

## ACCEDE - INGENIERÍA EN ALIMENTOS

### PROBLEMA N° 4

#### SITUACIÓN

Se desean bombear 3200 l/min de una solución acuosa (densidad: 1200 kg/m<sup>3</sup> y viscosidad: 10<sup>-3</sup> Pa.s) desde un tanque abierto a la atmósfera hasta un punto situado a 7,4 m por encima del nivel de líquido en el tanque. La cañería es de 83 m de longitud, diámetro interno 15 cm y de paredes internas lisas (rugosidad cero). La cañería esta provista de dos codos de 90° standard, siendo la contracción del tanque al caño abrupta. Dicha cañería descarga a la atmósfera.

#### INFORMACIÓN A TENER EN CUENTA

Balance de energía mecánica:

$$\Delta \left( \frac{v^2}{2} \right) + g \Delta z + \frac{\Delta p}{\rho} + F_f + \sum F_{\text{accesorios}} = W_e$$

Δ: salida - entrada

W<sub>e</sub> : potencia efectiva de la bomba, J/kg

$$F_f = 4 f (L/D) v^2 / 2$$

Fricción en accesorios:  $F_i = K_i \frac{v^2}{2}$  ; K<sub>i</sub> factor de pérdida por fricción para accesorios

$$Re = \rho v D / \mu ; Q \text{ (caudal másico)} = \rho v A$$

$$K \text{ (contracción abrupta)} = 0,5$$

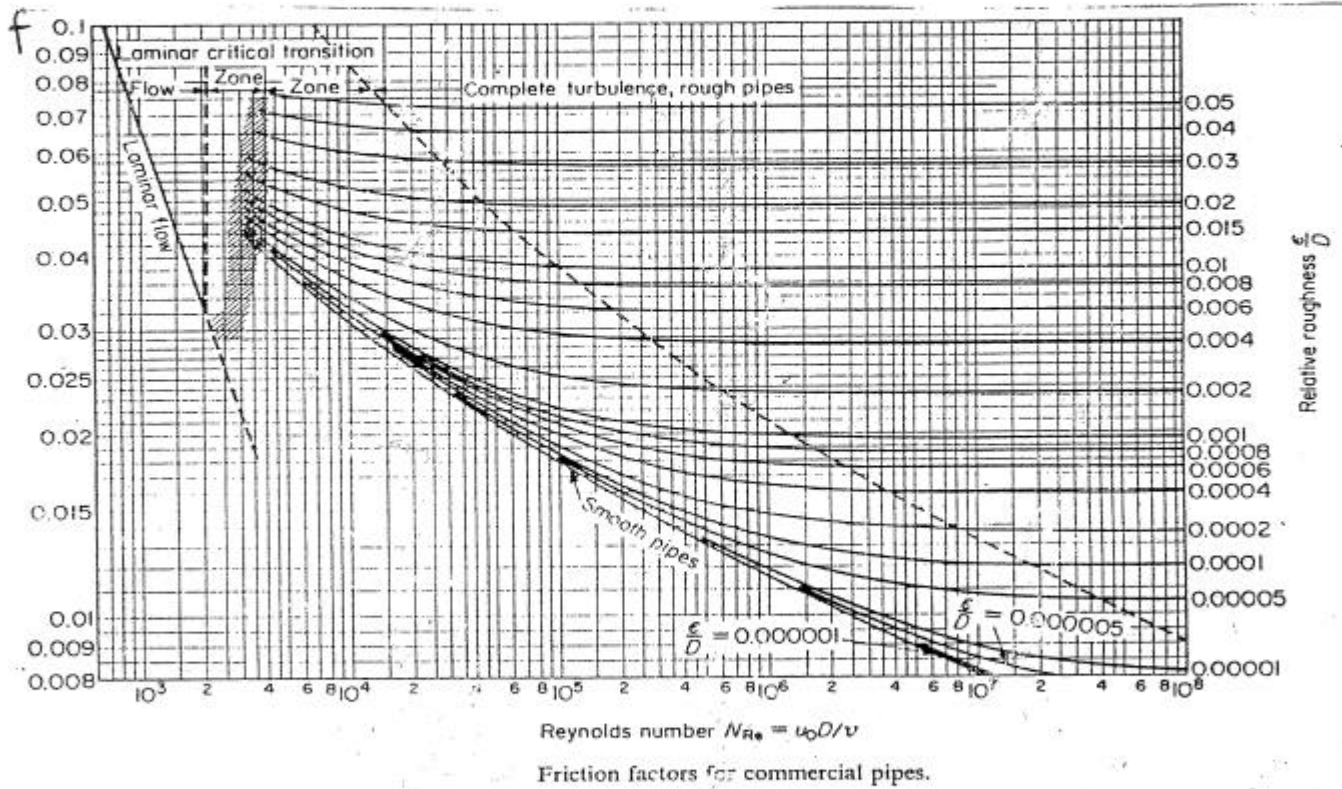
$$Pa = N/m^2$$

Altura neta de succión positiva, NPSH =  $(p_s - p_v) / \rho g$

$P_s$ : presión en el punto de succión de la bomba

$P_v$ : presión de vapor

Presión atmosférica = 101,35 kPa



Flujo en conductos cerrados

**FACTORES DE PÉRDIDA POR FRICCIÓN PARA  
VARIOS ACCESORIOS DE TUBERÍAS**

Accesorio	K	L <sub>e</sub> /D
Válvula de globo, totalmente abierta	7.5	350
Válvula de ángulo, totalmente abierta	3.8	170
Válvula de compuerta, totalmente abierta	0.15	7
Válvula de compuerta, abierta 3/4	0.85	40
Válvula de compuerta, abierta 1/2	4.4	200
Válvula de compuerta, abierta 1/4	20	900
Codo estándar de 90°	0.7	32
Codo de radio corto de 90°	0.9	41
Codo de radio largo de 90°	0.4	20
Codo estándar de 45°	0.35	15
Te, a través de la salida lateral	1.5	67
Te, salida recta	0.4	20
Tubo en U (180°)	1.6	75

#### **SUBPROBLEMA 4.1**

Calcular para estas condiciones la potencia efectiva de la bomba (en kW) y la potencia nominal, si su eficiencia es del 70%.

