

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/350633387>

CÓMO VENTILAR UN ESPACIO CERRADO PARA EVITAR EL CONTAGIO POR CORONAVIRUS

Book · January 2021

CITATIONS

0

READS

1,509

1 author:



[Azucena Santillan Garcia](#)

Hospital Universitario de Burgos

88 PUBLICATIONS 128 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



Enfermería informática [View project](#)



Pseudociencias y malacencia [View project](#)

Cómo ventilar un espacio cerrado para evitar el contagio por Coronavirus

Autora:

DRA. AZUCENA SANTILLÁN GARCÍA



www.saludplay.com

**¡COMIENZA
LA LECTURA!**

Cómo ventilar un espacio cerrado para evitar el contagio por Coronavirus

AUTORÍA:

DRA. AZUCENA SANTILLÁN GARCÍA

SALUSPLAY editorial

CARRETERA BILBAO-PALENCIA 31,

1ª PLANTA, OFICINA 111.

48950 ERANDIO. BIZKAIA

TEL.: +0034 946522986

ISBN: 978-84-18396-19-9

FECHA Y LUGAR DE PUBLICACIÓN: ERANDIO, 15 DE ENERO DE 2021

Todos los derechos reservados. Queda prohibido reproducir, almacenar en sistemas de búsqueda automática, realizar copias de todo tipo o por cualquier medio (electrónico, mecánico, fotocopia y grabación), o transmitir de otra forma cualquier parte de esta publicación sin la autorización escrita del editor. No se podrá divulgar esta obra científica en ningún formato.

TEMA 1. CONCEPTOS BÁSICOS SOBRE COVID-19 Y VÍAS DE TRANSMISIÓN

1. QUÉ ES LA COVID-19 Y CÓMO NOS AFECTA

La COVID-19 es la enfermedad producida por el virus SARS-CoV-2. Este virus pertenece a la familia de los coronavirus y ha sido el causante de la pandemia declarada por la OMS el 11 de marzo de 2020.

La COVID-19 afecta de distintas maneras en función de cada persona. La mayoría de las personas que se contagian presentan síntomas de intensidad leve o moderada, y se recuperan sin necesidad de hospitalización. Los síntomas aparecen entre dos y catorce días, con un promedio de cinco días, después de la exposición al virus.

Los síntomas más habituales son los siguientes:

- Fiebre
- Tos seca
- Cansancio

Otros síntomas menos comunes son los siguientes:

- Molestias y dolores
- Dolor de garganta
- Diarrea
- Conjuntivitis
- Dolor de cabeza
- Pérdida del sentido del olfato o del gusto
- Erupciones cutáneas o pérdida del color en los dedos de las manos o de los pies

Los síntomas graves son los siguientes:

- Dificultad para respirar o sensación de falta de aire
- Dolor o presión en el pecho
- Incapacidad para hablar o moverse

2. VÍAS DE TRANSMISIÓN

El virus no puede sobrevivir sin un huésped, y ese huésped somos nosotros. El virus se transmite desde una persona infectada (aunque sea asintomática) a otra no infectada (a la que llamaremos persona “susceptible”) a través de diferentes vías de transmisión.

Los mecanismos o vías de transmisión son el conjunto de estrategias (mecanismos) que utiliza el agente infeccioso para ponerse en contacto (transmisión) con el huésped. Estos mecanismos de transmisión pueden ser únicos o variados.

La transmisión puede ser directa o indirecta tal y como se expone en la siguiente tabla:

DIRECTA		Contacto Mordiscos y arañazos Transplacentaria Aérea
INDIRECTA	El contagio se produce con separación en el tiempo y el espacio entre la fuente y el huésped y actúa a través de seres animados (animales o artrópodos) o inanimados (alimentos, agua, fómites).	Desde el suelo (polvo) A través del agua Fómites (objetos contaminados) Vectores (insectos, artrópodos...) Alimentos

En nuestro caso el agente infeccioso es el coronavirus y el huésped somos nosotros.

En marzo no se conocían bien estas vías de transmisión, por eso las medidas adoptadas para frenar la propagación del virus fueron amplias. Pero con los meses, los investigadores han ido describiendo mejor estas vías y actualmente se considera que SARS-CoV-2 **se transmite principalmente por vía aérea**, mediante el contacto y la inhalación de las gotas y aerosoles respiratorios emitidos por una persona infectada

hasta las vías respiratorias superiores e inferiores de una persona susceptible. Esto quiere decir que una persona infectada transmite el virus por vía aérea al toser, estornudar, hablar, cantar, respirar...

También se puede producir el contagio por contacto indirecto a través de las manos u objetos contaminados con las secreciones respiratorias (saliva, mocos) de la persona infectada, si entran en contacto con las mucosas de las vías respiratorias y la conjuntiva de las personas no infectadas. La transmisión vertical a través de la placenta también es posible, aunque poco frecuente. Otras vías de transmisión son muy improbables.

Pregunta: Entonces, si la principal vía de transmisión es la aérea, ¿Por qué nos tenemos que lavar las manos?

Respuesta: Mantener las manos limpias es una de las medidas más importantes que podemos tomar para evitar enfermarnos y transmitir los microbios a otras personas. Muchas enfermedades e infecciones se propagan por no lavarse las manos con agua corriente limpia y jabón. Lavarse las manos con jabón elimina los microbios de las manos. Esto ayuda a prevenir infecciones por los siguientes motivos:

- Con frecuencia, las personas se tocan los ojos, la nariz y la boca sin darse cuenta. Los microbios pueden entrar al cuerpo por los ojos, la nariz y la boca y pueden enfermarnos.
- Los microbios en las manos sin lavar pueden llegar a los alimentos y las bebidas cuando las personas los preparan o los consumen. Los microbios pueden multiplicarse en algunos tipos de alimentos o bebidas, bajo determinadas condiciones, y hacer que las personas se enfermen.
- Los microbios de las manos sin lavar pueden transferirse a otros objetos, como pasamanos, mesas y mesones, o juguetes y, luego, transferirse a las manos de otra persona.
- Por lo tanto, eliminar los microbios mediante el lavado de manos ayuda a prevenir la diarrea y las infecciones respiratorias y podría incluso ayudar a prevenir infecciones en la piel y los ojos.

Según distintos estudios, lavarse las manos reduce las enfermedades respiratorias como los resfriados en la población general en un 16-21 %.

TEMA 2. MEDIDAS DE PROTECCIÓN FRENTE AL VIRUS

Con esto presente es fácil entender el porqué de las medidas de protección recomendadas:

Medida	Explicación	Precauciones
Uso correcto de mascarilla	Las mascarillas filtran los virus, por tanto, te protegen por si te expones ante alguien contagiado, y proteges a los demás por si acaso eres asintomático o estas incubando la enfermedad.	Ajústala bien a tu cara o el aire exhalado (y los posibles virus) saldrá por los huecos. Cámbiala siempre que este sucia o deteriorada, o no filtrará bien. No la toques
Lavado de manos	Nos tocamos la cara con frecuencia, sin darnos cuenta nos tocamos los ojos, nariz, boca, y es fácil llevar restos de secreciones en las manos. Lavarse las manos evita que transmitamos nuestras secreciones y que recojamos las de otros con las manos.	Lávate las manos con agua y jabón con frecuencia. Utiliza gel hidroalcohólico para mantener la higiene. Aunque sientas que tienes las manos limpias, lávate.
Distancia física	Si guardamos una distancia de seguridad será más difícil que respiremos el aire exhalado por otras personas.	Esta distancia es variable y depende de muchas variables: estar en interior o exterior, actividad que se desarrolle etc.
Ventilación	Los virus pueden quedar en suspensión en el ambiente y ventilando renovamos el aire eliminando los posibles virus.	En espacios cerrados es importante ventilar adecuadamente

ATENCIÓN: Todas estas medidas son complementarias y siempre debemos tener en cuenta que el riesgo 0 no existe y que las probabilidades de infectarnos disminuyen a medida que cumplimos más y mejor con las medidas de protección.

Por ejemplo, puede que nuestra mascarilla haya perdido eficacia con el uso, o que la llevemos mal colocada, pero si mantenemos la distancia de seguridad ganaremos en protección. La suma de todas estas medidas a lo largo del día, en las distintas circunstancias que nos acompañan, forman nuestro escudo de protección.

En la siguiente tabla se categoriza por colores (verde: riesgo bajo; amarillo: riesgo medio; rojo: riesgo alto) el nivel de riesgo en función de las distintas circunstancias:

Número de personas y actividad de grupo	Baja ocupación			Alta ocupación		
	Exterior	Interior bien ventilado	Interior mal ventilado	Exterior	Interior bien ventilado	Interior mal ventilado
Con mascarilla, contacto durante poco tiempo						
En silencio	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Amarillo
Hablando	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Amarillo
Gritando, cantando	Verde	Verde	Amarillo	Amarillo	Amarillo	Rojo
Con mascarilla, contacto durante mucho tiempo						
En silencio	Verde	Verde	Amarillo	Verde	Amarillo	Rojo
Hablando	Verde	Verde	Amarillo	Amarillo	Amarillo	Rojo
Gritando, cantando	Verde	Amarillo	Rojo	Amarillo	Rojo	Rojo
Sin mascarilla, contacto durante poco tiempo						
En silencio	Verde	Verde	Amarillo	Amarillo	Amarillo	Rojo
Hablando	Verde	Amarillo	Amarillo	Amarillo	Rojo	Rojo
Gritando, cantando	Amarillo	Amarillo	Rojo	Rojo	Rojo	Rojo
Sin mascarilla, contacto durante mucho tiempo						
En silencio	Verde	Amarillo	Rojo	Amarillo	Rojo	Rojo
Hablando	Amarillo	Amarillo	Rojo	Rojo	Rojo	Rojo
Gritando, cantando	Amarillo	Rojo	Rojo	Rojo	Rojo	Rojo

Fuente: Documento técnico “Evaluación del riesgo de la transmisión de SARS-CoV-2 mediante aerosoles” del Ministerio de Sanidad (modificado de Jones).

TEMA 3. IMPORTANCIA DE LOS AEROSOLES Y LA VENTILACIÓN

1. ¿QUÉ SON LOS AEROSOLES?

Los aerosoles son partículas que están suspendidas en el aire. Cuando los humanos respiran, hablan, cantan, tosen o estornudan, las gotitas respiratorias emitidas se mezclan en el aire circundante y forman un aerosol. Debido a que las gotas más grandes caen rápidamente al suelo, los aerosoles respiratorios a menudo se describen como formados por gotas más pequeñas de menos de 5 micras, o aproximadamente una décima parte del ancho de un cabello humano. Estas gotitas pequeñas que forman los aerosoles pueden flotar durante horas, y existe una fuerte evidencia de que pueden portar coronavirus vivos si la persona que lo exhala está infectada. Además, el contenido de agua de las gotas portadoras de virus se evapora mientras están en el aire, disminuyendo su tamaño. Incluso si la mayor parte del líquido se evapora de una gotita cargada de virus, la gotita no desaparece; simplemente se vuelve más pequeña, y cuanto más pequeña es la gota, más tiempo permanecerá suspendida en el aire. Debido a que las gotas de menor diámetro son más eficientes para penetrar profundamente en el sistema pulmonar, también presentan un riesgo de infección mucho mayor.

