

**MEJORAR LA
VENTILACIÓN
NATURAL EN
JARDINES
INFANTILES Y OTROS
ESTABLECIMIENTOS
EDUCACIONALES
PARA PREVENCIÓN
DE COVID-19**

MANUAL PRÁCTICO DE **IMPLEMENTACIÓN**

*Un aporte de
las universidades del país
frente a la pandemia
por Covid-19*

JUNIO 2021

DOCUMENTO PREPARADO POR (EN ORDEN ALFABÉTICO)

Wernher Brevis¹

Mauro Concha²

Paola Cordon³

Sandra Cortés⁴

Carlos Díaz⁵

Marcelo Fuentes⁵

Marco Hidalgo⁵

Blanca Peñaloza⁶

Paula Repetto³

IMPORTANTE

Como complemento a este manual, se pueden utilizar 2 videos educativos:

1) Como mejorar la ventilación en aulas de jardines y otros centros educacionales.

Disponibile en: <https://www.youtube.com/watch?v=foPkFOoBzlc&list=PL2tlryiQOYahHUt5Y-w2LcUEvdolpI5Ph&index=1&t=7s>

2) Como usar medidores de CO2.

Disponibile en: <https://www.youtube.com/watch?v=PayHDoqwaoE&list=PL2tlryiQOYahHUt5Y-w2LcUEvdolpI5Ph&index=2>

Cita sugerida: Brevis W, Concha M, Cordon P, Cortes S, Diaz C, Fuentes M, Hidalgo M, Peñaloza B, Repetto P. Mejorar la ventilación natural en jardines infantiles y otros establecimientos educacionales para prevención de COVID-19. Manual práctico de implementación. Santiago de Chile, Junio 2021.

La elaboración de este documento ha sido posible gracias a los aportes de la Pontificia Universidad Católica de Chile, Universidad Católica del Norte y Universidad de Antofagasta, en el marco del Proyecto “Volvamos Juntos” y al financiamiento de BHP.



Universidad
Católica del Norte



BHP

ISBN: 978-956-404-285-5

- 1 Facultad de Ingeniería, PUC
- 2 Departamento de Ingeniería Industrial, Facultad de Ingeniería y Ciencias Geológicas, UCN
- 3 Escuela de Psicología, Facultad de Ciencias Sociales, PUC
- 4 Departamento de Salud Pública, Facultad de Medicina, PUC
- 5 Departamento de Gestión de la Construcción, Facultad de Ciencias de Ingeniería y Construcción, UCN
- 6 Departamento de Medicina Familiar, Facultad de Medicina, PUC

ÍNDICE

| | | |
|-----------|---|-----------|
| | RESUMEN | 3 |
| | INTRODUCCIÓN | 7 |
| 1. | EL ROL DE LOS AEROSOLES EN EL CONTAGIO POR COVID | 8 |
| 2. | LA VENTILACIÓN COMO ESTRATEGIA PARA REDUCIR EL RIESGO DE CONTAGIO | 10 |
| 3. | ¿CÓMO PODEMOS SABER SI LA VENTILACIÓN ES SUFICIENTE? USANDO MEDIDORES DE CO2 | 13 |
| 4. | CONSEJOS PRÁCTICOS | 20 |
| 5. | ANEXOS | 23 |

RESUMEN

MEJORANDO LA VENTILACIÓN NATURAL EN JARDINES INFANTILES Y OTROS ESTABLECIMIENTOS EDUCACIONALES PARA PREVENCIÓN DE COVID-19.

MANUAL PRACTICO DE IMPLEMENTACIÓN

Documento preparado por (en orden alfabético): Wernher Brevis, Mauro Concha, Paola Cordon, Sandra Cortés, Marcelo Fuentes, Marco Hidalgo, Blanca Peñaloza, Paula Repetto.

Disminuir el riesgo de contagio por COVID-19 es una tarea en la que debe participar toda la comunidad que forma parte de un centro educacional. Los invitamos a compartir esta información con todos todos quienes son parte de esta comunidad.

1. ¿POR QUÉ PARA PREVENIR EL CONTAGIO POR COVID ES NECESARIO VENTILAR ADECUADAMENTE LOS ESPACIOS CERRADOS?

- Sabemos que el contagio más importante por COVID ocurre por pequeñas gotículas que personas infectadas expelen al aire al hablar, toser, respirar, entre otras conductas y que otras personas inhalan.
- Estas gotículas se llaman **aerosoles**, y pueden permanecer en el aire por tiempo prolongado, como el humo (pero son invisibles) y que podemos respirarlas sin darnos cuenta. **Por ello, el riesgo de contagio por COVID-19 es mucho mayor en espacios cerrados, donde hay menor recambio de aire que en espacios abiertos.**¹

2. ¿CÓMO VENTILAR EFECTIVAMENTE LAS SALAS DE CLASES?

a. Ventilación continua, es decir abriendo puertas y ventanas en forma permanente. No es suficiente ventilar en forma intermitente (entre clases, por ejemplo).

OJO: No es necesario abrir todas las puertas y ventanas al inicio de la jornada escolar, ya que no hubo personas por varias horas y solo contribuye a enfriar la sala.

b. Ventilación cruzada: Esta se da cuando hay aberturas (ventanas o puertas) en paredes opuestas, permitiendo que el aire circule en todo el espacio y tenga una ruta de entrada y salida.

c. Ventilación distribuida: Esta ocurre donde hay varios puntos de entrada y salida de aire. Entre más entradas y salidas de aire, mejor.

¹ Brevis W, Cortés S, Duarte I, Fica D, Förster F, Martínez S, Rojas M, Repetto P, Rondanelli R, Valdés M. Escuelas Seguras en tiempos del COVID-19. Santiago de Chile. Versión 1.3. Mayo, 2021. Disponible en: https://drive.google.com/file/d/1kFyq6kgRr6wtEQYu_zxDT2I8r2nFG9uH/view

d. Pasillos bien ventilados. Frecuentemente, las aulas también se ventilan con el aire de los pasillos y por lo tanto es esencial mantener esas zonas bien ventiladas.

