ESTUDIO CALIDAD DEL AIRE EN AULAS

CO_2, Temperatura y Humedad

CEIP LA FONT

CALIDAD DEL AIRE Y CONFORT EN AULAS

Estudio de CO2, temperatura y humedad

11 DE ENERO DE 2021

MESURA

WEBMESURA.ORG

ÍNDICE

1. ANTECEDENTES.
2. OBJETO DEL ESTUDIO Y PLANO
3. METEOROLOGÍA Y CARACTERÍSTICAS DE VENTILACIÓN
4. REPRESENTACIÓN DE RESULTADOS DE CO_2
   - 4.1. Infantil
   - 4.2. 1º y 2º
   - 4.3. 3º y 4º
   - 4.4. 5º y 6º
   - 4.5. Pasillo y Comedor
5. REPRESENTACIÓN DE RESULTADOS DE TEMPERATURA Y HUMEDAD
   - 5.1. Temperatura
   - 5.2. Humedad
6. RECOPILACIÓN DE COMENTARIOS
   - 6.1. CO_2
   - 6.2. Temperatura
   - 6.3. Humedad
7. CONCLUSIONES
   - 7.1. Infantil.
   - 7.2. 1º, 2º, 3º y 4º
   - 7.3. 5º
   - 7.4. 6º
   - 7.5. Fondo Pasillo
   - 7.6. Comedor
8. ANEXO: RECOMENDACIONES DE VENTILACIÓN

1. ANTECEDENTES

El control sobre la concentración de CO_2 tiene dos beneficios.

El primero es la reducción de la incidencia en la tasa de contagio aéreo de enfermedades como gripe, sarampión, tuberculosis y ahora COVID-19. Cada vez que exhalamos CO_2 al ambiente también lo hacemos con los virus que se quedan en el ambiente como el humo. Menos CO_2 en ambiente equivale a menos concentración vírica en ambiente.

Habitualmente se habla de valores de renovación de aire que aseguren que estamos por debajo de 500 ppm sobre exterior. Esto equivale a unas 900 ppm de umbral máximo. En aulas sin ventilación los valores suelen estar entre 1500 ppm y 3000 ppm según ratio y tiempo.

En pandemia el grupo de investigadores de aireamos habla de umbrales de 700 ppm. Estos valores son indicadores de muy baja concentración de virus o dosis no infectivas en el ambiente.

La ventilación reduce contagios, CO_2 dice si está bien

- OMS, CDC, Min. Sanidad y Ciencia: la ventilación es muy importante para frenar la transmisión.
- Demostrado para otras enfermedades de transmisión aérea como tuberculosis (caso en Taiwan)
- Difícil ventilar en invierno
- CO_2 nos ayuda a ver si la ventilación es suficiente

University of Colorado Boulder

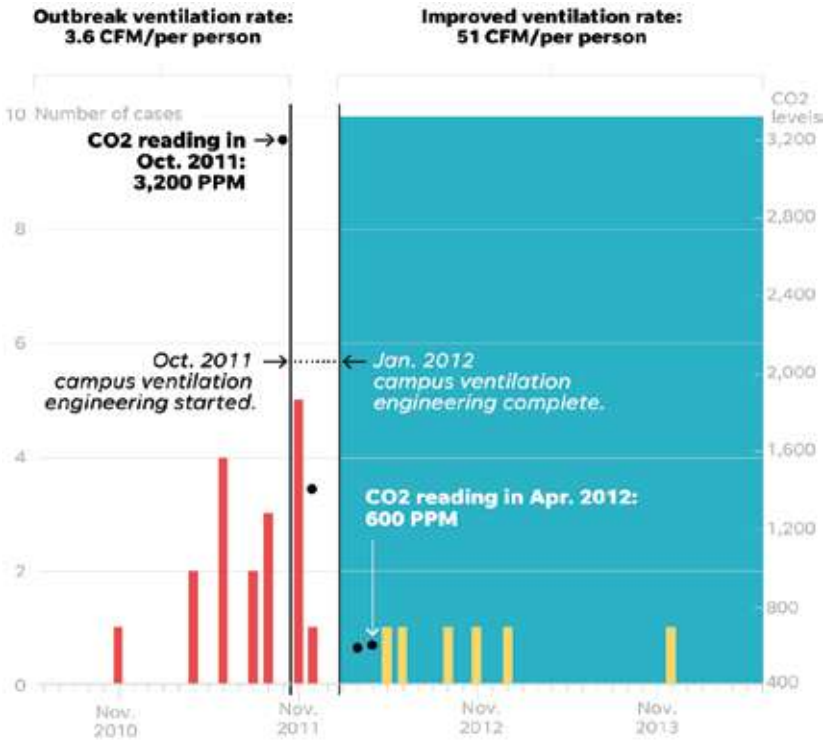


Figura 1: Reducción de riesgos gracias a la ventilación (dilución de contaminantes y concentración de virus crítica en el aire)

El segundo beneficio es la reducción de la somnolencia/aletargamiento por exposición a valores por encima de 1000 ppm. Si mantenemos un orden cercano a 700 ppm tendremos también el beneficio positivo que da tener un aula saludable y activa.

Table 4. Descripción de los dominios cognitivos evaluados.

Dominio de función cognitiva[a]	Descripción
Nivel de actividad básico	Capacidad general para tomar decisiones en todo momento.
Nivel de actividad aplicado	Capacidad para tomar decisiones orientadas a objetivos generales.
Nivel de actividad enfocado	Capacidad para prestar atención a las situaciones que se presentan.
Orientación a la tarea	Capacidad para tomar decisiones específicas que están orientadas a completar las tareas en cuestión.
Respuesta ante crisis	Capacidad para planificar, estar preparado y elaborar estrategias en situaciones de emergencia.
Buscando información	Capacidad para recopilar información según sea necesario de diferentes fuentes disponibles
Uso de la información	Capacidad para utilizar tanto la información proporcionada como la información que se ha recopilado para alcanzar las metas generales
Amplitud de enfoque	Capacidad para tomar decisiones en múltiples dimensiones y utilizar una variedad de opciones y oportunidades para lograr metas.
Estrategia	Parámetro de pensamiento complejo que refleja la capacidad de utilizar soluciones bien integradas con la ayuda de un uso óptimo de la información y la planificación.

[a]See Streufert et al. (1986) for detailed descriptions.

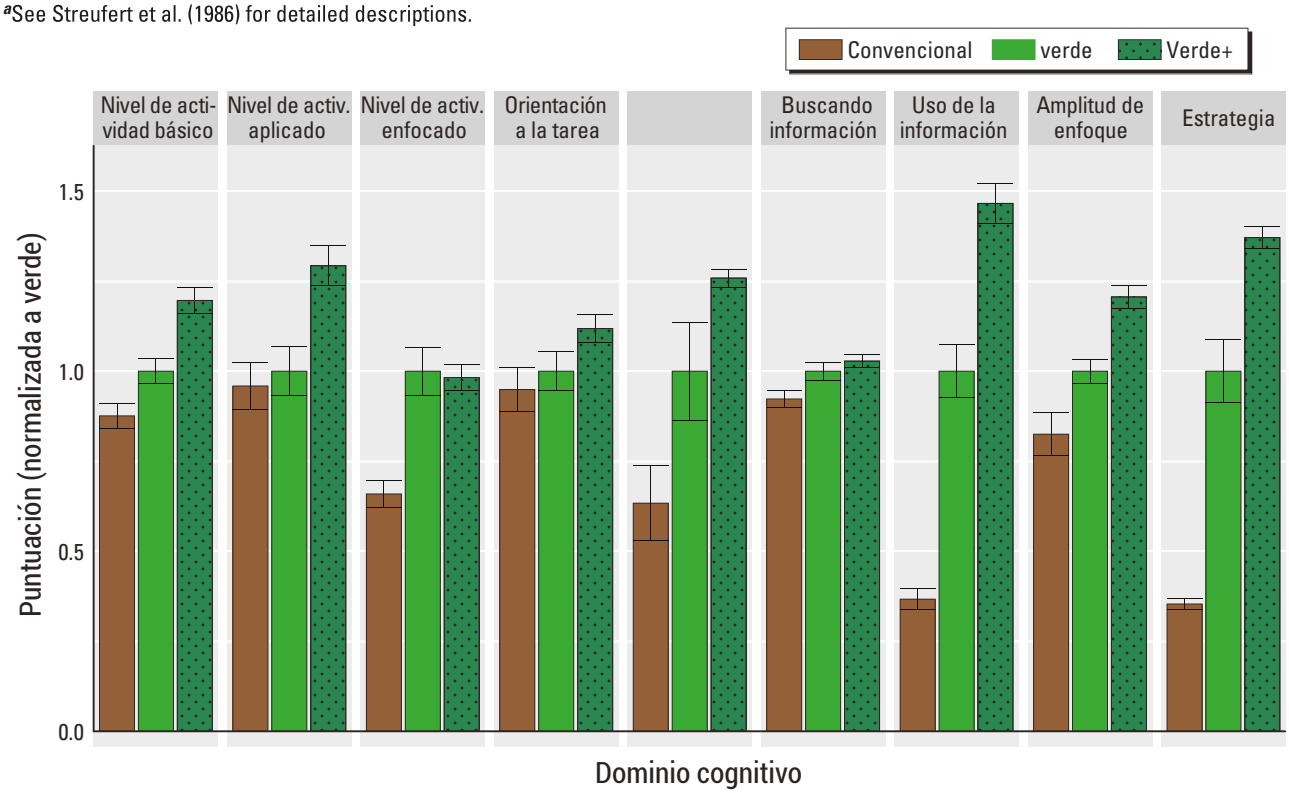


Figura 2: Mostramos los beneficios en cuanto a rendimiento escolar en esta gráfica.
(Associations of Cognitive Function Scores with Carbon Dioxide, Ventilation, and Volatile Organic Compound Exposures in Office Workers: A Controlled Exposure Study of Green and Conventional Office Environments Joseph G. Allen, Piers MacNaughton, Usha Satish, Suresh Santanam, Jose Vallarino, and John D. Spengler. http://dx.doi.org/10.1289/ehp.1510037)

CONCLUSIÓN:
El veneno está en la dosis: bajo tiempo de exposición a concentraciones bajas de CO_2 exhalado son el marco de un AULA SALUDABLE.