Debemos tener en cuenta que hay actividades en las que se emiten más aerosoles y estos llegan más lejos; por ejemplo, al hablar alto, al cantar, toser, jadear, hacer ejercicio...

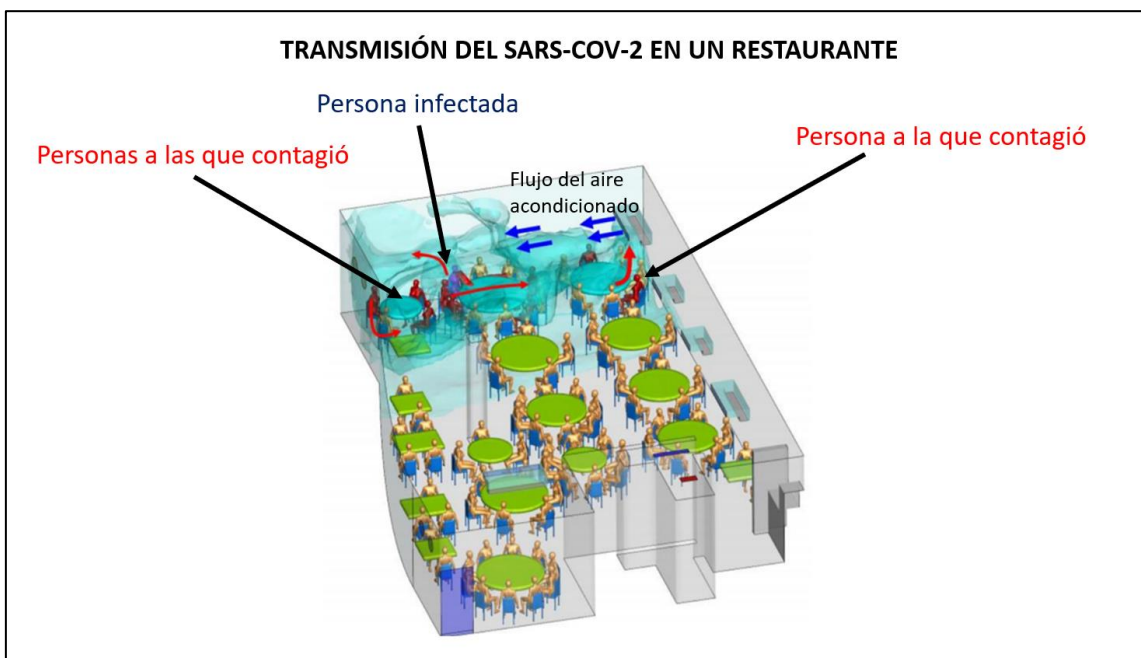
¿Esto que significa?

Pues que si alguien infectado no sabe que lo está (porque está asintomático) y por ejemplo toma el ascensor sin usar mascarilla (total, es solo para bajar al garaje y entrar en el coche), deja una nube de aerosoles en el ascensor. Si de las siguientes personas que tomen el ascensor alguna no lleva mascarilla (o la lleva mal colocada), pueden inhalar estas gotitas portadoras de coronavirus e infectarse.

Para hacerse a la idea resulta útil pensar en los aerosoles como en el humo de un cigarrillo.

En la siguiente imagen se ve cómo en un restaurante mal ventilado, a partir de una persona infectada pero asintomática se produjo un brote con varias personas

contagiadas. En este hecho tuvo fue relevante la acción del aire acondicionado, que recirculó el aire contaminado entre varias mesas.



Fuente: elaboración propia a partir de Li et al.

Se han ido estudiando diferentes brotes que han puesto de manifiesto la importancia de la transmisión por aerosoles en medios cerrados tales como autobuses, iglesias o locales de ensayo. Esto nos debe poner alerta.

ATENCIÓN: El riesgo de contagio de Covid-19 en ambientes interiores es superior al riesgo en el exterior. Por tanto, las actividades en exterior son siempre preferibles.

Como ya hemos comentado las vías de transmisión pueden ser variados y combinarse, y en el caso del coronavirus sucede esto. Cuando se han estudiado brotes ha sido difícil concretar si cuando las personas guardaban una distancia superior a los 2 metros, el contagio se debió solo a los aerosoles o hubo algún contacto sin medidas de protección.

Factores que influyen en el mayor o menor riesgo de la generación de aerosoles con virus viable de SARS-CoV-2 y su transmisión	
Por parte de la persona infectada en su periodo de transmisibilidad (Emisor)	
✓	Carga viral de la persona infectada
✓	Concentración y tamaño de los aerosoles emitidos
✓	Tiempo de emisión
Por parte de la persona susceptible (Receptor)	
✓	Volumen de aire inhalado
✓	Tiempo de exposición
✓	Concentración viral en los aerosoles inhalados
✓	Posición y distancia del emisor
✓	Vulnerabilidad personal
Condiciones dependientes del escenario	
✓	Nivel de transmisión comunitaria y porcentaje de susceptibles
✓	Tiempo, espacio o Exteriores e interiores o Ventilación adecuada
✓	Comportamiento aerodinámico de las partículas emitidas

Fuente: elaboración propia a partir del documento técnico del Ministerio de Sanidad. "Evaluación del riesgo de transmisión de SARS-CoV-2 mediante aerosoles. Medidas de prevención y recomendaciones".

2. ¿CÓMO PODEMOS PROTEGERNOS DE LOS AEROSOLES?

Las estrategias para mitigar la exposición en el aire son similares a las estrategias para mantenerse seco cuando llueve. Cuanto más tiempo permanezcas bajo la lluvia, y cuanto más llueva, más mojado quedarás. Del mismo modo, a cuantas más gotas estés expuesto y cuanto más tiempo permanezcas en ese entorno, mayor será el riesgo de exposición.

Por lo tanto, reducir el riesgo de contagio se consigue reduciendo la emisión y la exposición.

La **emisión de aerosoles** se puede reducir mediante:

- Disminución del número de personas.
- Silencio o volumen de habla bajo (al hablar fuerte o gritar la emisión es 30 veces superior).

- Actividad física relajada (al aumentar intensidad de actividad se aumenta la emisión).
- Uso de mascarilla bien ajustada.

La **exposición** se puede reducir mediante:

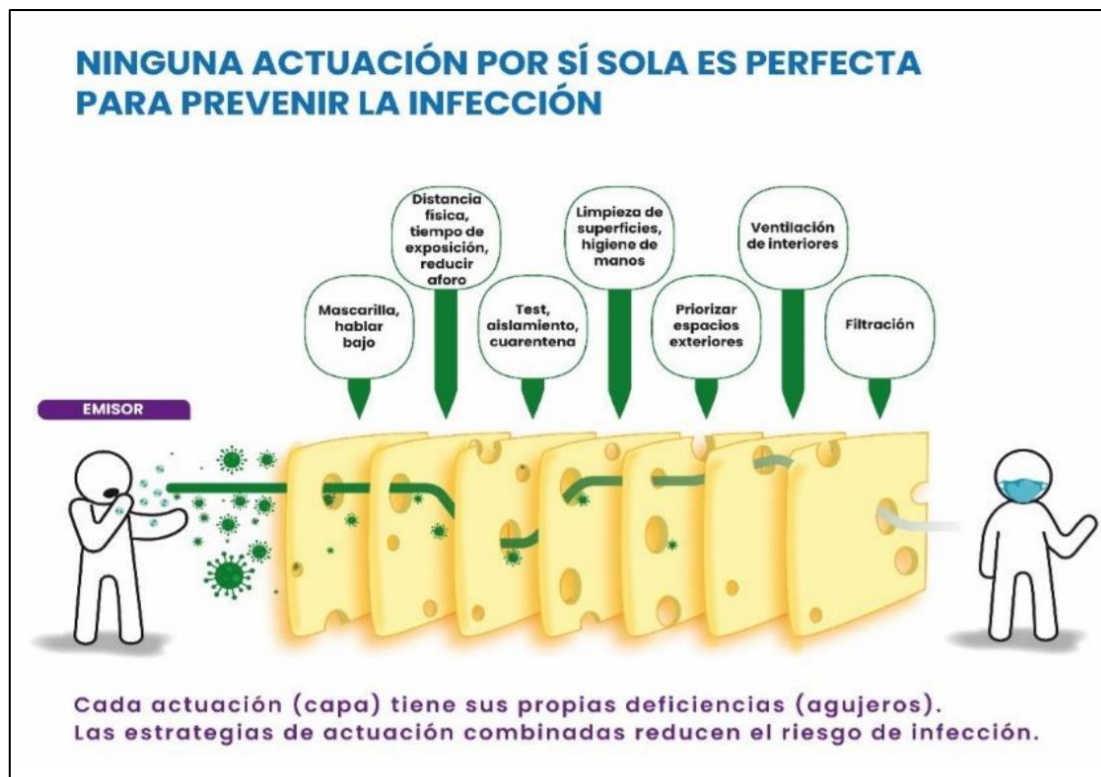
- Uso de mascarilla bien ajustada, incluso en ausencia de otras personas si estas han abandonado la sala muy recientemente.
- Reducción del tiempo de exposición.
- Aumento de la distancia interpersonal.
- Ventilación o purificación del aire, para eliminar o reducir la concentración de virus en el aire.

Por eso, en función de las circunstancias necesitaremos potenciar más unas acciones u otras. A veces no será posible mantener volumen bajo (ensayos de coros), otras veces no se podrá mantener actividad física relajada... Será cuestión de compensar unas con otras.

Ejemplo: Imagina que las medidas de reducción de contagio por aerosoles son los puntos de un examen. Necesitas sumar puntos para “aprobar” el examen y no contagiarte. Pero ten en cuenta que el 5 raspado no garantiza un aprobado... las personas más vulnerables o en situaciones especiales (embarazadas) necesitan ir a sacar notas más altas (en realidad todos debemos ir a por el sobresaliente). Y además ten en cuenta que cada medida puede puntuar, o no... depende de cómo se aplique (la mascarilla en la barbilla no puntúa). Y hay actividades que nos ponen en riesgo y es como si nos restaran puntos en el examen (bailar la conga después de una cena amigos, compartir vaso...).

En definitiva, las medidas de prevención para evitar la transmisión del virus SARS-CoV-2 deben seguir una estrategia combinada de medidas de protección, de forma que el uso conjunto de más de una medida permita alcanzar una mejor protección.

ATENCIÓN: Ninguna de las medidas de protección es 100% eficaz por sí misma para evitar la transmisión.



