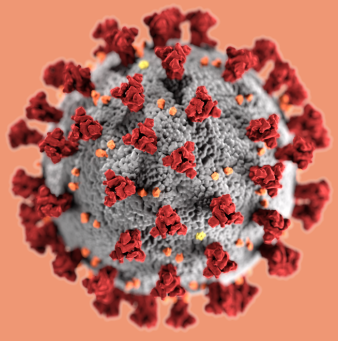
# Estudio sobre ventilación realizado en un aula de Secundaria



*Javier Pérez Soriano*

*@PrevencinDocen1*

*www.prevenciondocente.com*

PREVENCIÓN DOCENTE

# ***Estudio sobre ventilación realizado en una aula de Secundaria.***

***Autor***: Francisco Javier Pérez Soriano ***@PrevencinDocen1***

Profesor del I.E.S. Poetas Andaluces de Benalmádena (Málaga).

Licenciado en Química Industrial por la Universidad de Málaga (U.M.A.).

Autor y webmaster del portal ***www.prevenciondocente.com***

Técnico Superior de Prevención de Riesgos Laborales en las especialidades de: Seguridad en el Trabajo, Higiene Industrial, Ergonomía y Psicosociología Aplicada.

Máster oficial Universitario en Prevención de Riesgos Laborales por la U.M.A.

Técnico Superior de Prevención de Riesgos Profesionales.

Formador de Formadores en Seguridad y Prevención de Riesgos Laborales.

Auditor de Sistemas de Gestión de Prevención de Riesgos laborales.

***Aviso Legal:***

*Este documento está registrado y tiene derechos de autor.*

*El autor de la obra cede sus derechos de manera gratuita a Colegios, Institutos, Escuelas Oficiales de Idiomas, Escuelas de Arte, Conservatorios, Universidades, Residencias Escolares y Asociaciones de padres y madres de alumnos y alumnas.*

*El autor no autoriza su uso, reproducción ni parcial ni total a nadie que no pertenezca a los colectivos anteriores, especialmente a cualquier persona o entidad que obtenga beneficios económicos a partir de la información del presente documento.*

El siguiente estudio no tiene ningún objetivo científico específico ni pretende que a partir de él se puedan sacar conclusiones extrapolables al resto de aulas de ningún otro centro, pero si *pretende anticiparse y llamar la atención de la posible situación que se va a vivir en los centros educativos en unas semanas cuando haya que cerrar las ventanas de las aulas*. Este estudio consiste en evaluar la influencia de la apertura o cierre de ventanas en un aula de Secundaria (donde junto con Bachillerato encontramos las mayores ratios del sistema educativo). Para ello, se ha realizado una medición continua de valores de $CO_2$ durante toda la jornada escolar en dos días consecutivos, como forma de determinar si la ventilación de un aula en las condiciones del estudio es o no suficiente, como forma de evitar la propagación del contagio del SARS-CoV-2 a través de aerosoles en un centro educativo bajo la siguiente premisa:

*Una mala ventilación de un aula, además de determinar una mala calidad del aire interior puede suponer una alta concentración de aerosoles potencialmente infectivos que pueden favorecer la transmisión del coronavirus en la clase.*

Este estudio también quiere comprobar si la medida de abrir las ventanas entre clase y clase cada hora durante cinco o diez minutos como así indican los protocolos de algunas Administraciones es suficiente o no en nuestros centros.

El aula donde se ha realizado el estudio es de 60 metros cuadrados (162 metros cúbicos) y hay 29 alumnos y alumnas con un profesor o profesora en su interior. Dispone de siete ventanas de tipo correderas (seis en una pared y una cercana a las anteriores en una pared perpendicular con la primera). Las ventanas totalmente abiertas suponen 4,1 metros cuadrados de abertura de ventilación (si se quitaran las dos hojas se duplicaría la superficie de abertura). La temperatura exterior media en ambos días ha sido de 26 grados centígrados. El medidor de $CO_2$ se ha situado en el lugar más desfavorable de ventilación (zona más alejada de las ventanas y la puerta).