MESURA
WEBMESURA.ORG

2. OBJETO DEL ESTUDIO Y PLANO

El objeto de este estudio es comprobar el estado de la calidad del aire en el interior de las aulas del CEIP La Font para determinar las condiciones adecuadas de ventilación y confort. Así mismo, se determinarán las deficiencias de ventilación en los diferentes puntos muestreados.

A continuación se muestra la distribución de las aulas en el colegio:

Figura 3: Distribución de aulas en el colegio.

3. METEOROLOGÍA Y CARACTERÍSTICAS DE VENTILACIÓN

El día del estudio, 11 de Enero de 2021, se dieron unas condiciones meteorológicas estables con velocidades de viento bajas. Podemos considerar que las condiciones ambientales para la ventilación son las más desfavorables. En cuanto a las temperaturas exteriores, se dieron valores bajos para lo habitual en esta zona. Se muestran los datos meteorológicos horarios de Paterna* para este día en el horario de las mediciones:

Hora	Temperatira (ºC)	Humedad (%)	Velocidad viento (m/s)	Dirección viento (º)	Precipitación (mm)
8:00	2,0	76,0	2,7	310	0,0
9:00	2,2	73,6	3,3	302	0,0
10:00	3,0	72,0	3,1	304	0,0
11:00	4,1	66,6	3,1	308	0,0
12:00	5,5	62,4	1,3	309	0,0
13:00	6,9	58,3	0,0	53	0,0
14:00	7,5	59,8	0,0	10	0,0
15:00	9,1	52,0	0,0	0	0,0

**Datos proporcionados por CEAM Paterna.*

Foto 1: Medidas iniciales en exterior.

En la siguiente tabla se muestran las características y diferentes configuraciones de ventilación dispuestas para cada aula muestreada:

Espacio/Aula	Características	Nº de alumnos	Configuración
3 años	Puerta a pasillo, puerta a exterior y ventana abatible lateral	17 + 2	Apertura de puerta a pasillo y ventana abatible
4 años	Puerta a pasillo, puerta a exterior y ventana abatible lateral	21 + 1	Apertura de puerta a pasillo y ventana abatible
5 años	Puerta a pasillo, puerta a exterior y ventana abatible lateral	22 + 2	Apertura de puerta a pasillo y ventana abatible
Pasillo infantil	Conexión a las aulas y 3 ventanas	---	Apertura de 20 cm cada ventana (10 cm cada hoja)
1º	Puerta a pasillo y 3 ventanas correderas	21 + 1	Apertura de la puerta y 20 cm cada ventana
2º A	Conexión a las aulas y 3 ventanas	12 + 1	Apertura de la puerta y 20 cm cada ventana
2º B	Puerta a pasillo y 3 ventanas correderas	21 + 1	Apertura de la puerta y 20 cm cada ventana
3-4º A	Puerta a pasillo y 3 ventanas correderas	14 + 1	Apertura de la puerta y 20 cm cada ventana
3-4º B	Puerta a pasillo y 3 ventanas correderas	16 + 1	Apertura de la puerta y 20 cm cada ventana
5º	Puerta a pasillo y 3 ventanas abatibles vertical	26 + 1	Apertura de la puerta y las 3 ventanas abatibles
6º	Puerta a pasillo, puerta a exterior y 3 ventanas abatibles vertical	22 + 1	Apertura de la puerta a pasillo y la puerta a exterior. Tras el patio se reduce la apertura de las puertas a la mitad y se abre una ventana
Pasillo	Conexión a las aulas y 4 puertas a exterior	---	Apertura a mitad de las 4 puertas a exterior
Comedor	Puerta a pasillo, puerta a exterior y 6 ventanas con mosquitera	40	Apertura de las 2 puertas y 6 ventanas con mosquitera

Foto 2: Medidas puntuales en pasillo.

Foto 3: Aperturas de 10 cm cada hoja de las ventanas del pasillo de infantil.

Foto 4: Apertura de puerta + ventanas (20 cm cada una).

Foto 5: Apertura de 2 puertas en aula de 6º.

Foto 6: Apertura total de ventanas con mosquiteras en Comedor.

4. REPRESENTACIÓN DE RESULTADOS DE CO_2

4.1. Infantil.

A continuación, se muestra la evolución del CO2 a lo largo de la mañana en las diferentes aulas:

Gráfica 1: Evolución CO2 en Infantil.

Comentarios:

9:50h: En 3 años hay desdoble y se quedan 9 alumnos.

11:00h: Patio

12:10h: En 5 años se quedan 12 alumnos.

12:15h: En 3 años cuento en inglés cerca del medidor.

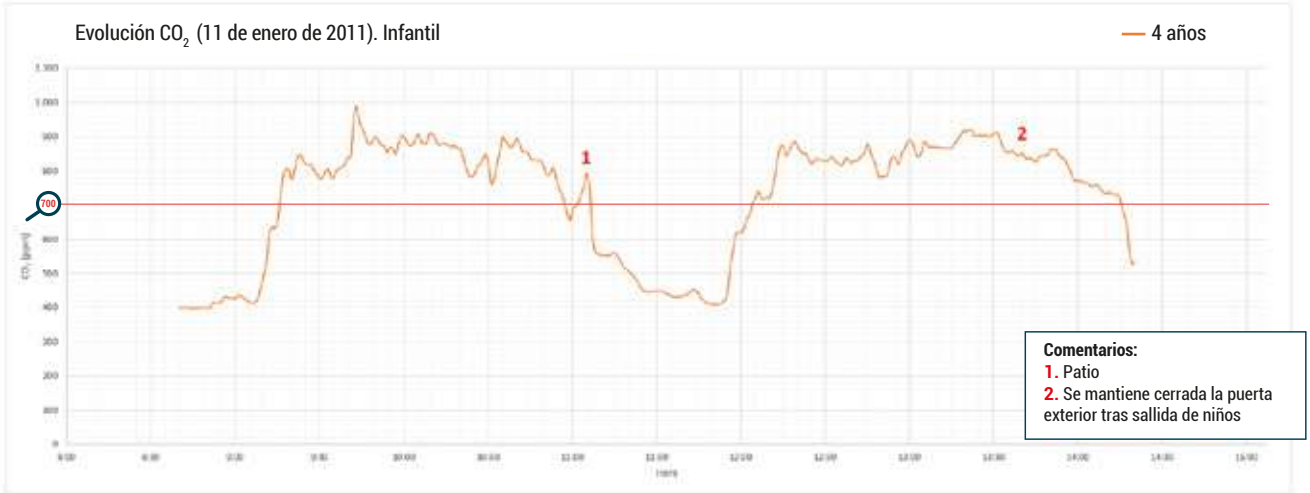
12:45h: Se abre de forma puntual la puerta que da al exterior por subida del CO2.

13:40h: Tras la salida de los niños después de comer, en 3 años y 5 años se deja la puerta al exterior abierta, mientras que en 4 años se queda cerrada.

3 años:

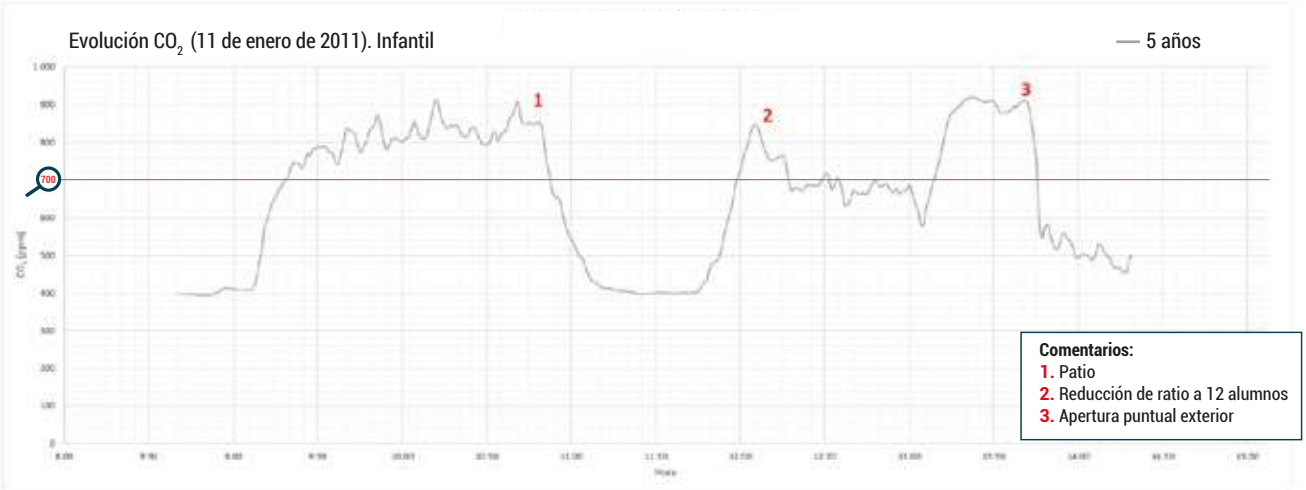
Gráfica 2: Evolución CO2 en 3 años.