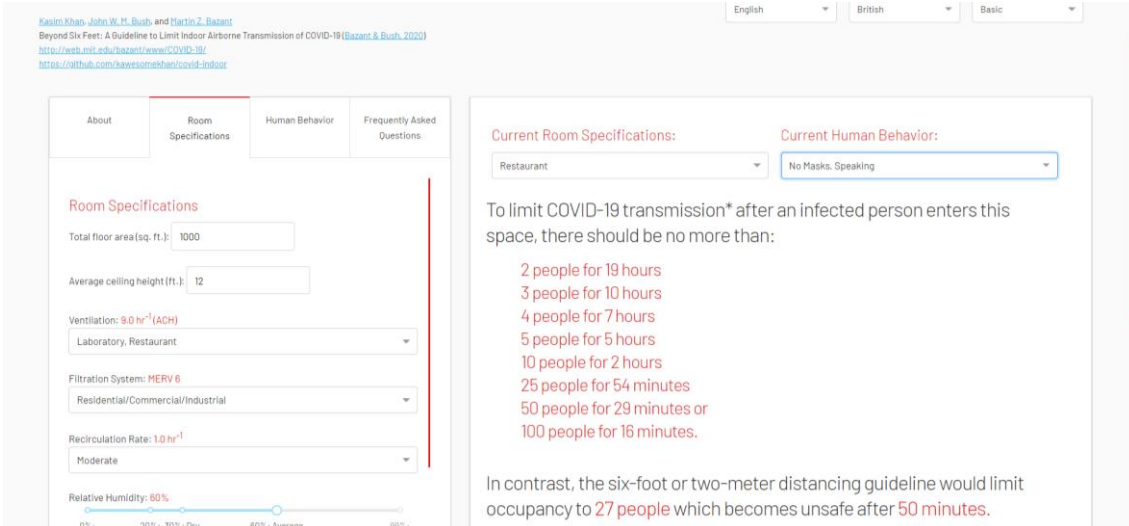
Fuente: Ministerio de Sanidad. Evaluación del riesgo de transmisión de SARS-CoV-2 mediante aerosoles. Medidas de prevención y recomendaciones (documento técnico).

ALGO PARA RECORDAR

- Al **hablar** emitimos unas 10 veces más partículas respiratorias que en silencio.
- Al **gritar** emitimos unas 50 veces más partículas respiratorias que en silencio.
- En el peor de los escenarios (gritar o cantar una hora en un espacio cerrado) una persona infectada liberaría 1.500 dosis infecciosas.

Por último, no podemos olvidar que **otro aspecto clave es reducir los contactos sociales**. En este sentido los investigadores del Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT, por su sigla en inglés) han creado una aplicación para determinar cuántas personas pueden congregarse con seguridad en un espacio determinado y durante cuánto tiempo. Según esta aplicación (disponible en <https://indoor-covid-safety.herokuapp.com/>), el límite seguro en un restaurante (asumiendo que la gente está sin mascarilla y hablando) sería

de menos de 1 hora si el aforo es de 25 personas. Si las personas llevan mascarilla permanentemente este tiempo se alarga (ver imagen para más supuestos).



Fuente: Indoor-Covid-Safety

3. VENTILACIÓN: CONCEPTOS BÁSICOS

Se puede conseguir que disminuya mucho la cantidad de aerosoles que inhalamos cuando permanecemos en una habitación ventilando, es decir, **abriendo puertas y ventanas**.

La ventilación necesaria para reducir el riesgo de contagio depende del volumen de la sala, el número y la edad de los ocupantes, la actividad realizada, la incidencia de casos en la región y el riesgo que se quiera asumir.

Los expertos recomiendan al menos 5-6 renovaciones/hora para estancias de 100 m² (una renovación es un volumen de aire exterior igual al volumen de la sala). No es necesario abrir totalmente las ventanas ya que se ha comprobado que se puede ventilar bien con aberturas parciales.

ATENCIÓN: 5-6 renovaciones/h no significa abrir las ventanas 5-6 veces a la hora. De hecho, se recomienda tenerlas abiertas de manera continua.

En edificios con sistemas de climatización se ha de reducir la fracción de aire recirculado y se ha de aumentar la fracción de aire procedente del exterior, con el fin de obtener

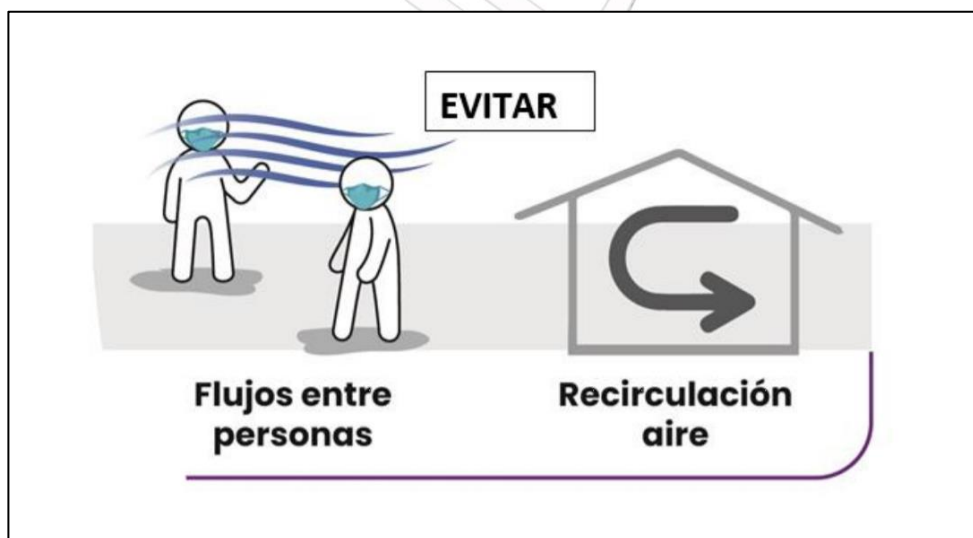
suficiente renovación de aire. Los objetivos de renovación son los mismos mencionados para ventilación natural: 5-6 renovaciones/hora.

La ventilación natural depende de muchos factores: características del local, tipo y situación de ventanas, configuración del edificio, viento... Por eso, se puede partir de unas pautas generales, pero es necesario valorar cada caso concreto.

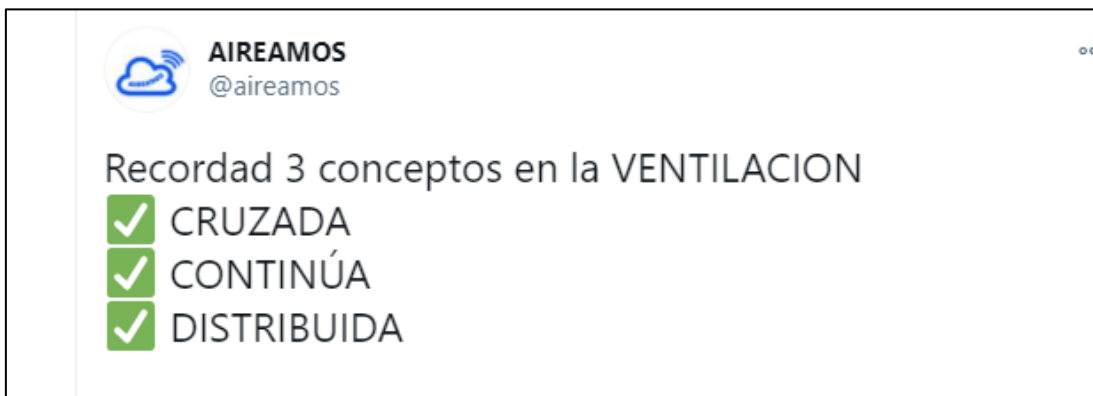
ATENCIÓN: El riesgo cero no existe. Cuanto mejor sea la ventilación, menor es el riesgo de contagio.

Si la ventilación es natural se recomienda ventilación cruzada (apertura de puertas y/o ventanas opuestas o al menos lados diferentes de la sala), para favorecer la circulación de aire y garantizar un barrido eficaz por todo el espacio.

ATENCIÓN: No usar ventiladores en el interior de los locales que generen el movimiento de aire entre personas y en general evitar las corrientes o flujos de aire que no estén asociados a un sistema bien diseñado de ventilación.



Fuente: Ministerio de Sanidad. Evaluación del riesgo de transmisión de SARS-CoV-2 mediante aerosoles. Medidas de prevención y recomendaciones (documento técnico).



Fuente: <https://twitter.com/aireamos/status/1349976468013674496?s=20>

Una de las cuestiones que nos interesa conocer es la dinámica de los flujos de aire en las habitaciones, y lo vamos a tratar en el siguiente apartado.

4. ESQUEMAS DE LOS FLUJOS DE AIRE

Cuando entra un flujo de aire a través de una ventana o una puerta, tiende a mantener su dirección hasta que se acerca a la pared. Esta idea se ilustra en los siguientes esquemas, donde se muestra una habitación con una puerta y una ventana en esquinas opuestas. Posiblemente, tenderíamos a pensar que en este caso se establecería un flujo directo entre la puerta y la ventana. Sin embargo, la realidad es que el flujo tiende a mantener su trayectoria inicial. Y, en función de si entra por la puerta o por la ventana, el camino que sigue el aire es distinto, como ilustran ambos esquemas.

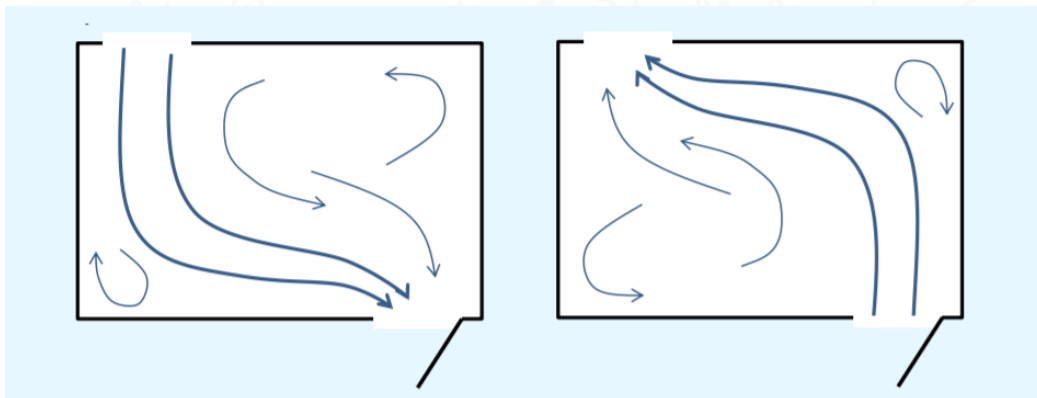
Las flechas indican el camino principal que sigue el flujo. Pero esto no quiere decir que el resto del aula quede sin ventilar. Al moverse, el flujo de aire se va mezclando dentro del aula y se distribuye en mayor o menor medida por todo el volumen. En general, las pruebas realizadas demuestran que existen diferencias entre distintas zonas, algunas mejor ventiladas que otras.

Por eso, es conveniente tener en cuenta estas ideas básicas e intentar conseguir una ventilación cruzada distribuida para optimizar la calidad del aire en toda el aula, sin tener que abrir excesivamente las ventanas.

Estos esquemas también dan idea de que para esta aula se pueden dar ambas situaciones, en función de si un día entra el aire por la ventana o por la puerta. Por eso,

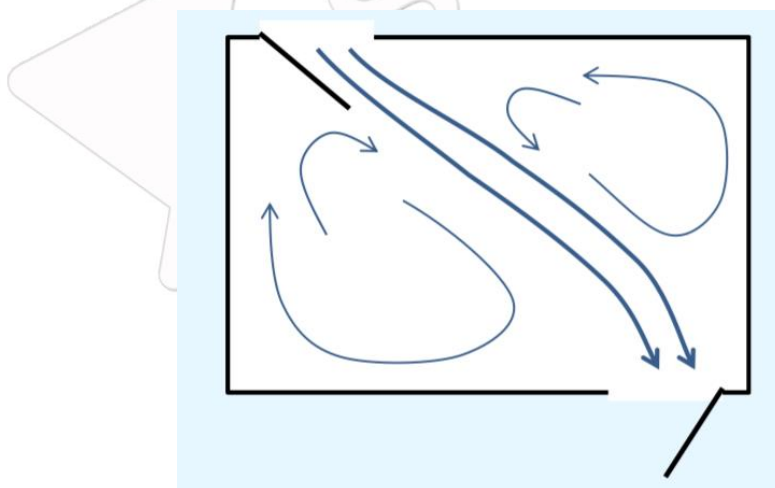
la zona peor ventilada puede ser cualquiera de las dos esquinas sin aberturas, según sea la dirección del viento ese día.

