



DISEÑO DE ESTRATEGIAS PARA LA VENTILACIÓN DE LOCALES

09/06/2021

Autor: Gaizka Vallespir Etxebarria

Directores: José Antonio Millán García y Alexander Martin Garín

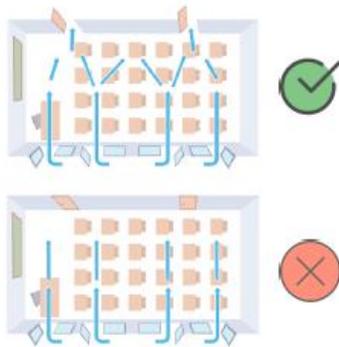


Desafío	→	Garantizar una buena calidad de aire interior en aulas
Objetivo	→	Analizar estrategias de ventilación en aulas
Trabajo realizado	→	Estado del arte de protocolos de ventilación natural en aulas + Protocolo de ventilación natural en aulas
Limitaciones	→	Control de la tasa de renovación de aire y eficiencia energética
Siguiente paso	→	Análisis de la eficiencia de un recuperador de calor

Pautas para una buena ventilación natural en aulas.

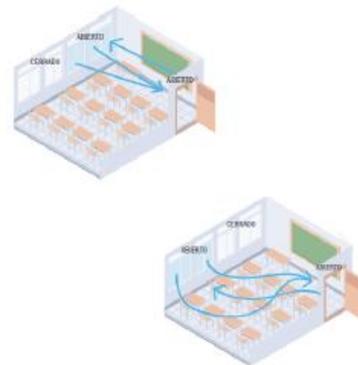
1. Ventilación cruzada.

Abrir puertas y ventanas que se encuentran en lados opuestos de la habitación.



2. Configuración óptima.

Emplear la configuración de apertura de puertas y ventanas que ofrezca la mejor ventilación*.



3. Ventilación continua.



Mantener el aula continuamente ventilado, minutos antes, durante y minutos después de clase.

4. Uso de ventilador.



Colocar un ventilador* junto a una ventana con el flujo hacia el exterior, favoreciendo así la extracción de aire.

Pautas para una buena ventilación natural en aulas.

5. Obstáculos para las pautas precedentes.



Bajas temperaturas* u otras condiciones meteorológicas adversas.



Altas velocidades del aire, debidas al viento y/o corrientes de aire.



Ruido exterior e interior*, proveniente de otros puntos del edificio.



La introducción del aire exterior puede conllevar el incremento de niveles de contaminantes procedentes del exterior.

6. Ventilación intermitente como alternativa.



Como solución general a los obstáculos mencionados, se recomienda utilizar la ventilación intermitente, esto es, abrir y cerrar puertas y ventanas de manera reiterada*.



Existen distintas configuraciones y periodos de apertura de puertas y ventanas, y siempre habrá que llegar a un compromiso entre el riesgo sanitario por Covid-19 y la seguridad y el confort.

7. Monitorización.



Monitorizar la concentración de CO₂ en todo momento, para asegurarse de que la ventilación es la adecuada*.

NOTAS(*):

- La ventilación que ofrece cada configuración se podrá calcular mediante el método "Determinación de la tasa de renovación de aire", explicado paso a paso más adelante.
- El consumo de un ventilador es imperceptible comparado con el de un sistema de ventilación mecánica, y no requiere una instalación complicada. Por eso, se ha decidido ponerlo como pauta el uso de un ventilador, aunque el protocolo sea de ventilación natural.
- Los días que hace frío, disponer de ropa de abrigo cómoda para interiores permitirá no abusar de la calefacción con ventanas parcialmente abiertas.
- Es preferible reducir el ruido en los pasillos que cerrar las puertas.
- Cuanto más tiempo se abran las puertas y ventanas mejor será la ventilación intermitente.
- El método "Determinación de la tasa de renovación de aire" tiene limitaciones, por eso, es importante monitorizar la concentración de CO₂ constantemente.

Figuras 1 y 2: Protocolo de ventilación natural en aulas. Pautas para una buena ventilación



Determinación de la tasa de renovación de aire. Experimento.