4 años:



Gráfica 3: Evolución CO2 en 4 años

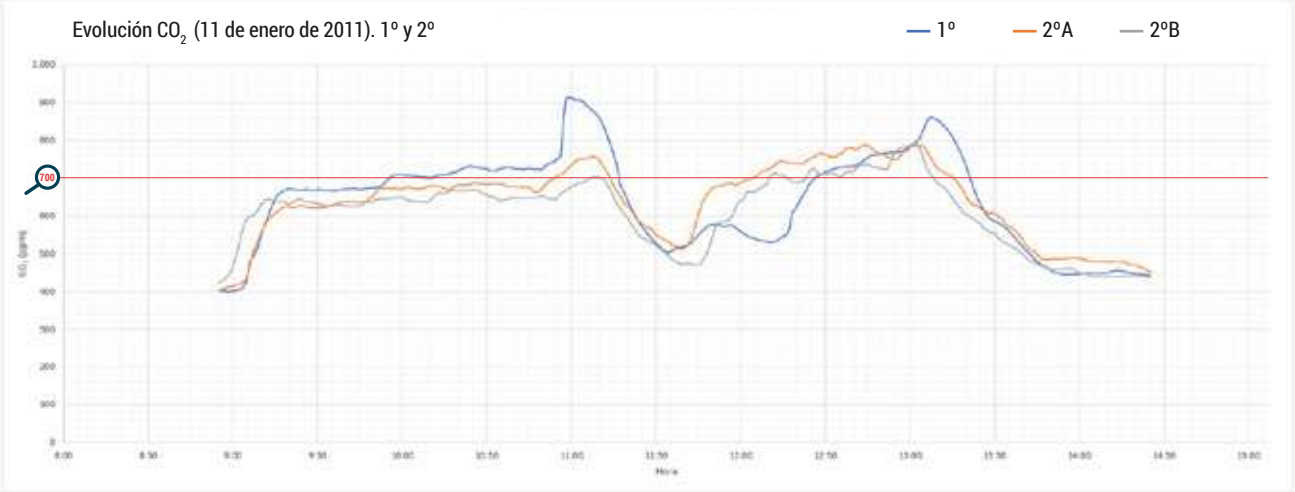
5 años:



Gráfica 4: Evolución CO2 en 5 años

4.2. 1º y 2º.

A continuación, se muestra la evolución del CO2 a lo largo de la mañana en las diferentes aulas:



Gráfica 5: Evolución CO2 en aulas de 1º y 2º.

Comentarios:

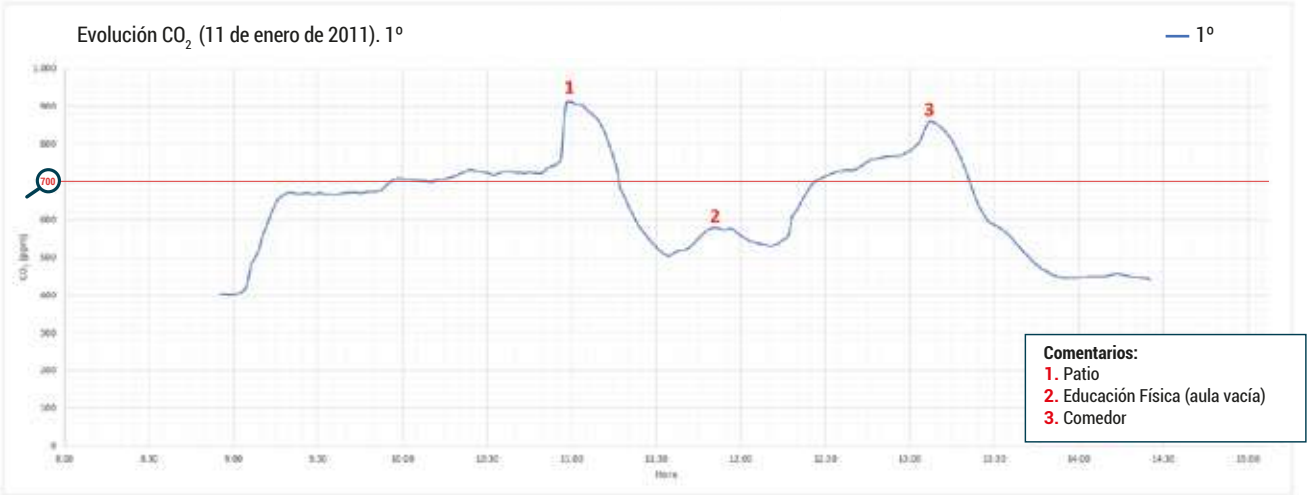
10:55 y 13:05h: Ligero aumento del CO2 justo antes de las salidas, debido a la proximidad del equipo a la zona de trasiego, por el movimiento de los alumnos y la hora del almuerzo en clase. Más acusado en el aula de 1º.

11:00h: Patio

11:30 – 12:15h: En 1º toca educación Física y el aula está vacía.

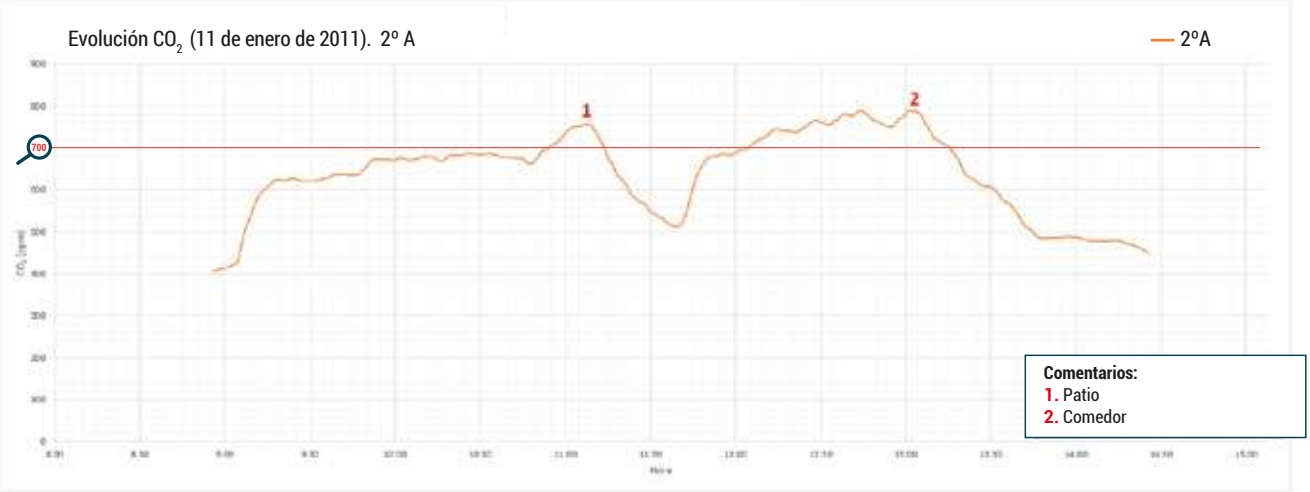
13:00h: Comedor.

1º:



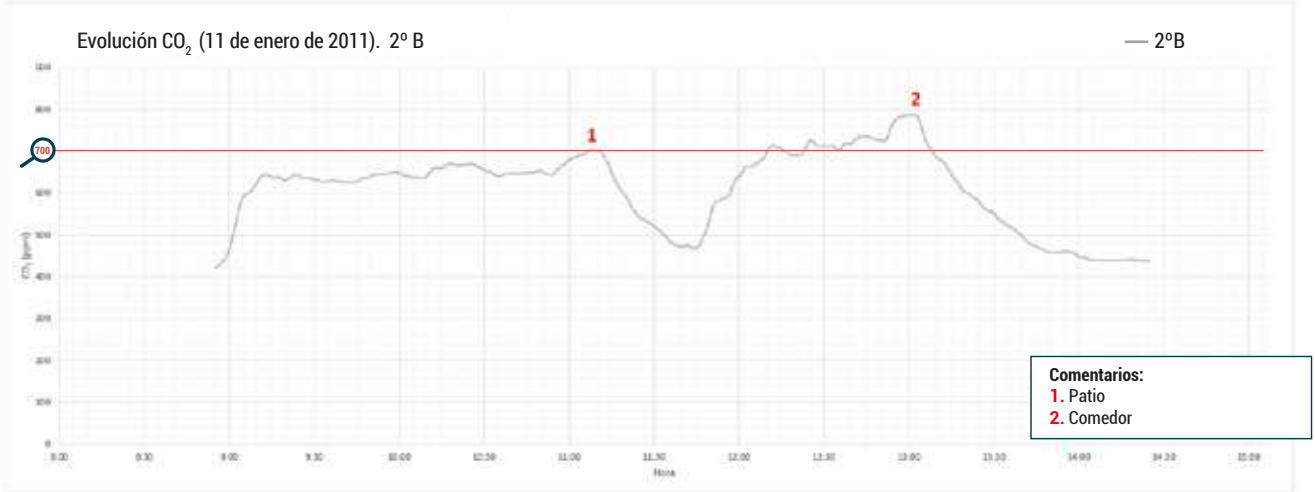
Gráfica 6: Evolución CO2 en 1º.