Este estudio se ha realizado durante los días 8 y 9 de octubre de 2020 en las siguientes condiciones:

- El día 8 de octubre se ha realizado una medición del nivel de CO2 cada cinco minutos, estando todas las ventanas abiertas (una hoja de cada una de ellas al ser de tipo corredera), y con la puerta del aula abierta.
- El día 9 de octubre se ha realizado la medición del nivel de CO2 cada cinco minutos llevando a cabo *dos estrategias distintas*:
  - Durante las tres primeras horas de clase se han tenido ***las ventanas totalmente cerradas*** simulando una situación climatológica extrema que supone que se deban cerrar las ventanas por completo.
    - Durante la 1º hora, las ventanas han estado totalmente cerradas. En el cambio de clase de primera a segunda hora se han abierto totalmente las ventanas *durante cinco minutos*. Tras ese tiempo se han vuelto a cerrar.

- Durante la 2º hora, las ventanas han estado completamente cerradas. En el cambio de clase de segunda a tercera hora se han vuelto a abrir las ventanas a tope pero en este caso *durante diez minutos*. Tras ese tiempo se han vuelto a cerrar.
- Durante la tercera hora las ventanas han permanecido cerradas del todo. Al final de la clase (comienzo del recreo) el alumnado abandona el aula y deja las ventanas de la clase totalmente abiertas.

➢ Durante las tres horas posteriores al recreo, se ha cambiado la estrategia de forma que las ***ventanas han estado abiertas cuatro dedos*** (aproximadamente unos 8 centímetros), simulando una situación climatológica adversa que supone que se deban de cerrar las ventanas, pero en este caso, las hemos dejado un poco abiertas, para comprobar si hay variación con la situación vivida durante las tres primeras horas.

- Durante la 4º hora las ventanas han estado abiertas cuatro dedos. En el cambio de clase de cuarta a quinta hora se han abierto las ventanas a tope *durante cinco minutos*. Tras ese tiempo se han vuelto a cerrar dejando esa pequeña abertura de cuatro dedos.
- Durante la quinta hora las ventanas han vuelto a estar abiertas cuatro dedos. En el cambio de clase de quinta a sexta hora se han vuelto a abrir totalmente las ventanas pero ahora *durante diez minutos*. Tras ese tiempo se han vuelto a cerrar dejando ese espacio abierto de cuatro dedos.
- Durante sexta hora las ventanas han permanecido abiertas cuatro dedos. Al final de la hora el alumnado abandona el aula y marcha para su casa.

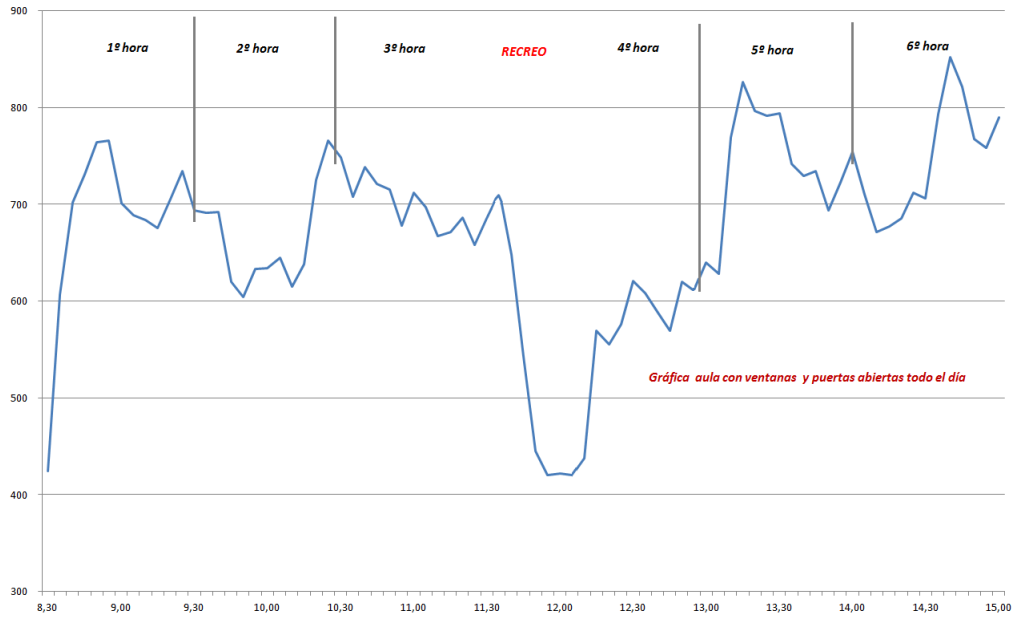
Para garantizar en todo momento la seguridad del alumnado, durante las mediciones del segundo día (con ventanas cerradas o ligeramente abiertas) se han utilizado dos equipos portátiles con filtros HEPA sobredimensionados que garantizaban un proceso de filtrado de 7'5 cambios de aire por hora cuando la Escuela de Salud Pública de Harvard recomienda que el proceso de filtrado sea de 5 cambios de aire por hora (ACH) para las escuelas. Los dos equipos portátiles utilizados disponen de filtro HEPA, filtro de carbón activo e ionizador (que por cuestiones de seguridad siempre estuvieron desactivados en todo momento). Ambos equipos se han situado en ubicaciones estratégicas dentro del aula.

