

Mecánica de Fluidos

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

GOLPE DE ARIETE Y CANALES

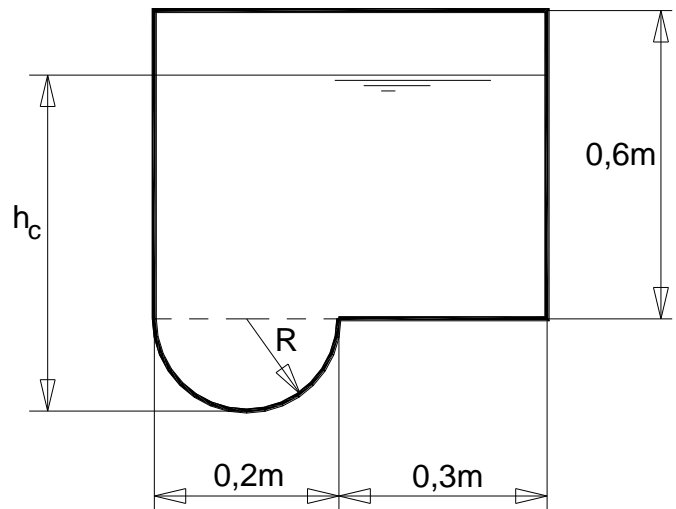
(Temas 18 y 19)

1. Se desea conocer el funcionamiento del colector de la figura, que recoge las aguas negras y de lluvia del barrio de Gros. La pendiente del colector J es de 3,5 milésimas y el coeficiente de Manning $n = 0,013$. Se pide:

a) Caudal máximo total (l/s) que puede transportar el colector sin entrar en carga.

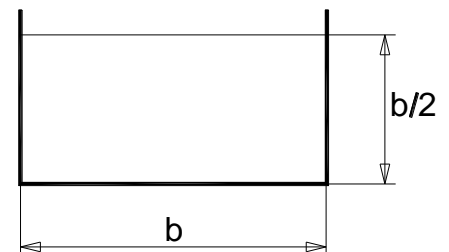
b) Caudal máximo (l/s) que puede transportar la sección semicircular.

c) En hora punta (14 horas), en un momento en que no llueve, se sabe que el colector transporta 8 l/s de aguas negras (residuales). Calcular el calado h_c y la velocidad del flujo v .



2. En una tubería de acero, de $e = 3$ mm de espesor, $D = 350$ mm de diámetro y $L = 1500$ m de longitud, circula un caudal de agua $Q = 250$ l/s. ¿Cuánto debe durar la maniobra de cierre de una válvula situada en el extremo final de la tubería, para que la sobrepresión no exceda de 80 m.c.a.?

3. El canal rectangular que se muestra en la figura cambia a una tubería circular de diámetro D a medida que atraviesa un túnel en una montaña. Determinar el diámetro D si el material y la pendiente permanecen iguales y el flujo debe llenar completamente la tubería.



4. Por una conducción de 1200 m de longitud y 400 mm de diámetro se transporta un caudal de 200 l/s de agua. Se conoce que la tubería de 8 mm de espesor es de acero cuyo módulo de elasticidad es de $2 \cdot 10^7$ N/cm². Si se cierra una válvula dispuesta en su extremo final se desea conocer la sobrepresión producida por golpe de ariete.

a) Si el cierre se efectúa en 4 s.

b) Si el cierre se realiza en 2 s.

5. Diseñar una acequia semicircular de PVC, que con una pendiente de 16 milésimas tenga una capacidad hidráulica de 230 l/s. Es necesaria una berma mínima del 15% del diámetro. La velocidad de circulación no puede ser superior a 3,5 m/s. Diámetros comerciales: 25, 30, 35, 40, 45, 50, 60, 70, 80 cm.
6. Se tiene una central hidroeléctrica que trabaja con un salto bruto de 350 m. y con un caudal de 0,5 m³/s. La tubería forzada es de acero de 500 mm de diámetro con una pendiente media de 14,5°. Se desea conocer el espesor que deberían tener las paredes de la tubería si se adopta un cierre del inyector de la turbina Pelton de 5 s.