2º A:



Gráfica 7: Evolución CO2 en 2º A.

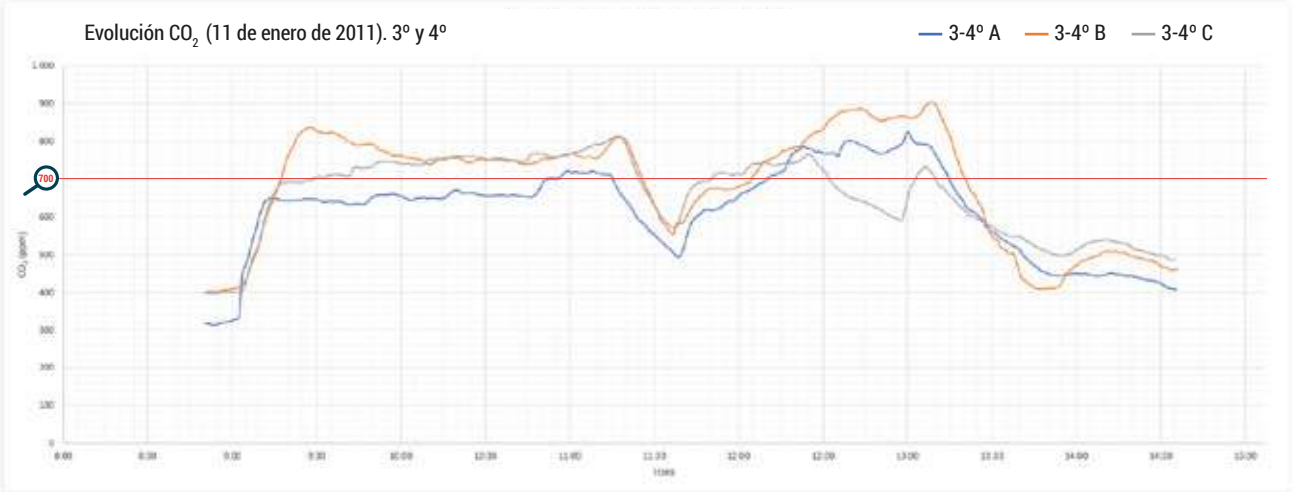
2º B:



Gráfica 8: Evolución CO2 en 2º B.

4.3. 3º y 4º.

A continuación, se muestra la evolución del CO2 a lo largo de la mañana en las diferentes aulas:



Gráfica 9: Evolución CO2 en aulas de 3º y 4º.

Comentarios:

10:55 y 13:05h: Ligero aumento del CO2 justo antes de las salidas, debido a la proximidad del equipo a la zona de trasiego, por el movimiento de los alumnos y la hora del almuerzo en clase.

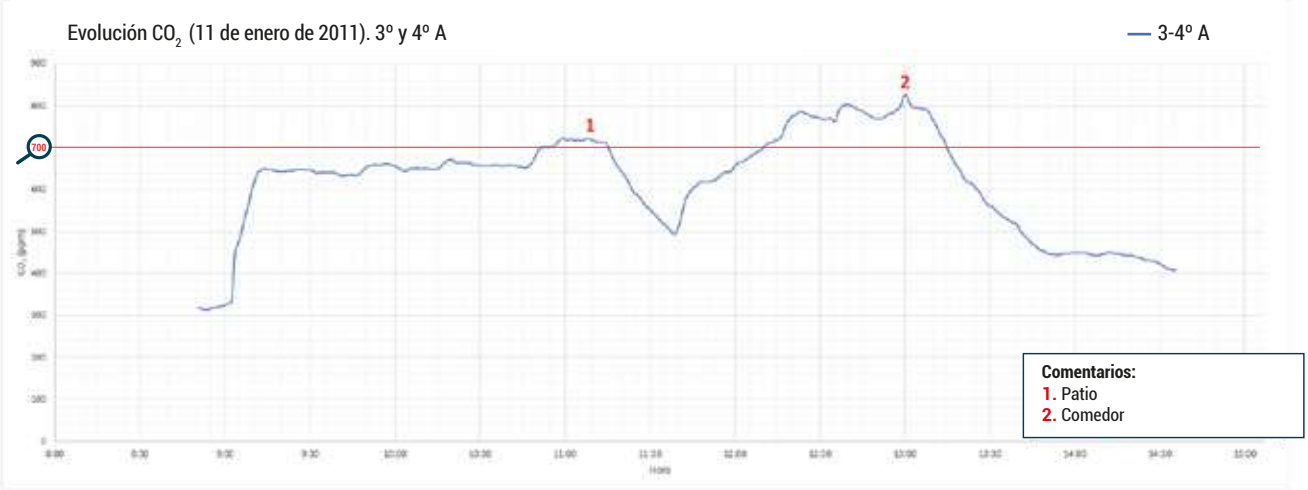
11:00h: Patio

12:15h: En 3º-4º C toca educación Física y el aula está vacía.

13:00h: Comedor.

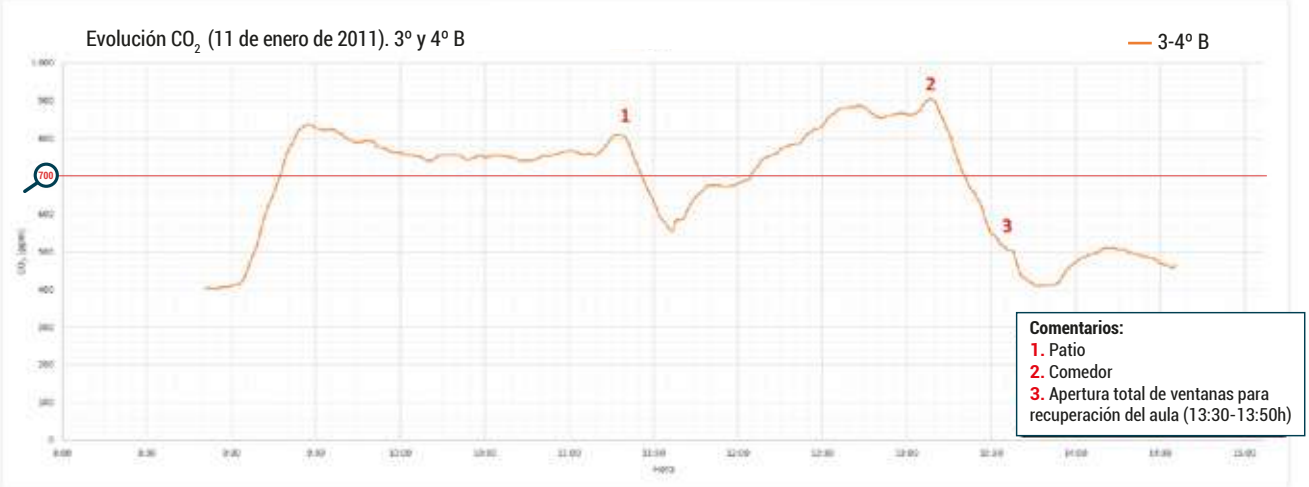
13:30 – 13:50h: En 3º-4º B se abren las ventanas al máximo para ver la recuperación del aula con respecto a las otras 2 aulas.

3º-4º A:



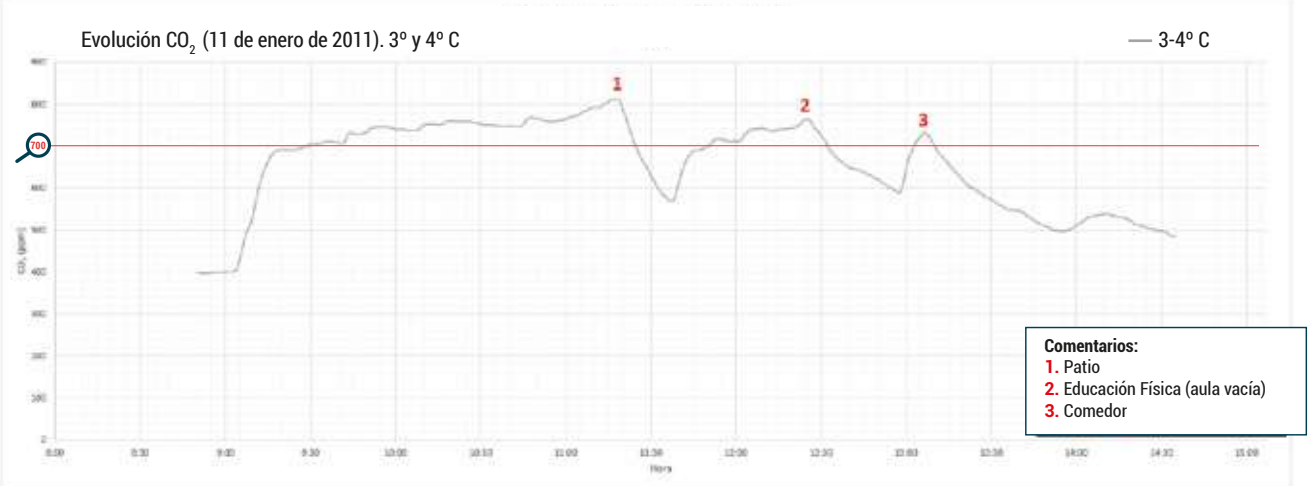
Gráfica 10: Evolución CO2 en 3º-4º A.

3º-4º B:



Gráfica 11: Evolución CO2 en 3º-4º B.

3º-4º C:



Gráfica 12: Evolución CO2 en 3º-4º C.