3. USANDO MEDIDORES DE CO2 PARA SABER CUANDO LA VENTILACIÓN ES SUFICIENTE

- El medidor de CO2 nos muestra cuánto del aire que estoy respirando ya fue respirado por otra persona, porque miden la calidad del aire que respiramos y el riesgo de transmisión de COVID-19.
- Puede haber al menos un medidor por establecimiento, que se rote entre las salas de clases.
- Designar un responsable del medidor en el establecimiento.
- Establecer un calendario de rotación diaria del medidor por las salas, destinando tres días a cada sala y repitiendo cuando se completa la rotación.

CÓMO INTERPRETAR EL NIVEL DE CO2 EN EL AMBIENTE PARA PREVENIR CONTAGIOS

| | Nivel de CO2 | Descripción | Acción a tomar |
|--|--------------------------|--|--|
| | Mayor de 800 – 2.000 ppm | Niveles de mayor riesgo. Puede provocar síntomas físicos. | Aumenta la ventilación para disminuir el nivel de CO2. Si no baja, trasladar las actividades a lugares abiertos. |
| | 700 – 800 ppm | Nivel máximo recomendado para mantener en la sala. | Alerta: Aumenta la ventilación para disminuir el nivel de CO2. |
| | 400 - 700 ppm | Nivel óptimo de CO2 en una sala, con personas. | Ninguna. |
| | 400 ppm | Nivel normal en espacios abiertos o espacios sin personas exhalando CO2. | Ninguna |

CÓMO UTILIZAR EL MEDIDOR DE CO2

- **Ubica tu medidor.** Fijar el medidor en una pared central, a **1,5 metros de altura**. Escoger **un lugar donde no le llegue aire directo** de ventanas o puertas para que sea representativo del aula.
- **Permitir la estabilización de lectura.** El medidor tarda 10 minutos en llegar a un valor estable.
- **Monitoreo de CO2 y registro constante.** Registra el nivel de CO2 al principio y al final de cada actividad. En cada registro, anota además la actividad realizada, la hora de la medición y el nivel de apertura de las ventanas y puertas.
- **Analiza tus mediciones al final de cada jornada de monitoreo.** Analiza los distintos niveles de CO2 durante el día y qué pudo haber provocado los cambios (actividad, aforo, hora del día, etc.).

4. CONSEJOS PRÁCTICOS PARA LOGRAR ESPACIOS CON VENTILACIÓN SEGURA

- **Cuida el aforo.** Entre más personas en el aula, mayor cantidad de CO₂ y aerosoles.
- **Prefiere realizar actividad física en espacios abiertos.** A mayor actividad física, mayor cantidad de CO₂ producimos.
- **Ventilar no es suficiente, el uso de mascarillas, distancia y lavado de manos siguen siendo importantes.** La ventilación complementa las otras medidas, no las reemplaza.
- **Tiempos de comida en espacios abiertos.** Los tiempos de comida son de los momentos más riesgosos de la jornada porque todos deben quitarse la mascarilla.
- **Ventilar las salas en invierno:**
 - **No abrir innecesariamente cuando la sala está vacía:** Se ha comprobado que el CO₂ (y los aerosoles) tarda aproximadamente 10 minutos en salir, si no hay nadie en la sala y está bien ventilada. Por lo que sí hace frío, se recomienda ventilar por 10 minutos el aula en los recreos y luego cerrarla; asimismo, no abrir todas las ventanas y puertas al inicio de la jornada.
 - **El medidor de CO₂ puede ayudar a identificar cuánto las ventanas necesitan estar abiertas** para que haya la suficiente cantidad de ventilación sin perder la climatización.
 - **Se recomienda pedir a los apoderados que vistan a los alumnos con capas.** Es decir: una polera de manga larga, un pelerón y una parca, y también gorro y bufanda si es necesario. De forma que el niño pueda variar su abrigo según sea necesario y estar siempre a una temperatura adecuada. También se pueden llevar mantas o similares que ayuden a evitar el frío.
- **NO UTILIZAR barreras para la ventilación entre escritorios:** las **pantallas o barreras de plástico, acrílico o plexiglass no son efectivas para prevenir contagios en el aula.** De hecho, crean zonas donde no es posible que fluya el aire y tienden a acumularse los aerosoles.²
- **Qué hacer con las zonas donde hay baja ventilación:** en general son esquinas a las cuales llega menos aire. Se sugiere usarlas para guardar material, colgar ropa, entre otras.

5. RESUMEN DE RECOMENDACIONES:

| Sí hacer | No hacer |
|---|--|
| Ventilar de manera permanente. | Usar ventilación intermitente. |
| Probar ventilación con distintas combinaciones de puertas y ventanas. | Usar aire acondicionado. |
| Si es posible, comer y realizar actividades deportivas en el exterior. | Comer en espacios sin ventilación adecuada. |
| Aseo y desinfección con cloro en soluciones habituales 1 vez al día será suficiente para mantener espacios limpios y seguros. | Evitar sanitizar con amonio cuaternario y con aerosoles desinfectantes, pueden ser irritantes para vías respiratorias. |
| Mantener uso de mascarillas con buen ajuste en niños más grandes y en adultos y lavado de manos. | Usar acrílicos y/o plásticos para separar niños/espacios. |
| Preferir, en la medida de lo posible, actividades al aire libre, permitiendo el uso de juegos infantiles. | Impedir que los niños puedan utilizar juegos de patio. |

² Greenhalgh T, Jimenez JL, Prather KA, Tufekci Z, Fisman D, Schooley R. Ten scientific reasons in support of airborne transmission of SARS-CoV-2. The Lancet [Internet]. 15 de abril de 2021.

INTRODUCCIÓN

Este manual **está dirigido a los equipos que se desempeñan en centros educativos** para que, junto con las otras medidas conocidas (uso correcto de mascarilla, lavado de manos, distancia física), puedan **implementar una ventilación efectiva para reducir el riesgo de contagio por COVID-19 al interior de las aulas**, como complemento a los protocolos ordenados por las autoridades competentes.