En la izquierda, el flujo de aire entra por la ventana. En la derecha, por la puerta.



Fuente: Ventilación natural en las aulas. Guía Práctica. Laboratorio de Investigación en Fluidodinámica y Tecnologías de la Combustión (LIFTEC). CSIC.

Seguimos estudiando cómo se mueve el aire en las aulas, mediante simulaciones y medidas, para intentar evaluar cómo de importantes son las diferencias entre distintas zonas del aula y la mejor manera de minimizarlas o de elegir la situación del analizador. A veces, pequeños cambios pueden modificar significativamente el flujo en el aula. Por ejemplo, si una ventana con bisagras se orienta como se ve en la siguiente figura, el aire entraría en diagonal, consiguiendo una mejor distribución dentro del aula.



Fuente: Ventilación natural en las aulas. Guía Práctica. Laboratorio de Investigación en Fluidodinámica y Tecnologías de la Combustión (LIFTEC). CSIC.

El movimiento del aire en una habitación es muy complejo y difícil de predecir. Por eso, **siempre se debe intentar aplicar una ventilación cruzada distribuida ,pero sigue siendo imprescindible verificar con el analizador de CO₂** que la calidad de ventilación es correcta.

ATENCIÓN: la ventilación debe ser continua, puesto que bastan 10 minutos para que el aula alcance niveles de CO₂ muy superiores a los aceptables.

5. VENTILACIÓN NATURAL Y CONFORT AMBIENTAL

Ventilar no tiene porqué ser obligatoriamente sinónimo de pasar frío, es decir, que **la ventilación debe balancearse con el confort**. Puede definirse confort térmico, o más propiamente comodidad higrotérmica, como la ausencia de malestar térmico.

La sensación de confort térmico en los espacios cerrados depende de 6 aspectos:

1. Género
2. Edad
3. Raza
4. Superficie corporal
5. Tasa metabólica
6. Aislamiento a través de la ropa

Las condiciones marcadas por el Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios, según el cual, las condiciones de confort higrotérmico se definen en un rango de temperatura que oscila entre los 21°C y los 25°C y una humedad relativa entre 40% y 60%.

Por tanto, en función de las condiciones exteriores la ventilación puede suponer una mejora de la sensación de confort (ambientes cálidos), pero también puede poner en riesgo este confort si supone un enfriamiento (ambientes fríos). Hay otras circunstancias que pueden dificultar la ventilación como es la presencia de ruido exterior o contaminación atmosférica.



Teniendo esto en cuenta es necesario conocer bien las características de los espacios cerrados que necesitamos airear, para poder optimizar las medidas de ventilación con el mínimo impacto sobre el bienestar.

En situaciones de alta transmisión comunitaria de SARSCoV2, se debe valorar la priorización de la ventilación natural frente las condiciones necesarias para el confort térmico o a los requerimientos de eficiencia energética, **hasta donde sea razonable**.

ATENCIÓN: No abra las ventanas y puertas si hacerlo representa un riesgo para la seguridad de las personas (por ejemplo, riesgo de caerse).

Confort térmico y ventilación natural en las aulas

Los datos de un reciente estudio nacional (octubre 2020) ponen de manifiesto la inadecuada calidad ambiental interior de los centros escolares en nuestro país. Los datos de este estudio se pueden consultar en el informe "[Proyecto de monitorización de colegios](#)" y concluyen que las condiciones de confort y calidad ambiental interior de los centros escolares españoles son pésimas de manera generalizada, independientemente de las zonas climáticas, de la tipología de los colegios, su antigüedad, ubicación y casuística particular. Esto nos debe de poner sobre aviso, dado que se va a tener que ventilar en edificios que parten de una mejorable calidad ambiental. ¿Esto que quiere decir? Pues que es muy necesario abordar la ventilación de la manera más rigurosa posible para conseguir un doble objetivo: **mantener un recambio de aire adecuado y mantener el confort térmico de alumnos y profesores**.

La Sociedad Española de Pediatría recomienda de cara al invierno y en el contexto COVID-19, intentar mantener una adecuada sensación térmica

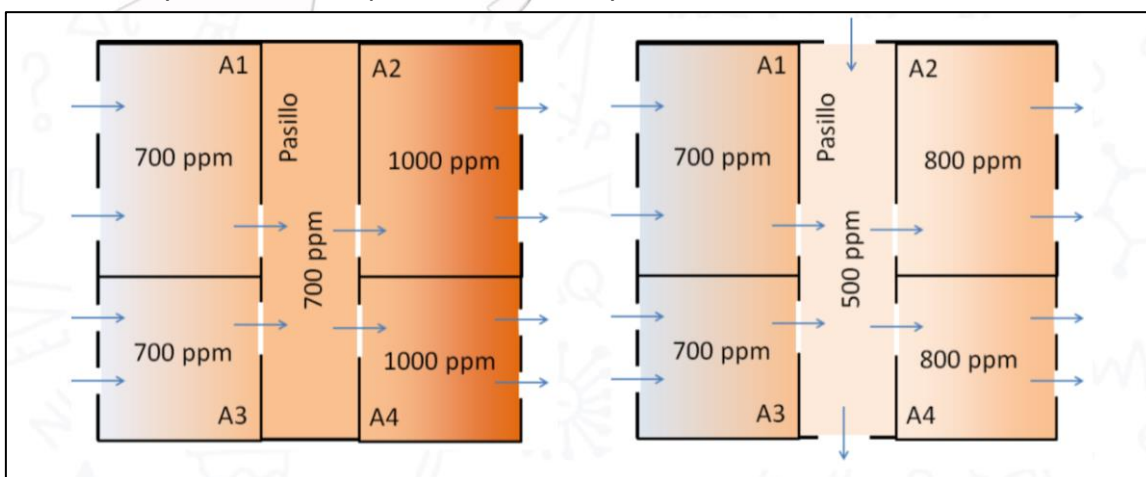
manteniendo la ventilación cruzada lo suficiente para diluir el riesgo trabajando con los sensores de CO₂, apertura parcial y mayor ropa de abrigo en el aula. Si el frío se incrementa, instan a usar sistemas de calefacción o ventilación /purificación a partir de energía de fuentes de renovables y advierten que los niños con frecuencia refieren sensación de frío con algunos grados menos que los adultos.

ATENCIÓN: La apertura parcial de varias ventanas consigue mejor ventilación frente a apertura máxima de una sola ventana, y además ayuda a mantener un confort térmico más aceptable si las condiciones meteorológicas son adversas.

6. PASILLOS Y ZONAS DE PASO

Cuando un pasillo está mal ventilado sus concentraciones de CO₂ están muy relacionadas con la concentración de CO₂ de las estancias que dan a él, ya que el aire procede en gran medida de estas habitaciones cuando entra aire limpio por las ventanas. Si además las estancias están mal ventiladas, la concentración de CO₂ en el pasillo se dispara y aumenta el riesgo de contagio. Esto no es aplicable si los pasillos o zonas de paso tienen ventilación propia.

Esta idea se muestra en las siguientes figuras. Aquí se supone que el viento viene por la izquierda y, lógicamente, provocará la entrada de aire exterior por las ventanas de las aulas A1 y A3. Esa misma cantidad de aire debe salir necesariamente por otras aberturas del edificio, en este caso a través de las ventanas de A2 y A4. Así, el pasillo alimentará las aulas A2 y A4 con el aire procedente de A1 y A3.



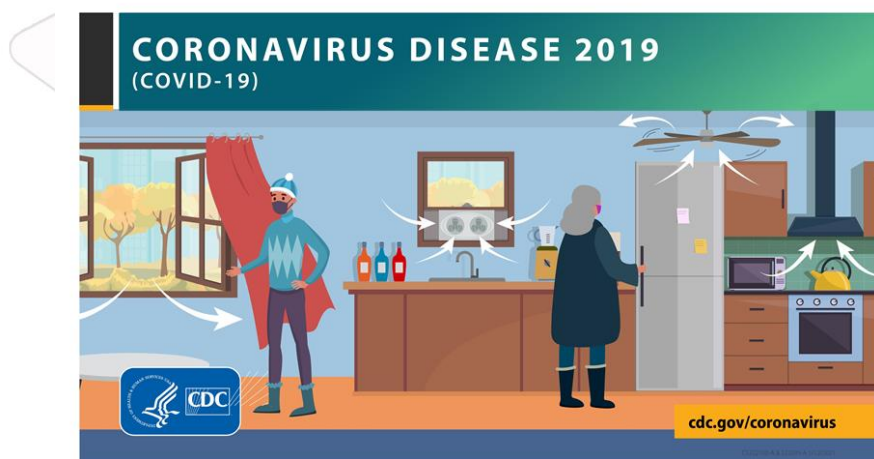
Fuente: Ventilación natural en las aulas. Guía Práctica. Laboratorio de Investigación en Fluidodinámica y Tecnologías de la Combustión (LIFTEC). CSIC.

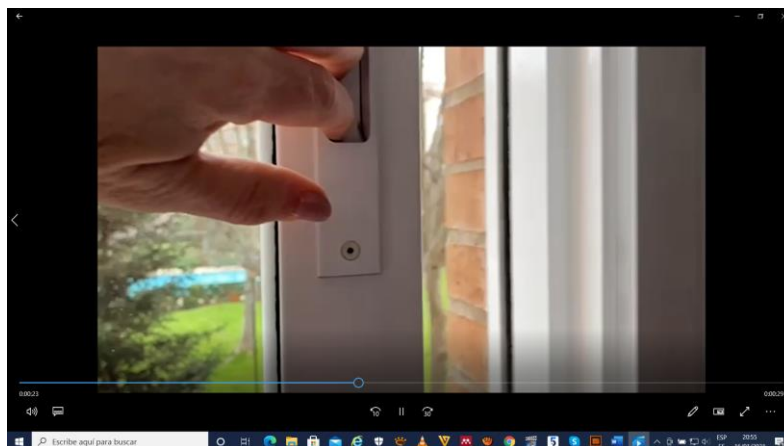
Si el pasillo está mal ventilado, como en la figura de la izquierda, las aulas a las que llega el aire desde el pasillo excederán los límites de CO₂ recomendados, independientemente de cómo se ajusten sus ventanas. En cambio, si está bien ventilado (derecha), también en esas aulas está entrando aire (casi) limpio. Por eso, resulta imprescindible mantener una buena higiene del aire en los pasillos para asegurar buenas condiciones de ventilación en todas las aulas.

ATENCIÓN: Aunque en el curso nos referimos con frecuencia a las aulas escolares, recordamos que estas recomendaciones se aplican a otros espacios cerrados similares como oficinas, bares, bibliotecas, tiendas etc.