#### **RESPUESTA AL SUBPROBLEMA 4.1**

“1” es el nivel de líquido en el tanque “2” la salida de líquido de la cañería. Se desprecia la energía cinética en “1” comparada con “2”. Planteando el balance de energía entre “1” y “2” y simplificando resulta:

$$W_e = g H + \frac{1}{2} \left\{ 1 + 4 f \frac{L}{D} + 2 K_{codos} + K_{cont} \right\} V_2^2$$

Las unidades de cada término son (SI):  $m^2/s^2$ . Calculamos la velocidad  $V_2$ :

$$V_2 = 4 Q_v / \pi D^2 = 3,02 \text{ m/s}$$

$$\text{Luego: } Re = \frac{1200 \times 3,02 \times 0,15}{0,001} = 543500$$

Para tubos lisos, del gráfico de factor de fricción vs Re resulta :  $f = 0,013$ .

Reemplazando valores  $K_{codos}=2 \times 0,7 = 1,4$   $K_{contr}= 0,5$  y operando en el balance de energía resulta:

$$W_e = 217 \text{ m}^2/\text{s}^2$$

$$\text{Pot. efectiva} = W_e \cdot P \cdot Q_v$$

$$\text{Pot. efectiva} = 217 \times 1200 \times 3,2/60 = 13,89 \text{ kW}$$

$$\text{Pot. nominal} = 13,89/0,7 = 19,84 \text{ kW}$$

#### **SUBPROBLEMA 4.2**

Por razones operativas se necesita instalar la bomba a una cierta altura por encima del nivel de líquido del tanque. Para un caudal de 3200 l/min, la altura neta de succión positiva, NPSH, es 3,5 m. Calcular cual deberá ser la máxima altura a la que podrá ser instalada la bomba.

Considere que las pérdidas por fricción en el tramo de succión de la bomba son equivalentes a 1,5 m de columna de líquido y que la presión de vapor de la solución 3495 Pa.

## RESPUESTA AL SUBPROBLEMA 4.2

$$\text{NPSH (m)} = (p_s - p_v) / \rho g$$

Haciendo un balance de energía entre el nivel de líquido en el tanque y el punto de succión resulta:

$$\text{NPSH} = p_1 / \rho g - h_f - z_1 - p_v / \rho g$$

$h_f$  : pérdidas por fricción en el tramo de succión

$z_1$  : diferencia de altura entre nivel de líquido en el tanque y el punto de succión

$$z_1 = p_1 / \rho g - h_f - p_v / \rho g - \text{NPSH}$$

$$z_1 = 101.300/1200 \times 9,8 - 3,5 - 3495/1200 \times 9,8 - 1,5 = 3,3 \text{ m}$$

Luego, la bomba deberá colocarse a lo sumo a una altura de 3,3 m sobre el nivel de líquido en el tanque.