

Apellidos, Nombre:

Grupo:

## PROBLEMA 2

En una instalación de aire acondicionado se han instalado conductos de sección rectangular de 180 x 45 mm, de un material plástico cuya rugosidad es de 0.02 mm.

Se está estudiando en concreto un tramo de conducto vertical que lleva aire de abajo a arriba en el edificio. En ese tramo se ha medido un esfuerzo cortante promedio en la pared del conducto de 0.1325 Pa.

Se desea saber:

- Diferencia de presión por unidad de longitud.
- Caudal de aire que circula por el conducto.
- Fuerza que tendrá que resistir el soporte del conducto si tiene una longitud de 20 m. Se suponen nulas las reacciones del resto de la instalación sobre el conducto en cuestión.
- Si se introduce en el conducto una esfera de diámetro 3 mm, que densidad tiene que tener para que no sea arrastrada por la corriente de aire.

### Datos:

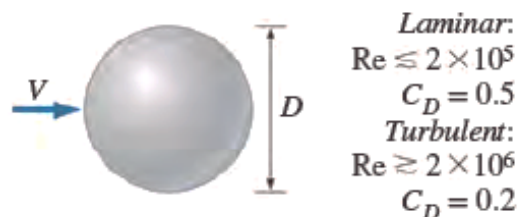
Densidad del aire =  $1.2 \text{ kg/m}^3$ .

Viscosidad dinámica del aire =  $1.8 \cdot 10^{-5} \text{ Pa}\cdot\text{s}$

Masa de la tubería de plástico =  $1.25 \text{ kg/m}$

Gravedad =  $9.81 \text{ m/s}^2$

**No despreciar el peso del aire en aquellos cálculos en los que intervenga. Para el conducto, emplear como diámetro característico (longitud característica) el diámetro hidráulico.**

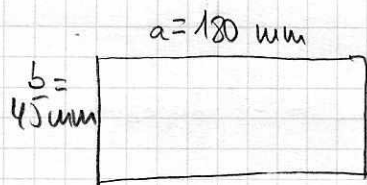


Apellidos:

Problema:

Nombre:

Grupo:

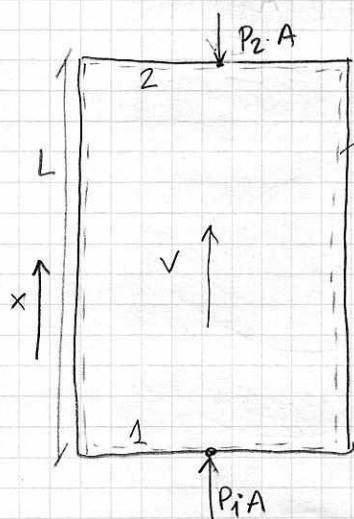


$$E = 0.02 \text{ mm}$$

$$\rho = 1.2 \text{ kg/m}^3$$

$$\zeta = 0.1325 \text{ Pa}$$

$$D_h = \frac{4ab}{2a+2b} = \frac{4 \cdot 0.18 \cdot 0.045}{2 \cdot 0.18 + 2 \cdot 0.045} = 0.072 \text{ m}$$



a)

Volumen de control

Conservación de la cantidad de movimiento:

$$\Sigma F = \frac{\partial}{\partial t} \int_{VC} \rho \vec{v} dV + \int_{SC} \rho (\vec{v} \cdot \vec{n}) dA \quad \text{En "x":}$$

$$(P_1 - P_2) \cdot A - \rho g A \cdot L - \zeta \cdot (2a + 2b) \cdot L = \dot{m} (v_2 - v_1)$$

$$\frac{P_1 - P_2}{L} = \zeta \cdot \frac{(2a + 2b)}{A} + \rho g$$

$$A = a \cdot b$$

$$\frac{P_1 - P_2}{L} = \zeta \cdot \frac{(2a + 2b)}{a \cdot b} + \rho g = 0.1325 \cdot \frac{2 \cdot 0.18 + 2 \cdot 0.045}{0.18 \cdot 0.045} + 1.2 \cdot 9.81 = 19.13 \frac{\text{Pa}}{\text{m}}$$