7. RECOMENDACIONES DE VENTILACIÓN EN EL HOGAR (CDC)

- Introduce la mayor cantidad de aire fresco posible a tu hogar.
- Filtra el aire de tu hogar: si tu casa tiene sistema climatizador o de ventilación, asegúrate de que incorpora filtros, así como de su correcto mantenimiento.
- Enciende el extractor de aire en baño y cocina: ayudan a expulsar el aire fuera de casa.
- Usa los ventiladores de forma correcta: no los dirijas a las personas porque eso hace que el aire recircule entre ellas. Dirige los ventiladores hacia las ventanas o puertas para que el aire interior salga.
- Limita la cantidad y tiempo de las visitas



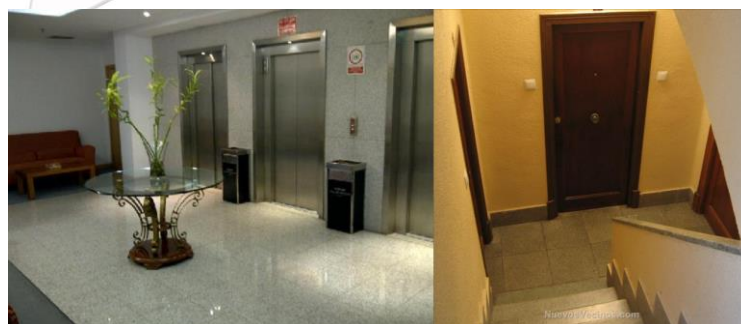


Video #quecorraelaire Fuente: @evidencia y @paumatalap Disponible en:
<https://twitter.com/Eevidencia/status/1344610643413000>

193

Ascensores y descansillos

Pensemos en un escenario real y cotidiano: los ascensores y descansillos. Como ya hemos comentado los lugares de paso mal aireados tienen mayor riesgo de transmisión por la mayor concentración de aerosoles. Ahora pensemos en nuestras rutinas diarias... Salimos de casa deprisa, a veces con la mascarilla en la mano... **Si no nos colocamos correctamente la mascarilla antes de salir de casa nos estamos exponiendo a lugares que percibimos como seguros, pero tienen mucho más riesgo que la calle.** Es recomendable prestar atención a estas zonas de paso y tratar de asegurar ventilación abriendo puertas y ventanas de las zonas comunes de los edificios. En cualquier caso, es importante que nos concienciamos del riesgo que tienen estas zonas y que percibimos como seguras.



8. ALGUNAS IDEAS PARA APLICAR CON LOS NIÑOS

Como ya hemos mencionado, la actividad física y el tono de voz influyen notablemente en la producción de aerosoles. Por eso la vuelta al aula después del recreo es un momento crítico, ya que los niños pueden encontrarse activos y será fácil que quieran correr, vocear etc. Son niños, es normal, lo que tenemos que hacer es estar prevenidos y tratar de mitigar esta situación.

Para eso se propone que antes de volver al aula tras el recreo u otras actividades que activen a los niños (salidas al aula de música, clase de gimnasia etc.), se apliquen protocolos de relajación o vuelta a la calma. Si se realizan de manera rutinaria será más fácil que los pequeños lo interioricen y la vuelta al aula sea tranquila y segura para todos. Las técnicas de imaginación guiada resultan muy interesantes para nuestro propósito. Mediante estas técnicas se conectan una serie de imágenes imaginarias con emociones positivas, las cuales deben servir para poder, posteriormente, cambiar los pensamientos negativos y conseguir un estado de bienestar óptimo. Son muy útiles para reducir el estrés y relajarse y son muy útiles en niños.

Ejemplo: visualización de un paisaje

El profesor pide a los niños que se tumben o sienten (el caso es que estén cómodos) con los ojos cerrados. Con voz suave y lenta les lee el siguiente texto extraído de Educrea.cl (puede llevar música relajante de fondo).

- Imagina que vas caminando por un prado de hierba muy verde situado entre altas montañas nevadas.
- Fíjate en las montañas a tu alrededor, son muy altas, y ves como contrasta el blanco de la nieve con el intenso color azul del cielo. Es mediodía y encima de ti brilla un sol muy radiante y luminoso. Mira el verde de la hierba, el blanco de la nieve de las montañas y el azul del cielo.
- La temperatura en ese lugar es muy agradable, no hace frío ni calor y sopla una agradable brisa templada que roza delicadamente sobre la piel de tu cara.
- Al caminar notas, ya que vas descalzo, el suave roce de la hierba bajo las plantas de tus pies. Puedes percibir el tacto de la hierba algo húmedo y fresco.
- Vas muy despacio deleitándote de todo lo que ves y sientes a tu alrededor.
- Tienes una gran sensación de tranquilidad y paz.
- Oyes el canto de los pájaros y los ves volar a tu alrededor.
- Fíjate ahora en las plantas, hierbas y flores que hay a tu alrededor. Hay pequeñas flores de colores muy vivos, blancas, amarillas, anaranjadas, azules... acércate a

olerlas. Corta una flor y acércala a la nariz. Huele su aroma mientras te concentras en el color de sus pétalos.

- Sigue caminando muy despacio, si ninguna prisa, disfrutando del paseo.
- Mira los riachuelos de agua que bajan de las montañas formando pequeños arroyos, donde las aguas saltan, corren, formando pequeñas cascadas y tranquilas pozas. Concéntrate hasta que escuches el murmullo de las aguas...
- Ahora te vas a acercar a un arroyo y vas a agacharte e introducir tus dos manos unidas en el agua para recogerla y beber. Siente el frescor del agua en tus manos. Dirígelas a la boca y bebe. Siente el agua fresca, pura, limpia y cristalina entrando en el interior de tu cuerpo. Esa agua revitaliza a todo tu organismo y te sientes lleno de salud y bienestar.
- Sigue tu paseo y fíjate en una pequeña planta de menta, acércate y corta algunas hojas. Mastícalas y percibe el fuerte sabor a menta en tu paladar. Concéntrate hasta notarlo con total nitidez.
- Finalmente vas a buscar un sitio en ese lugar donde poder tumbarte cómodamente. Túmbate y descansa, cierra los ojos y percibe los ruidos, los olores, la temperatura... y descansa profundamente, muy profundamente...

9. ELEGIR EL MOMENTO ADECUADO PARA NO PASAR FRÍO EN INVIERNO

Una estancia vacía a primera hora de la jornada antes de que entre nadie en la misma no debe ser ventilada intensamente, pues no hay riesgo de transmisión por aerosoles, y ello produciría una pérdida marcada del confort térmico cuando las personas accedan a la misma.

Sí que es conveniente ventilar intensamente, una vez se haya ocupado y finalice la jornada, para obtener un aire libre de virus y concentraciones de CO₂ cercanas a la concentración exterior.

Por tanto, no es necesario volver a ventilar antes de la llegada de las personas. Sin embargo, sí es conveniente calentar el espacio antes de la llegada de la gente, cuando comienza la necesidad de ventilación y por tanto hay que abrir puertas y ventanas.

Así pues, hay que abrir **puertas y ventanas** en el momento en que llega la gente a la estancia, hasta ese momento se puede calentar el espacio en ausencia de personas con ventanas y puertas cerradas.

Casos prácticos

- **En las aulas:** Al inicio de la clase no hace falta ventilar y aprovechamos para calentar bien el aula con el sistema de calefacción. Cuando este el aula completa con todos los alumnos y el profesor, se ventilaría de manera constante y suficiente (puertas y ventanas abiertas parcialmente), y aprovechamos el recreo para ventilar de manera intensiva (puertas y ventanas completamente abiertas). A la vuelta, se volvería a ventilar de manera constante y suficiente para volver a ventilar de manera intensiva al final de clase. Recordemos que entendemos que niños y profesores llevan mascarilla y practican la higiene de manos.
- **Comercios:** Al abrir la tienda no haría falta ventilar, pero si cuando empiece a llegar gente. Sería conveniente aprovechar los ratos en los que no hay clientes para ventilar de manera intensiva. Un medidor de CO₂ ayudaría mucho a saber cuándo el ambiente está “peligrosamente cargado”. Recordemos que entendemos que los clientes y trabajadores llevan mascarilla y practican la higiene de manos.
- **Hostelería:** basándonos en los mismos principios, al abrir el negocio no es preciso ventilar, pero si a medida que lleguen los clientes. Al igual que en los comercios, un medidor de CO₂ resulta muy útil para poder adecuar la intensidad de la ventilación. La hostelería es un sector delicado en este aspecto dado que es muy probable que los clientes se retiren la mascarilla para comer y/o beber. Además, la ingesta de alcohol favorece la relajación en la toma de las medidas de precaución. En estos recintos hay que prestar especial atención a las terrazas exteriores con cerramientos, ya que se pueden comportar como espacios cerrados y necesitan ventilación suficiente. Recordemos que entendemos que los clientes y trabajadores llevan mascarilla (excepto para comer y beber) y practican la higiene de manos.
- **Gimnasios y centros deportivos:** dadas las características de la actividad que se realiza en estos centros, es imprescindible mantener la ventilación y probablemente de manera intensa (quien mejor nos lo va a indicar es un medidor de CO₂). La OMS desaconseja el uso de mascarilla mientras se realiza actividad física moderada o intensa, lo cual obliga a prestar mas atención a la ventilación y aumentar la distancia física. Así mismo, se recomienda prestar especial atención a la limpieza y desinfección de las superficies.

ATENCIÓN: La velocidad de la renovación de CO₂ es mucho mayor que la velocidad de pérdida de carga térmica en la estancia. Al abrir puertas y ventanas en los ratos en los que no hay personas en el interior, el descenso de la concentración de CO₂ es mucho más acusado que el descenso de temperatura.

TEMA 4. SISTEMAS PARA MONITORIZAR Y DETERMINAR LA CALIDAD DEL AIRE

1. MONITORIZACIÓN DEL CO₂

Cuando respiramos, exhalamos tanto aerosoles como dióxido de carbono (CO₂). Como es mucho más difícil medir los aerosoles, se utiliza la medida de CO₂, gas inocuo, como indicador de qué proporción del aire de una habitación ha sido ya respirado por los ocupantes. La concentración de CO₂ está directamente relacionada con el índice de ventilación del ambiente en que está presente. Va a depender del número de personas, de su metabolismo y de la ventilación.

Por tanto, medir el CO₂ nos indica la calidad del aire de los espacios cerrados y nos sirve para comprobar si estamos ventilando de manera adecuada.

Además, a través de un sistema de alarma basado en esta medición, se contribuiría entre otras cosas a mejorar la capacidad de información a la población para participar de una forma más activa y personal en el control de la Pandemia.

