minuco Co

POR Y PARA LA SALUD DEL ALUMNADO Y PROFESORADO

2013-2019



Mejora de CALIDAD del AIRE INTERIOR en Coles 2013-2019

JORNADA
DE FORMACIÓN
EN LOS COLEGIOS
E I.E.S.

by MESURA

Índice

- · Objetivo
- · Edificios de pública concurrencia.
- · ¿Dónde hemos realizado el ESTUDIO?
- · Normativa
- · Mejora de la Salud
- · Impacto de la salud

(Impacto del CO2, hongos, bacterias y confort.)

· Impacto de la salud

(Impacto de las partículas)

- · Impacto en la salud general
- · Antecedentes en colegios
- · Estudios previos
- · Estudios previos en hoteles
- · Estudios previos en hospitales

- · Metodología Sensores
- · Metodología En tiempo real
- · Metodología Instrumentación complementaria
- · Parámetros indicadores
- Resultados obtenidos en estudios desde noviembre de 2013 hasta diciembre de 2019
- · Cómo hemos caracterizado los EPISODIOS
- · Listado de EPISODIOS
- · Episodios encadenados sin ventilación (C5)
- + Episodio de ventilación total (R4)
- · Episodios encadenados (C5) + Ventilación cruzada (R5)
- · Episodios con diferente ventilación Episodio sin ventilación (C1)
- + Episodio recuperación con puerta abierta (R2)
- · Episodios con diferente ventilación
- · Episodios sin ventilación + efecto RATIO
- · Episodio sin (C1) y con (C2) ventilación + Episodio ventilación total
- · Episodio sin ventilación + Episodio recuperación sin ventilación
- + Episodio de ventilación cruzada
- · Episodio de partículas en dinámicas participativas
- · Comparativa de la exposición media y máxima a CO2 (Episodios C1)
- · Dependencia del entorno
- · Reproducibilidad en la evolución de CO2

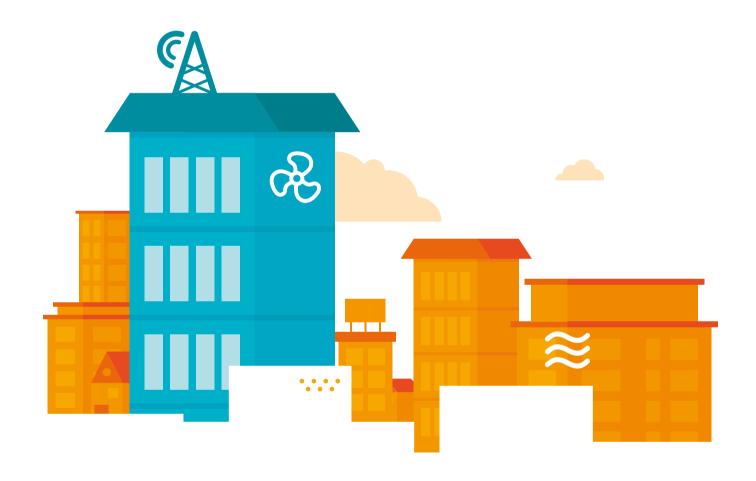
Objetivo



El objetivo es reducir la exposición especialmente a CO₂.

Esto implica reducir la exposición a cualquier agente contaminante generado en el interior, entre ellos virus y bacterias.

Edificios de pública concurrencia.



- Oficinas
- Centros comerciales
- Centros educativos
- Hoteles

. . .

¿Dónde hemos realizado el ESTUDIO?



- IES Lluís Vives
- CEIP San Juan de la Ribera
- CEIP Rodríguez Fornos
- IES Abastos
- IES Ravatxol
- IES Campanar
- CEIP Jaume I (Paiporta)
- CEIP Ciudad de Bolonia

- Escoleta FEBES
- CEIP Humanista Mariner
- IES Cid Campeador
- IES Villar del Arzobispo
- CEIP Fabián y Fuero
- IES Patraix
- CEIP Doctor López Rosat

Agradecimiento infinito a los centros por haber compartido sus datos con el resto de centros con el fin de ayudar en la salud. Dar sin esperar nada a cambio.

Normativa

Existe un marco normativo que exige realizar inspecciones de calidad del aire interior y tener control sobre el aumento de CO₂

- ◆ El RD 238/2003 es el marco normativo que incluye la norma
 UNE 171330 y UNE 100012 en la IT3 de Mantenimiento
- IT 3.3 Programa de mantenimiento preventivo
- ★ Tabla 3.3 Operaciones de mantenimiento preventivo y su periodicidad 38. Revisión de la red de conductos según criterios de la norma UNE 100012:t.

39. Revisión de la calidad ambiental según criterios de la norma UNE 171330:t.

✔ Instalaciones de más de 70 kW térmicos por edificio, deben realizarse Diagnóstico CAI anual.

Mejora de la Salud

El virus pasará, pero alergias, contagios, somnolencia, problemas respiratorios, dolores de cabeza y la falta de rendimiento escolar se quedarán si no resolvemos la habitual exposición a altos valores de CO₂











Alergias, contagios, somnolencia, problemas respiratorios, dolores de cabeza, rendimiento escolar...

Impacto en la salud

Impacto del CO₂, hongos, bacterias y confort.

 CO_2

800ppm > Sensación subjetiva de malestar y cansancio. Quejas acerca de la mala ventilación.

2.000ppm > Dolor de cabeza, somnolencia. Empeoramiento de la concentración y capacidad de atención. Aumento de la frecuencia cardiaca.

Parámetros	OMS	ASHRAE	INSHT		
Temperatura	22-24°C	Invierno: 20 - 23,6°C Verano: 22 - 26°C	Trabajos sedentarios: 17 - 22°C Trabajos ordinarios: 15 - 18°C Trabajo físico: 12 - 15°C		
Humedad relativa	Aproximadamente 50%	30 - 60%	30 - 70% excepto si hay riesgo por electricidad estática, en cuyo caso, el límite inferior será el 50%;		
CO ₂	< 1000 ppm	< 1000 ppm	5000 ppm durante 8 horas 15000 ppm durante 15 minutos		
Partículas	PM 2.5 = 10 μg/m³ media anual 25 μg/m³ media de 24 horas PM 10 = 20 μg/m³ media anual 50 μg/m³ media de 24 horas	PM 10 = < 3 mg/m³ total particulate matter = < 10 mg/ m³	Fracción inhalable (PM 2.5): 10 mg/m³ Fracción respirable (PM 10): 3 mg/m³ en un modelo de exposición de 8 horas /día.		
Bacterias	10 - 10 ³ ufc/m ³				
Hongos	Hongos patógenos y tóxicos; < 50 ufc/m³ si sólo existe una especie < 150 ufc/m³ si hay una mezcla de especies < 500 ufc/m³ si hay Cladosporium u otros hongos abundantes en las superficies de las hojas de las plantas del exterior.	100 - 1000 ufc/m³	< 50 ufc/m³si sólo existe una especie (que no se encuentra en el exterior) < 150 ufc/m³ (especies comunes de exterior) < 500 ufc/m³ en verano, en presencia de hongos de exterior.		

Figura: valores límites de los parámetros mínimos según OMS, ASHRAE e INSHT.

Impacto en el rendimiento escolar

Tabla 2. Condiciones ambientales interiores promedio simuladas en cada sala del laboratorio TIEQ.

Variable	Día 1 Verde+		Día 2 Moderado CO ₂		Día 3 Alto CO ₂		Día 4 Verde		Día 5 Convencional		Día 6 Verde+	
Fecha Día de la semana	4 Noviembre Martes		5 Noviembre Miércoles		6 Noviembre Martes		11 Noviembre Martes		12 Noviembre Miércoles		13 Noviembre Martes	
Habitación	502	503	502	503	502	503	502	503	502	503	502	503
Parámetros experimentales												
CO ₂ (ppm)	563	609	906	962	1,400	1,420	761 ^{<i>b</i>}	726 <i>^b</i>	969	921	486	488
Ventilación de aire exterior (cfm/persona) ^a	40	40	40	40	40	40	20	20	20	20	40	40
TVOCs (μg/m³)	43.4	38.5	38.2	28.6	32.2	29.8	48.5	43.5	506	666	55.8	14.9
Otros parámetros ambientales												
Temperatura (°C)	23.9	24.5	22.4	23.9	21.3	22.0	22.9	23.7	21.8	22.5	20.7	21.3
Humedad relativa (%)	31.0	30.4	34.2	31.6	38.7	38.3	34.3	33.3	39.6	38.3	27.8	26.8
NO_2 (µg/m ³)	57.9	58.9	53.2	54.1	60.8	58.4	51.3	45.6	54.6	50.8	56.5	55.5
O_3 (µg/m 3)	3.42	21.2	14.4	13.0	1.37	0.00	6.85	238	1.71	1.37	4.11	6.85
PM _{2.5} (μg/m ³)	2.38	3.49	3.35	2.58	2.97	2.42	1.26	1.83	1.68	1.34	1.26	1.38
Ruido (dB)	51.3	49.9	49.7	48.8	52.5	48.8	49.6	48.7	51.1	48.8	50.5	49.2
Iluminación (mV)	2.95	2.70	2.89	2.83	2.31	2.04	3.11	2.93	2.74	2.51	2.39	2.28
Irradiación (mV)	9.07	8.76	9.45	9.37	6.00	6.05	9.90	9.60	8.30	8.14	6.70	6.82

Abreviaturas: TIEQ, Calidad ambiental interior total; TVOC, compuestos orgánicos volátiles totales.

