

# Procesos y Máquinas Industriales II- Clase XI

Prof. Mariana Suarez

2 de octubre de 2018

# Plan de la clase

- ▶ Flujo en conductos cerrados

# Plan de la clase

- ▶ Flujo en conductos cerrados
- ▶ Experimento de Reynolds

## Plan de la clase

- ▶ Flujo en conductos cerrados
- ▶ Experimento de Reynolds
- ▶ Análisis dimensional de flujo en conductos

# Plan de la clase

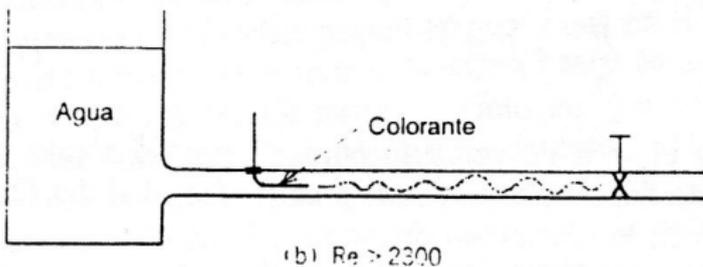
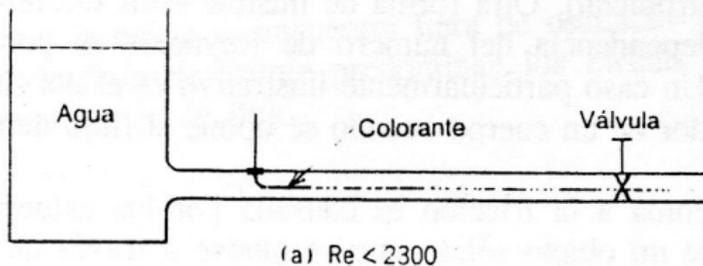
- ▶ Flujo en conductos cerrados
- ▶ Experimento de Reynolds
- ▶ Análisis dimensional de flujo en conductos
- ▶ Factor de fricción

# Flujo en conductos cerrados

## Características del flujo viscoso

- ▶ flujo laminar: ordenado, capas adyacentes de fluido resbalan unas sobre otras. Validez de la Ley de Newton de la viscosidad.
- ▶ flujo turbulento: se transfieren pequeños paquetes de partículas de fluido de una capa a otra.

# Experimento de Reynolds



# Experimento de Reynolds

La transición laminar-turbulento es función de la velocidad del fluido.

Otras variables determinantes: diámetro del tubo, densidad y viscosidad del fluido. Las cuatro se combinan en el parámetro adimensional:

$$Re = \frac{\rho v D}{\mu} = \frac{v D}{\nu}$$

$Re_{cr} = 2300$ , para flujo en tuberías circulares.

## Análisis dimensional de flujo en conductos

Del análisis dimensional, se tiene que los parámetros adimensionales relevantes para analizar el flujo de fluidos en conductos son los que siguen:

$$\Pi_1 = \frac{\Delta P}{\rho v^2} = Eu$$

$$\Pi_2 = \frac{L}{D}$$

$$\Pi_3 = \frac{e}{D}$$

$$\Pi_4 = \frac{\rho v D}{\mu} = Re$$

Donde  $e$  es la rugosidad de la tubería.

# Análisis dimensional de flujo en conductos

Como la caída de presión se debe en este caso a la fricción, en  $\Pi_1 = Eu$  se reemplaza la pérdida de carga por fricción  $gh_L$  como sigue:

$$Eu = \frac{\Delta P}{\rho v^2} = \frac{h_L}{v^2/g}$$

Luego de realizar el análisis dimensional, se llega a

$$Eu = \frac{h_L}{v^2/g} = \Phi_1 \left( \frac{L}{D}, \frac{e}{D}, Re \right)$$

## Análisis dimensional de flujo en conductos

Por datos experimentales, se sabe que la pérdida de carga en flujo totalmente desarrollado es directamente proporcional a  $\frac{L}{D}$ , entonces en la expresión anterior queda:

$$\frac{h_L}{v^2/g} = \frac{L}{D} \Phi_2 \left( \frac{e}{D}, Re \right)$$

La función  $\Phi_2$ , que varía con la rugosidad relativa y el número de Reynolds, representa el *factor de fricción*.

$$\Phi_2 \left( \frac{e}{D}, Re \right) = f$$

Entonces, la *pérdida de carga* se expresa

$$H_L = \frac{\Delta P}{\rho} = g h_L = f \frac{L}{D} v^2$$

# Factor de fricción

Determinación de la pérdida de carga para un flujo en tuberías

Para un tubo de longitud  $L$  y diámetro  $D$ , la pérdida friccional de altura se calcula

$$h_L = 2 f_f \frac{L}{D} \frac{v^2}{g}$$

donde  $f_f$  es el **factor de fricción de Fanning**

# Factor de fricción

Otra definición para el factor de fricción

El factor de fricción también puede definirse:

$$h_L = f_d \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g}$$

donde  $f_d$  es el factor de fricción de Darcy.

Se ve que  $f_d = 4 f_f$

## Pérdidas de carga menores

Pérdidas de carga debidas a los accesorios (pérdidas menores)

Pérdidas de carga en válvulas, codos y otros accesorios son función de la geometría del accesorio, de  $Re$  y de la rugosidad.

$$h_L = \frac{\Delta P}{\rho g} = K \frac{v^2}{2g}$$

donde  $K$  depende del accesorio.

También puede introducirse la longitud equivalente,  $L_{eq}$

$$h_L = 2f_f \frac{L_{eq}}{D} \frac{v^2}{g}$$

donde  $L_{eq}$  es la long. del tubo que produce una pérdida de carga equivalente a la pérdida de carga en un accesorio en particular

# Pérdidas de carga menores

## Diámetro equivalente

Para conductos cerrados no circulares, se define

$$D_{eq} = 4 \frac{\text{área de la sección transversal de flujo}}{\text{perímetro mojado}}$$