Mejorar la ventilación de las salas de clases no solo permite disminuir el riesgo de contagio de COVID-19, sino que también mejora el rendimiento de los estudiantes y disminuye el ausentismo escolar, por lo que sus beneficios van mucho más allá de la actual pandemia¹.

Su objetivo es proporcionar una **orientación práctica** para mejorar la ventilación natural en aulas de jardines infantiles y otros centros educativos.

Este manual está organizado en 5 secciones:

1. EL ROL DE LOS AEROSOLES EN EL CONTAGIO POR COVID

2. LA VENTILACIÓN COMO UNA ESTRATEGIA PARA REDUCIR EL RIESGO DE CONTAGIO

3. ¿CÓMO SABER SI LA VENTILACIÓN ES EFECTIVA? USO DE MEDIDORES DE CO₂

4. CONSEJOS PRÁCTICOS

5. ANEXOS

Para una revisión extensa de la literatura y recomendaciones generales sobre el contagio por aerosoles y su prevención en salas de clases, recomendamos revisar una reciente publicación de un equipo de académicos chilenos.²

1 The Lancet COVID-19 Commission Task Force on Safe Work, Safe School, and Safe Travel. Designing infectious disease resilience into school buildings through improvements to ventilation and air cleaning. Abril 2021 Disponible en: <https://covid19commission.org/safe-work-travel>

2 Brevis W, Cortés S, Duarte I, Fica D, Förster F, Martínez S, Rojas M, Repetto P, Rondanelli R, Valdés M. Escuelas Seguras en tiempos del COVID-19. Santiago de Chile. Versión 1.3. Mayo, 2021. Disponible en: https://drive.google.com/file/d/1kFyq6kgRr6wtEQYu_zxDt2l8r2nFG9uH/view

1. EL ROL DE LOS AEROSOLES EN EL CONTAGIO POR COVID

1. EL ROL DE LOS AEROSOLES EN EL CONTAGIO POR COVID

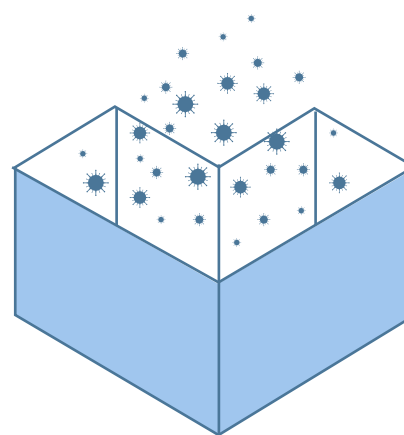
El virus se contagia cuando una persona infectada (con o sin síntomas) expulsa gotitas contaminadas al ambiente al estornudar, toser, gritar, entre otras conductas; y luego alguien más entra en contacto con ellas.

Estas gotitas pueden ser grandes y también pequeñas (tamaño menor a 0,1 mm). A estas últimas se les ha denominado **aerosoles**, porque como son menos pesadas, pueden quedar suspendidas en el aire y mantenerse ahí por un período de tiempo prolongado, inclusive por horas.

Hoy en día sabemos que la principal forma de contagio es al entrar en contacto con estos **aerosoles** que pueden contener el virus SARS-CoV-2, que produce el COVID-19.³

Para poder entender qué pasa con el virus en forma de **aerosoles**, imagina que estas gotitas se esparcen de manera similar al humo del cigarrillo. Aunque pase el tiempo y no hayas visto a la persona fumando, aún puedes percibir el olor del cigarrillo. Así como este olor, el virus puede permanecer flotando al menos por una hora en lugares mal ventilados.

Similarmente, puede ocurrir que una persona contagiada (sintomática o asintomática) que estuvo en un espacio cerrado y mal ventilado haya expulsado el virus. Una hora después que haya salido la persona de la habitación, podría aún haber gotitas con virus que podrían contagiar a otra persona⁴.



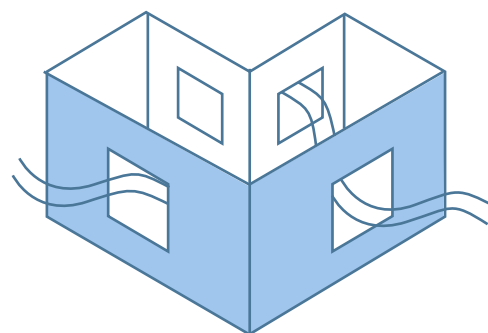
3 Greenhalgh T, Jimenez JL, Prather KA, Tufekci Z, Fisman D, Schooley R. Ten scientific reasons in support of airborne transmission of SARS-CoV-2. *The Lancet* [Internet]. 15 de abril de 2021.

4 Michael A. Johansson, Talia M. Quandelacy, Sarah Kada, et al. SARS-CoV-2 Transmission From People Without COVID-19 Symptoms. *JAMA Netw Open*. 2021;4(1):e2035057.

2. LA VENTILACIÓN COMO ESTRATEGIA PARA REDUCIR EL RIESGO DE CONTAGIO

2. LA VENTILACIÓN COMO ESTRATEGIA PARA REDUCIR EL RIESGO DE CONTAGIO

La ventilación natural mejora la calidad del aire de las aulas y es la forma más eficiente de reducir el riesgo de contagio por vía de aerosoles, porque diluye la concentración de aquéllos potencialmente infecciosos⁵. Sabemos que, al igual que ocurre con otros virus respiratorios, muy pocos contagios por COVID-19 ocurren al aire libre⁶. Por lo que, en lugares cerrados, se recomienda, ventilar para producir un recambio de aire que nos asegure que respiramos aire fresco. Esto permite que el virus, si está en la habitación, salga.⁷



CÓMO VENTILAR DE FORMA EFECTIVA

Para lograr una ventilación óptima de un espacio cerrado es necesario tener en cuenta que la efectividad de la ventilación natural depende de muchos factores, como son: el tamaño del aula, tipo y localización de ventanas y puertas, la dirección del viento, cantidad de personas en la sala, entre otras, por lo que según cambien estas condiciones, la necesidad de ventilación puede ser diferente para un mismo espacio.