4.4. 5º y 6º.

A continuación, se muestra la evolución del CO2 a lo largo de la mañana en las diferentes aulas:

Gráfica 13: Evolución CO2 en aulas de 5º y 6º.

Comentarios:

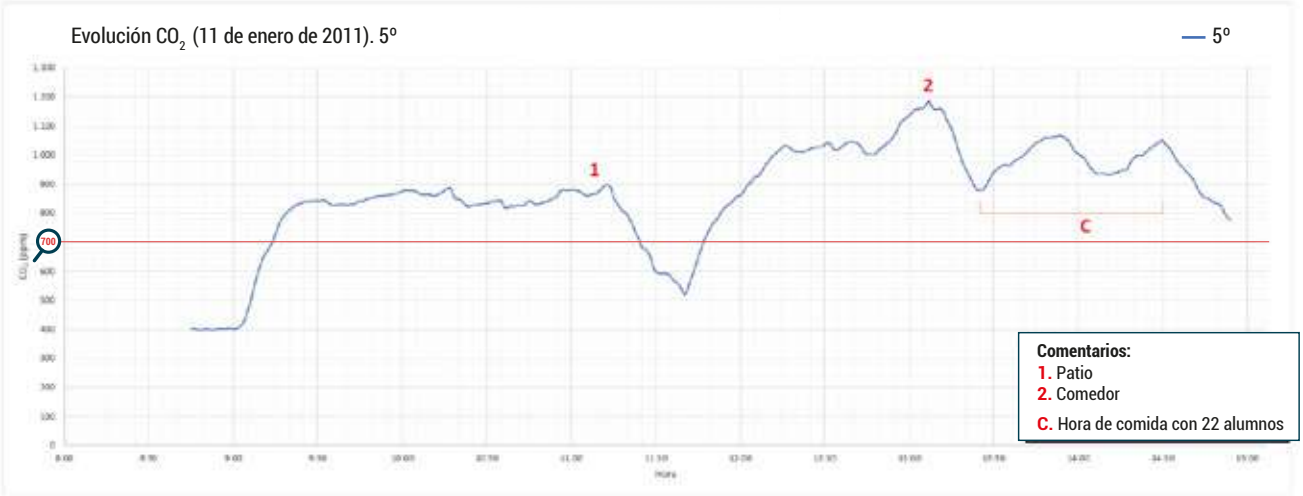
11:00 y 13:00h: Ligero aumento del CO2 justo antes de las salidas, debido a la proximidad del equipo a la zona de trasiegoy por el movimiento de los alumnos.

11:00h: Patio

13:00h: Comedor.

11:30 – 13:00h: En 6º se cambia la configuración y se pasa de tener 2 puertas abiertas totalmente a tener las puertas abiertas a mitad con una ventana abatible abierta. Se observa como la ventilación es algo peor tras el patio.
La ventilación en 5º es deficiente y los valores son más elevados de lo que deberían ser. Viene condicionado por la estructura del aula, principalmente; y secundada por la ratio.

5º:



Gráfica 14: Evolución CO2 en 5º.

Aunque la configuración es la de mayor ventilación, la ventilación en 5º es deficiente y los valores son más elevados de lo que deberían ser. Viene condicionado por la estructura del aula, en primer lugar, y por la ratio. En la hora de comedor, la ratio es elevada.

6º:

Gráfica 15: Evolución CO2 en 6º.

4.5. Fondo Pasillo y Comedor

A continuación, se muestra la evolución del CO2 a lo largo de la mañana en el fondo del pasillo y el comedor:

Fondo Pasillo:

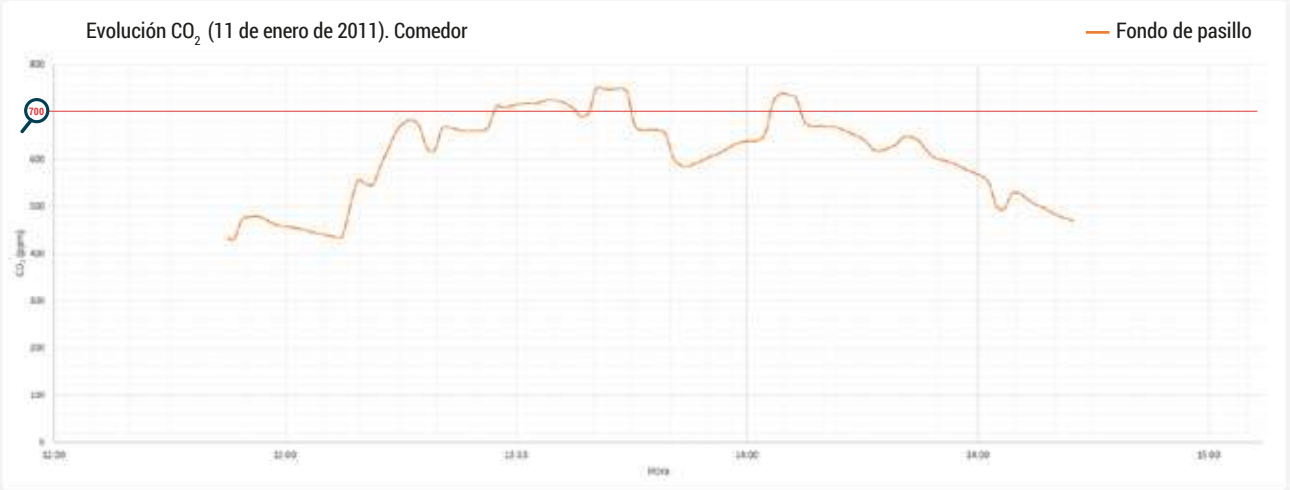
Gráfica 16: Evolución CO2 en Fondo Pasillo.

Comentarios:

9:00 - 11:00h: Aumento paulatino del CO2 por contaminación cruzada con las aulas.

11:30h: Repunte del CO2 a la vuelta del patio por acumulación de niños en el pasillo.

Comedor:



Gráfica 17: Evolución CO2 en Comedor.

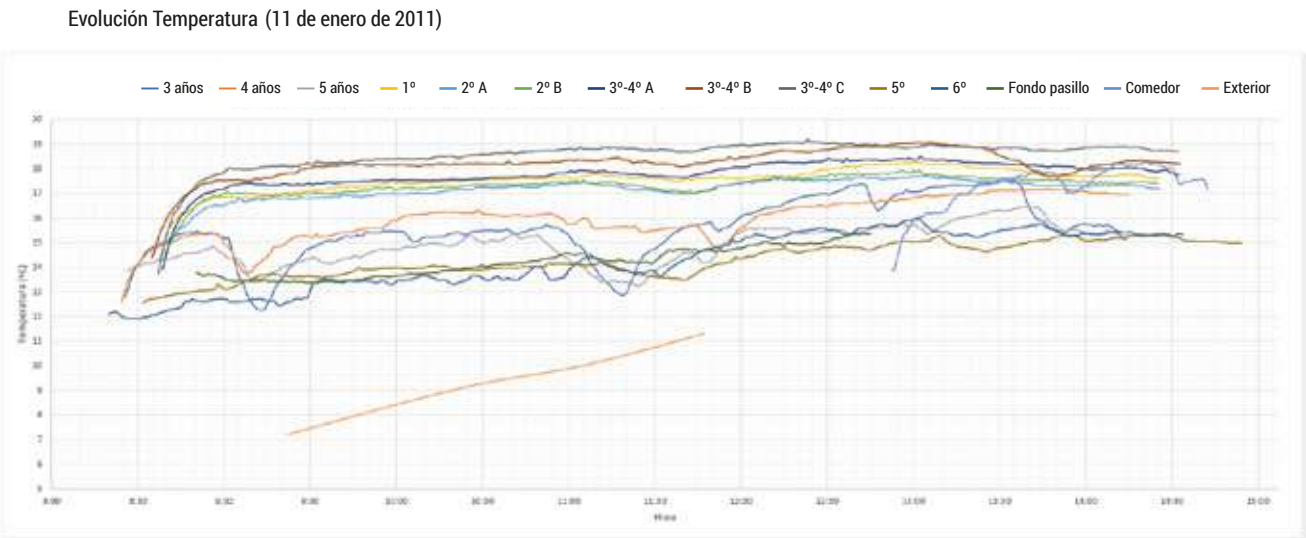
Comentarios:

Valores adecuados de CO2 con una ocupación de 40 comensales.