El $CO_2$ se puede medir directamente en el aire (es un gas que desplaza el oxígeno del aire), y su unidad de medida es partes por millón en volumen (ppm) por encima de la concentración en el aire exterior del lugar donde se realiza la medida. La causa fundamental de la existencia de $CO_2$ en un aula es la exhalación del alumnado y profesorado (las mascarillas no lo filtran y por lo tanto lo dejan salir hacia afuera). El nivel de $CO_2$ existente en una clase va a depender de la *cantidad de personas que hay en el aula*, del *volumen de la clase*, de la *actividad que se realicen* en ella, del *periodo de tiempo que el alumnado lleve en el aula* y sobre todo de la *renovación del aire*.

Para los centros educativos, el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (***RITE***) les asigna la categoría IDA 2 (aire de buena calidad). Eso significa que en el caso de colegios e institutos la normativa indica que los niveles máximos de $CO_2$ permitidos en el interior del aula, no pueden ser superiores en 500 ppm (aunque es recomendable no superar las 800 ppm ya que comienza a aparecer disconfort), sobre la concentración de $CO_2$ en el exterior (en torno a 416 ppm). La OMS pone el límite para ambientes saludables en 1.000 ppm.

El ***RITE*** también fija los caudales mínimos de aire exterior a garantizar en función de la categoría IDA. Así para las aulas se establece un caudal mínimo de 12,5 $dm^3/s$ por persona, mientras que en guarderías dicho caudal es de 20 $dm^3/s$ por persona.

La medición de la concentración de $CO_2$ del día 8 de octubre arrojan los siguientes datos y conclusiones:




En principio de los datos se puede sacar como conclusión que la ventilación del aula está en unos parámetros más o menos correctos aunque pueden ser mejorables (la situación *ideal* sería no sobrepasar los 600/650 ppm). En ningún momento se sobrepasan los 900 ppm (valor límite que establece el ***RITE*** para este tipo de edificios), y sólo se ha estado un 4% de la jornada escolar por encima del valor de 800 ppm.

Esta situación nos ha llevado a la conclusión que es conveniente (aunque sea complicado por el elevado número de ventanas que hay en el centro) plantearnos la opción de quitar las dos hojas de algunas de ellas, para aumentar la superficie de ventilación cuando las condiciones climatológicas así lo permitan.

La fluctuación del nivel de $CO_2$ es un poco anómala especialmente durante las tres primeras horas del día y está relacionada con el viento de la zona donde se realiza la medición, con rachas cambiantes que aparecen y desaparecen a lo largo de la mañana. La teoría indica (como se puede observar mejor en la segunda parte de la medición), que el final de cada periodo coincidiría con el mayor nivel de concentración de $CO_2$.

Los niveles de $CO_2$ tan bajos en la 4º hora se corresponden a un desdoble que da lugar a que el aula quede con la mitad del alumnado.

