

Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción  
Laboratorio de Termodinámica

PAOI-2023

Guía previa a la práctica 2: "Procesos politrópicos en un compresor"

8 de julio de 2023

## 1. Objetivos

- Comprender el proceso termodinámico de compresión.
- Comprender los modelos termodinámicos de compresión politrópica, adiabática e isotérmica.
- Calcular el coeficiente politrópico del compresor.
- Calcular el trabajo específico del compresor.
- Calcular la potencia transferida al aire debido a la compresión.
- Calcular la potencia mecánica.
- Calcular la eficiencia.

## 2. Resultados de aprendizaje

- Reconocimiento de partes y funcionamiento de un compresor.
- Medición de potencia mecánica.
- Uso de manómetros de columna de agua y manómetro Bourdon.
- Uso de placa orificio para medir flujo másico.
- Usos y aplicaciones de la energía neumática.



### 3. Equipos

- Compresor recíprocante de 1 etapa.

### 4. Instrumentación

- Manómetros diferenciales de columna de agua.
- Manómetro Bourdon
- Termocuplas
- Tacómetro
- Dinamómetro
- Flexómetro

### 5. Variables a medir

- $P_1 : [mmH_2O]$
- $P_2 : [bar], [psi]$
- $P_3 : [mmH_2O]$
- $\Delta P : [mmH_2O]$
- $T_a : [^{\circ}C]$
- $T_1 : [^{\circ}C]$
- $T_2 : [^{\circ}C]$
- $T_3 : [^{\circ}C]$



- $N_{motor} : [RPM]$
- $N_{compresor} : [RPM]$
- $F : [N]$
- $d : [m]$

## 6. Ecuaciones

La potencia consumida en el compresor para aumentar la presión desde un estado 1 hasta un estado 2 se puede estimar mediante la ecuación 1 de trabajo de frontera y el modelo politrópico de compresión de la ecuación ??.

$$\int_1^2 P dv \quad (1)$$

$$P * V^n = constante \quad (2)$$

El proceso politrópico corresponde al proceso real de compresión, en el cual aumenta la temperatura del gas y en consecuencia se disipa cierta cantidad de calor durante el proceso. El coeficiente politrópico  $n$  puede tomar valores entre 1 y  $k$ , siendo  $k$  la relación de calores específicos del gas, ecuación 3.

$$k_{aire} = \frac{c_p}{c_v} = 1,4 \quad (3)$$

Se debe trabajar con presiones absolutas, se calculan con la ecuación 6.

$$P_{abs} = P_{man} + P_{atm} \quad ; \quad \Delta P_{abs} = \Delta P_{man} \quad (4)$$

Relación de presiones y relación de temperaturas  $[K]$ , ecuación 5.

$$RP = \frac{P_{2abs}}{P_{1abs}} \quad ; \quad RT = \frac{T_2}{T_1} \quad (5)$$



Coefficiente politrópico, ecuación 6.

$$n = \frac{\log(RP)}{\log(RP) - \log(RT)} \quad (6)$$

Las ecuaciones 7, 8, y 9 permiten calcular el trabajo específico  $\left[\frac{kJ}{kg}\right]$ , para una compresión politrópica ( $w_p$ ), adiabática ( $w_a$ ) e isotérmica ( $w_t$ ) respectivamente a partir de la constante del aire ( $R = 0,287 \left[\frac{kJ}{kg \cdot K}\right]$ ), de la temperatura de entrada ( $T_1$ ), de la relación de presiones ( $RP$ ), y del coeficiente politrópico ( $n$ ).

$$w_p = \frac{n * R * T_1}{n - 1} * \left(RP^{\left(\frac{n-1}{n}\right)-1}\right) \quad (7)$$

$$w_a = \frac{k * R * T_1}{k - 1} * \left(RP^{\left(\frac{k-1}{k}\right)-1}\right) \quad (8)$$

$$w_t = R * T_1 * \log(RP) \quad (9)$$

El flujo másico del gas  $\dot{m}$  se calcula a partir de las mediciones de  $\Delta P_{man}$  y de  $P_3$  correspondientes a la placa orificio.

$$\dot{m} = 0,6574 * \sqrt{\frac{\Delta P * P_{3abs} * T_a}{T_3 * 288}} \left[\frac{kg}{s}\right] ; \text{ Presiones}[bar] \quad (10)$$

Teniendo el flujo másico del gas  $\dot{m}$  se puede calcular la potencia consumida  $[kW]$  en la compresión para cada modelo con la ecuación 11.

$$\dot{W}_p = w_p * \dot{m} ; \quad \dot{W}_a = w_a * \dot{m} ; \quad \dot{W}_t = w_t * \dot{m} \quad (11)$$

A partir de la fuerza medida con el dinamómetro ( $F$ ) y la velocidad medida con el tacómetro en el eje del motor ( $N_{motor}$ ) se calcula la potencia mecánica con la ecuación 12. La velocidad se debe convertir a  $\left[\frac{rad}{s}\right]$ .

$$\dot{W}_m = T * \omega_{motor} [W] ; \quad \omega_{motor} \left[\frac{rad}{s}\right] ; \quad T = F * d \quad (12)$$

Con estos datos se calcula la eficiencia politrópica, isotérmica, y adiabática con la ecuación 13.

$$\eta_p = \frac{\dot{W}_p}{\dot{W}_m} ; \quad \eta_t = \frac{\dot{W}_t}{\dot{W}_m} ; \quad \eta_a = \frac{\dot{W}_a}{\dot{W}_m} \quad (13)$$



## 7. Pautas para el análisis

- Explique a detalle la diferencia entre la compresión politrópica, isotérmica y adiabática.
- De acuerdo a su criterio, ¿De qué sirve conocer la potencia para cada uno de estos modelos termodinámicos de compresión?

