

## PROTOCOLO DE MEDICIÓN DE VENTILACIÓN EN AULAS

Finalidad: determinar cuantitativamente la ventilación de un aula y poder comparar con las recomendaciones de ventilación establecidos: valor objetivo de ACH y/o de litros por persona y segundo.

El experimento se llevará a cabo sin ocupantes.

Consiste en aumentar la concentración de CO<sub>2</sub> en el aula y posteriormente (en ausencia de ocupantes y otras fuentes de CO<sub>2</sub>) determinar la velocidad de disminución de la concentración de CO<sub>2</sub> en las condiciones de ventilación a estudiar. Esta variación indica cómo de rápido el aire del exterior reemplaza el volumen de aire interior.

### **Experimento**

Medir la concentración de CO<sub>2</sub> al aire libre durante al menos cinco minutos. Esto se hará antes y después del experimento. Hacer el promedio de ambas medidas. El resultado será la concentración de CO<sub>2</sub> exterior.

Colocar el sensor de CO<sub>2</sub> en el aula aproximadamente a 1 metro sobre el suelo.

Incrementar la concentración de CO<sub>2</sub> en el aula a aproximadamente 2000 ppm. Usar fuentes de emisión de CO<sub>2</sub> para aumentar la concentración rápidamente. Una opción es el uso de hielo seco.

Controlar la concentración de CO<sub>2</sub> e iniciar el experimento cuando alcance al menos 2000 ppm.

Retirar el hielo seco

Hacer que todas las personas presentes salgan del aula

Abrir ventanas y puertas según la configuración que se quiera probar

Este momento será el inicio del experimento

Dejar que la concentración de CO<sub>2</sub> en el aula se reduzca con la configuración de ventanas y puertas a probar.

Evitar entrar y salir del aula durante este periodo

Definimos el concepto de exceso de CO<sub>2</sub>:

$$\text{Exceso de CO}_2 = \text{concentración CO}_2 \text{ interior} - \text{concentración CO}_2 \text{ exterior.}$$

La prueba finaliza cuando el exceso de CO<sub>2</sub> se acerque al 37% del exceso inicial.

Ejemplo:

concentración interior máxima inicial es de 2000 ppm

concentración exterior es de 420 ppm

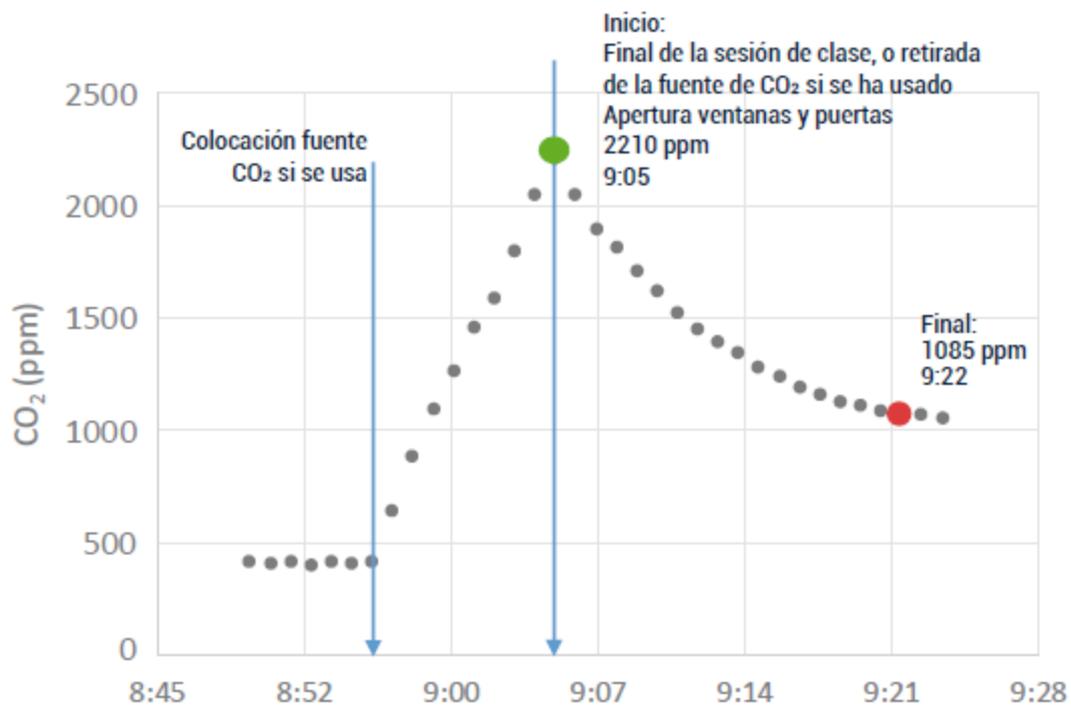
exceso de CO<sub>2</sub> inicial= 2000-420 = 1580 ppm