El recambio de aire variará según la distribución de las entradas y salidas de aire en el aula, es decir las puertas y ventanas. En la figura 1, se presentan esquemas ordenados de peor a mejor eficiencia de ventilación, según el número y ubicación de puntos de ventilación.

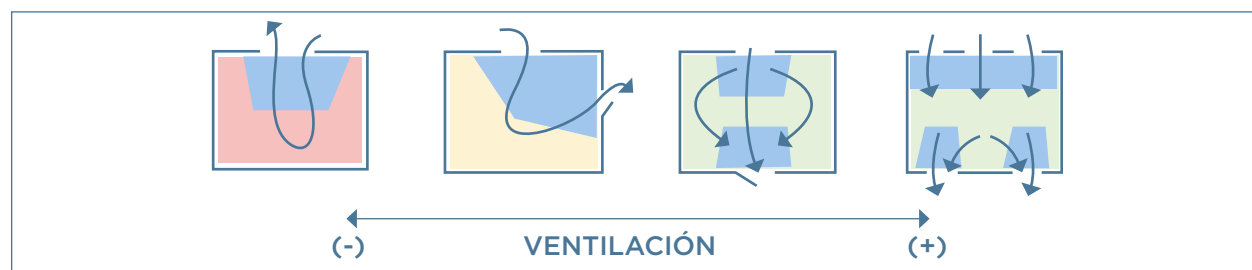


Fig. 1. Esquemas de ventilación ordenados de peor a mejor eficiencia de ventilación

Fuente: Elaboración propia, adaptado de Muelas et al⁸

- 5 Bhagat, R. K., Wykes, M. D., Dalziel, S. B., & Linden, P. F. (2020). Effects of ventilation on the indoor spread of COVID-19. *Journal of Fluid Mechanics*, 903.
- 6 Bulfone, T. C., Malekinejad, M., Rutherford, G. W., & Razani, N. (2021). Outdoor transmission of SARS-CoV-2 and other respiratory viruses: a systematic review. *The Journal of infectious diseases*, 223(4), 550-561.
- 7 Shen Y, Li C, Dong H, et al. Community Outbreak Investigation of SARS-CoV-2 Transmission Among Bus Riders in Eastern China. *JAMA Intern Med*. 2020;180(12):1665–1671. doi:10.1001/jamainternmed.2020.5225
- 8 Muelas, A., Pina, A., Remacha, P., Tizne, E., Aranda, D., Ruiz, A., & Ballester, J. (2021). VENTILACIÓN NATURAL EN LAS AULAS: GUÍA PRÁCTICA.

Las áreas sombreadas en azul representan zonas que están mejor ventiladas y con más aire fresco. Las zonas coloreadas en rojo y amarillo tendrán menos ventilación (“zonas muertas”). Las habitaciones con ventilación cruzada tendrán menos zonas muertas y mas aire fresco y mientras más puntos de ventilación, mejor.

Por tanto, para lograr una ventilación efectiva se recomienda⁹:

a. Ventilación continua, es decir abriendo puertas y ventanas en forma permanente. No es suficiente ventilar en forma intermitente (entre clases, por ejemplo).

OJO: Considerar que no es necesario abrir todas las puertas y ventanas al inicio de la jornada escolar, ya que no hubo personas en la sala por varias horas y solo contribuye a enfriar el ambiente.

b. Ventilación cruzada: Esta se da cuando hay aberturas (ventanas o puertas) en paredes opuestas, permitiendo que el aire se desplace en todo el espacio y tenga una ruta de entrada y salida.

c. Ventilación distribuida: Esta ocurre donde hay varios puntos de entrada y salida de aire. Entre más entradas y salidas de aire, mejor.

También ten en cuenta las siguientes recomendaciones:

a. Pasillos bien ventilados: Los pasillos son áreas donde también es posible contagiarse. Además, frecuentemente las aulas se ventilan con el aire de los pasillos y por lo tanto es esencial mantener esas zonas bien ventiladas para asegurarse que sea aire fresco el que entra a las aulas.

b. Temperatura en el aula:

- No es necesario abrir todas las ventanas completamente. Se puede ventilar abriendo parcialmente varias ventanas, pero asegurando que el aire circule.
- No es necesario ventilar si no hay personas en la sala por varias horas, se puede dejar cerrada durante la noche para mantener la temperatura y abrir al ocupar nuevamente.

c. Mascarilla: Aunque el aula esté ventilada, la mascarilla es una barrera importante, previene que respiremos el virus contenido en aerosoles. También atrapa las partículas del virus que son exhaladas por una persona contagiada.

- Por tanto, en momentos sin uso de mascarilla, como la hora de comidas, aumenta el riesgo de contagio: preferir comer en espacios abiertos o más ventilados, manteniendo en lo posible, la distancia física. Los tiempos de comida son de los momentos más riesgosos de la jornada.

d Zonas de baja ventilación o “zonas muertas”: en general son esquinas a las cuales llega menos aire. Se sugiere usarlas para guardar material, colgar ropa, entre otras. Limitando el flujo de personas en ellas.

9 Adaptado de: Muelas, A., Pina, A., Remacha, P., Tizne, E., Aranda, D., Ruiz, A., & Ballester, J. (2021). VENTILACIÓN NATURAL EN LAS AULAS: GUÍA PRÁCTICA.

3 ■ ¿CÓMO PODEMOS SABER SI LA VENTILACIÓN ES SUFICIENTE? USANDO MEDIDORES DE CO₂

3. ¿CÓMO PODEMOS SABER SI LA VENTILACIÓN ES SUFICIENTE? USANDO MEDIDORES DE CO₂

Expertos a nivel internacional recomiendan utilizar medidores de CO₂ para saber si la ventilación es efectiva para disminuir el riesgo de transmisión del virus de COVID-19¹⁰.