Para el cálculo del espesor se empleará la siguiente fórmula de Barlow:

$$e = \left(\frac{pD}{2\sigma} + m \right) c$$

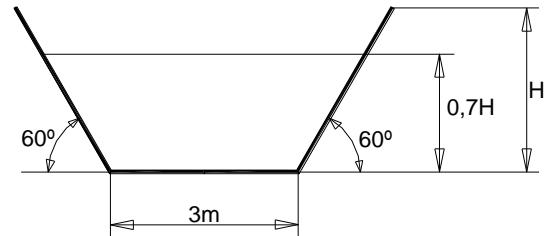
Donde p es la presión máxima de trabajo de la tubería, σ la tensión admisible de trabajo del material (15000 N/cm²), m la mayoración por corrosión (2 mm) y c la tolerancia de la laminación (1,15). En todo caso se adoptará para el espesor en mm un número entero si es menor de 10 y número par si lo supera.

DATOS: Módulo de elasticidad del acero $E = 2 \cdot 10^7$ N/cm².

7. Determinar el diámetro de un canal semicircular, de hormigón en bruto (coeficiente de Manning $n = 0,015$). El caudal $Q = 2$ m³/s. La pendiente del canal es $J = 8$ milésimas. Los diámetros comerciales van de 100 en 100 mm. Una vez seleccionado el diámetro, calcular el calado y la velocidad del flujo.
8. En una tubería de acero, de espesor $e = 3$ mm, $D = 350$ mm de diámetro y $L = 1500$ m de longitud, circula un caudal de agua $Q = 250$ l/s. ¿Cuánto debe durar la maniobra de cierre de una válvula situada en el extremo final de la tubería, para que la sobrepresión no exceda de 300 m.c.a.? Razonar la respuesta.

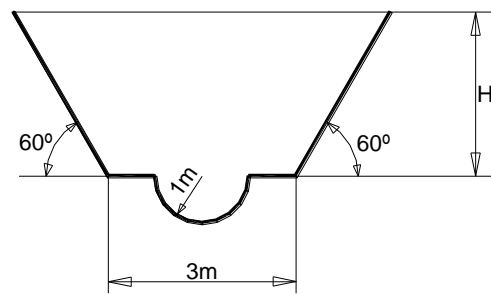
9. Se desea diseñar un colector de aguas para una ciudad del medio oeste americano. La pendiente del colector es de 2 milésimas y el coeficiente de Manning es de 0,017. La sección transversal es la sección trapezoidal representada en la figura. Se pide:

a)



a) Calcular la altura H con un margen de seguridad del 30%, si se desea transportar un caudal de diseño máximo de 1800 l/s.

b)



Debido a los problemas de inundaciones vividos los últimos años, se decidió realizar una zanja en la parte central del canal para incorporar un volumen semicilíndrico al canal.

b) Se desea conocer el máximo caudal a transportar.

10. La tubería de acceso a las turbinas de la central hidroeléctrica de Villarino (Salamanca) es de hormigón armado ($C_{mat} = 5$). Tiene una longitud de 15 km, el diámetro interior es de 7,5 m y el espesor de 50 cm. El máximo caudal de agua es de 287 m³/s. Se pide:

a) Si la válvula de mariposa situada al final de la tubería se cierra en 40 s, calcular el valor de la sobrepresión generada por golpe de ariete.

b) Explicar dos maneras de atenuar dicha sobrepresión.

Celeridad de la onda de presión

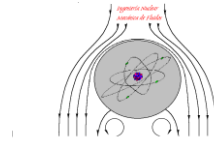
$$a(m/s) = \frac{9900}{\sqrt{48,3 + C_{material} \cdot \frac{D}{e}}} \text{ (agua)}$$

11. Un canal rectangular de cemento sin acabado (coeficiente de Manning $n = 0,014$) tiene 2,5 m de ancho. La pendiente de la solera es de 1,5 milésimas. Se pide:

a) Calado ó altura del agua para un caudal de 6 m³/s.

b) Si la sección del canal fuese semicircular y fuese a sección llena, calcular el diámetro.

c) ¿Cuál de las dos opciones es mejor? ¿Por qué?



12. En el laboratorio hay dos tuberías, una de PVC ($D_i=28,4$ mm, $e=1,8$ mm) y otra de cobre ($D_i=26$ mm, $e=1,0$ mm), ambas de longitud $L=3$ m. Si circula un caudal de 1,5 l/s por cada tubería, se pide:

- a) Sobrepresión generada en la tubería de PVC al cerrar la válvula de bola situada al final de la tubería, si el tiempo de cierre ha sido 0,1 s.
- b) Tiempo que ha durado el cierre de la válvula neumática situada al final de la tubería de cobre, si se ha medido una sobrepresión de 135 m.c.a.

