Un cilindro de un circuito neumático tiene un émbolo de **80 mm** de diámetro, el vástago es de **15 mm** de diámetro y su carrera es de **300 mm**. La presión de trabajo es de **6·10⁵ Pa** y realiza una maniobra de **9 ciclos/min**. Calcular:

a. La fuerza teórica en **N** que el cilindro entrega en su carrera de avance y retroceso.
b. El consumo de aire en condiciones normales.

Nota: Supóngase la presión atmosférica igual a **10⁵ Pa**.

a. Cálculo de las fuerzas teóricas.

La fuerza que ejerce un cilindro neumático es:

$$F = p \cdot S$$

Donde la diferencia entre el avance y el retroceso está en la sección sobre la que se ejerce la presión.

- Fuerza de avance. El aire entra por la cámara anterior y empuja sobre toda la superficie del émbolo, la superficie del círculo completo.

$$F_A = p \cdot S_e = p \cdot \frac{\pi \cdot d_e^2}{4} = 6 \cdot 10^5 Pa \cdot \frac{\pi \cdot (80 \cdot 10^{-3} m)^2}{4} = 3016N$$

- Fuerza de retroceso. El aire entra por la cámara posterior y empuja sobre la superficie anular resultante de restar la del émbolo y la del vástago.

$$F_R = p \cdot (S_e - S_v) = p \cdot \left(\frac{\pi \cdot d_e^2}{4} - \frac{\pi \cdot d_v^2}{4} \right) = p \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (d_e^2 - d_v^2) =$$

$$= 6 \cdot 10^5 Pa \cdot \frac{\pi}{4} \cdot ((80 \cdot 10^{-3} m)^2 - (15 \cdot 10^{-3} m)^2) = 2910N$$

b. Consumo de aire en condiciones normales.

Hay que distinguir entre el volumen de aire que ocupa el cilindro durante un ciclo (a presión de trabajo) y el volumen equivalente en condiciones normales (a presión atmosférica), que es el que entrega realmente el compresor. La diferencia entre ambos viene dada por la Ley de Boyle-Mariotte. El aire que sale del compresor a 1 bar se comprime hasta 6 bar al entrar al cilindro, así que ocupa 6 veces menos volumen dentro del cilindro que a la salida del compresor.

El volumen consumido por ciclo (a presión de trabajo)

- En el avance. Se llena la cámara anterior. $V_A = S_e \cdot L$
- En el retroceso. Se llena la cámara posterior. $V_R = (S_e - S_v) \cdot L$

Por tanto el volumen en un ciclo de trabajo es:

$$V = V_A + V_R = S_e \cdot L + (S_e - S_v) \cdot L = (2 \cdot S_e - S_v) \cdot L =$$

$$= \left(2 \cdot \frac{\pi \cdot (80 \cdot 10^{-3} m)^2}{4} - \frac{\pi \cdot (15 \cdot 10^{-3} m)^2}{4}\right) \cdot 300 \cdot 10^{-3} m =$$

$$= 2.963 \cdot 10^{-3} m^3/ciclo$$

Aplicando la Ley de Boyle-Mariotte:[1]

$$p_a \cdot V_a = p_t \cdot V_t \Rightarrow V_a = \frac{p_t}{p_a} \cdot V_t = \frac{p + P_a}{p_a} \cdot V_t$$

$$V_a = \frac{6 \cdot 10^5 Pa + 10^5 Pa}{10^5 Pa} \cdot V_t = 20.741 \cdot 10^{-3} m^3/ciclo$$

El caudal de aire consumido será por tanto:

$$Q = 20.741 \cdot 10^{-3} \frac{m^3}{ciclo} \cdot 9 \frac{ciclos}{min} \cdot \frac{1min}{60s} = 3.111 \cdot 10^{-3} \frac{m^3}{s}$$

En unidades más habituales para expresar el caudal:

$$Q = 3.111 \cdot 10^{-3} \frac{m^3}{s} \cdot \frac{3600s}{h} = 11.2 \frac{m^3}{h}$$

$$Q = 11.2 - 3 \frac{m^3}{h} \cdot 10^3 l m^3 \cdot \frac{h}{60min} = 186.7 \frac{l}{min}$$

[1] Aunque en muchas publicaciones se trabaja con presión manométrica (la presión de trabajo del enunciado), yo prefiero utilizar la presión absoluta (presión manométrica+atmosférica). En este caso 7 bar en lugar de 6 bar