5. REPRESENTACIÓN DE RESULTADOS DE TEMPERATURA Y HUMEDAD

5.1. Temperatura

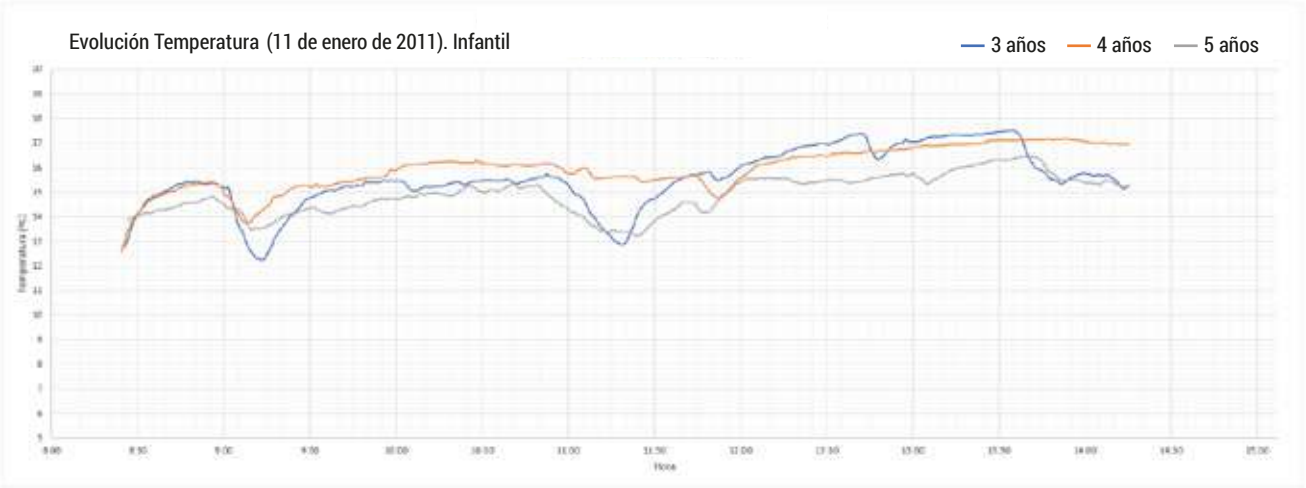
En la siguiente gráfica se muestra la tendencia de la temperatura en todos los puntos muestreados:



Gráfica 18: Evolución Temperatura general.

La temperatura exterior oscila a lo largo de la mañana entre los 7ºC a primera hora hasta los 12ºC al mediodía. En la temperatura interior se diferencian 2 grupos: los que tienen una temperatura entre 13ºC-16ºC (Infantil, 5º y 6º) y los que tienen una temperatura entre 17ºC-19ºC (1º, 2ºA, 2ºB, 3-4ºA, 3-4ºB y 3-4ºC)

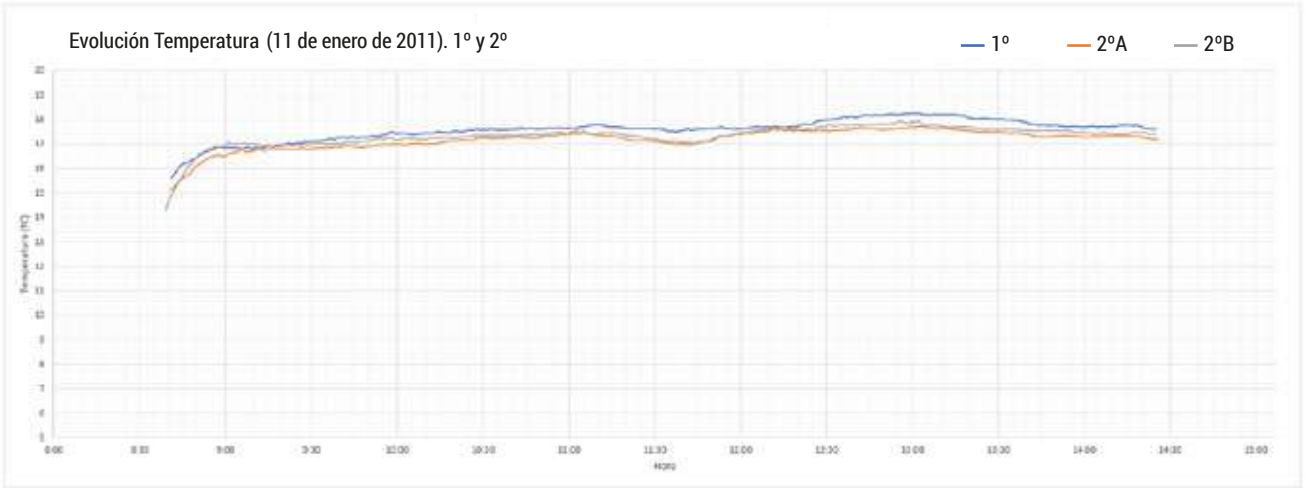
Infantil:



Gráfica 19: Evolución Temperatura en Infantil.

La temperatura oscila entre 14ºC y 17ºC. Se aprecia la baja de temperatura en los momentos en los que se abre la puerta que da la exterior a las 11:00h y 13:30h.

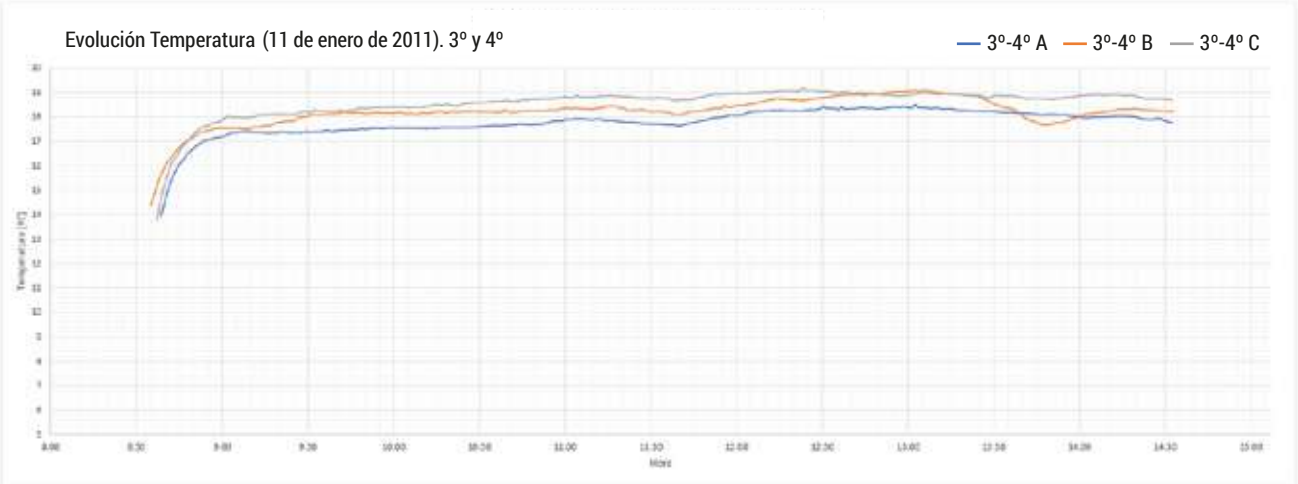
1º y 2º:



Gráfica 20: Evolución Temperatura en 1º y 2º.

La temperatura aumenta de forma paulatina entre 16ºC y 18ºC.

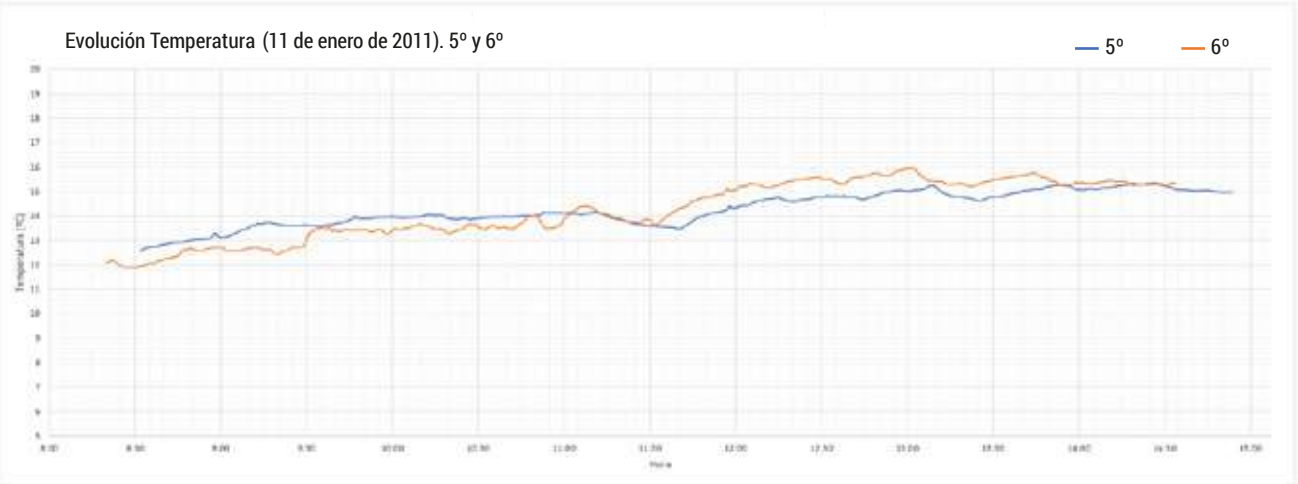
3º y 4º:



Gráfica 21: Evolución Temperatura en 3º y 4º.

La temperatura aumenta de forma paulatina entre 17ºC y 19ºC.