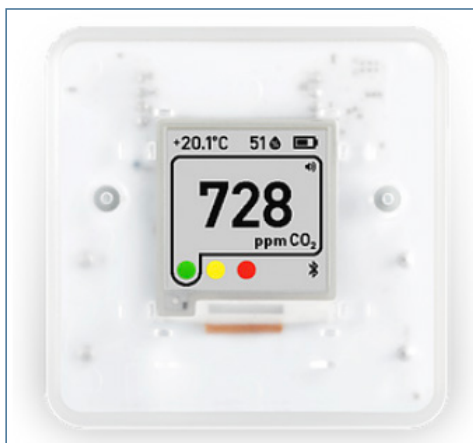
Sabemos que al respirar todas las personas exhalamos CO₂. Usamos medidores de CO₂, porque sabemos que cuando una persona contagiada exhala CO₂ también expulsa el virus, por lo que, en una habitación donde hay una persona infectada, si los niveles de CO₂ son altos, quiere decir que también habrá mayor cantidad de virus en forma de aerosoles en el ambiente y riesgo mayor a contagiarnos. Como no es posible medir el virus circulante en el aire, usamos estos medidores para saber si respiramos aire fresco o no. **El medidor de CO₂ nos muestra cuánto del aire que estoy respirando ya fue respirado por otra persona; miden la calidad del aire que respiramos.**

Por tanto, los medidores de CO₂ permiten visualizar si el recambio de aire de una sala es suficiente, a través de la medición de los niveles de CO₂ en un ambiente.

Se trata de aparatos pequeños, insonoros, fáciles de usar. Existen varias marcas disponibles en el mercado¹¹.

Tener al menos un medidor de CO₂ en un establecimiento educacional puede ayudar a aprender y verificar las mejores condiciones de ventilación de las aulas.

Fig.2 Pantalla de medidor de CO₂.



10 Peng, Z., & Jimenez, J. L. (2021). Exhaled CO₂ as COVID-19 infection risk proxy for different indoor environments and activities. Environmental Science and Technology Letters.

11 Para definir qué medidor de CO₂ comprar, recomendamos revisar la guía de medidores de CO₂ de la organización española sin fines de lucro "Aireamos" <https://www.aireamos.org/medidores/>

Es importante saber que la cantidad de CO₂ en un lugar está influida por algunos factores:

- **Entre más personas en una sala (aforo), mayor cantidad de CO₂ y aerosoles habrá en el ambiente.** Esta es la razón por la cual es importante mantener un aforo limitado, es decir la cantidad de personas permitida por metro cuadrado. También se puede usar este medidor para evaluar cómo los niveles varían en función del número de personas en un lugar.
- **El tipo de actividad también influirá en la cantidad de CO₂ que se emite.** Al realizar algunas actividades producimos mayor CO₂, por ejemplo cuando nos movemos más, hablamos más fuerte, gritamos, entre otras. Por esta razón, se recomienda que algunas actividades, como actividad física, coro, entre otras, se realicen en espacios abiertos mientras exista un riesgo de contagio por el virus.
- También sabemos que los niños pequeños expulsan menos aerosoles que los adultos.¹²

¿CÓMO SE DEBEN INTERPRETAR LOS NIVELES DE CO₂ EN EL AMBIENTE?

El nivel de CO₂ se mide por medio de ppm (partes por millón). En la tabla 1 puedes encontrar una guía de cómo interpretar los niveles de CO₂ en el ambiente.

Las recomendaciones internacionales **sitúan los niveles de CO₂ aceptables para tener un buen recambio de aire, y bajo riesgo de contagio por COVID-19, entre 400 ppm y un máximo de 700-800 ppm (partes por millón).**^{13,14}

Es imposible no tener algún nivel de CO₂ en un aula, nunca vamos a llegar a 0 ppm. De hecho, en la calle la concentración es de aproximadamente 400 ppm.

| | Nivel de CO ₂ | Descripción | Acción a tomar |
|--|--------------------------|---|--|
| | Mayor de 800 – 2.000 ppm | Niveles de mayor riesgo. Puede provocar síntomas físicos. | Aumenta la ventilación para disminuir el nivel de CO ₂ . Si no baja, trasladar las actividades a espacios abiertos. |
| | 700 – 800 ppm | Nivel máximo recomendado para mantener en la sala. | Alerta: Aumenta la ventilación para disminuir el nivel de CO ₂ . |
| | 400 - 700 ppm | Nivel óptimo de CO ₂ en una sala, con personas. | Ninguna. |
| | 400 ppm | Nivel normal en espacios abiertos o espacios sin personas exhalando CO ₂ . | Ninguna |

Tabla 1: Cómo interpretar los niveles de CO₂ que muestra el medidor.

12 Edwards, D. A., Ausiello, D., Salzman, J., Devlin, T., Langer, R., Beddingfield, B. J., ... & Roy, C. J. (2021). Exhaled aerosol increases with COVID-19 infection, age, and obesity. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 118(8).

13 https://www.euskadi.eus/contenidos/informacion/koronavirusa_coronavirus/es_def/adjuntos/guia_ventilacion_c.pdf

14 https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/928720/S0789_EMG_Role_of_Ventilation_in_Controlling_SARS-CoV-2_Transmission.pdf

Si la sala alcanza niveles entre los 1.000 y 2.000 ppm, quiere decir que ya casi no hay presencia de aire fresco. Por lo que es importante aumentar la ventilación y salir, optando por realizar las actividades al aire libre o en un lugar más ventilado. Además de reducir la probabilidad de contagio por COVID-19, cabe notar que los niveles de CO₂ arriba de los 1.000 pm pueden estar asociados a dolores de cabeza, pérdida de concentración y somnolencia.

Se ha comprobado que las mejoras en la ventilación y la limpieza del aire traen múltiples beneficios para los estudiantes: conducen a un mejor rendimiento académico, menos días escolares perdidos para los estudiantes y puntajes más altos en las pruebas de función cognitiva¹⁵.