Determinar **primeramente** en ambos casos qué tipo de cierre es.

Ayuda:

$$a = 9900 / (48,3 + k D/e)^{1/2}$$

Valores orientativos de k	
PVC.....	33 (20 ÷ 50)
Cobre.....	0,8

Expresión de Allievi $\rightarrow \Delta H = a \cdot v/g$
 Expresión de Micheaud $\rightarrow \Delta H = 2 \cdot L \cdot v/g \cdot T_c$

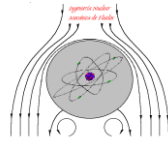
13. Un canal rectangular de hormigón acabado tiene una pendiente de 2 milésimas y lleva un caudal de 5 m³/s.

- a) Calcular la altura de calado si la sección es la hidráulicamente óptima.
- b) Si la sección del canal fuese semicircular y fuese a sección llena, calcular el diámetro.
- c) ¿Cuál de las dos opciones es hidráulicamente mejor? ¿Por qué?
- d) Suponiendo un diámetro $D= 2,5$ m para la sección semicircular, y si el caudal se reduce a 3 m³/s, calcula el calado h_c y la velocidad del flujo v_c .

14. Por una tubería de fibrocemento, de espesor $e=12$ mm y longitud $L=1500$ m, circula agua a 1,5 m/s. Si el tiempo de cierre de una válvula situada aguas abajo de la misma es 3 s, calcular el diámetro mínimo de la tubería para que el cierre sea rápido. Los diámetros comerciales van de 50 en 50 mm ¿Cuál es la sobrepresión generada (m.c.a.)?

Datos: módulo de elasticidad volumétrico del fibrocemento 1.825.000 N/cm² y del agua $2,2 \cdot 10^9$ Pa.

15. Mediante un **canal semicircular** de madera cepillada, cuya pendiente es 5 milésimas, se desea suministrar un caudal de 6 m³/s de agua al foso que rodea un castillo. Calcular el diámetro exacto del canal para que el calado sea como máximo el 70% del radio.



SOLUCIONES

1. a) $Q_{\max} = 448,6 \text{ l/s}$;
b) $Q_{\max(\text{sección semicircular})} = 9,7 \text{ l/s}$;
c) $h_c = 8,92 \text{ cm}$; $v_c = 0,586 \text{ m/s}$.
2. a) $t_c = 9,94 \text{ s}$;
3. a) $D = 0,844b$.
4. a) $\Delta H = 960 \text{ kPa}$;
b) $\Delta H = 1850 \text{ kPa}$.
5. a) $D = 60 \text{ cm}$, $v = 3,094 \text{ m/s}$, $h_c/D = 0,303$.
6. a) $e = 12 \text{ mm}$.
7. a) $D = 1,4 \text{ m}$, $v_c = 2,87 \text{ m/s}$, $h_c = 0,65 \text{ m}$.
8. a) $\Delta H = 300 \text{ m.c.a.}$ imposible, dado que es superior a la sobrepresión generada en un cierre rápido y calculada mediante la expresión de Allievi.
9. a) $H = 609,28 \text{ mm}$;
b) $Q = 7,14 \text{ m}^3/\text{s}$.
10. a) $\Delta h = 497,17 \text{ m.c.a.}$
11. a) $h = 1,2 \text{ m}$;
b) $D = 2,68 \text{ m}$;
c) El canal semi-circular es la mejor opción, ya que al tener menor perímetro mojado, es hidráulicamente mejor.
12. a) Ambos son cierres lentos. $\Delta H (\text{PVC}) = 14,5 \text{ m.c.a.}$;
b) $t_c (\text{Cobre}) = 0,0128 \text{ s}$.
13. a) $h = 1,02 \text{ mm}$;
b) $D = 2,24 \text{ m}$;
c) Hidráulicamente la opción b) (semi-circular) es mejor dado que su perímetro mojado (y su área) son mínimos;
d) $h_c = 0,798 \text{ m}$, $v_c = 2,185 \text{ m/s}$.
14. a) $D = 150 \text{ mm}$, $\Delta H = 143,39 \text{ m.c.a.}$
15. a) $D = 2,57 \text{ m}$.