Table 4.Descripción de los dominios cognitivos evaluados.

Dominio de función cognitiva	Descripción 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.

^aSee Streufert et al. (1986) for detailed descriptions.

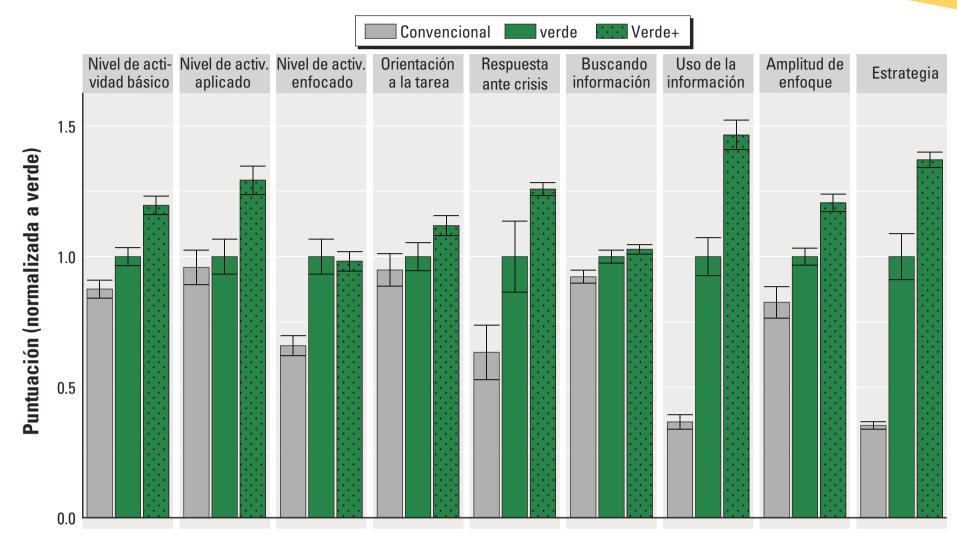
^aA constant air flow rate of 40 cfm/person was maintained on all study days, with 100% outdoor air used on days 1, 2, 3, and 6 and 50% outdoor air and 50% recirculated air used to achieve an outdoor air ventilation rate of 20 cfm/person on days 4 and 5. ^bAverage concentration from 1400 to 1700 hours was 926 ppm, but lower CO₂ concentrations in the morning hours during the approach to steady state led to a lower average CO₂ concentration.



Conclusiones: Exposiciones a concentraciones altas de CO₂ y VOCx repercuten en las actividades de toma de decisiones estratégicas y cruce de informaciones diferentes. No tanto en tareas rutinarias.

Más información:

https://ehp.niehs.nih.gov/doi/10.1289/ehp.1510037



Dominio cognitivo

Tabla 5. Modelos de efectos mixtos aditivos generalizados que prueban el efecto de la condición IEQ y en las puntuaciones cognitivas, normalizados a la condición "Convencional", que tratan al participante como una intersección aleatoria.

	Dominio cognitivo: estimación, [intervalo de confianza del 95%], (valor p)									
Condición	Nivel de actividad básico	Nivel de activ. aplicado	Nivel de activ. enfocado	Orientación a la tarea	Respuesta ante crisis	Buscando información	Uso de la información	Amplitud de enfoque	Estrategia	Promedio
Día 1 Verde+	1.35 [1.28, 1.43] (< 0.0001)	1.39 [1.26, 1.52] (< 0.0001)	1.44 [1.27, 1.62] (< 0.0001)	1.14 [1.11, 1.17] (< 0.0001)	2.35 [1.91, 2.78] (< 0.0001)	1.10 [1.07, 1.14] (< 0.0001)	3.94 [3.47, 4.41] (< 0.0001)	1.43 [1.25, 1.60] (< 0.0001)	3.77 [3.40, 4.14] (< 0.0001)	1.99 [1.89, 2.09] (< 0.0001)
Día 2 Moderado CO ₂	1.20 [1.13, 1.27] (< 0.0001)	1.08 [0.95, 1.21] (0.23)	1.68 [1.51, 1.85] (< 0.0001)	1.05 [1.02, 1.08] (0.0009)	2.05 [1.63, 2.48] (< 0.0001)	1.11 [1.08, 1.15] (< 0.0001)	2.61 [2.15, 3.07] (< 0.0001)	1.29 [1.12, 1.46] (0.0013)	3.17 [2.81, 3.53] (< 0.0001)	1.69 [1.59, 1.79] (< 0.0001)
Día 3 Alto CO ₂	0.91 [0.84, 0.98] (0.015)	0.88 [0.75, 1.01] (0.081)	0.85 [0.68, 1.02] (0.087)	1.00 [0.97, 1.03] (0.76)	1.33 [0.90, 1.75] (0.14)	1.08 [1.05, 1.12] (< 0.0001)	1.01 [0.55, 1.48] (0.95)	0.98 [0.81, 1.15] (0.78)	0.83 [0.47, 1.19] (0.36)	0.99 [0.89, 1.09] (0.78)
Día 4 Verde	1.14 [1.06, 1.21] (0.0003)	1.04 [0.91, 1.18] (0.51)	1.51 [1.34, 1.68] (< 0.0001)	1.03 [1.00, 1.06] (0.065)	1.97 [1.54, 2.40] (< 0.0001)	1.09 [1.05, 1.12] (< 0.0001)	2.72 [2.26, 3.19] (< 0.0001)	1.21 [1.04, 1.38] (0.018)	2.83 [2.46, 3.19] (< 0.0001)	1.61 [1.51, 1.71] (< 0.0001)
Día 5 Convencional (Reference)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Día 6 Verde+	1.37 [1.30, 1.44] (< 0.0001)	1.33 [1.20, 1.46] (< 0.0001)	1.52 [1.35, 1.69] (< 0.0001)	1.15 [1.12, 1.19] (< 0.0001)	2.27 [1.85, 2.69] (< 0.0001)	1.11 [1.08, 1.15] (< 0.0001)	4.04 [3.58, 4.51] (< 0.0001)	1.50 [1.33, 1.67] (< 0.0001)	3.98 [3.62, 4.34] (< 0.0001)	2.03 [1.93, 2.13] (< 0.0001)
R ²	0.34	0.17	0.33	0.03	0.28	0.06	0.69	0.27	0.79	0.81

IEQ, calidad ambiental interior.

Antecedentes en colegios

¿Existe esa necesidad?

Según el proyecto europeo SINPHONIE que marca las **DIRECTRICES PARA UN ENTORNO SALUDABLE EN EUROPA** vemos que:

- · La calidad ambiental es un "requisito para garantizar el crecimiento de los niños, las oportunidades de aprendizaje y el desarrollo social y cultural".
- · Susceptibilidad de los niños a los efectos de una mala calidad del aire es mucho mayor que la de un adulto.
- · Los niños pasan un tercio de sus tiempo en las escuelas en ambientes mal ventilados, a humedades muy bajas y tienen una mayor actividad metabólica.





Estudios previos consultados

Bibliografía

- a) Bilbao (trabajo de Andoni Montero Sola)
- b) Francia (trabajo de Thorax)
- c) Madrid (colegio Humanitas http://www.humanitastorrejon.com/pdf/estudioaire.pdf)
- d) Barcelona

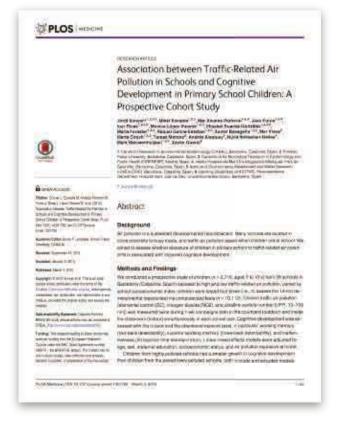
Estudios recientes con menor resolución pero resultaron inspiradores para el nuestro estudio. Gracias especialmente a Andoni Montero por ser valiente y abrir esta necesidad desde la administración.







C)



al

d)