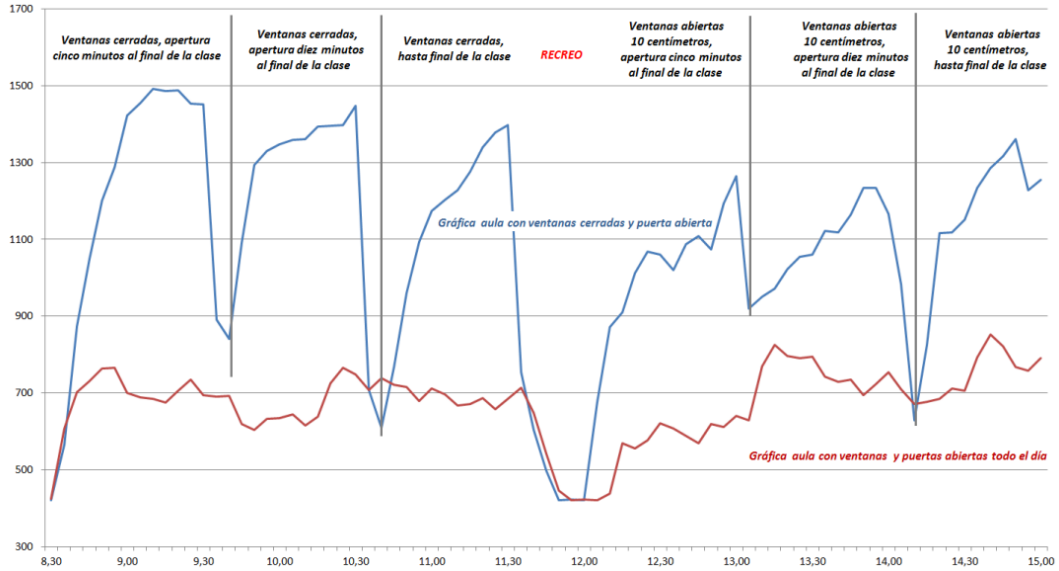
Los picos que se producen a 5º y 6º hora (que sobrepasan los 800 ppm), se deben a situaciones puntuales de cerrar las lamas de las primeras ventanas del aula para poder ver pequeños vídeos en la pantalla de clase.

Una situación que también puede ser observada en esta gráfica, aunque solo haya sido durante una sola hora (la cuarta), es que cuando el aula se encuentra al 50% de aforo, los niveles de $CO_2$ se mantienen por debajo de 650 ppm, y el crecimiento de dicho nivel a lo largo de la hora va siendo más lento que si se compara con la subida del nivel de $CO_2$ durante la primera hora de clase (situaciones ambas comparables al partir en ambos casos del valor más bajo de la concentración de $CO_2$).

Una apreciación importante es que en el periodo de recreo que se hace con el aula vacía (por lo tanto no hay exhalación de $CO_2$), la calidad del aire interior se recupera en prácticamente veinte minutos volviendo a concentraciones de $CO_2$ al mismo nivel que antes de comenzar las clases, por lo tanto se podrían sacar varias conclusiones importantes:

- Cuando falte algún profesor o profesora al centro, sería interesante plantearse la opción de que *el alumnado sea llevado por el profesorado de guardia al patio* (siempre y cuando no afecte a la signatura de Educación Física que es quien suele utilizarlo). Con ello conseguimos dos objetivos:
  - ✓ *Limitar el tiempo de estancia del alumnado en espacios cerrados* (objetivo fundamental).
  - ✓ *Recuperación de la calidad interior del aire del aula* que supondría volver a niveles de comienzo de la jornada escolar para la siguiente clase, además de la dilución de aerosoles potencialmente infectivos.
- *Todas las actividades que se puedan, se deben sacar al patio* (teniendo en cuenta y no entorpeciendo como se ha indicado en el caso anterior el trabajo que realiza el profesorado de Educación Física en dicho lugar).
- Aunque no se pueda ver claramente durante las tres primeras horas de clase (por el tema del viento que ha provocado una fluctuación del $CO_2$ anómala), pero que si es más evidente en las tres horas posteriores al recreo, es que el nivel de $CO_2$ va aumentando progresivamente y es precisamente al final de la tercera hora cuando dicho nivel se encuentra en valores más altos, lo cual en principio también supondría que la concentración de aerosoles potencialmente infectivos sería máxima (cualquier persona con Covid en el interior del aula y con un inadecuado uso de mascarilla supone aproximadamente 2 días de riesgo si el caso es detectado y 9/10 días de riesgo en caso de ser asintomática). Esto debería hacer *replantearse a los centros educativos que desayunan en clase antes de salir al recreo hacerlo de esa manera*. En todo caso, y si las cuestiones organizativas hicieran imposible contemplar la acción del desayuno en el patio (incluyendo opciones como escalonado del recreo...), ***por lo menos**, se debería plantear realizar dicho desayuno una vez finalizado el recreo*, cuando las condiciones del aula vuelven a la situación similar a la de la entrada a clase a primera hora, que implican el menor nivel de $CO_2$ del día y sobre todo la dilución de aerosoles potencialmente infectivos en el aire durante el recreo.