CARACTERÍSTICAS DESEABLES DE LOS MEDIDORES DE CO2:

- Capacidad de proporcionar los datos sin procesar descargables en archivo .txt, .xls, .csv o similar.
- Resolución temporal de al menos un dato por minuto.
- Pantalla que muestre los niveles de CO2 en tiempo real.
- Uso de tecnología NDIR (nondispersive infrared).
- Coste entre 100 y 300 euros.

1. Medición de la concentración de CO2 al aire libre.



Medirlo durante al menos 5 minutos, antes y después del experimento*. El resultado del promedio de ambas medidas será la concentración de CO2 exterior.

2. Colocación del sensor de CO2 en el aula.



Colocarlo aproximadamente a 1 metro del suelo y en el área central del aula, lejos de puertas y ventanas.

3. Incremento de la concentración de CO2 en el aula.



Usar fuentes de emisión de CO2, por ejemplo, un grupo de personas o hielo seco.



Cerrar puertas y ventanas.



Incrementarlo aproximadamente hasta 2000 ppm.

4. Reducción de la concentración de CO2 en el aula.



Retirar fuentes de emisión de CO2. Evitar entrar y salir del aula durante este periodo.



Abrir puertas y ventanas con la configuración a probar.



Reducirlo hasta que el exceso de CO2* se acerque al 37% del exceso obtenido en el paso 3.

Determinación de la tasa de renovación de aire. Cálculos.

5. Gestión de los datos obtenidos en el experimento.



Descargar los datos medidos por el sensor de CO2.



Identificar el comienzo y el final de la curva de disminución*. Apuntar los valores de la concentración de CO2 (C) y del tiempo (t) en ambos puntos.

6. Cálculos.



Calcular la tasa de renovación de aire obtenida en el experimento*, y la tasa de renovación de aire mínima*.

$$ACH_{\text{Experimento}} = \frac{-1 \times \ln \left(\frac{C_{\text{final}} - C_{\text{exterior}}}{C_{\text{inicio}} - C_{\text{exterior}}} \right)}{t_{\text{final}} - t_{\text{inicio}}}$$

$$ACH_{\text{Mínima}} = \frac{14 \left(\frac{1}{\text{ppm} \cdot \text{L}} \right) \times \text{num. per.} \times 3600 \left(\frac{\text{s}}{\text{h}} \right) \times 0.001 \left(\frac{\text{m}^3}{\text{L}} \right)}{\text{vol. aula} \left(\text{m}^3 \right)}$$

7. Análisis de los resultados.



Comparar las tasas de renovación de aire calculadas.



Volver a realizar el experimento con una nueva configuración de apertura de puertas y ventanas*.

NOTAS(*):

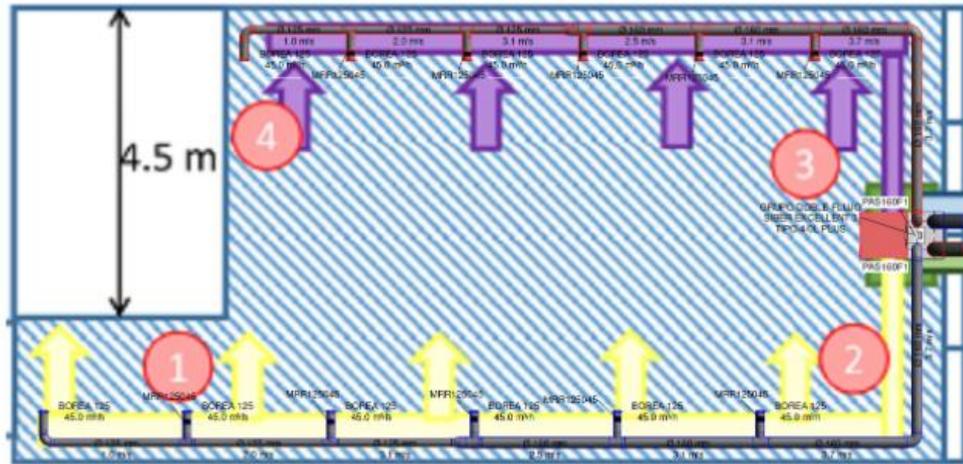
- Configurar el sensor de CO2 para registrar medidas al menos una vez por minuto. Esto facilitará el paso 6.
- El exceso de CO2 se calcula restando la concentración de CO2 exterior a la del interior.
- Para identificar el comienzo de la curva de disminución, hay que evitar periodos en los que las concentraciones de CO2 oscilen alrededor del mismo valor y se debe elegir un punto con una disminución de concentración clara y constante. Una vez identificado, se calcula el final de la curva de disminución.
- A la hora de calcular la tasa de renovación de aire obtenida en el experimento, las concentraciones estarán en ppm y los tiempos en horas.
- Para el cálculo de la tasa de aire mínima, se considera que un valor adecuado para reducir riesgo de contagio es de 14 litros por persona y segundo.
- El experimento se volverá a realizar si la tasa de renovación de aire obtenida en el experimento es inferior a la tasa de renovación de aire mínima, o si se quiere probar otra configuración.