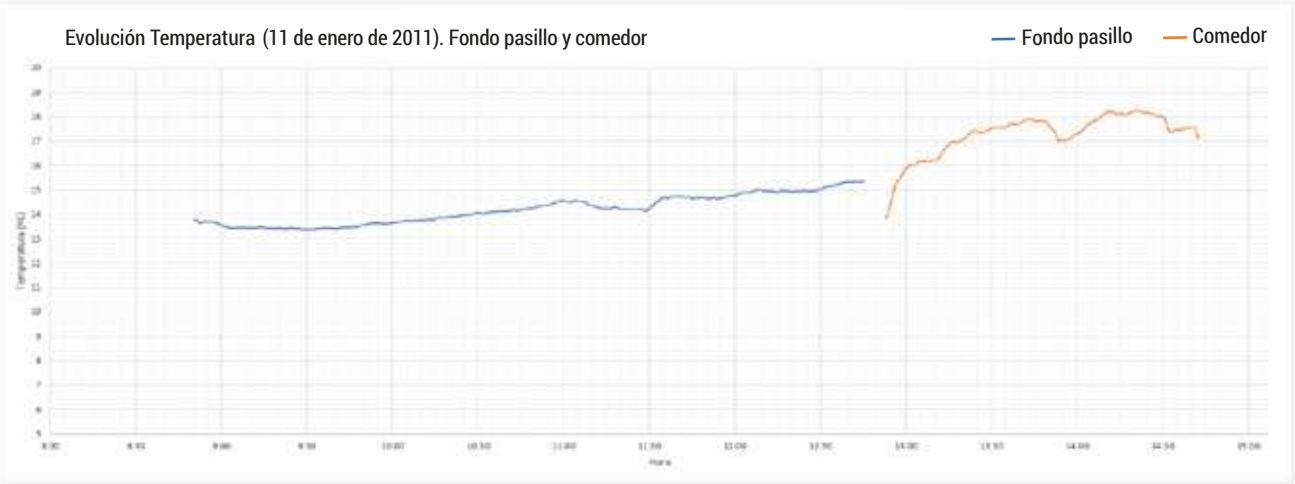
5º y 6º:



Gráfica 22: Evolución Temperatura en 5º y 6º.

La temperatura aumenta de forma paulatina entre 12ºC y 16ºC.

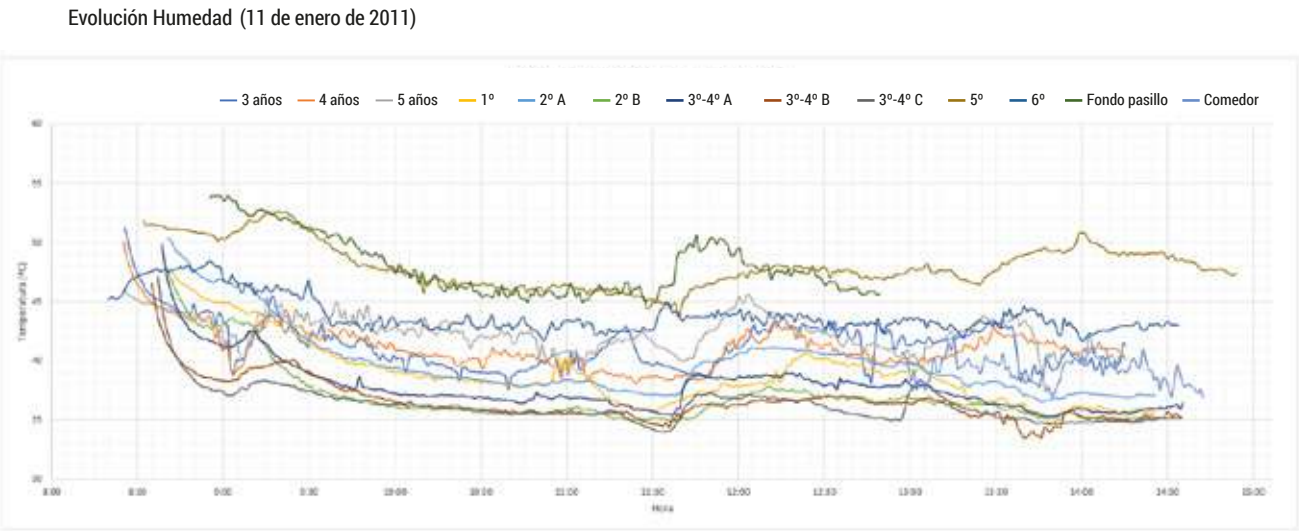
Fondo Pasillo y Comedor:



Gráfica 23: Evolución Temperatura en Fondo Pasillo y Comedor.

5.2. Humedad

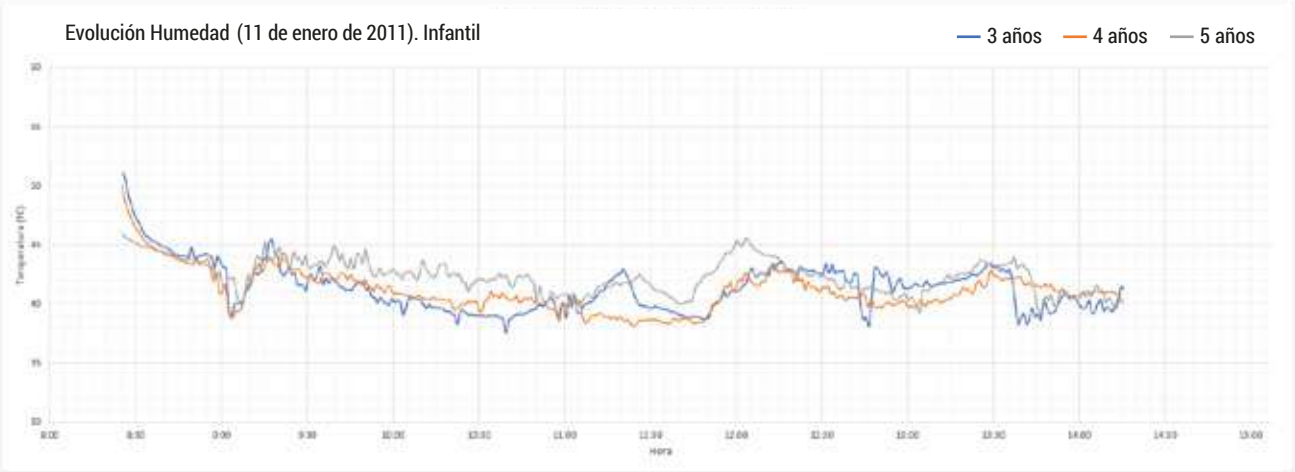
En la siguiente gráfica se muestra la tendencia de la temperatura en todos los puntos muestreados:



Gráfica 24: Evolución Humedad general.

La humedad interior se mantiene entre el 35% y 50%. Con el paso del tiempo, se aprecia un ligero descenso de la humedad, que está directamente asociado a un aumento de la temperatura.

Infantil:



Gráfica 25: Evolución Humedad en Infantil.

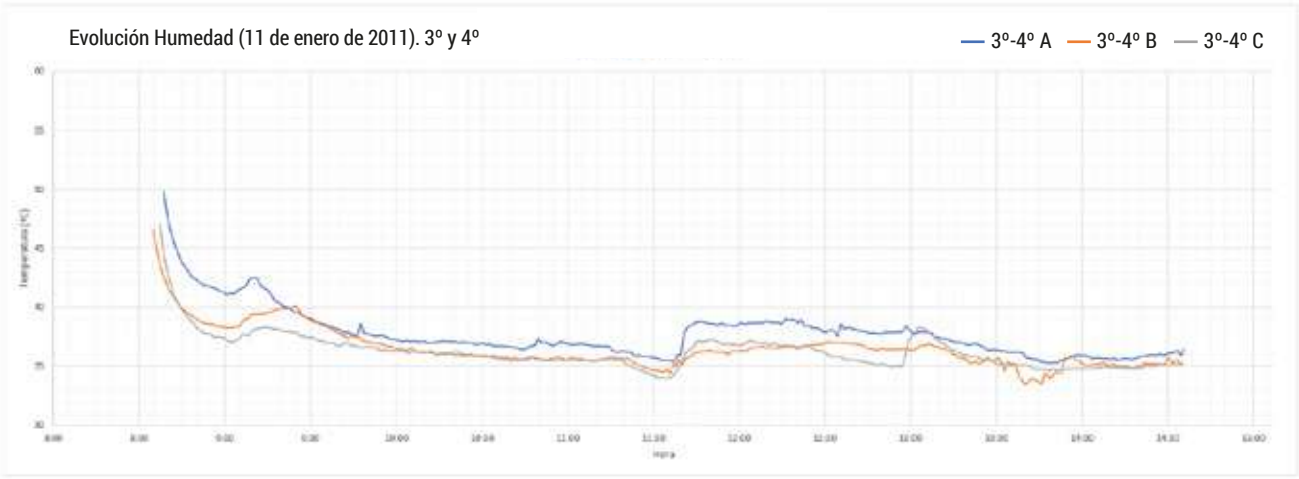
La humedad relativa se mantiene entorno al 40%.

1º y 2º:

Gráfica 26: Evolución Humedad en 1º y 2º.

La humedad relativa se mantiene entre el 35% y 40%.

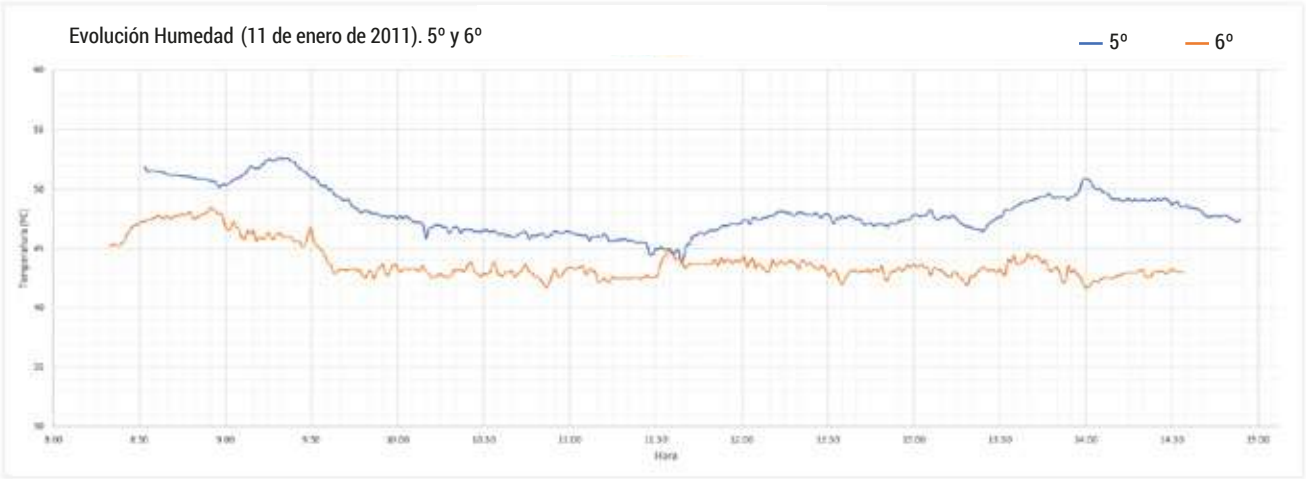
3º y 4º:



Gráfica 27: Evolución Humedad en 3º y 4º.