Estudios previos en hoteles

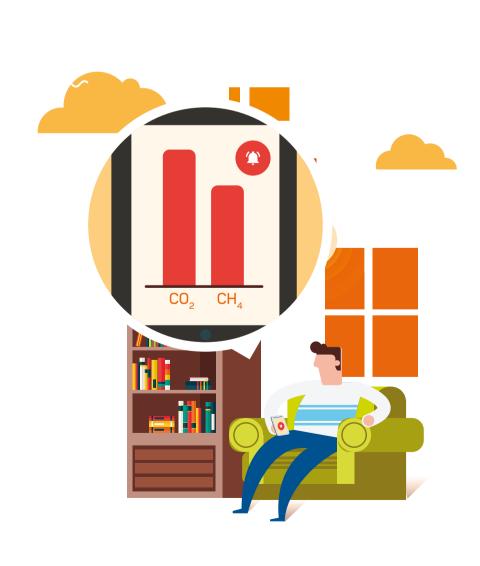


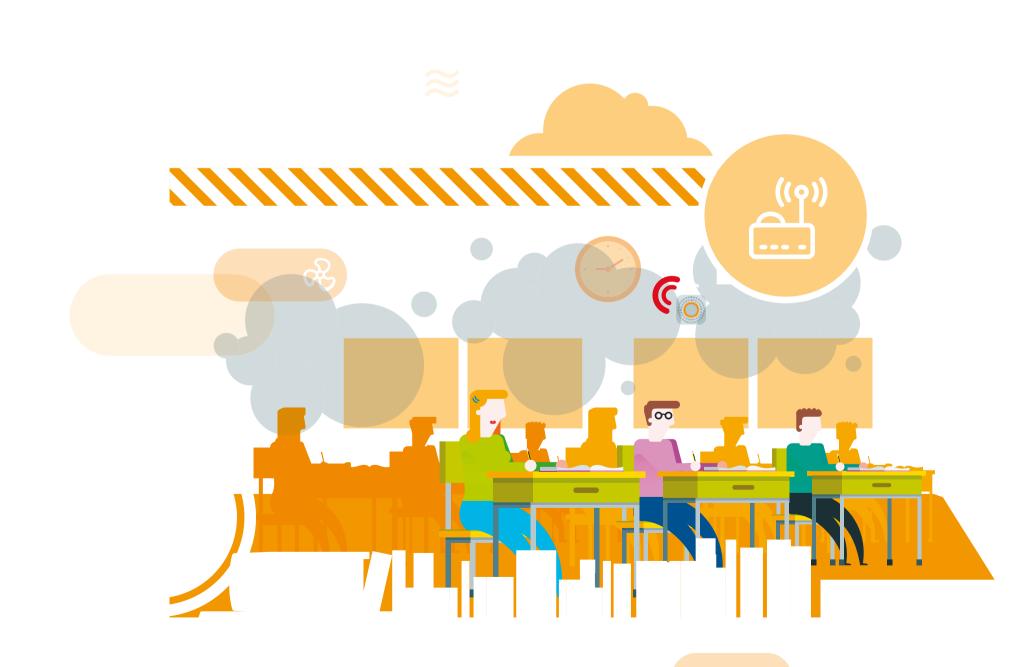
Estudios previos en hospitales



Metodología Sensores

Los sensores son un medio, nunca el objetivo. Con un medidor por colegio compartido puede servir. No aconsejamos hacer gastos grandes pero si es importante medir.

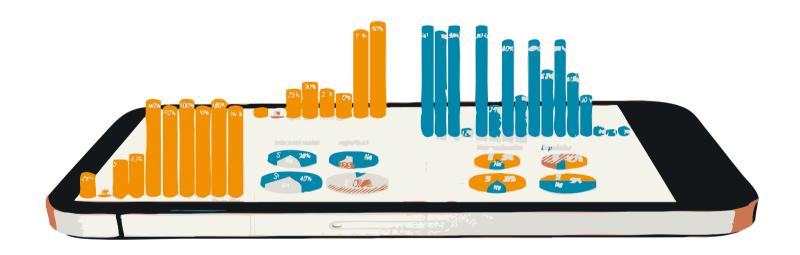




Metodología En tiempo real

Para el estudio utilizamos datos minutales de múltiples variables. Para un control de CO₂/ventilación con diferentes ratios y tipos de ventilación no es necesario. Sencillez, poca inversión y criterio de uso.

Históricos Gráficas y base de datos



Conocer evolución, exposiciones medias, máximos, mínimos

Es decir, todo lo necesario para diagnosticar la calidad ambiental interior.

Metodología

Instrumentación complentaria

Instrumentación utilizada. No es necesario una instrumentación tan sofisticada y mucho menos a estas marcas. Un medidor de CO₂ de 200/300 € por colegio puede ser suficiente para tener criterio de ventilación.





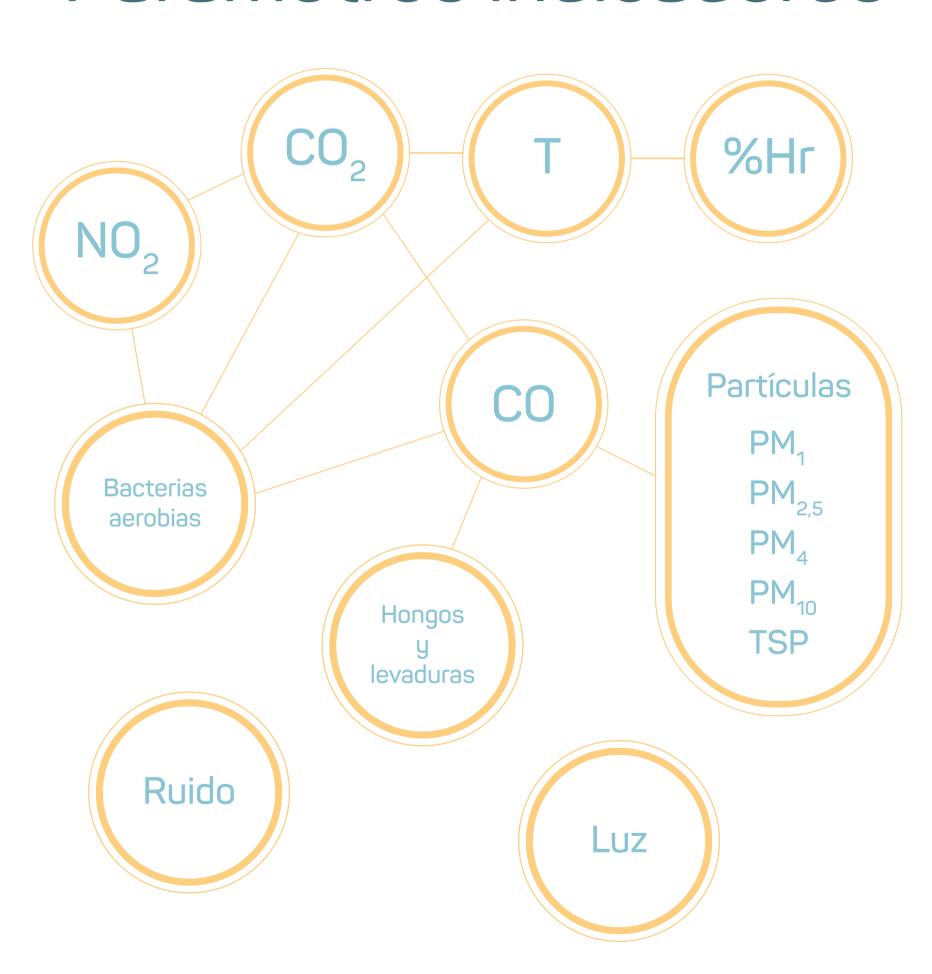








Parámetros indicadores



Se aprovechó para medir otros indicadores de calidad del aire en los primeros 3 años del estudio.

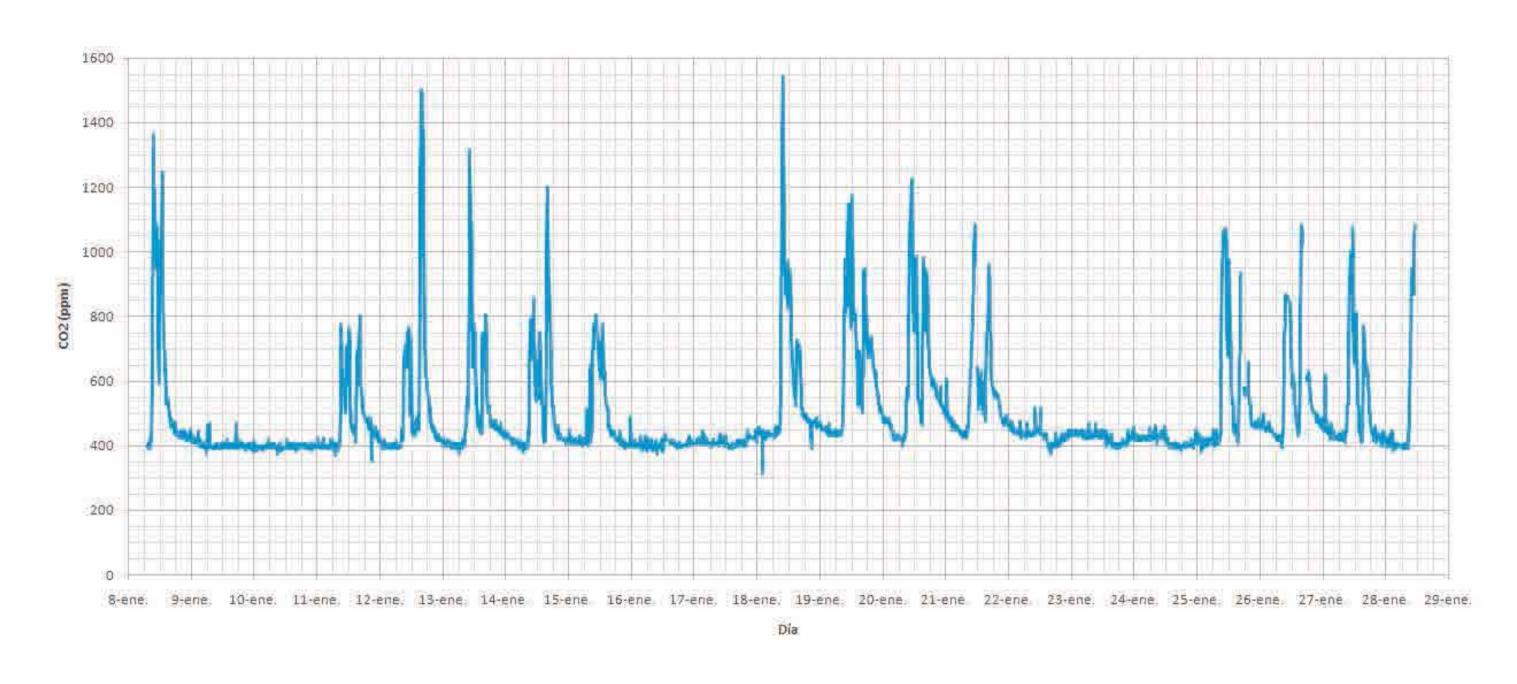




Tecnología Sensor de electrolito de estado sólido

- · Rango de Detección 400 a 4.000 ppm
- · Precisión ± 20%
- · Alimentación 5 ± 0,2 VDC
- · Consumo 300 mW
- · Rango de Operación -10°C a 50°C
- · 5% a 95% de Humedad relativa (sin condensación)
- · Pre-Calentamiento 2 horas