PASOS A SEGUIR PARA EL USO DE MEDIDORES DE CO₂

Antes de comenzar:

a. Organiza el uso del medidor de CO₂

Debido a que será difícil disponer de un medidor de CO₂ por aula, se considera que puede haber al menos un medidor que se rote en las salas de clases. Por ello, se recomienda **designar un responsable del medidor en el establecimiento**. Esta persona será la encargada de:

- **Establecer un calendario de rotación del medidor por las salas:** Cada sala es distinta debido al tamaño, forma, cantidad de aperturas que tiene, orientación, etc. Además, el tipo de actividades tiende a variar día a día. Por ende, se recomienda al menos 3 días de monitoreo de CO₂ en cada aula para conocer cómo es su ventilación. Se recomienda volver a medir cada vez que hayan cambios climáticos importantes y cada vez que haya cambio de estación o dudas en relación a la calidad del aire.
- **Dar seguimiento al monitoreo:** Es importante involucrar al personal del establecimiento en el proceso de monitoreo de CO₂. Por ejemplo, que cada profesora o profesor mida el CO₂ de su aula y lo registre. Por lo que la persona encargada del medidor es la que debiese dar seguimiento a las mediciones.
- **Configurar el medidor de CO₂ y calibrar frecuentemente:** Si es la primera vez que se usa, configurar según la guía del fabricante. Asegurándose de cambiar temperatura a grados Celsius y realizando la calibración inicial. Revisar la frecuencia y forma de realizar la calibración del medidor. Algunos medidores se calibran automáticamente, otros requieren que se calibre en un espacio exterior 10 minutos antes de ser introducido en el aula cada vez que se prende.

b. Conoce tu aula: ¿Qué tipo de ventilación tiene?

- Debido a que cada espacio tiene un tamaño y cantidad de aperturas (ventanas y puertas) distintas, **es relevante conocer cómo se comporta cada aula**. Las aulas con pocas ventanas tenderán a concentrar más niveles de CO₂ y tendrán más riesgo.
- **Dibuja en un esquema simple tu aula:** su forma, dónde están ubicadas las ventanas y puertas, de qué tamaño son y cómo las puedes abrir. Las siguientes preguntas pueden servir de guía para tener una mejor comprensión de el tipo de ventilación que tiene tu aula:
 - ¿Cuántas puertas y ventanas tiene?
 - ¿Dónde están ubicadas?
 - ¿Qué espacios del aula podrían recibir más/menos ventilación?
 - ¿Por dónde suele entrar el aire y por dónde suele salir?
 - ¿Tu aula da a un pasillo? Asegúrate que esté ventilado.

Ten en cuenta que las aulas que sus puertas dan a un pasillo deben tener en cuenta también las condiciones de ventilación de ese espacio.

15 <https://uvresources.com/wp-content/uploads/2021/05/SafeWorkTFDesigninginfectiousdiseasesresilienceApril2021.pdf>

c. Ventilación de pasillos

Si su aula da a un pasillo cerrado, no olvide considerar la ventilación en ese espacio. Para clarificar el efecto en las aulas, considere las situaciones ilustradas en la Fig. 3. Si el pasillo central está mal ventilado (en color amarillo, figura izquierda), los niveles de aerosoles y CO₂ del aire que entran a la sala desde el pasillo van a exceder los límites recomendados (salas en rojo), independiente de cuán abiertas estén sus ventanas. Por el contrario, si el pasillo está bien ventilado (pasillo en color verde, a la derecha), a esas aulas ingresará aire (casi) limpio. Por eso, cuando implementamos ventilación en salas que dan a un pasillo, es imprescindible asegurar buenas condiciones de ventilación en este. Considere medir los niveles de CO₂.

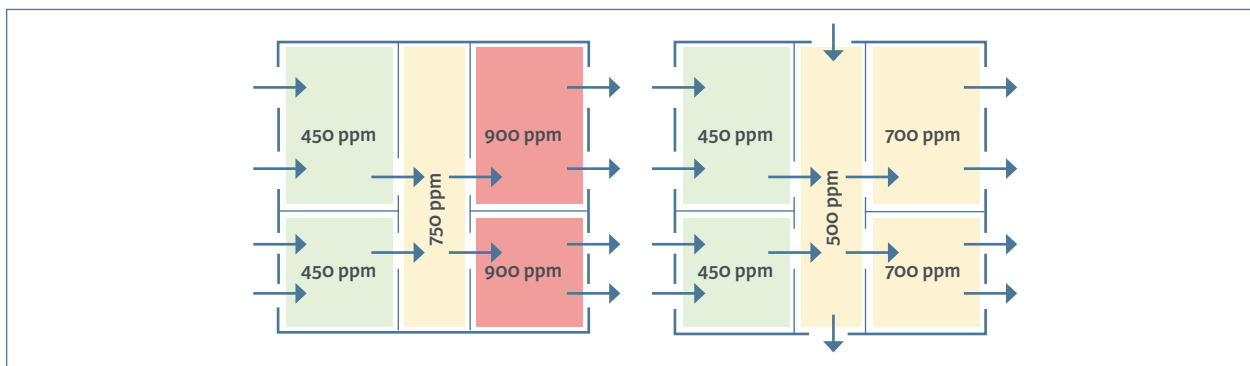


Fig 3: Ventilación en pasillos y aulas.

Fuente: Elaboración propia, adaptado de Muelas et al

MEDICIÓN DE CO₂ EN 6 PASOS PARA SABER CÓMO VENTILAR EFECTIVAMENTE MI AULA

FASE INICIAL

1. ESTABILIZACIÓN DE LECTURA

Fija el medidor en una pared central, 1,5 metros de altura para que esté fuera del alcance de los niños. Escoge un lugar donde no le llegue aire directo de ventanas o puertas para que sea representativo del aula.

Te recomendamos utilizar velcro auto adhesivo de pared para fijarlo. Esto permite que sea movilizad con facilidad a otra aula si es necesario con facilidad.