La medición de la concentración de $CO_2$ del día 9 de octubre arrojan los siguientes datos y conclusiones:




Una primera conclusión que se puede sacar de la gráfica es que cuando tengamos que cerrar las ventanas por la climatología (ya sea de manera total o parcial)... *vamos a tener un problema y muy grande*.

De los datos anteriores se obtiene que *durante el 85% de la jornada escolar el alumnado y profesorado estuvo por encima de los valores máximos recomendados por el RITE para un centro escolar*, habiéndose llegado a alcanzar valores máximos cercanos a los 1.500 ppm y varios picos de 1.400 ppm (siempre con ventanas cerradas completamente). El uso de ambos filtros ha venido en cierta medida a ***complementar*** no el proceso de ventilación como es obvio por los valores de $CO_2$ (dicho proceso solo se realiza mediante la apertura de ventanas), pero si la filtración de ese aire interior entre apertura de ventanas para reducir la presencia de aerosoles en el ambiente.

La opción de dejar la ventana totalmente cerrada durante la hora (aunque se ventile entre clase y clase) *supone estar un 68% del tiempo con valores superiores a 1.100 ppm* trabajando con *valores medios de 1.210 ppm*, mientras que se si se mantienen abiertas un poco (cuatro dedos), los valores medios de trabajo bajan a 1.090 ppm con picos de algo más de 1.300 ppm (frente a los de 1.500/1.400 ppm cuando están cerradas). Por todo ello, ***la ventilación constante aunque sea solo un poco, es la mejor opción*** (siempre que se pueda es mejor dejarlas un poco abiertas que tenerlas cerradas).

Otro aspecto importante es que ***cuanto mayor sea el tiempo de ventilación entre clase y clase mejor***. Como es lógico se produce un mayor descenso en el nivel de $CO_2$ y tarda mayor tiempo en llegar a niveles previos a la apertura de ventanas.

En la primera parte de la jornada escolar con ventanas cerradas:

- Al abrir cinco minutos las ventanas entre 1º y 2º hora, el nivel de $CO_2$ pasa de 1.452 ppm a 841 ppm. En el caso de abrir las ventanas diez minutos entre 2º y 3º clase el nivel de $CO_2$ pasa de 1.447 ppm a 610 ppm. Además, para llegar a niveles previos a los de la apertura de ventanas se tarda más tiempo en llegar.

En la segunda parte de la jornada escolar con ventanas parcialmente abiertas:

- Al abrir cinco minutos las ventanas entre 4º y 5º hora, el nivel de $CO_2$ pasa de de 1.264 ppm a 920 ppm. En el caso de abrir las ventanas diez minutos entre 5º y 6º clase el nivel de $CO_2$ pasa de 1.167 ppm a 628 ppm. Además, al igual que en el caso anterior para llegar a niveles previos a los de la apertura de ventanas se tarda más tiempo en llegar.

Otro aspecto importante es que a pesar del nivel de $CO_2$ del aula cuando se sale al recreo (hablamos de valores de 1.400 ppm), se recupera a valores cercanos a la entrada de la jornada escolar cuando se dejan las ventanas y puertas abiertas.