Reproducibilidad en la evolución de CO2

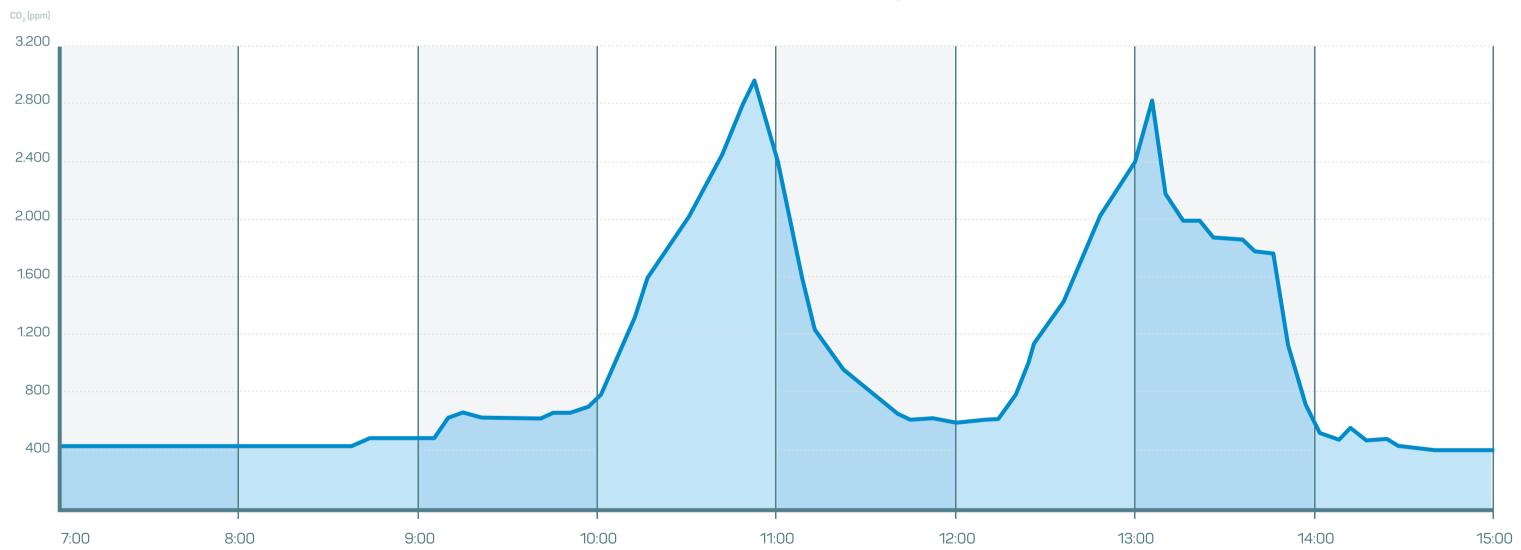


Si no hay cambios en las condiciones atmosférias y las ratios del aula son las mismas, el CO₂ siempre nos ofrece la misma foto diaria.



Resultados obtenidos en estudios desde noviembre de 2013 hasta enero de 2020





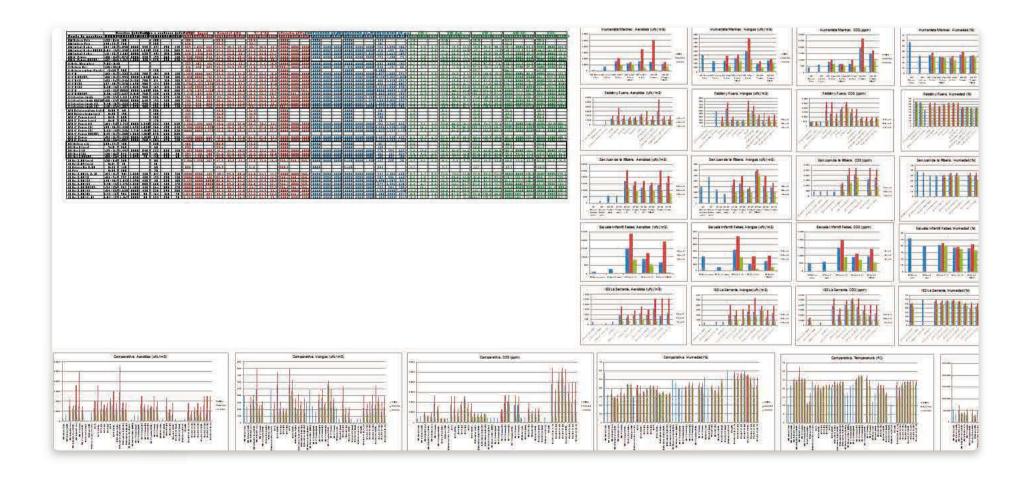
Encuentra en las siguientes diapositivas tu situación según te comportes con la ventilación

*EPISODIO: Suceso que junto con otros forma un conjunto



Cómo hemos caracterizado los EPISODIOS





Listado de EPISODIOS

Cómo te comportas durante la clase

En clase:

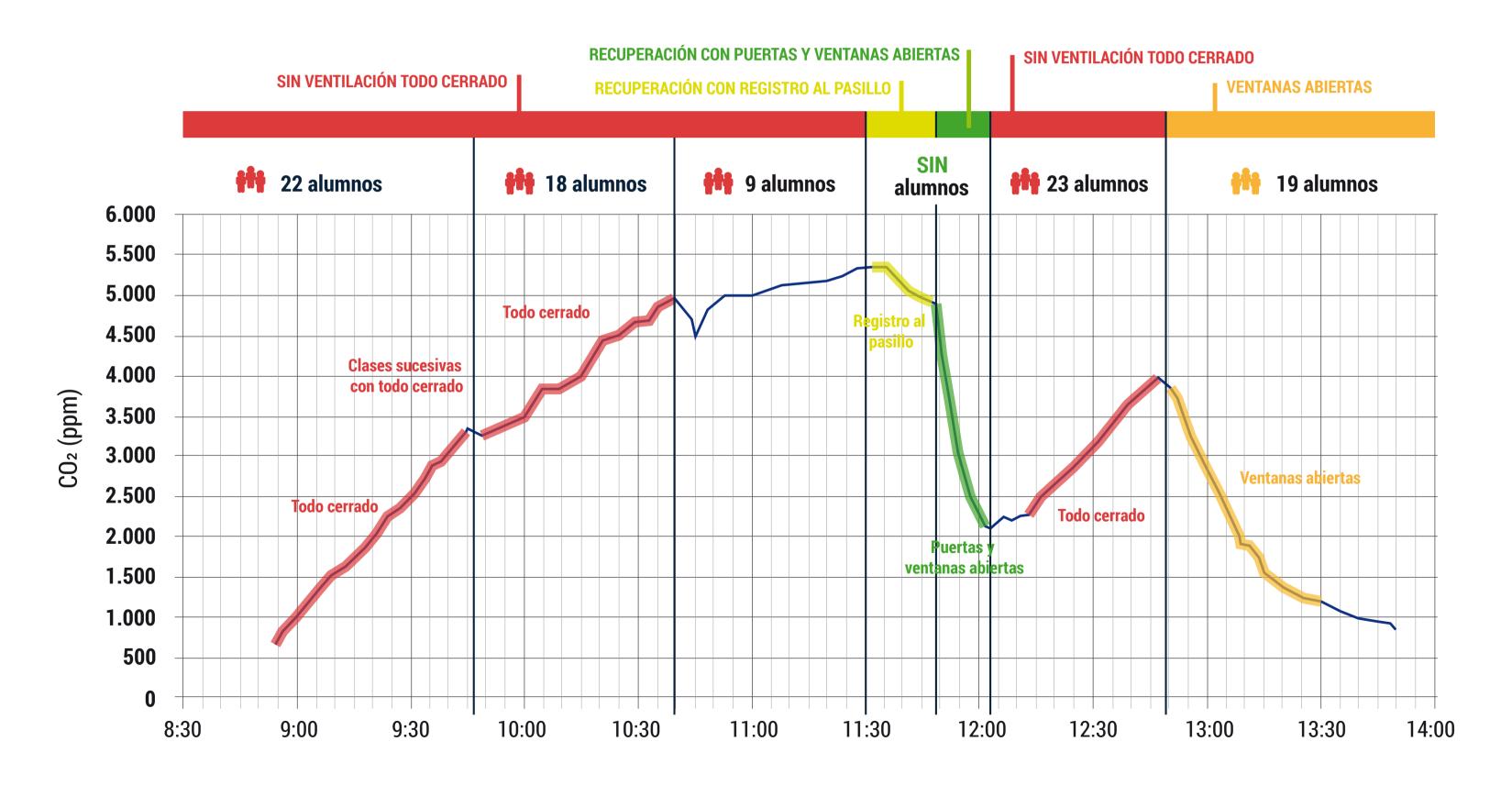
- C1. Todo cerrado
- C2. Puerta abierta
- C3. Ventana abierta
- C4. Puerta y ventana abiertas
- C5. Clases sucesivas con todo cerrado
- C6. Dinámicas de clase