CO ₂ [ppm]	Air Quality
2100	BAD Heavily contaminated indoor air Ventilation required
2000	
1900	
1800	
1700	
1600	MEDIOCRE Contaminated indoor air Ventilation recommended
1500	
1400	
1300	
1200	
1100	FAIR
1000	
900	
800	GOOD
700	
600	EXCELLENT
500	
400	

En el **aire ambiente se alcanzan alrededor de 400 ppm máximo de CO₂**. Idealmente se pretende en un modelo de gestión de la información de aulas y/o negocios que los niveles estén lo más próximos a esa cifra. Estableciendo a priori un nivel informativo

máximo de 450 ppm en las aulas y 600 en los locales de ocio o trabajo de los adultos, por ejemplo. Podría ayudar a tomar mejores decisiones en las actividades sociales o educativas. Covid-19 es un contaminante biológico del aire interior nuevo, que requiere un acercamiento cauteloso basado en la ciencia, y ayudará probablemente a revisar los estándares actuales de calidad del aire interior. La proporción de CO₂ en aire se mide en 'partes por millón' (ppm=número de moléculas de CO₂ por cada millón de moléculas) y da idea del grado de contaminación del aire con exhalaciones de las personas. Por ejemplo, **700 ppm indicaría que aproximadamente el 1% del aire de la habitación ya ha sido respirado antes por otra persona).**

ATENCIÓN: Si se dispone de medidores de CO₂, no necesitamos abrir todo el rato si el nivel está por debajo de 700ppm. Así conseguimos el equilibrio entre ventilación y temperaturas.

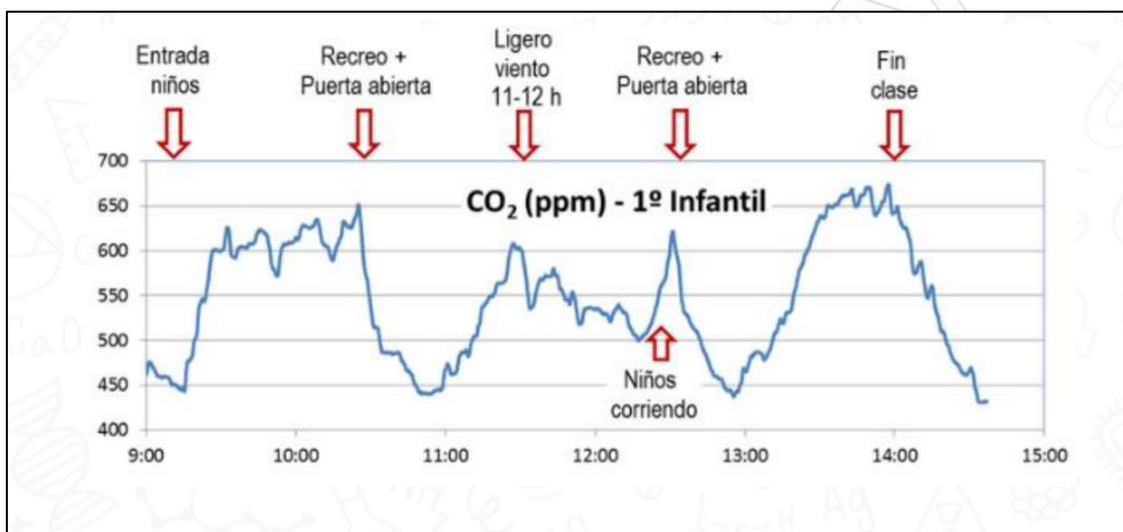
La tabla siguiente muestra las categorías de calidad del aire interior en función del uso de los edificios (IDA):

Categoría	Calidad del aire	Tipo de edificio	Concentración CO ₂
IDA 1	Aire de calidad óptima	Hospitales, clínicas, laboratorios y guarderías	350 ppm
IDA 2	Aire de buena calidad	Oficinas, residencias (locales comunes de hoteles y similares, residencias de ancianos y estudiantes), salas de lectura, aulas de enseñanza y similares, y piscinas.	500ppm
IDA 3	Aire de calidad media	Edificios comerciales, cines, teatros, salones de actos, habitaciones de hoteles y similares, restaurantes, cafeterías, bares, salas de fiestas, gimnasios, locales para el deporte y salas de ordenadores.	800 ppm
IDA4	Aire de calidad baja	Resto de locales	1200 ppm

Fuente: Real Decreto 1027/2007, por el que se aprueba el Reglamento de instalaciones térmicas en los edificios (RITE).

IMPORTANTE: el nivel del CO₂ no es estático, es decir que fluctúa a lo largo del tiempo. Puede que al principio del día haya un nivel muy bueno, pero si ambiente se va concentrando, puede terminar siendo muy malo en pocas horas.

En la siguiente imagen se ve como el nivel de CO₂ varia en un aula a lo largo de la mañana. Esta aula que tomamos como ejemplo tiene con 10 niños y 1 maestra. En este caso, se abrieron 3 ventanas 15 cm cada una (en total, 45 cm) y la ventilación fue correcta todo el tiempo (CO₂ por debajo de 700 ppm). Puede observarse cómo cambia la concentración en función de la ocupación y la actividad.



Fuente: Ventilación natural en las aulas. Guía Práctica. Laboratorio de Investigación en Fluidodinámica y Tecnologías de la Combustión (LIFTEC). CSIC.

En estancias donde se mantiene el número de personas más o menos estable (por ejemplo, en oficinas), las fluctuaciones pueden ser menores o más controladas. En los casos en los que la afluencia de personas es variable (tiendas, restaurantes, centros de atención al público) estas fluctuaciones pueden ser mucho más pronunciadas y difíciles de controlar.

ATENCIÓN: Es importante monitorizar la concentración de CO₂ para mantener un ambiente seguro.

2. APARATOS DE MONITORIZACIÓN

Los sensores de CO₂ miden la concentración de CO₂ en el aire. En España existe una amplia variedad de sensores comerciales.

A la hora de adquirir un detector de CO₂ para instalarlo en un espacio interior (aulas, salas de reuniones, bares, restaurantes, etc.) se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones:

1. **Necesidad de ventilar:** cuando se midan más de 700 ppm de CO₂ es necesario ventilar el espacio hasta niveles de CO₂ exterior (unos 400 ppm).
2. **Movilidad:** si el aparato va a ser móvil puede funcionar con pilas, pero se debe asegurar la durabilidad de las mismas. Si el aparato se va a instalar de forma fija, es recomendable que sea enchufable.
3. **Tiempo de respuesta del sensor:** El tiempo de respuesta debe ser rápido del orden de varios segundos, pero algunos sensores tienen un tiempo de respuesta de unos 2 minutos.
4. **Registro y recuperación de datos:** es recomendable, aunque la mayoría de los dispositivos testados solamente poseen histogramas sin posibilidad de recuperar los datos.
5. **Ubicación del medidor:** alejado de la puerta o ventana abierta y a una altura cercana a la de 1,5 m aproximadamente. Debe situarse a más de 1 m de las personas y en el punto más desfavorable de la ventilación. Es recomendable hacer la medida en varios puntos para detectar zonas mal ventiladas.
6. **Verificar la medida inicial (calibración de fondo):** antes de empezar a medir en el espacio interior, hay que verificar la medida en exterior y comprobar que obtenemos un valor próximo a 400 ppm. Así sabremos si está bien calibrado o necesita ser calibrado.

Características deseables de los medidores de dióxido de carbono
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 CO ₂ en tiempo real
Uso de tecnología NDIR (del inglés nondispersive infrared)
Coste entre 100 y 300 €

Fuente: Anexo de la Guía para ventilación de las aulas. CSIC 2020.

Según los expertos, los mejores son los dispositivos NDIR (non-dispersive infrared; IR no dispersivo), y los mejor valorados por este grupo son los que se muestran en la siguiente tabla:

Dispositivos recomendados	Exportación de datos	Pilas Batería	Autonomía	Calibración de fondo
Aranet4 	+ Smartphone & ordenador	+	varios años	+
Kkmoon/Kecheer 	+ Ordenador en formato PDF	+	14 h max.	+
Soulong/Gototop, Mod. PHT-2000 	+ Ordenador	+	No especifica	+
AZ 7755 	+ Ordenador	+	> 24 h	+

Fuente: Guía sobre medidores de CO₂ disponibles en España

Fuente: Aireamos.org disponible en: <https://bit.ly/medidoresCO2>

ATENCIÓN: Si se utilizan equipos de medida de concentración de CO₂, en el aire deben estar calibrados

3. PUESTA EN MARCHA DEL ANALIZADOR

Ubicación

Debe situarse alejado de puertas y ventanas y también de las personas:

- **Para equipos portátiles**, se recomienda situarlos en la zona central del aula, a una altura entre 1,2 y 2 m. Puede instalarse sobre un trípode o una mesa, dejando una distancia de al menos 1 m a la persona más cercana.

- **Para equipos instalados de forma permanente**, puede buscarse una posición más apartada (incluso una pared), pero siempre alejada de entradas de aire y personas y una vez que se haya comprobado que da el mismo resultado que en el centro de la estancia.

ATENCIÓN: Entre distintas opciones, elegir siempre la zona que se considere peor ventilada.

Calibración del analizador

Debe calibrarse antes de empezar a usarlo y comprobar periódicamente que mantiene la calibración (o bien volver a calibrar). Esto se hace exponiendo el analizador al aire exterior y activando la rutina de calibración propia del analizador (calibrate, zero... en función del modelo).

Estabilización de la lectura

El analizador necesita cierto tiempo para llegar a un valor correcto y estable (en algunos modelos, puede ser hasta 5-10 minutos). Si se toma la lectura antes de tiempo, los errores pueden ser muy grandes.

ATENCIÓN: siga las especificaciones y recomendación es técnicas de la casa comercial de su dispositivo.

Un semáforo para el covid en clase: el pionero sistema de un colegio gallego

Una AMPA de A Coruña invierte 7.200 euros en medidores de calidad del aire: «Pasaremos el frío el justo y necesario»



Aparato que mide el nivel de CO₂ en Las Jesuitinas. MARCOS MÍGUEZ

Fuente: [La Voz de Galicia](#)

La médica Raquel Blasco exponía las grandes diferencias halladas en un aula con y sin ventilar. Gracias a la medición del CO₂ se ha comprobado como la calidad del aire durante una clase de hora y media empeoró notablemente, pero que se pudo mejorar en tan solo 15 minutos mediante ventilación natural.

Raquel Blasco
@RaquelBlascoR

#Co2covid

CO2 en 1 aula: observación d la #calidad del aire en condiciones reales durante 2h

- ▶ 1h30 sin ventilación, 25 alumnos y 1 profesor: 2854 ppm 😞
- ▶ Tras 15' ventilación a través de 2 grandes ventanas abiertas, alumnos aún presentes, reducción por debajo de 700 ppm

Temps	CO2 PPM
09:40	552
09:44	682
09:48	834
09:51	951
09:54	1066
09:58	1161
10:01	1266
10:04	1351
10:07	1429
10:10	1524
10:13	1619
10:16	1717
10:19	1868
10:22	1971
10:25	2047
10:28	2130
10:31	2222
10:34	2301
10:37	2411
10:40	2524
10:43	2622
10:46	2720
10:49	2784
10:52	2854
10:55	2454
10:58	1290
11:01	920
11:04	724
11:07	602
11:10	692
11:13	620
11:16	632
11:19	696

pediatragabirui y 9 más

1:49 p. m. · 3 dic. 2020 de Valladolid, España · Twitter for Android

En distintos foros se esta proponiendo la instalación de monitores de pared en los espacios cerrados. Estos monitores medirían de manera constante la concentración de CO₂ y ayudarían a asegurar la seguridad de las personas que estén en el interior. La aplicabilidad y potencial beneficio de su uso en el ámbito de la educación, hostelería y comercios son importantes.