La humedad relativa se mantiene entre el 35% y 40%.

5º y 6º:



Gráfica 28: Evolución Humedad en 5º y 6º.

La humedad relativa se mantiene por encima del 40%.

Fondo Pasillo y Comedor:

Gráfica 29: Evolución Humedad en Fondo Pasillo y Comedor.

La humedad relativa en el Fondo Pasillo se mantiene entre 45% y 50%, mientras que en el Comedor está entorno al 38%.

6. RECOPILACIÓN DE COMENTARIOS

6.1. CO_2

De forma generalizada, el CO_2 desciende rápidamente en los descansos del patio y el comedor cuando el alumnado se va.

Se experimenta un ligero aumento en los minutos previos a las salidas del patio y el comedor por el trasiego y movimiento de los alumnos, junto a la acción del almuerzo en aula.

Recuperación del aula en las asignaturas donde el aula se queda vacía, por ejemplo, Educación Física (ver 1º y 3-4ºC).

Infantil:
Descenso de los niveles de CO_2 con la reducción de alumnos en el aula (3 y 5 años).
Ligero aumento del CO_2 con la actividad de los alumnos (tareas participativas) (3 años).
Rápida recuperación del aula con apertura de la puerta que da al exterior (3 y 5 años).

3º y 4º:
Mayor recuperación del aula con aperturas totales de ventanas en periodos de descanso (3-4ºB).

5º:
Aunque la configuración en 5º es la de mayor ventilación posible, es deficiente y los valores son más elevados que los recomendados. Viene condicionado por la estructura del aula y la ratio. En la hora de comedor, la ratio es elevada.

6º:
Se prueban 2 tipos diferentes de configuración para la ventilación. Desde primera hora hasta la hora del patio se trabaja con 2 puertas totalmente abiertas; y tras el patio hasta la hora del comedor se dejan las 2 puertas abiertas a mitad con una ventana abatible abierta. Se observa como la ventilación en el segundo ensayo es algo peor.

Fondo Pasillo:
Hay un aumento paulatino del CO_2 por contaminación cruzada con las aulas hasta la hora del patio.
A la vuelta del patio se produce un repunte del CO_2 patio por acumulación de niños en el pasillo.

Comedor:
Valores adecuados de CO_2 con una ocupación de 40 comensales.

6.2. Temperatura

La temperatura exterior oscila a lo largo de la mañana entre los 7ºC y 12ºC.

En la temperatura interior se diferencia 2 grupos: los que tienen una temperatura entre 13ºC-16ºC (Infantil, 5º y 6º) y los que tienen una temperatura entre 17ºC-19ºC (1º, 2ºA, 2ºB, 3-4ºA, 3-4ºB y 3-4ºC).

A lo largo de la mañana, hay un ligero aumento de la temperatura en las aulas.

Infantil:
Se aprecia la bajada de temperatura en los momentos en los que se abre la puerta que da la exterior (3 y 5 años).

6.3. Humedad

La humedad interior se mantiene entre el 35% y 50%. Con el paso del tiempo, se aprecia un ligero descenso de la humedad, que está directamente asociado a un aumento de la temperatura.

7. CONCLUSIONES

7.1. Infantil

Con la puerta y ventana abatible abiertas, más las aperturas de 10 cm cada hoja de las ventanas del pasillo, no acaba de ventilar bien.

Se consiguen valores adecuados cuando el número de alumnos disminuye.

La mayor apertura de las ventanas del pasillo podría contribuir a una mejor ventilación, pero la clave está en la apertura de la puerta que da al exterior.

Se recomiendan aperturas puntuales de la puerta del exterior de unos 5-10 minutos intercaladas entre los descansos. Más de ese tiempo provoca un descenso en la temperatura. En los descansos es interesante abrir la puerta, pero sólo un rato, para que una vez recuperada el aula se pueda calentar mientras los niños están fuera.

7.2. 1º, 2º, 3º y 4º

Con una configuración de ventilación de puerta abierta y aperturas de 20 cm de cada ventana (20 cm cada ventana o 10 cm cada hoja de ventana), es suficiente para mantener niveles adecuados de CO_2 en las aulas.

Se podría mejorar la evolución del CO_2 tras el patio mediante una mejor recuperación del aula a la hora del patio. Para ello hace falta una apertura total de 5-10 minutos de las ventanas.

7.3. 5º

La ventilación en esta aula es insuficiente, y no es posible mantener niveles de CO_2 adecuados. Habría que mejorar la ventilación apoyándola con ventilación forzada, o reducir la ratio del alumnado para disminuir la emisión.

7.4. 6º

Con la apertura única de las 2 puertas, se mantiene un nivel de CO2 bajo.

Sin embargo, con la media apertura de las puertas y 1 ventana no es suficiente para mantener niveles adecuados de CO2.

Tal vez, en una configuración intermedia de puertas medio abiertas y todas las ventanas abiertas podría estar la clave para el óptimo entre renovación y confort.

7.5. Fondo Pasillo

Las puertas que conectan el pasillo con el exterior deben estar abiertas, aunque sea a mitad. La parte final del pasillo es ciega y acumula el CO2 que sale de las aulas.

Hay que evitar la aglomeración de niños en los pasillos durante el menor tiempo posible. Sería aconsejable reagruparlos en el exterior y que entrasen directamente en el aula.

7.6. Comedor

Con la configuración de ventilación disponible de puertas y ventanas abiertas, y un aforo de 40 comensales, se consigue mantener el CO2 en niveles adecuados.

CONCLUSIÓN GENERAL:

Los procedimientos e interés del equipo directivo y profesorado hace que los umbrales de CO_2 y porcentaje de aire respirado compartido sea bajo o muy bajo. En el informe hemos aportado pequeñas conclusiones que ayudan a reducir aún más los riesgos en momentos de mayor riesgo por mayor concentración de alumnado o situaciones sin mascarilla.

8. ANEXO: RECOMENDACIONES DE VENTILACIÓN

ANEXO

Guía de ventilación.

CASOS PRÁCTICOS

RECOMENDACIONES

1 La **ventilación cruzada** (dos aperturas opuestas evitando zonas con aire estancado) como la de mayor eficacia con mucha diferencia sobre las de sólo ventanas o sólo puertas. Esta ventilación debe ser continua.

2 El **reparto de la apertura entre todas las ventanas del aula consigue una mejor ventilación**. Es más eficaz abrir de forma moderada varias ventanas, que abrir al máximo una sola ventana, aunque la superficie abierta total sea la misma.

3 La **configuración de la apertura de puertas y ventanas que proporciona una ventilación suficiente puede ser diferente**. Se pueden testar diferentes configuraciones y observar cómo varían las concentraciones de CO_2.

4 **Apertura de puertas y ventanas de zonas comunes** (pasillos y hall) al exterior como aliviaderos de CO_2 de las aulas y reducción de la contaminación cruzada.

5 **Las aperturas deben realizarse en el momento en que llega el alumnado al aula**. Hasta ese momento se puede aprovechar para calentarla. Un aula vacía y bien ventilada tras su última ocupación tiene el aire libre de virus y concentraciones de CO_2 cercanas a la concentración de fondo. La velocidad de renovación de CO_2 es mucho mayor que la velocidad de pérdida de carga térmica en el aula.

6 **Recuperación de aula**. Deben ser obligatorias ventilaciones totales de entre 15-20 min durante los descansos (patio, comedor u otros). Esto consigue renovar bien el aire y comenzar la siguiente sesión con niveles iniciales de CO_2 muy bajos.

ANEXO

Guía de ventilación.

CASOS PRÁCTICOS

RECOMENDACIONES

7 **Protocolos de "vuelta a la calma"** tras regresar del patio, regresar del comedor y fundamentalmente tras terminar la educación física es aconsejable dedicar unos minutos a la relajación con el fin de que la actividad metabólica se regule.

8 **Relación Volumen/Ratio**. Alumnados entre 15 y 20 estudiantes en aulas de 75-90 m² llegan con facilidad a valores bajos de CO_2 con ligera apertura de ventanas. Para un mismo número de estudiantes, en aulas más grandes las concentraciones de CO_2 son inferiores. Por tanto relaciones **volumen/ratio (V/R) más altas** son más favorables.

9 En comedores **ventilación cruzada con aperturas más agresivas o totales** ya que el alumnado y profesorado no tiene la mascarilla puesta.

10 **Días ventosos o con altas diferencias de temperatura** entre exterior e interior facilitan la ventilación y permiten aperturas menores.

MESURA

WEBMESURA.ORG