Cómo te comportas cuando termina

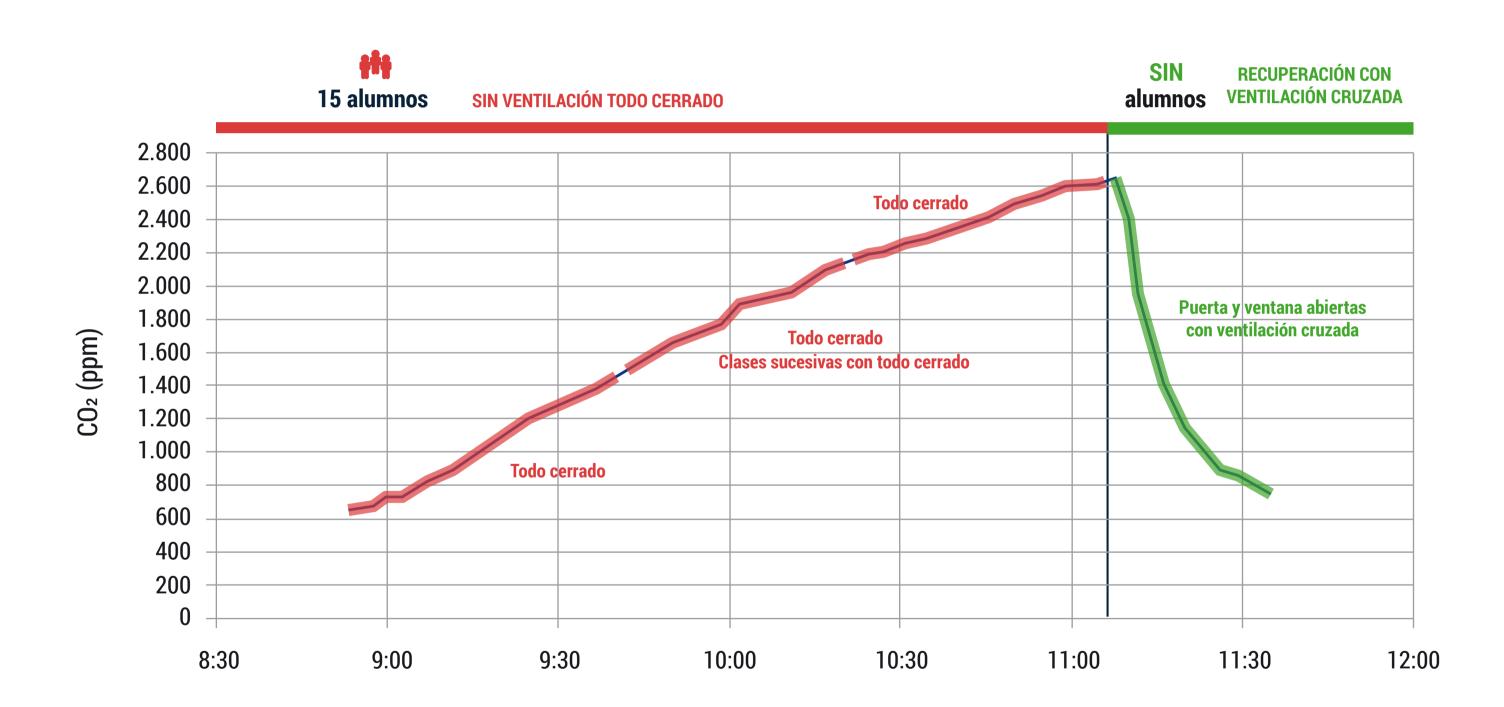
Después de clase (recuperación del aula):

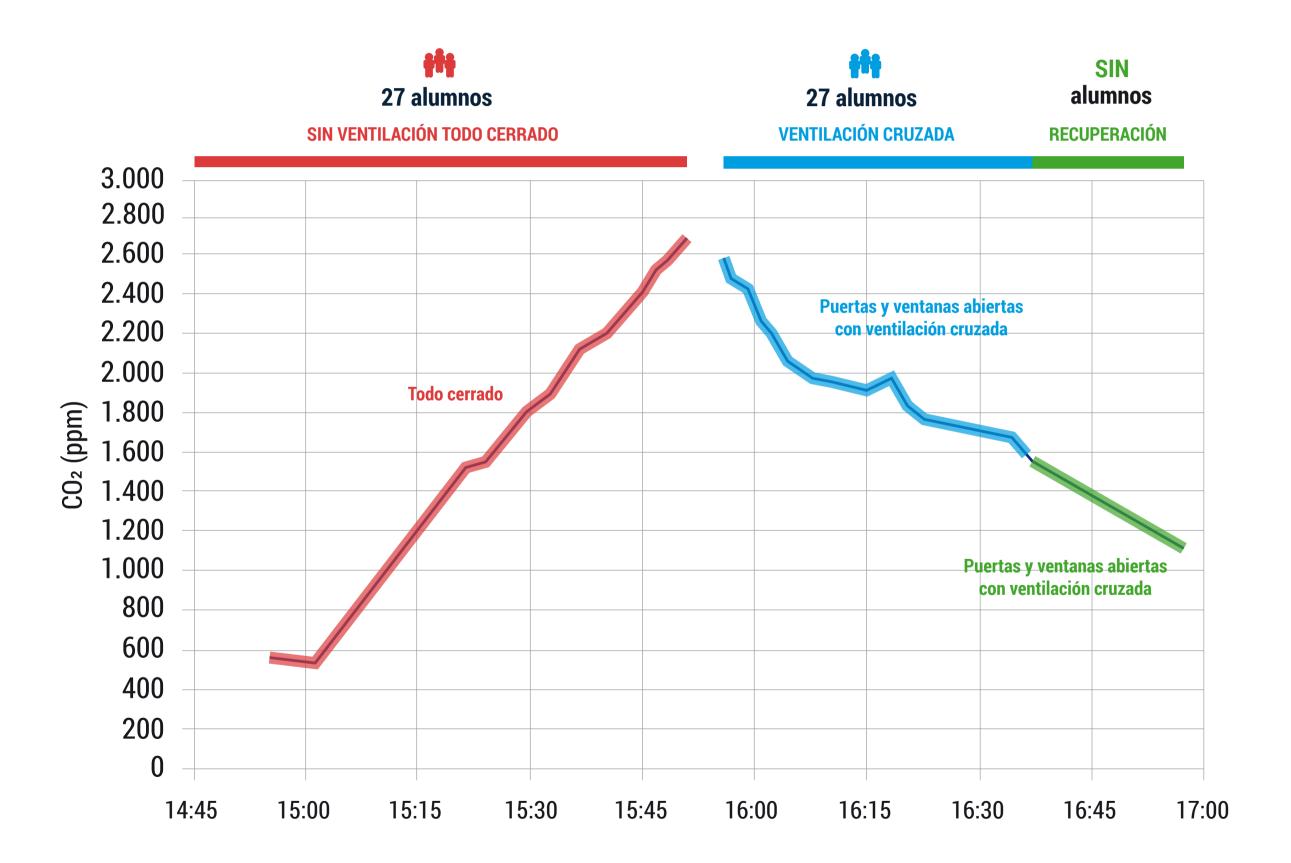
- R1. Todo cerrado
- R2. Puerta abierta
- R3. Ventana abierta
- R4. Puerta y ventana abiertas
- R5. Puerta y ventana abiertas con ventilación cruzada

Caso extremo de un IES nuevo con cerramiento perfecto, 22 alumnos de 14 años y un volumen de aula de 148,4 m³.

