m.c.a.}$ ,  $h_{f2}=3,227 \text{ m.c.a.}$ ,  $h_{f8}=4,05 \text{ m.c.a.}$ ,  $h_{f10}=12,33 \text{ m.c.a.}$ ;  
c)  $D_5=125 \text{ mm}$ .
15. a)  $Q=113,68 \text{ l/s}$ ;  
b)  $P_{\text{útil}}=7,21 \text{ kW}$ ;  
c)  $Q_1=175,92 \text{ l/s}$ ,  $Q_2=137,7 \text{ l/s}$ ,  $Q_3=38,22 \text{ l/s}$ .