b) Ber 1-2

$$\frac{P_1}{\rho g} + z_1 + \frac{v_1^2}{2g} - h_f = \frac{P_2}{\rho g} + z_2 + \frac{v_2^2}{2g}$$

$$\frac{P_1 - P_2}{\rho g} + z_1 - z_2 = h_f \rightarrow \frac{P_1 - P_2}{\rho g} - L = h_f = f \frac{L}{D_h} \frac{v^2}{2g}$$

$$\frac{P_1 - P_2}{\rho g L} - 1 = f \frac{v^2}{D_h \cdot 2g} \rightarrow v = \sqrt{\frac{2g D_h}{f} \left( \frac{P_1 - P_2}{\rho g L} - 1 \right)}$$

Suponemos turbulento:  $f \Rightarrow \text{Colebrook} \left( Re_{D_h}, \frac{E}{D_h} \right)$

Iniciamos con  $f = 0.02$

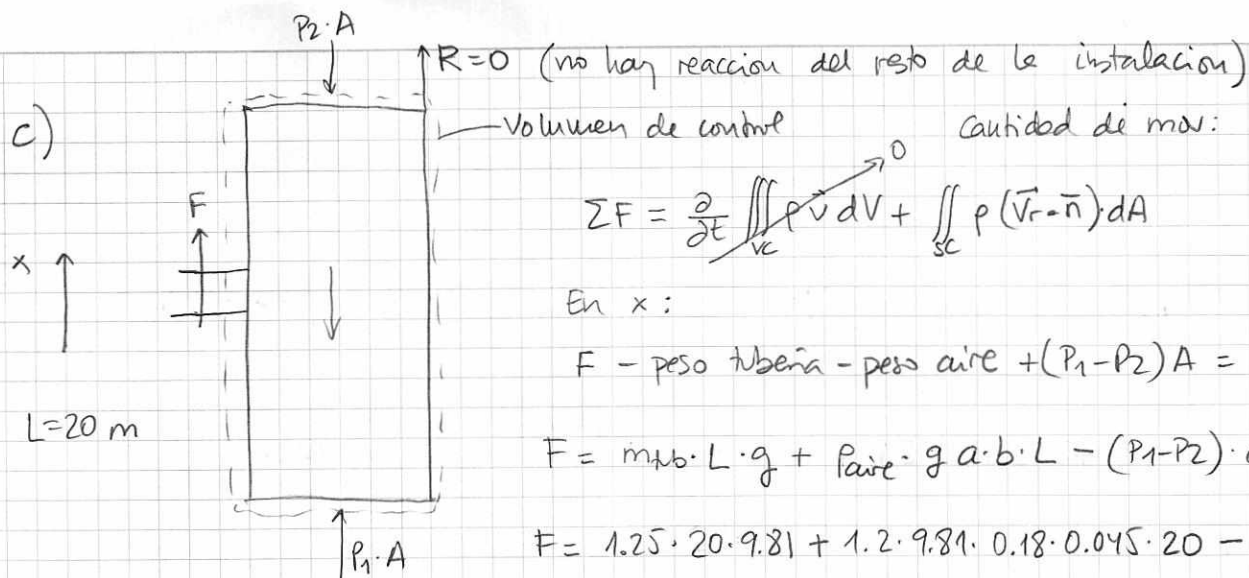
$$\rightarrow v = 6.65 \text{ m/s} \rightarrow Re_{D_h} = \frac{v \cdot D_h \cdot \rho}{\eta} = 3.19 \cdot 10^4 \rightarrow \text{turbulento} \xrightarrow{\text{Colebrook}} f = 0.0239$$

$$\rightarrow v = 6.08 \text{ m/s} \rightarrow Re_{D_h} = 2.92 \cdot 10^4 \xrightarrow{\text{Col.}} f = 0.0243$$

$$\rightarrow v = 6.02 \text{ m/s} \rightarrow Re_{D_h} = 2.89 \cdot 10^4 \rightarrow f = 0.0244$$