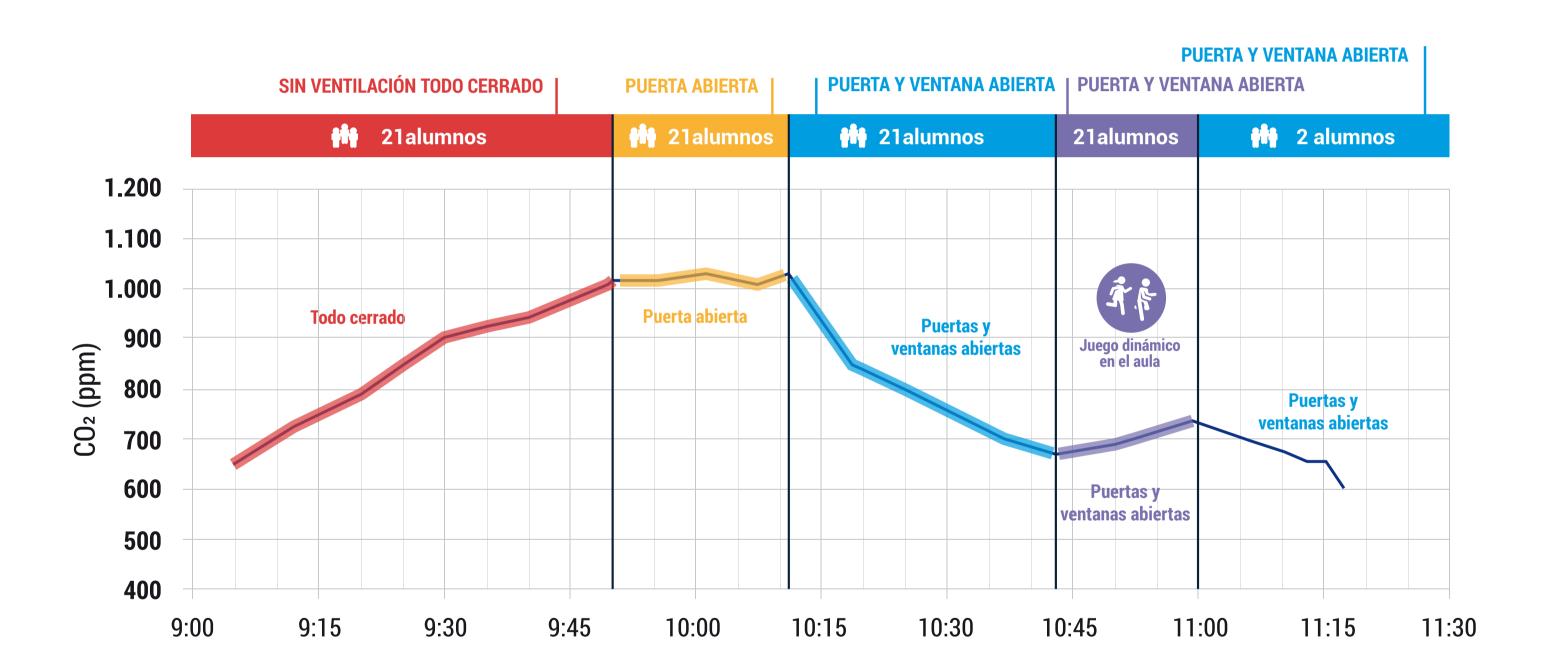


CEIP con 15 alumnos de 9 años y un volumen de aula de 197,1 m³.

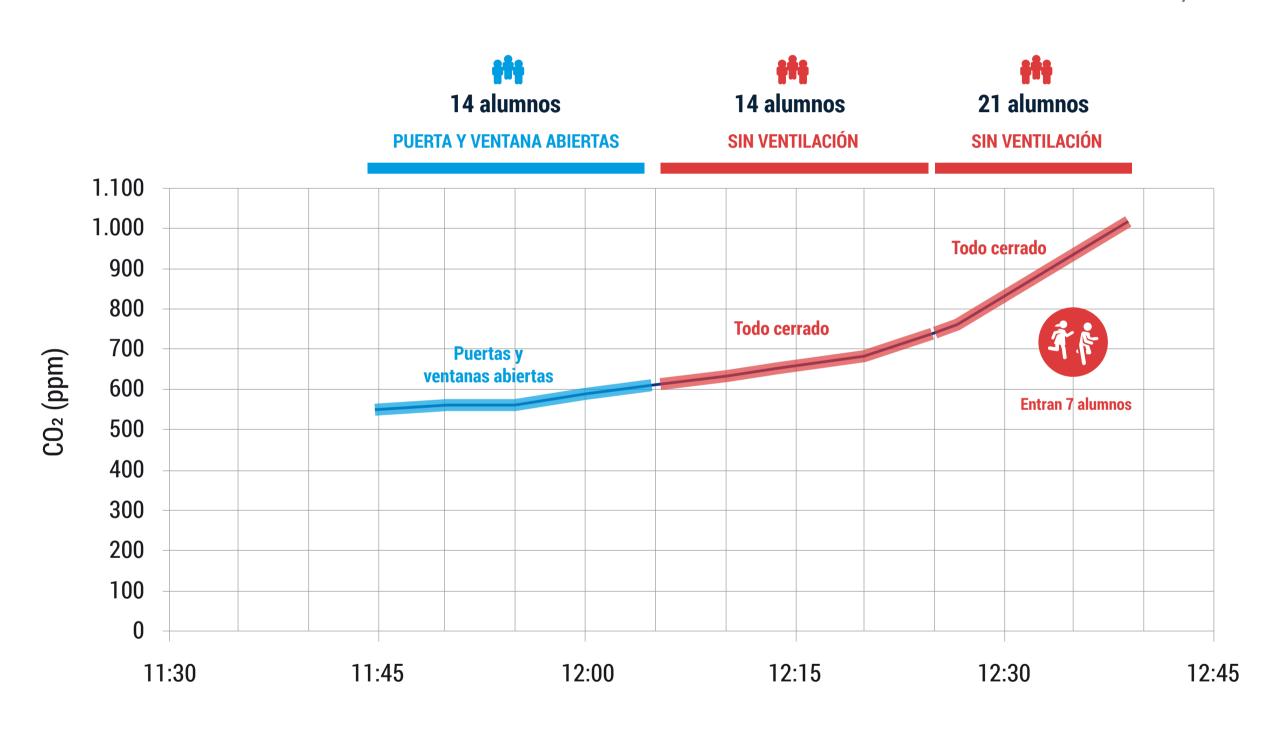




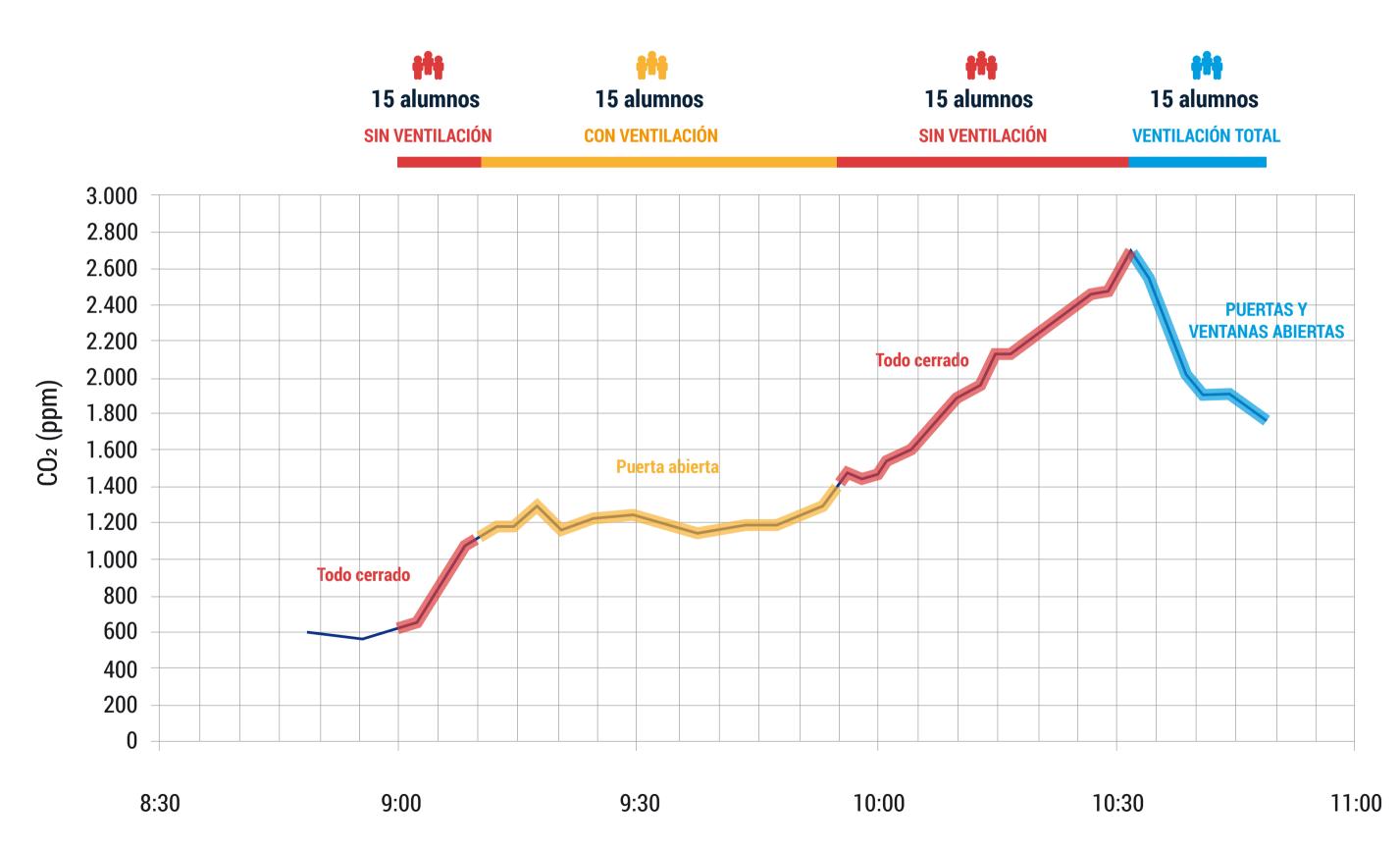
CEIP con 21 alumnos de 5 años y 60,8 m³ de aula