De los datos anteriores se pueden obtener las siguientes conclusiones:

- La *ventilación continua debe ser la primera prioridad* en un aula y en cualquier dependencia del centro como forma de reducir la posibilidad de contagios.
- La *opción de dejar la ventana abierta aunque sea un poco* (esos cuatro dedos), cuando se pueda *es claramente mejor que tenerla cerrada durante toda la hora* ya que trabajamos a niveles medios de 120 ppm por debajo en un caso y en otro.
- Las *recomendaciones de apertura de ventanas entre clase y clase durante cinco o diez minutos van a ser claramente insuficiente* ⟶ ***MÍNIMO 15 MINUTOS.***
- Las *ventilaciones de cinco minutos entre clase y clase no permiten ni si quiera llegar a los valores máximos* exigidos por el RITE.
- En el aspecto de la ventilación entre clase y clase la conclusión era la esperada, *mejor ventilar quince minutos* (opción recomendada) *que diez*, *ventilar diez minutos es mejor que cinco*, y *cinco mejor que nada*.
- Otra opción (aunque quizás la más difícil de llevar a cabo) es abrir cada veinte minutos la ventana durante al menos otros cinco minutos. Con ello garantizamos al menos una ventilación natural de quince minutos cada hora.
- A pesar de que haga mucho frío, *cuando el alumnado salga al recreo, las puertas y ventanas de las aulas deben dejarse totalmente abiertas siempre y durante todo el recreo* para que las condiciones iniciales de $CO_2$ y aerosoles al comienzo de la jornada escolar, puedan alcanzarse de nuevo.
- Si la opción de desayunar en la clase está totalmente desaconsejada, *la opción de desayunar en el aula antes de ir al recreo cuando la ventilación sea mala debería estar* ***TOTALMENTE DESCARTADA***.
- Cuando las *condiciones de ventilación sean malas* *la opción de salir con el alumnado al patio cuando falte un profesor o profesora, más que una recomendación deberían ser casi una obligación* (limitación de tiempos en el interior y recuperación de la calidad interior del aula.
- Sería bueno aprovechar esta pandemia para irnos acostumbrando a lo que *debería ser una norma habitual en los centros educativos, el control del nivel de $CO_2$ de las dependencias ocupadas por alumnado y profesorado*, como una forma de medir la efectividad de la ventilación, ya que dicha situación actualmente también nos aporta mucha información sobre si es previsible o no una alta concentración de aerosoles potencialmente infectivos en el aire. Mala ventilación ⟶ Alta concentración ⟶ Si hay personas infectadas ⟶ Mayor riesgo de contagio. El medidor debe ser lo más simple posible (concentración de CO2, temperatura y humedad).

- *La asignatura de Educación Física a los largo de este curso va a jugar un papel fundamental* (con las medidas de seguridad apropiadas), en varios aspectos: reducir tiempos de permanencia en interiores, favorecer ventilación con el aula vacía (como hemos visto antes), pero sobre todo desde el punto de vista de equilibrio entre una buena salud física y mental.
- Cuando las condiciones lo permitan, *todas las actividades que se puedan, se deben sacar al patio* (siempre que no se entorpezca el trabajo que realiza el profesorado de Educación Física en dicho lugar). Habrá etapas del sistema educativo en que esta situación sea claramente más viable que en otras.
- Habrá que asumir un cambio de mentalidad. *Mientras dure la pandemia, por desgracia, va a ser habitual durante el invierno el uso de abrigo en interiores*.
- *A la hora de abrigarse durante el invierno, es preferible usar varias capas de ropa que nos permitan nuestra propia autorregulación de temperatura* (cuando pasamos de ambientes más cálidos a ambientes más fríos), a una única capa de ropa más gruesa y/o caliente.

Una vez que parece claro que el cierre de ventanas en las aulas (ya sea de manera total o parcial) va a suponer un problema real en la calidad del aire interior, ¿qué se puede hacer? ⟶ uso de ***filtros HEPA con carbón activo***.

