



Apellidos:

Nombre:

Problema 2 (25 puntos).

El salón de un restaurante de 90 m^2 tiene una capacidad de 70 personas. Una normativa (ASHRAE 2004) regula el caudal mínimo de aire a renovar mediante la fórmula:

$$Q = A/3 + 2.5P$$

donde Q es el caudal mínimo de aire en L/s intercambiado con el exterior, A la superficie del salón en m^2 y P el número de personas.

Para ahorrar energía (gasto de aire acondicionado), se ajusta el caudal de aire intercambiado con el exterior al mínimo establecido por la normativa.

Cuando el restaurante está **lleno (70 personas)**, ¿cuál es el nivel de CO_2 en ppmv que se alcanza en su interior? Expresar el resultado tanto en ppmv como en mg/m^3 .

Contestar a la pregunta mediante los siguientes pasos intermedios (a-d):

(a) [5 puntos] Convertir el nivel de CO_2 en el exterior a mg/m^3

(b) [4 puntos] ¿Qué cantidad de CO_2 se emite en el restaurante en mg/s ?

(c) [6 puntos] Calcular la concentración de CO_2 en el interior en mg/m^3 .

(d) [3 puntos] Convertir la concentración de CO_2 en el interior a ppmv.

(e) [7 puntos] Si se usa un sensor de CO_2 para cumplir la normativa ASHRAE 2004, se necesita la curva de respuesta: caudal en función del nivel de CO_2 en ppmv ($Q=f([\text{CO}_2])$) para este restaurante. Establecer una fórmula para la concentración de CO_2 en ppmv en función del caudal en L/s ($[\text{CO}_2]=f(Q)$, es más sencillo de este modo). Nota: en este apartado, el número de personas es variable.

Datos:

Se asume que un individuo libera 370 Kg de CO_2 al año debido a la respiración.

El nivel de CO_2 en el exterior es de 400 ppmv.

(a) Se van a necesitar varias conversiones para el CO_2 , en la pregunta a, d, y e. Nos ahorramos tiempo haciendo el cálculo para 1 ppmv y multiplicando el resultado obtenido por 400.

Necesitamos el peso molecular del CO_2 : $12 + 2 \cdot 16 = 44 \text{ g/mol}$

Un gas a 298 K y 1 atm ocupa 24.5 L/mol o $24.5 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{mol}$. Si en un mol de gas hay 1 ppmv, esto supone que hay una masa de:

$$10^{-6} \times 44 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \times 10^3 \frac{\text{mg}}{\text{g}}$$

$$44 \times 10^{-3} \frac{\text{mg}}{\text{mol}} \times \frac{1}{24.5 \times 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{mol}}} = \frac{44}{24.5} = 1.80 \text{ mg} / \text{m}^3$$

$$400 \text{ ppmv son } 400 \times 1.80 = 720 \text{ mg} / \text{m}^3$$

$$(b) 370 \frac{\text{Kg}}{\text{año} \times \text{persona}} \times \frac{10^6 \text{ mg}}{1 \text{ Kg}} \times \frac{1 \text{ año}}{365 \text{ días}} \times \frac{1 \text{ día}}{24 \text{ h}} \times \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}} = 11.73 \text{ mgs}^{-1} \text{ persona}^{-1}$$

Para 70 personas, son 821 mg/s

$$(c) Q = \frac{A}{3} + 2.5P = \frac{90}{3} + 2.5 \times 70 = 205 \text{ L} / \text{s} = 0.205 \text{ m}^3 / \text{s}$$

$$c_i = c_0 + \frac{S - R}{Q}$$

$$c_i = 720 \frac{\text{mg}}{\text{m}^3} + \frac{821.3 - 0 \text{ mg/s}}{0.205 \text{ m}^3 / \text{s}} = 4726 \frac{\text{mg}}{\text{m}^3}$$

(d) $4726/1.8 = 2625 \text{ ppmv}$

(e) Se busca una relación entre los datos del sensor en ppmv y el caudal a establecer en el establecimiento.



$$c_i = 720 \frac{\text{mg}}{\text{m}^3} + \frac{11.73P}{10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{L}} Q} \frac{\text{mg}}{\text{s}}$$

$$P = \frac{Q-30}{2.5}$$

$$c_i = 720 + \frac{11.73 \frac{Q-30}{2.5}}{10^{-3} Q}$$

$$= 720 + \frac{4692(Q-30)}{Q}$$

$$= 720 + 4692 - \frac{140760}{Q}$$

$$= 5412 - \frac{140760}{Q}$$

Convertimos los datos a ppmv dividiendo por 1.8

$$c_i = 3008 - \frac{78240}{Q}$$

Nota: Para motivos ilustrativos, se sigue un poco en la lógica del problema

"(f)" Expresamos el caudal en función de la concentración de CO₂.

$$Q = \frac{78240}{3008 - c_i}$$