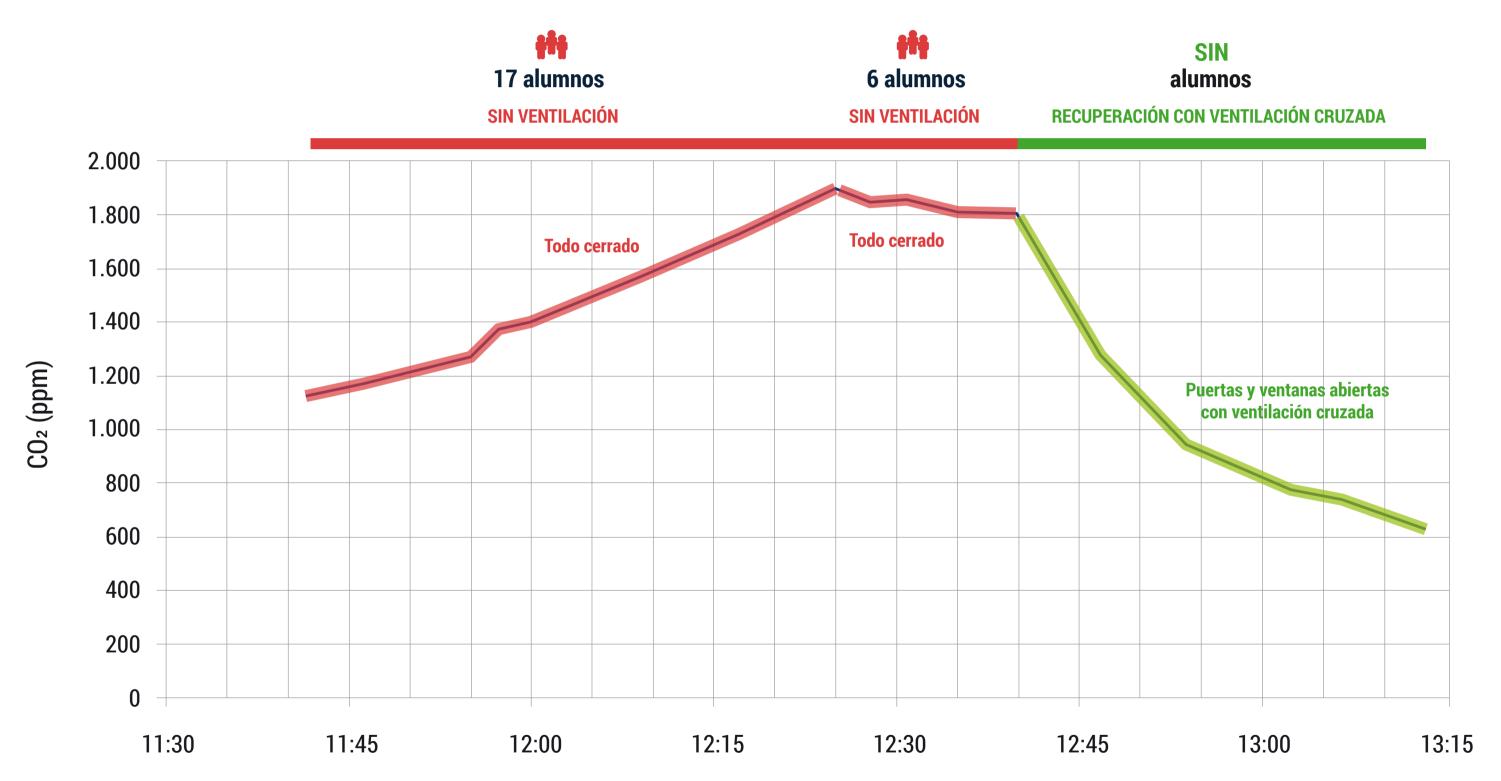
Entrada de 7 alumnos de 4 años en donde había 14 en un aula de 60,8 m³



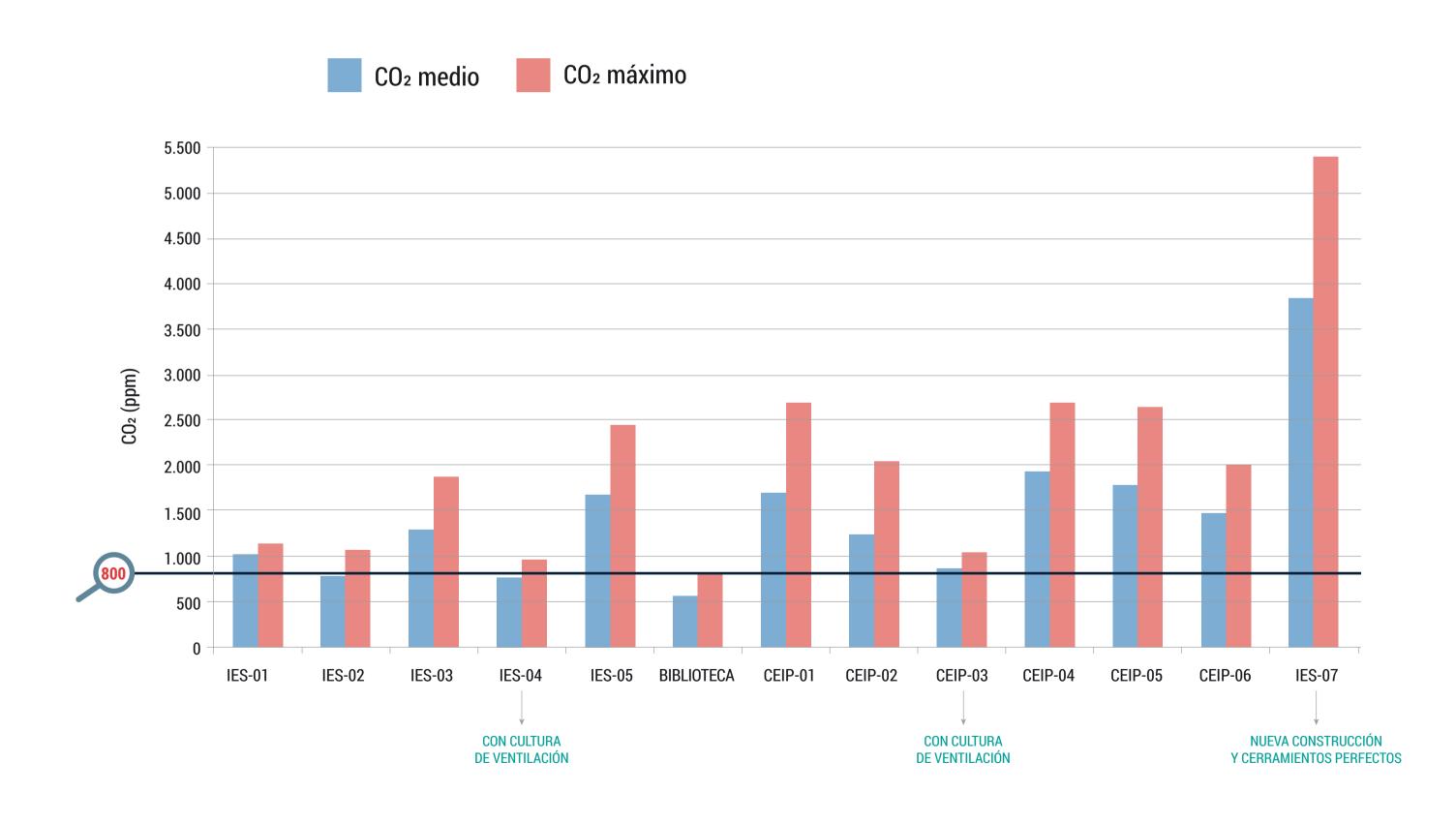
CEIP con 15 alumnos de 9 años en un aula de 105,4 m³



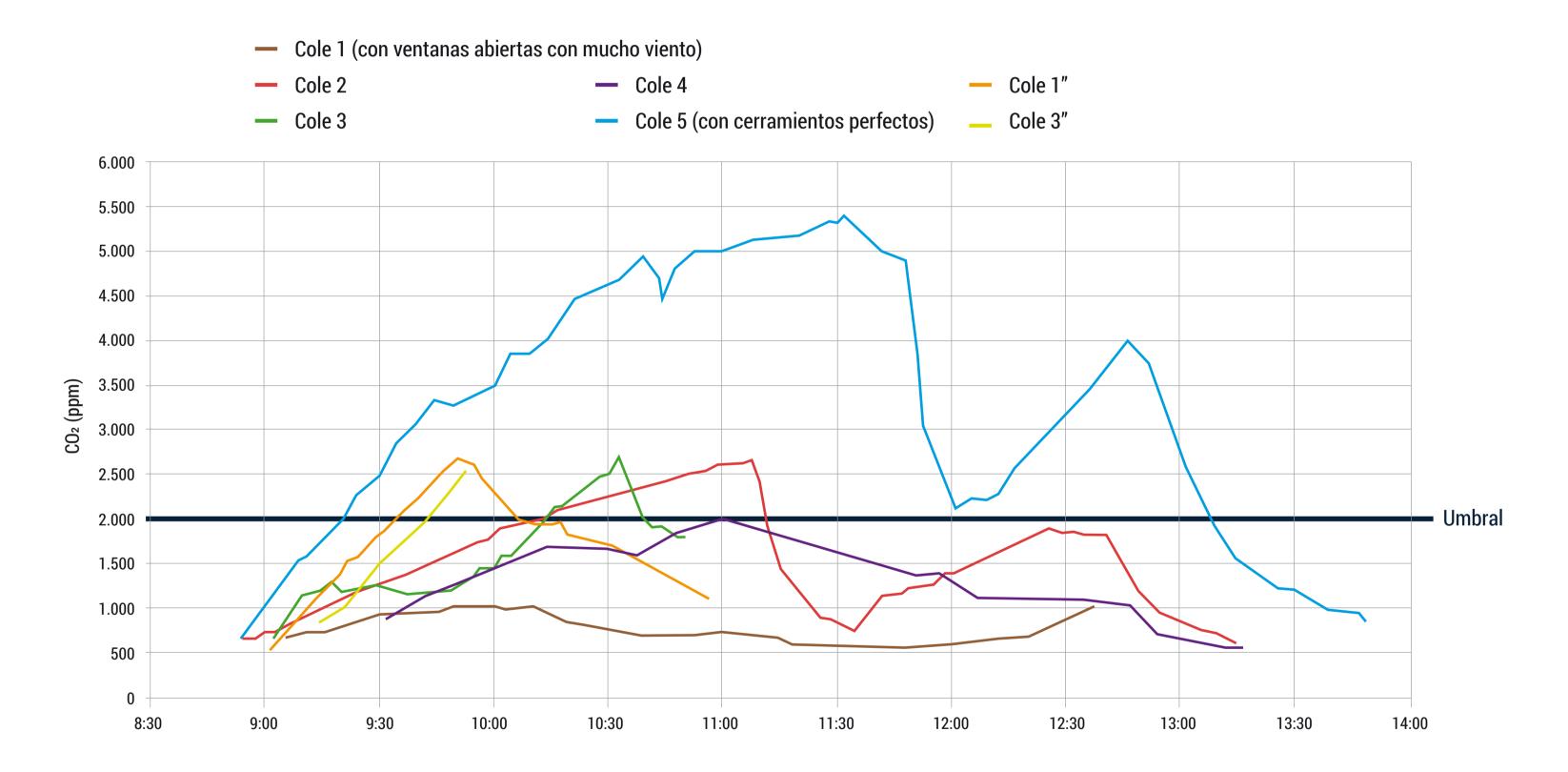
CEIP con 17 alumnos, de 8 años en un aula de 197,1 m³