Fig.3 Ejemplo de ubicación de un medidor de CO₂.

Fuente: Registro fotográfico de los autores. Jardín Infantil Nubecitas del Norte, JUNJI, Antofagasta.

2. ESTABILIZACIÓN DE LECTURA

Cuando el medidor viene de otra sala o estuvo apagado durante la noche, necesita tiempo para llegar a un valor estable. Déjalo estabilizarse por 10 minutos antes de revisar la medición.

3. MEDICIÓN DE CONDICIONES HABITUALES

Sugerimos disponer de una hoja de registro para anotar los niveles de CO₂ (Ver ejemplo en anexo 1). Iniciar abriendo las puertas y las ventanas a la altura que normalmente lo haces. Esta medición permitirá saber si es necesario hacer ajustes o esta ventilación es suficiente.

Una vez abiertas, realizar la medición y registrarlo. Asegúrate de anotar la hora de registro y el nivel de apertura de las puertas y ventanas.

Si es necesario, puedes realizar ajustes iniciales. Por ejemplo, si el medidor muestra un CO₂ cercano o superior a 700 ppm, abre más las ventanas. Si hay frío y el medidor muestra un nivel menor a 700 ppm, se pueden cerrar un poco más las ventanas cuidando que el nivel de CO₂ no supere el índice indicado.

4. MONITOREO DE CO₂ Y REGISTRO CONSTANTE.

Para aprender del nivel de ventilación que se requiere en cada momento, se sugiere que se realice un registro de los niveles de CO₂ que indica el medidor, donde se identifiquen las actividades que se realizan, la hora de la medición y el nivel de apertura de las ventanas y puertas.

Se debe registrar el nivel de CO₂ al principio y al final de cada actividad. Ejemplos de actividades son: saludo de la mañana, hora de desayuno, actividad física, tiempo de dibujo.

El monitoreo debe ir acompañado de los ajustes necesarios, según las mediciones (ver tabla 1 para interpretar los distintos niveles de CO₂). Si el nivel de CO₂ está sobre 700 ppm, es necesario tomar acciones como abrir puerta y ventas o incluso se pueden utilizar sistemas de ventilación auxiliar. Por ejemplo, se puede utilizar un ventilador apuntando hacia afuera como extractor de CO₂ y aerosoles (Figura 5). Esto ayuda a que el aire salga más rápidamente, facilitando la ventilación.

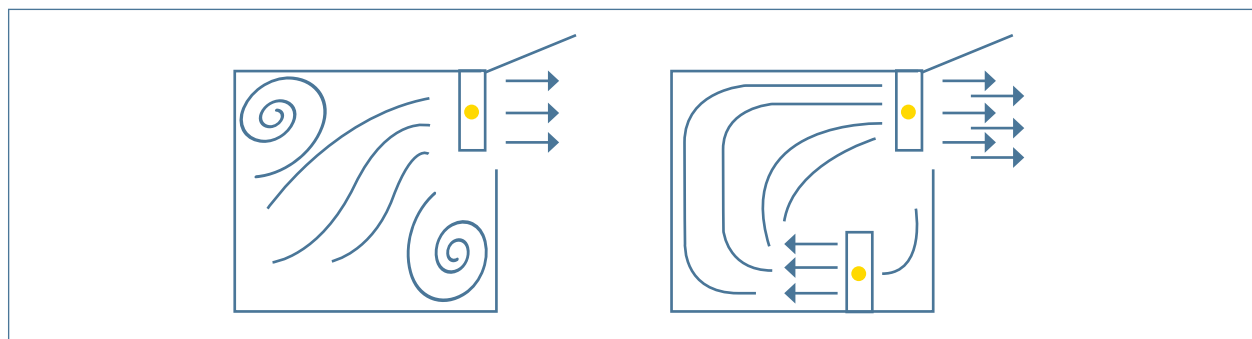


Fig 5. Uso de ventiladores para acelerar el recambio de aire. Un ventilador apuntando hacia afuera, ubicado en la puerta puede ser utilizado como extractor de CO₂ y aerosoles. Esto ayuda a que el aire salga y facilita la ventilación. Un segundo ventilador puede también aumentar la velocidad de movimiento del aire.

Fuente: Elaboración propia (Prof. Wernher Brevis).

Recuerda que para conocer el comportamiento de ventilación de un aula **se requieren al menos 3 días de monitoreo**, para poder tomar en consideración las distintas actividades que puedan ser realizadas, la rotación de personas y las condiciones atmosféricas en días distintos (temperatura, viento, etc).

5. AL FINAL DE LA JORNADA:

Si el dispositivo será utilizado en una sala distinta el siguiente día, apágalo y guárdalo en un espacio seguro. Si permanece en la misma sala, puedes dejarlo prendido. Revisa la duración de la batería de tu medidor para ver la frecuencia con la que necesitas recargarlo o cambiar de batería.

6. ANALIZA TU REGISTRO AL FINAL DE CADA JORNADA:

Luego de un día de registro, es importante analizar los distintos niveles de CO₂ durante el día y qué pudo haber provocado los cambios. Por ejemplo, el aumento de la cantidad de actividad física, el momento del día, el haber cerrado alguna ventana, etc. El análisis de las circunstancias te ayudará a comprender cómo se comporta la ventilación en tu aula, permitiéndote tomar decisiones respecto a la ventilación sin depender todo el tiempo de un medidor de CO₂.

Las siguientes preguntas pueden ayudar en este proceso de análisis:

- ¿Durante qué actividades subió más el nivel de CO₂?
- ¿En qué horarios subió más el nivel de CO₂?
- ¿Ante qué circunstancias se mantuvo bajo?
- ¿Qué ventana(s) y/o puertas, si están abiertas, permiten un mayor flujo de aire?
- ¿Estuvo ventilado el pasillo durante tu medición?
- ¿El nivel de CO₂ cambia en función de la hora, temperatura ambiental, entre otros?
- Si aumenta o disminuye la cantidad de personas en el aula, ¿Cómo cambia el nivel de CO₂ y la ventilación que debo implementar?