ATENCIÓN: hay que recordar que la concentración de CO₂ es un indicador indirecto y que en espacios donde haya instalados purificadores de aire (filtros HEPA) este dato necesita ser adaptado (el filtro elimina los virus del ambiente, pero no el CO₂).



Monitor de pared de medidor de CO₂ aplicado a la hostelería. Fuente @dafragrup

ATENCIÓN: El CO₂ no se degrada con el tiempo, mientras que el virus en aire sí, por lo que las concentraciones de virus en aire decrecerán más rápidamente que las de CO₂.

TEMA 5. SOLUCIONES PARA MANTENER UNA VENTILACIÓN ADECUADA

En primer lugar, debemos recordar priorizar las actividades al aire libre frente a las realizadas en espacios cerrados.

1. PRIMEROS PASOS PARA AJUSTAR LA VENTILACIÓN

- Cuando nos enfrentamos por primera vez a la ventilación de una habitación no tenemos referencias, por lo que es importante realizar con cuidado los primeros análisis de la situación.
- Los resultados serán específicos para cada espacio.
- Es importante prestar atención a todos los detalles, para que los datos sean realmente útiles. El comportamiento de la ventilación natural es muy complejo y si las pruebas no se realizan con cuidado puede ser difícil llegar a conclusiones útiles.

2. EVALUACIÓN PREVIA DEL ESPACIO

Para optimizar la ventilación necesitamos conocer la habitación o estancia que vamos a ventilar.

- Debe tenerse en cuenta que los resultados de la prueba son válidos solamente para las condiciones ambientales de ese día.
- Posición de puertas y ventanas.
- Condiciones ambientales (orientación etc.).
- Debe verificarse si el aire está entrando por la ventana o por la puerta. Esto puede hacerse con una pequeña llama o una fibra muy flexible, que son muy útiles para detectar ligeros movimientos de aire.

ATENCIÓN: resulta muy útil estar al tanto de los datos meteorológicos, especialmente de las condiciones del viento.

Al cabo de unos pocos días se habrán reunido datos y experiencia muy útiles para conocer de forma aproximada el comportamiento del aula. Dependerá de cada caso, pero el plan de pruebas podría consistir en lo siguiente:

Fase inicial	Repetir el protocolo anterior al menos durante 3-4 días, en distintas condiciones de viento. Analizar los resultados para extraer algunas pautas generales que se aplicarán en cada una de los espacios.
Fase de verificación	Durante los siguientes días (p.ej. 2 semanas) no es necesario repetir estas pruebas detalladas, pero sí verificar con atención los niveles de CO ₂ que se alcanzan para las aberturas que se vayan fijando en cada momento y las condiciones ambientales.
Fase de uso rutinario	Con toda esta experiencia previa ya será relativamente sencillo y automático ajustar la ventilación cada día. Pero no hay que olvidar que el problema es complejo y es imprescindible seguir midiendo el CO ₂ de forma rutinaria.

Una vez se han recogido medidas de CO₂ durante varios días y en distintas condiciones de viento, ocupación... se habrá conseguido un conocimiento bastante amplio sobre cómo se comporta la ventilación en ese espacio.

En aquellas situaciones en las que haya varias estancias (colegios, oficinas...) se recomienda que, si no existe un analizador fijo en cada una, se implante una rutina de rotación entre las habitaciones, de manera que siempre se realice, al menos, 1 medida cada hora, tomada al menos 20 minutos después de iniciar la actividad.

De manera objetiva necesitamos disponer de los siguientes datos para poder valorar si nuestra estrategia de ventilación es adecuada:

- **Dimensiones** del espacio: ancho x largo x alto y calcular el volumen en metros cúbicos.
- **Concentración de CO₂ al aire libre** durante al menos cinco minutos.
- Estimación de la **generación de CO₂** como: Generación de CO₂ = número de ocupantes x tasa de exhalación de CO₂ por ocupante.
- **Tasa de generación de CO₂** por persona depende de la edad, el sexo, el peso y la actividad metabólica.

A estos datos se debería añadir el **caudal de aire exterior objetivo** y la **concentración de CO₂ en estado estable**, para los cuales hay fórmulas. Si se quiere realizar un análisis

previo detallado, recomendamos consultar la Guía para ventilación en aulas de CSIC (2020), que además incluye una herramienta Excel para ejecutar estos cálculos precisos.

ATENCIÓN: Debemos tener en cuenta que los diferentes usos de una estancia pueden necesitar niveles de ventilación muy diferentes. El mismo local necesita más recambio de aire si se destina a ser gimnasio, que si se destina a ser un call center (porque el ejercicio físico aumenta la generación de CO₂).

3. REGISTRO

Para ayudar a entender y analizar los resultados es muy útil elaborar una ficha de recogida de datos.

Si no se realiza este tipo de registros, la experiencia es que es muy difícil llegar a tener una idea clara del comportamiento de un aula y, al final, buena parte del trabajo realizado pierde su utilidad. Es interesante centralizar esta labor en una persona encargada.

4. CUANDO LA VENTILACIÓN NATURAL NO LLEGA: VENTILACIÓN

FORZADA

Si midiendo las concentraciones de CO₂ se objetiva que la ventilación natural es insuficiente, se añade ventilación forzada. Esta puede ser individual o centralizada:

INDIVIDUAL	CENTRALIZADA
Se trata de aumentar la renovación de aire interior con aire exterior utilizando instrumentación.	Es la utilización de sistemas de ventilación centralizados, es decir, comunes para todo el edificio o gran parte de él, para incrementar renovación de aire interior con aire exterior. Son los mismos sistemas utilizados para climatización.
Se puede hacer introduciendo aire del exterior (impulsión) o tomando aire del aula y sacándolo (extracción).	Se ha de maximizar la cantidad de aire exterior con respecto a la cantidad de aire recirculado. La configuración existente y su modificación ha de estar a cargo de personal técnico especializado .
La toma o salida de aire puede ser por ventana, techo, u orificio específico realizado para ello.	El aire recirculado se puede filtrar mediante la introducción de un filtro en el sistema.

Existen fórmulas para calcular caudal y renovación al utilizar estos sistemas de ventilación forzada, pero exceden los objetivos de este curso. No obstante, si alguien está interesado en conocerlos o incluso aplicarlos, puede consultar los anexos de la “Guía para ventilación en aulas CSIC”.

5. USO DE PURIFICADORES DE AIRE

Cuando no hay posibilidades de ventilación natural y/o forzada central o individual, o bien no son suficientes, el siguiente paso es utilizar purificadores de aire.

¿Qué tiene que tener un purificador de aire?

- **Filtro HEPA (High Efficiency Particulate Air)**, certificado que retiene las partículas y proporciona aire ‘limpio’. Se recomienda HEPA H13 o superior (>99,95% de eficiencia).

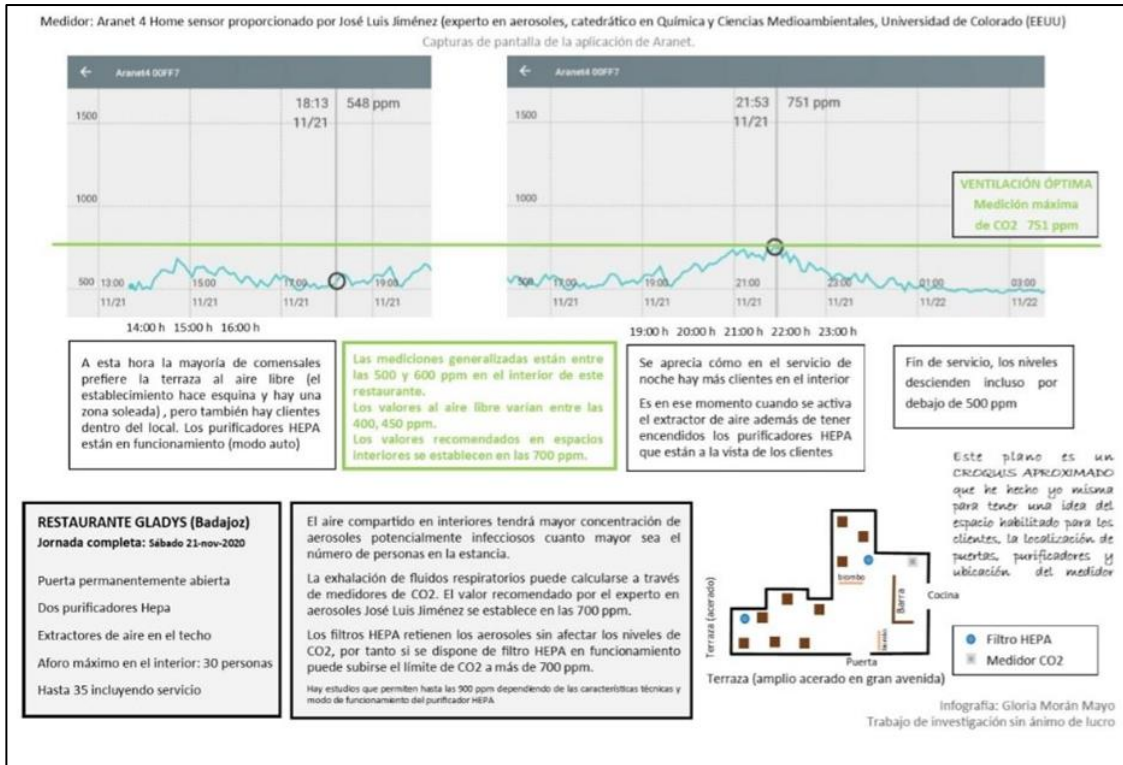
- **Caudal suficiente.** El caudal de los equipos comerciales se expresa como CADR, del inglés Clean Air Delivery Rate, que es el caudal de aire limpio que proporciona. El CADR dividido por el volumen del aula indica las ACH conseguidas por el purificador. Habrá de ser suficiente para cumplir con los objetivos de ventilación establecidos (ACH objetivo).
- **Ausencia de ionizadores o producción de ozono,** ya que generan reacciones con otros elementos de la atmósfera que no se controlan y puede tener consecuencias negativas de formación de contaminantes.
- **Ruido aceptable.**

ATENCIÓN: Se han de cambiar los filtros siguiendo las recomendaciones del fabricante.

Una versión simplificada es la utilización de un ventilador junto con un filtro MERV13. En este caso el caudal de aire limpio no se puede determinar de manera sencilla. Esta opción es menos eficiente y seguramente más ruidosa que un purificador.

ATENCIÓN: Por desgracia, existen muchos tipos de purificadores distintos, marketing agresivo y engañoso de purificadores no probados, y algunos potencialmente peligrosos. Recomendamos seguir las recomendaciones del anexo de la Guía para ventilación de las aulas. CSIC 2020.

En la siguiente imagen se describen las observaciones realizadas en un centro hostelero en cuanto a las medidas aplicadas para disminuir la transmisión del coronavirus y su relación con las medidas de CO₂. Se tiene en cuenta circunstancias como la orientación del local, la distinta afluencia de público, o la actividad desarrollada en el interior para mantener las tomas en cifras adecuadas.



Fuente: Gloria Morán Mayo

<https://twitter.com/GloriaMoMay/status/1349509854449332225?s=20>

ATENCIÓN: en espacios que cuenten con purificadores de aire hay que tener en cuenta que el filtro filtra los aerosoles, no el CO₂.