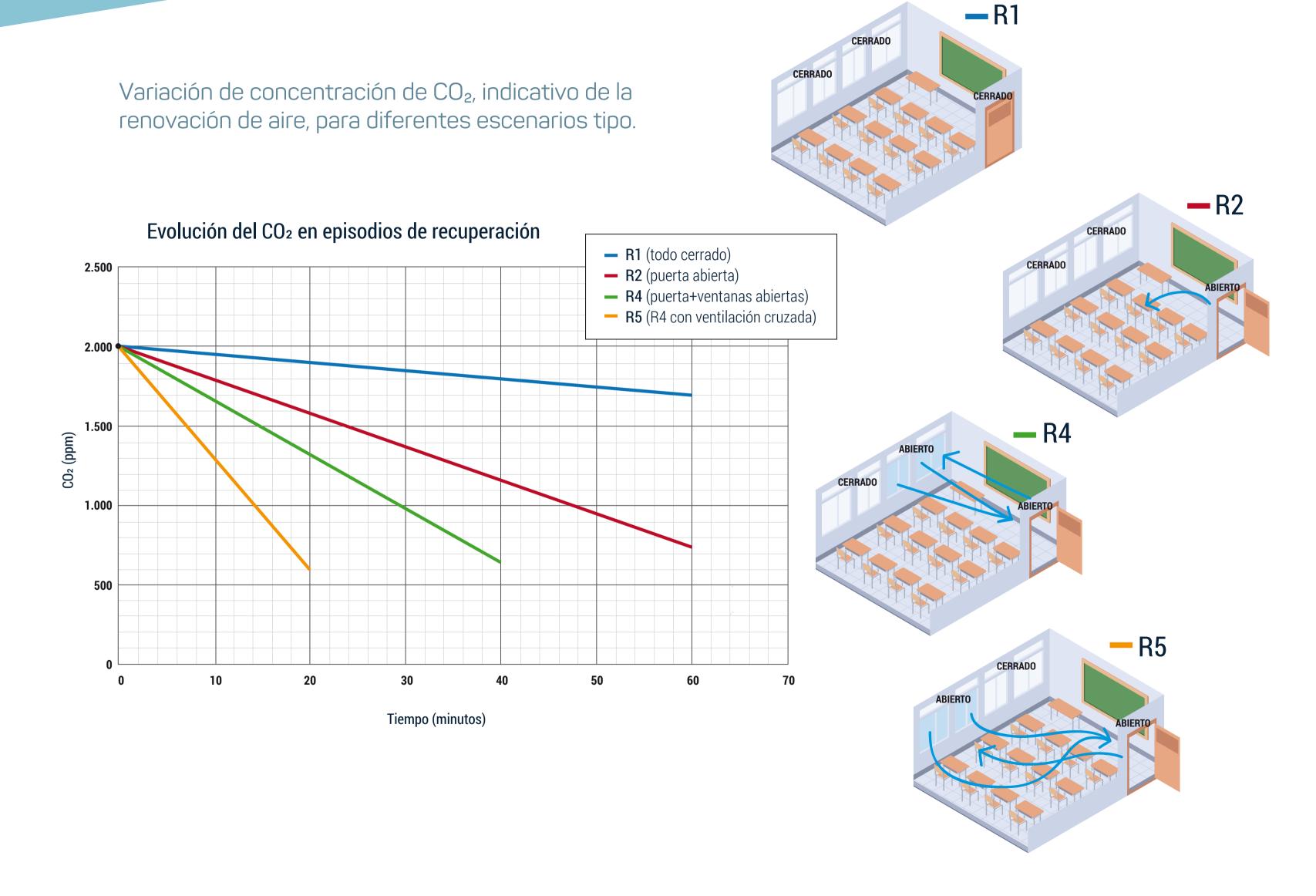


Comparativa de la exposición media y máxima a CO₂ (Episodios sin ventilación)



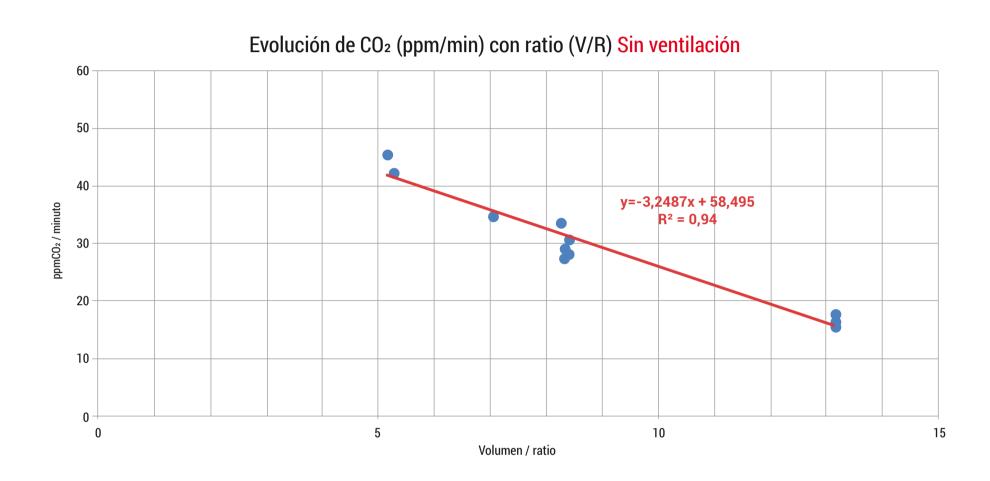
Dependencia del entorno



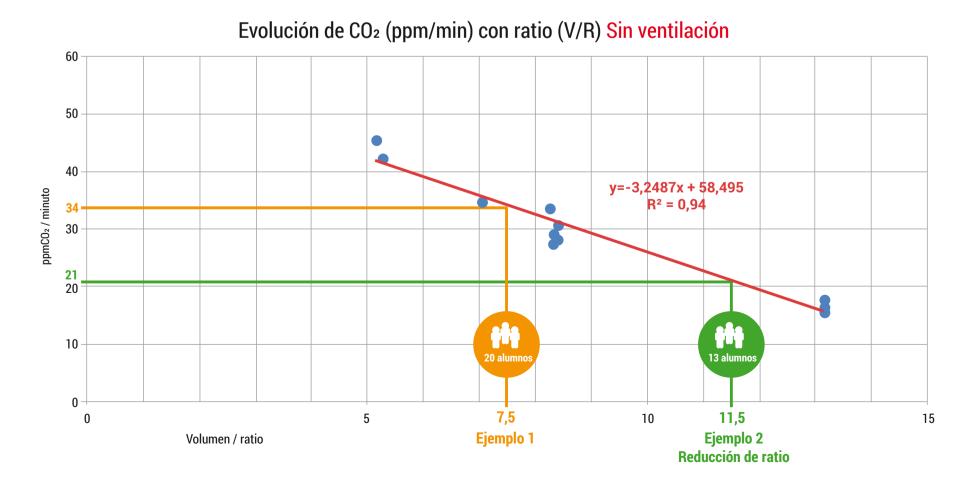




Correlación entre CO2 y Volumen-ratio del aula



Velocidad de crecimiento del CO₂ por volumen de aula y una ratio conocido en un aula cerrada sin ventilación.



Ejemplo 1

Volumen aula = 150 m3 (aprox. 60 m²) / Alumnos = 20

V/R = 150 / 20 = 7,5

Aumento CO₂ = 34 ppm/min

*Estimando una concentración exterior de 420 ppm, tardaríamos 11,2 minutos en alcanzar el umbral de 800 ppm, manteniendo todo cerrado.

Ejemplo 2: Reducción de ratio

Volumen aula = 150 m3 (aprox. 60 m²) / Alumnos = 13

V/R = 150 / 13 = 11,5

Aumento CO₂ = 21 ppm/min

*Estimando una concentración exterior de 420 ppm, tardaríamos 18,1 minutos en alcanzar el umbral de 800 ppm, manteniendo todo cerrado.

CALIDAD del AIRE depende TODOS