$$\rightarrow v = 6.015 \text{ m/s}$$

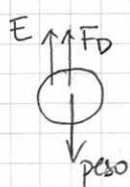
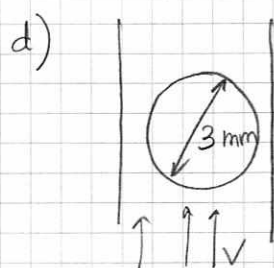
$$Q = v \cdot A = v \cdot a \cdot b = 6.015 \cdot 0.18 \cdot 0.045 = 0.048 \text{ m}^3/\text{s}$$



$$F = 1.25 \cdot 20 \cdot 9.81 + 1.2 \cdot 9.81 \cdot 0.18 \cdot 0.045 \cdot 20 - 19.13 \cdot 20 \cdot \frac{0.18 \cdot 0.045}{0.045}$$

$$F = 244 \text{ N}$$

$$T_b: F - \text{peso tubería} + \tau(2a + 2b) \cdot L = 0$$



$$\Sigma F = 0$$

$$\text{peso} = E + F_D$$

$$\rho_{\text{esf}} \cdot g \cdot \frac{4}{3} \pi \frac{D^3}{8} = \rho_{\text{aire}} \cdot g \cdot \frac{4}{3} \pi \frac{D^3}{8} + C_D \cdot \frac{1}{2} \rho_{\text{aire}} \cdot v^2 \cdot \frac{\pi D^2}{4}$$

$$Re = \frac{v \cdot D \cdot \rho}{\mu} = \frac{6 \cdot 0.003 \cdot 1.2}{1.8 \cdot 10^{-5}} = 1203 \rightarrow \text{laminar} \rightarrow C_D = 0.5$$

$$\rho_{\text{esf}} g \frac{4}{3} D = \rho_{\text{aire}} g \frac{4}{3} D + C_D \rho_{\text{aire}} v^2$$

$$\rho_{\text{esf}} = \rho_{\text{aire}} + \frac{C_D \rho_{\text{aire}} v^2}{g \frac{4}{3} D} = \rho_{\text{aire}} \left( 1 + \frac{3 C_D v^2}{4 g D} \right) = 554.33 \text{ kg/m}^3$$

hf =

## Criterios corrección P2 mayo 2018

### Apartado a)

3 p	2 p: ecuación cantidad de movimiento
	1 p: resultado numérico correcto

Errores comunes y puntuación que suponen en el apartado:

- Si faltan términos en la ecuación de cantidad de movimiento: 0.5 p
- Si hay algún signo mal: 1.5 p.
- Si ambos: 0 p
- Si están todos los términos con signo bien pero su expresión no es correcta: 1.5 p
- Si están todos los términos con signo mal y expresión incorrecta: 1 p

### Apartado b)

3 p	1.5 p: ecuación Bernouilli	
	1.5 p: resultado numérico correcto	1 p: resultado
		0.5 p: iteraciones comprobando Reynolds

Errores comunes y puntuación que suponen en el apartado:

- Si la ecuación de Bernouilli está mal porque falta algún término: 0.5 p
- Si está mal por algún signo: 1 p.
- Si ambos: 0 p.
- Si teniendo bien Bernouilli el resultado numérico es correcto pero no se ha iterado: 2.5 p
- Si teniendo bien Bernouilli el resultado numérico es incorrecto y se ha iterado: 2 p

### Apartado c)

2 p	1.5 p: ecuación cantidad de movimiento
	0.5 p: resultado numérico correcto

Errores comunes y puntuación que suponen en el apartado:

- Si la ecuación de fuerzas está mal, como máximo se tendrá 0.5 p en el apartado
- Si hay signos mal: 1 p
- Si se ha hecho utilizando la tau y no se ha utilizado el área lateral, con todo lo demás bien: 1 p.

### Apartado d)

2 p	1.5 p: ecuación equilibrio de fuerzas
	0.5 p: resultado numérico correcto

Errores comunes y puntuación que suponen en el apartado:

- Término de Drag (resistencia) con sentido contrario: 0 p.
- No contar la fuerza de empuje: -0,5 p
- No calcular el Re para Cd: -0.5 p