FASE AVANZADA

La medición de CO₂ se debe transformar en un mecanismo de control de calidad del aire de las salas en forma permanente.

Para ello recomendamos que el equipo local de seguridad o prevención diseñe un sistema de monitoreo que incluya la rotación del medidor entre las salas, utilizando un sistema de registros sistemáticos que permita el control de calidad del aire en forma habitual.

4. ■ CONSEJOS PRÁCTICOS

4. CONSEJOS PRÁCTICOS

- En la medida de lo posible, disponer al menos de un medidor de CO₂ por establecimiento.
- Asignar un encargado en el establecimiento del medidor de CO₂.
- Definir un calendario de uso rotativo por las salas.
- Seguir los 6 pasos de medición de CO₂ señalados.
- **Si no puede disponer de un medidor de CO₂, aplique los principios de ventilación explicados previamente.**

RECOMENDACIONES FINALES:

- **Cuida el aforo.** Entre más personas en el aula, mayor cantidad de CO₂ y aerosoles.
- **Prefiere realizar actividad física en espacios abiertos.** Entre mayor actividad física, mayor cantidad de CO₂ producimos.
- **Ventilar no es suficiente, el uso de mascarillas, distancia y lavado de manos siguen siendo importantes:** Para reducir el riesgo de contagio, necesitamos mantener el uso correcto de mascarillas (cuando sea posible) y que estas sean de buen calce, cubriendo boca y nariz. También mantener la distancia física de 2 metros o más y el lavado de manos. La ventilación reduce el riesgo de contagio pero no lo elimina.
- **Tiempos de comida:** Los tiempos de comida son de los momentos más riesgosos de la jornada, debido a que todos deben quitarse la mascarilla para comer. Por ende, se recomienda que esta instancia se dé en espacios abiertos o, si no es posible salir, que se abran totalmente las puertas y ventanas para aumentar la ventilación. Recordar también mantener la distancia entre las personas.
- **Ventilar las salas en invierno:**
 - **No abrir innecesariamente cuando la sala está vacía:** Se ha comprobado que el CO₂ (y los aerosoles) tarda aproximadamente 10 minutos en salir, si no hay nadie en la sala y está bien ventilada. Por lo que sí hace frío, se recomienda ventilar por 10 minutos el aula en los recreos y luego cerrarla; asimismo, no abrir todas las ventanas y puertas al inicio de la jornada.
 - **El medidor de CO₂ puede ayudar a identificar cuánto necesitan estar abiertas las ventanas** para que haya la suficiente cantidad de ventilación sin perder la climatización.
 - **Se recomienda pedir a los apoderados que vistan a los alumnos con capas.** Es decir: una polera de manga larga, un pelerón y una parca, y también gorro y bufanda si es necesario. De forma que el niño pueda variar su abrigo según sea necesario y estar siempre a una temperatura adecuada. También se pueden llevar mantas o similares que ayuden a evitar el frío.
- **Se recomienda NO UTILIZAR barreras para la ventilación entre escritorios:** A pesar de que las **pantallas o barreras de plástico, acrílico o plexiglass** tuvieron un auge como medida de protección al principio de la pandemia, se ha descubierto que **no son efectivas para prevenir contagios en el aula.** De hecho, tienden a crear zonas muertas donde no es posible que fluya el aire y tiendan a acumularse los aerosoles.¹⁶
- **En caso de no tener suficientes ventanas, o de no poder lograr una ventilación cruzada,** puedes usar un ventilador en la puerta, apuntando hacia afuera de la sala. De esta forma, el ventilador actuará como extractor de CO₂ y aerosoles (Figura 5).

16 Lessler J, Grabowski K, Grantz K, Badillo-Goicoechea, Metcalf J, Lupton-Smith C et al. Household COVID-19 risk and in-person schooling. Science 29 Apr, 2021. DOI: 10.1126/science.abh2939

RESUMEN DE RECOMENDACIONES:

| Sí hacer | No hacer |
|---|--|
| Ventilar de manera permanente. | Usar ventilación intermitente. |
| Probar ventilación con distintas combinaciones de puertas y ventanas. | Usar aire acondicionado. |
| Si es posible, comer y realizar actividades deportivas en el exterior. | Comer en espacios sin ventilación adecuada. |
| Aseo y desinfección con cloro en soluciones habituales 1 vez al día será suficiente para mantener espacios limpios y seguros. | Evitar sanitizar con amonio cuaternario y con aerosoles desinfectantes, pueden ser irritantes de vías respiratorias. |
| Mantener uso de mascarillas con buen ajuste en niños más grandes y en adultos y lavado de manos. | Usar acrílicos y/o plásticos para separar niños/espacios. |
| Preferir, en la medida de lo posible, actividades al aire libre, permitiendo el uso de juegos infantiles. | Impedir que los niños puedan utilizar juegos de patio. |

NO olvidar que la calidad del aire en las salas de clase tiene un impacto no solo en disminuir el contagio por COVID-19, sino que también mejorando el rendimiento escolar y disminuyendo el ausentismo¹⁷.

¹⁷ The Lancet COVID-19 Commission Task Force on Safe Work, Safe School, and Safe Travel. Designing infectious disease resilience into school buildings through improvements to ventilation and air cleaning. Abril 2021 Disponible en: <https://covid19commission.org/safe-work-travel>

5 ■ ANEXOS



Universidad Católica del Norte



| | |
|---|--|
| Nombre del Jardín | |
| Nombre de Sala / N° de personas en Sala | |
| Fecha | |

| Hora de Inicio | Nivel de Co2 Inicial | Hora de Término | Nivel de Co2 Final | Descripción Breve de la Actividad | Nivel de abertura de Ventanas / Puertas |
|----------------|----------------------|-----------------|--------------------|-----------------------------------|---|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

5. ANEXO 1

EJEMPLO DE FORMULARIO PARA REGISTRO DE ACTIVIDADES



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE CHILE



Universidad
Católica del Norte



BHP