DUDAS FRECUENTES

Si está bien ventilado, ¿me puedo quitar la mascarilla?

No. Todas las medidas de protección son necesarias. El límite de 700 ppm está definido para ocupantes con mascarilla. Sin mascarilla: (1) la cantidad de aerosoles emitidos al ambiente aumenta significativamente y (2) estamos menos protegidos. Cuando no se pueda utilizar mascarilla (ej. comedor), será necesario ventilar más (y aplicar un límite de CO₂ más restrictivo).

5 renovaciones/hora, ¿equivale a abrir 5 veces en una hora durante unos minutos?

No. Cinco renovaciones/hora quiere decir que cada hora debe entrar una cantidad de aire limpio equivalente a, al menos, 5 veces el volumen de la habitación.

Si uso un purificador, ¿puedo comprobar su funcionamiento con el analizador de CO₂?

No. El purificador filtra los aerosoles, pero no el CO₂. Si el purificador está bien dimensionado (importante asegurarse), no sería necesario vigilar los niveles de CO₂.

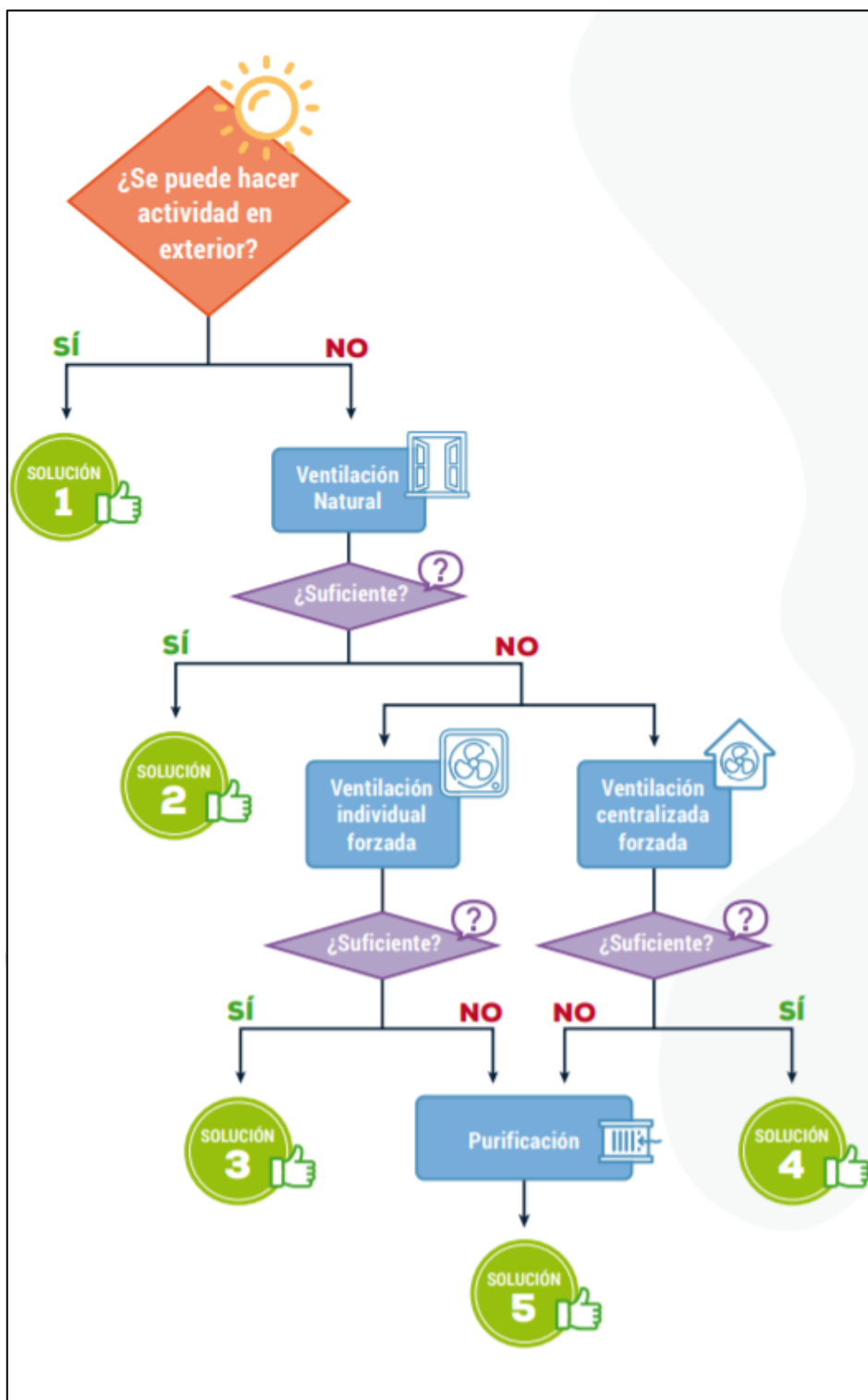
Cuando el espacio cerrado está vacío ¿es necesario mantener las ventanas de par en par durante mucho tiempo?

No. Basta con ventilar abundantemente hasta que el CO₂ baje hasta unas 450 ppm. Normalmente, con ventanas totalmente abiertas, 20 minutos suelen ser más que suficientes (pero debe verificarse con el medidor de CO₂). Ventilar más no aporta beneficios para la calidad del aire y consume calefacción innecesariamente.

¿Puedo cerrar la puerta si las ventanas están abiertas?

No. Ambas son necesarias.

ANEXO: Algoritmo de toma de decisión



Fuente: Guía para ventilación en aulas CSIC

BIBLIOGRAFÍA

- Ministerio de Sanidad. Evaluación del riesgo de transmisión de SARS-CoV-2 mediante aerosoles. Medidas de prevención y recomendaciones. 2020. [citado 16 de enero de 2021]; Disponible en https://www.mscbs.gob.es/profesionales/saludPublica/ccayes/alertasActual/nCov/documentos/COVID19_Aerosoles.pdf
- Minguillón MC, Querol X, Felisi JM, Garrido T. Guía para ventilación de las aulas. CSIC 2020. [citado 16 de enero de 2021]; Disponible en <https://digital.csic.es/handle/10261/221538>
- Li Y, Qian H, Hang J, Chen X, Hong L, Liang P, et al. Evidence for probable aerosol transmission of SARS-CoV-2 in a poorly ventilated restaurant. medRxiv [Internet]. 22 de abril de 2020 [citado 8 de enero de 2021]; 2020.04.16.20067728. Disponible en: <https://www.medrxiv.org/content/10.1101/2020.04.16.20067728v1>
- REAL DECRETO 1027/2007, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios. [citado 15 de enero de 2021]; Disponible en <https://www.boe.es/boe/dias/2007/08/29/pdfs/A35931-35984.pdf>
- Pérez Soriano J. Estrategias de ventilación segura en tiempos de pandemia. Disponible en <http://www.prevenciondocente.com/>
- Asociación Española Pediatría. Invierno, ventilación y confort térmico en los tiempos de la covid-67: optamos por la sostenibilidad y la resiliencia. 2020. [citado 08 de enero de 2021]; Disponible en https://www.aeped.es/sites/default/files/salud_medioambiental_escolar_confort_termico_ventilacionv2.pdf
- Comité de salud medioambiental, AEP. Red de unidades de pediatría ambiental. Covid19 un contaminante que flota en el aire. Un enfoque desde la Salud Medioambiental para reducir la transmisión de Sars-CoV2. 2020. [citado 16 de enero de 2021]; Disponible en <https://www.aeped.es/sites/default/files/covid19flotaenelaire212.pdf>
- Mondelli M, Colaneri M, Seminari E, Baldanti F, Bruno R. Low risk of SARS-CoV-2 transmission by fomites in real-life conditions. The Lancet Infectious Diseases. 2020 [citado 15 de enero de 2021]; Disponible en [https://doi.org/10.1016/S1473-3099\(20\)30678-2](https://doi.org/10.1016/S1473-3099(20)30678-2)
- Liang, Han-Hsi & Lin, Tzu-Ping & Hwang, Ruey-Lung, 2012. "Linking occupants' thermal perception and building thermal performance in naturally ventilated school buildings," Applied Energy, Elsevier, vol. 94(C), pages 355-363. [citado 15 de enero de 2021]; DOI: 10.1016/j.apenergy.2012.02.004
- Liu Y, Jiang J, Wang D, Liu J. The indoor thermal environment of rural school classrooms in Northwestern China. Indoor and Built Environment. 2017;26(5):662-679. [citado 16 de enero de 2021]; doi:10.1177/1420326X16634826
- Jones NR, Qureshi ZU, Temple RJ, Larwood JPJ, Greenhalgh T, Bourouiba L. Two metres or one: what is the evidence for physical distancing in covid-19? BMJ [Internet]. 25 de agosto de 2020 [citado 06 de enero de 2021];370. Disponible en: <https://www.bmj.com/content/370/bmj.m3223>
- Florentina Villanueva, Elena Jiménez, José Manuel Felisi, Tomás Garrido, José Luis Jiménez, Mila Ródenas y Amalia Muñoz. Guía sobre medidores de CO₂ disponibles en

España. 2020. [citado 14 de enero de 2021]; Disponible en https://www.google.com/url?q=https://bit.ly/medidoresCO2&sa=D&ust=1610540655121000&usg=AOvVaw1XFpZPFKb_ibyhv2HW0IXh

- Santillán-García, Azucena; Minguillón, María Cruz; Tobias, Aurelio; Jiménez, José L. Es hora de aceptar que el SARS-CoV-2 se transmite por aerosoles y actuar en consecuencia. Index de Enfermería. 2020; 29(4): e13205. Disponible en: <http://ciberindex.com/c/ie/e13205a> [acceso: 13/01/2021]
- Kasim Khan, John W. M. Bush, and Martin Z. Bazant Beyond Six Feet: A Guideline to Limit Indoor Airborne Transmission of COVID-19 (Bazant & Bush, 2020) [citado 14 de enero de 2021]; Disponible en <http://web.mit.edu/bazant/www/COVID-19/>
- CDC Improving Ventilation in Your Home. [citado 08 de enero de 2021]; Disponible en <https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/prevent-getting-sick/Improving-Ventilation-Home.html>
- Coronapedia.org [citado 16 de enero de 2021]
- Aireamos <https://www.aireamos.org/> [citado 16 de enero de 2021];

ATENCIÓN: La información contenida en este documento refleja la información disponible en el momento en que se creó el documento.

DESCARGO DE RESPONSABILIDAD

Este documento se proporciona únicamente con fines informativos y educativos. Su objetivo es ofrecer orientación con respecto a la ventilación en los espacios cerrados en un esfuerzo por reducir el riesgo de transmisión de enfermedades, específicamente el SARS-CoV-2 y la enfermedad que causa, COVID-19.

La adherencia a cualquier información incluida en este documento no garantizará un tratamiento exitoso en cada situación, cada situación y edificio son diferentes, y el lector debe reconocer que no existe un escenario de "riesgo cero".

El documento no debe considerarse exhaustivo y desde luego no reemplaza la orientación del gobierno y las organizaciones de salud.

AGRADECIMIENTOS

Al equipo de [Aireamos.org](https://www.aireamos.org/), por su labor divulgadora y la generosidad al compartir toda su experiencia y conocimiento en cuanto a la transmisión por aerosoles y la ventilación.