exceso de CO<sub>2</sub> final= 37% del exceso de CO<sub>2</sub> inicial = 1580 \* 0.37 = 585ppm

concentración interior final = 420 + 585 = 1005 ppm

Repetir los pasos para probar otras configuraciones de puertas y ventanas.

Comparar el valor de ACH con el valor objetivo, y tomar medidas adicionales si es necesario.



### Cómo tratar los datos

Descargar o anotar los datos medidos por el sensor de CO<sub>2</sub>.

Identificar el comienzo de la curva de disminución teniendo en cuenta el momento del experimento. Evitar periodos en los que las concentraciones de CO<sub>2</sub> oscilen alrededor del mismo valor y elegir un punto con una disminución de concentración clara y constante.

El **Punto verde** en el gráfico indica la concentración ( $C_{inicio}$ ) y el tiempo ( $t_{inicio}$ ).

Identificar el final de la curva de disminución según el cálculo de concentración final y observando los datos.

El **Punto rojo** en el gráfico indica la concentración ( $C_{final}$ ) y el tiempo ( $t_{final}$ ).

Tomar el promedio de concentraciones en exteriores medidas con sensor el antes y después de las pruebas ( $C_{exterior}$ ).

Utilizar la siguiente ecuación, donde las concentraciones, C, estarán en ppm y los tiempos, t, estarán en horas:

$$ACH = \frac{-1 * \ln \left( \frac{C_{final} - C_{exterior}}{C_{inicio} - C_{exterior}} \right)}{t_{final} - t_{inicio}}$$

Esta fórmula asume una variación del tipo exponencial negativa

#### MEDICIÓN DE RENOVACIONES DE AIRE

Inicio de la disminución,  $C_{inicio} = 2210$  ppm y  $t_{inicio} = 09:05$ .

Final de la disminución,  $C_{final} = 1085$  ppm y  $t_{final} = 09:22$ .

Concentración exterior,  $C_{exterior} = 420$  ppm

Tiempo es  $t_{final} - t_{inicio}$  es 17 minutos. En horas son  $17/60 = 0.2833$  horas

$ACH = -1 * \ln \left( \frac{1085 - 420}{2210 - 420} \right) / 0.2833 = 3.5$  renovaciones por hora

#### DETERMINACIÓN DE CONCENTRACIÓN DE CO2 OBJETIVO EN ESTADO ESTABLE

Supongamos que tenemos un aula de  $7 \times 7 \times 3 = 147$  mts<sup>3</sup> ocupada por 12 alumnos y 1 docente.

La generación de CO2 es

Generación de CO2 = nro de ocupantes \* tasa de exhalación de CO2 por ocupante

=  $12 * 0,0045$  litros / seg +  $1 * 0.006$  litros / seg =  $0.06$  litros / seg

=  $0,06 * 60$  litros / min =  $3,6$  litros / min

El caudal de aire exterior que queremos alcanzar es:

Caudal aire exterior objetivo = ACH \* Volumen aula

= 6 renovaciones / hora \* 150 mts<sup>3</sup> = 6 \* 150 / 60 mts<sup>3</sup> / min

= 15 mts<sup>3</sup> / min

= 15.000 litros / min

(1 litro = 0,001 mts<sup>3</sup> )

Si la Concentración de CO<sub>2</sub> exterior = 420 ppm el nivel de CO<sub>2</sub> con el aula ocupada que deberíamos tener es:

(se supone que en equilibrio

Concentración CO<sub>2</sub> estado estable \* Caudal de aire exterior deseado = Generación de CO<sub>2</sub> interna + Concentración CO<sub>2</sub> externa \* Caudal de aire exterior deseado )

C estado estable =  $(3,6 \text{ litros / min} + 15.000 \text{ litros / min} * (420 / 1.000.000)) / (15.000 \text{ litros / min}) = (3,6 \text{ litros / min} + 6,3 \text{ litros / min}) / 15.000 \text{ litros / min} = 660 \text{ ppm de CO}_2$