¿Son los filtros HEPA la mejor solución a los problemas de ventilación de un centro educativo? La respuesta es ***NO***. El mejor sistema que deberían tener los colegios e institutos debería ser un sistema de ventilación mecánica controlada (VMC) que permite mantener las ventanas cerradas o un sistema híbrido de admisión natural y extracción mecánica que permita la renovación del aire interior. El problema es que ***NO*** hay disponibilidad económica en los centros educativos para establecer este sistema, y en caso de que lo hubiera, ***NO*** habría tiempo material para hacerlo, por lo tanto, habrá que hacer frente a la inmediatez del tsunami que se nos viene encima cuando tengamos que cerrar las ventanas de las aulas por cuestiones de la climatología y adoptar las soluciones que de manera práctica tengamos en nuestras manos, y la única solución eficaz que tenemos a nuestro alcance en las actuales circunstancias es el ***filtro HEPA***. Debiendo tener claro que ***dicho filtro no garantiza*** (como no lo hace ningún otro sistema de ventilación/filtrado/recirculación), ***una tasa de contagio cero, solo consigue minimizar el riesgo***.

¿Deben ser los filtros HEPA la única solución a adoptar cuando venga el mal tiempo? La respuesta es ***NO***. ***Los filtros HEPA son una MEDIDA COMPLEMENTARIA***, ***la ventilación debe seguir existiendo sí o sí***. Es aconsejable seguir realizando una renovación periódica del aire con la mayor frecuencia y duración posible, escogiendo entre las opciones recomendadas en este documento:

El ***filtro HEPA*** ⟶ filtra el mismo aire que hay en el interior ⟶ disminuye la carga viral del aire en ambientes interiores.

La ***ventilación*** ⟶ renueva el aire ⟶ entrada de aire limpio del exterior.

En caso de optar por este sistema, es importante que el ***filtro HEPA*** *sea con carbón activo, esté bien dimensionado en función de volumen del aula a filtrar* (tenga un número de movimientos hora adecuado) y sea del ***grupo H13***. En caso de un solo filtro debe ponerse *en el centro del aula y levantado del suelo* (con esa ubicación se asegura que la mayor cantidad posible de aire de la habitación llega al filtro), aunque está recomendado mejor poner varios convenientemente distribuidos dentro del aula que suministren la misma tasa de aire ya que los aerosoles potencialmente infectivos pueden tener distintas ubicaciones dentro de un ambiente).

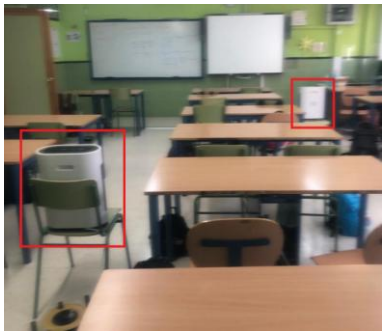


Imagen de las condiciones en la que se realizó la medida del día 9 de octubre de este estudio.

Si quieres saber más información sobre como calcular el filtro HEPA que mejor se adapta a las aulas de tu centro o cualquier otra duda sobre ventilación/filtración puedes consultar el documento de ventilación como forma de disminuir la propagación del coronavirus SARS-CoV-2 en un centro educativo:

*https://drive.google.com/file/d/1qVxMHHzMFPCn1qFbonzX4LeNB51Wbghv/view*

En cuanto a que la Administración o Servicios de Prevención desaconsejan el uso de estos dispositivos, hay que recordar no ya que países como EEUU, Alemania... los recomiendan, sino que el propio Ministerio de Sanidad también lo hace en sus ***Recomendaciones de operación y mantenimiento de los sistemas de climatización y ventilación de edificios y locales para la prevención de la propagación del SARS-CoV-2:***

*https://www.miteco.gob.es/es/ministerio/medidas-covid19/sistemas-climatizacion-ventilacion/guiaderecomendacionesporcovid19ensistemasdeclimatizacion_tcm30-509985.pdf*

En la recomendación 11 B de dicho documento, en el apartado sobre sistemas de filtración y purificación portátiles se indica:

"En el caso de locales con dificultades para obtener una ventilación satisfactoria, se recomienda el uso de unidades portátiles equipadas con filtros de alta eficiencia HEPA, ubicadas en los espacios a tratar. Es preciso que mantengan un índice de movimientos hora significativo".

"Los filtros HEPA deberán tener una filtración altamente eficiente del aire, con capacidad de retener aerosoles en porcentajes superiores al 99,95%, según la norma UNE1822".