Figuras 3 y 4: Protocolo de ventilación natural en aulas. Determinación de la tasa de renovación de aire

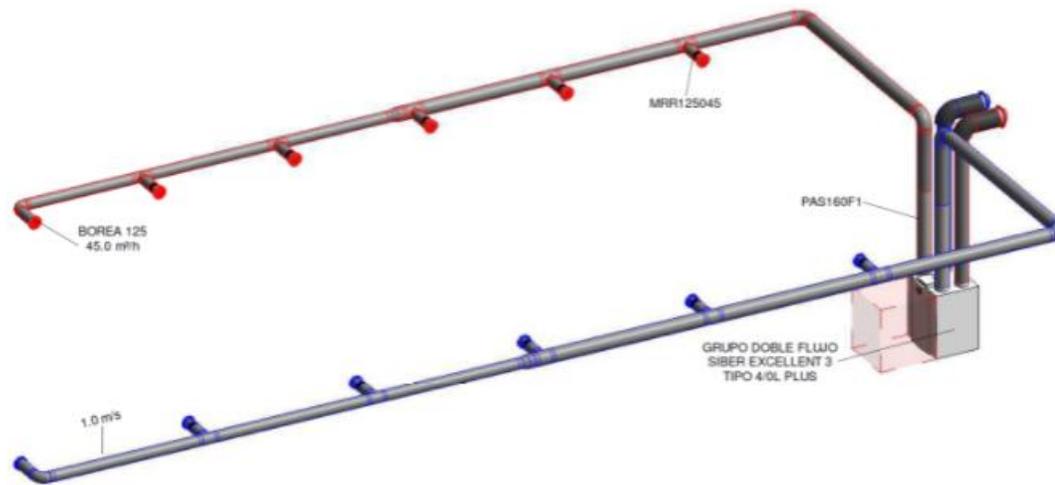


Para el análisis de la eficiencia de un recuperador de calor:

- ✓ *Sensores IoT de temperatura y humedad relativa*
 - ✓ *Gateway*
 - ✓ *Panel dashboard*
- } Información para usuarios
- Instalación de ventilación mecánica con recuperador de calor*
 - Cálculos*



Figuras 7 y 8: Siber DF Excellent 3



Figuras 5 y 6: Instalación de ventilación mecánica con recuperador de calor



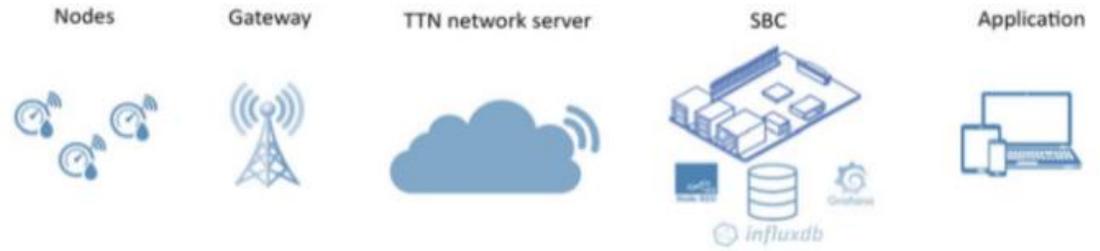


Figura 9: Esquema de la arquitectura de red IoT



Figura 10: Sensores IoT de temperatura y humedad relativa



Figura 11: Gateway IoT instalado en la azotea de la escuela

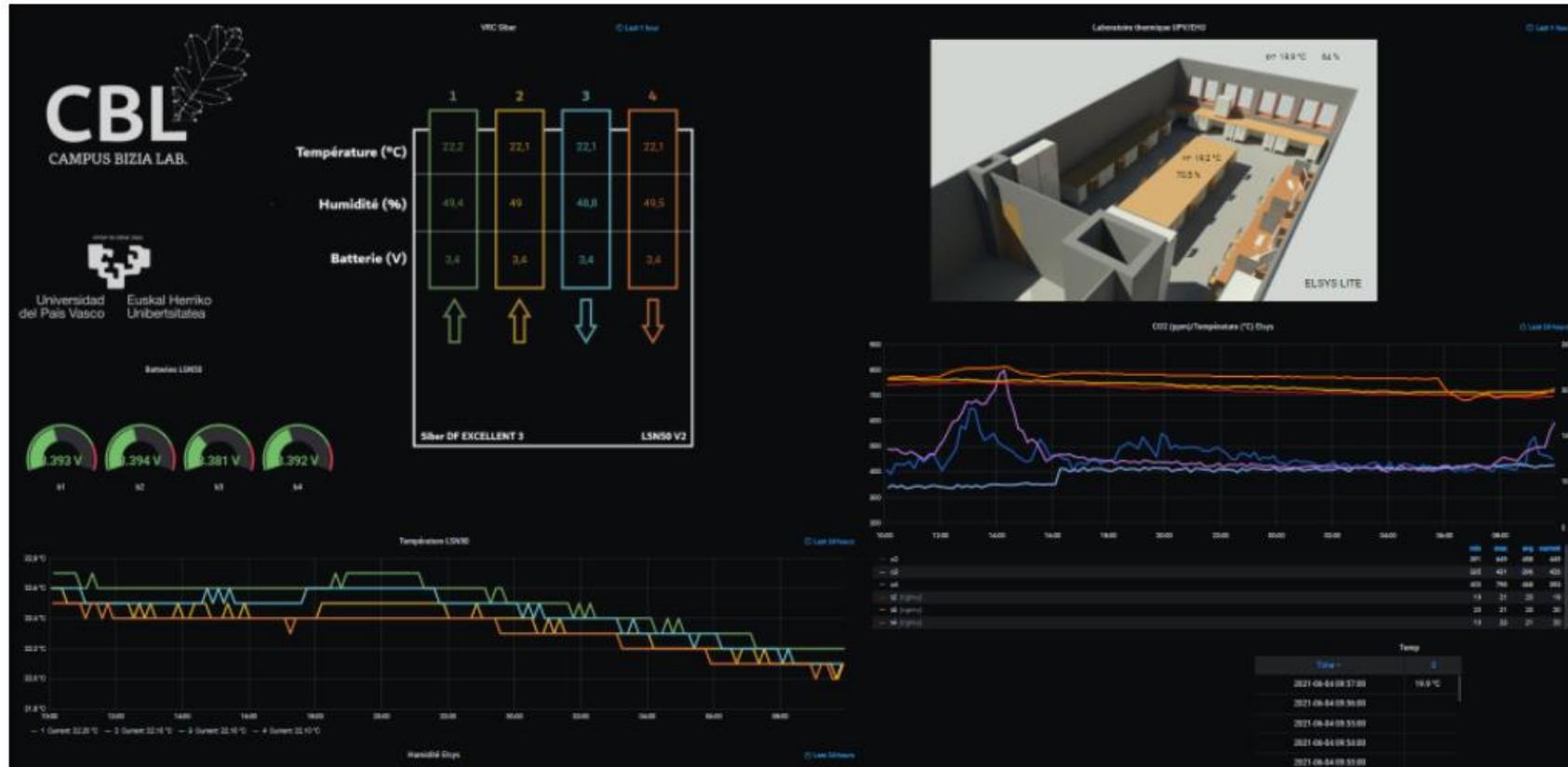


Figura 12: Panel dashboard con valores de monitorización de los sensores a tiempo real



MUCHAS GRACIAS!