

Aclaraciones sobre los sistemas de:

Mejora de la calidad del aire
contra la transmisión del Covid-19



en Colegios de la Comunidad de Madrid

1. Contexto de recomendaciones institucionales e instrucciones.

Ante la previsible presencia ocasional de personas infectadas asintomáticas, se pone de relieve la necesidad de acometer acciones preventivas que mejoren la salubridad de los espacios cerrados. No se puede garantizar evitar el contagio, pero sí se pueden acondicionar las instalaciones para minimizar la presencia del virus y, por tanto, su probabilidad de transmisión. De manera general existe consenso científico sobre la transmisión del virus en aerosol, y el peligro que entraña en ambientes interiores.

Las actuales estrategias se focalizan en reducir la transmisión por este medio, simultáneamente al resto (por superficies, gotas mayores de 10 micra y fecal-oral). Dichas estrategias se descomponen en tres apartados: dilución (ventilación), retención (filtración) e inactivación del virus (purificación).

Es muy relevante aclarar la confusión generada con las denominaciones. En España de manera general, y específicamente en la Instrucción editada por la Consejería de Educación de la CAM, se está denominando purificadores a aparatos cuya única función es la de filtración. En Europa EUROVENT ¹, y en Madrid la Consejería de Salud de la CAM, a los aparatos que sólo filtran les denominan Air Cleaners y limpiadores, respectivamente. Sin embargo, a nivel internacional, ASHRAE ², con presencia en 132 países, distingue entre purifiers (función de filtrado) y Air Cleaners (función de purificación). También se denomina sanitizers a los aparatos que sólo purifican. Concluyendo, más importante que la denominación es tener claro que la **filtración y la purificación son dos funciones diferentes.**

Hay una serie de recomendaciones o instrucciones que se han editado en los últimos meses y que se están tomando como referencia, incluyendo dos documentos de la Comunidad de Madrid en los últimos días. Conviene resaltar las principales ideas que contienen.

1: Comité europeo de Fabricantes de equipos de Ventilación, Acondicionamiento de Aire y Refrigeración

2: Sociedad Estadounidense de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado

Guía de recomendaciones para los sistemas de climatización y ventilación de los edificios y locales para la prevención de la propagación del virus Sars-Cov-2. Editada en junio de 2020 y actualizada el 30 de Julio de 2020 por el Ministerio de Transición Ecológica, en colaboración con el IDAE, ATECYR y otras muchas asociaciones del sector. Ideas principales:

- La estrategia es una combinación de acciones: dilución, retención e inactivación del virus.
“Son acciones que son complementarias, no excluyen unas a otras”
- *“En caso de locales con dificultades para conseguir ventilación satisfactoria, se recomienda el uso de unidades portátiles equipadas con filtros de alta eficiencia HEPA”.*
- *“Adicionalmente, los sistemas de filtración pueden contar con tecnologías complementarias de purificación, destacando: la oxidación fotocatalítica (PCO), que se demuestra muy eficaz en la neutralización de los patógenos aerotransportados y la ionización bipolar (BPI), con buena efectividad en la eliminación de partículas, pero al ser una tecnología muy moderna, no existen evidencias científicas sobre su efecto sobre la salud de las personas”.*

Epidemic Taskforce. Schools&Universities.. Editada por ASHRAE en Octubre de 2020.

- Ventilación. Propugna un adecuado suministro de aire exterior, para diluir los contaminantes interiores. Antes y después de la ocupación, recomienda ciclos de ventilación de inmueble con aire del exterior.
- Filtración. Aconseja filtros MERV-13 como mínimo, siempre y cuando no afecte al sistema existente. En caso contrario, colocar dispositivos de aire HEPA portátiles en espacios ocupados.
- Purificación del aire. Recomienda considerar la inclusión de tecnologías que maten/inactiven los patógenos presentes en aerosoles. Incluye desinfección germicida ultravioleta y otras tecnologías y equipos. Previamente, se ha de evaluar su eficacia real y la generación de subproductos,

Escuelas Saludables. Estrategias de reducción de riesgos para la reapertura de las escuelas. Editada por Harvard School of Public Health en junio de 2020.

- Se basa técnicamente en las recomendaciones de ASHRAE, que específicamente tiene una Guía para escuelas.
- Su estrategia se basa fundamentalmente en la dilución y filtración, aunque pide evaluar otras técnicas de calidad del aire avanzadas.
- Filtración. Los filtros mínimos que recomienda son MERV13 (nomenclatura americana), que equivale a un filtro F7 en Europa.
- Purificación. La asimila al uso de filtros HEPA, si bien ASHRAE, en lo referente a los purificadores de aire, incluye la desinfección germicida ultravioleta y afirma que los purificadores electrónicos de aire se podrán considerar para complementar la ventilación y la filtración. Asimismo recomienda que deben evaluarse otras tecnologías y los equipos específicos para asegurar que purificarán efectivamente el aire del recinto sin generar contaminantes adicionales, o impactando negativamente en la distribución del aire en el recinto.

Guía para ventilación de aulas. Editada por el CSIC en colaboración con la Generalitat Valenciana y MESURA.

- Basada en la Guía de Harvard.
- Comparte la estrategia de la Guía del IDAE, si bien no comenta que pueden ser acciones complementarias
- Si no hay posibilidad de ventilación natural o forzada, sólo recomienda la filtración y dice expresamente *“No son recomendables los sistemas con ionizadores o producción de ozono”*
- Asimila la purificación como filtración.
- Es un documento centrado sobre todo en las posibilidades de dilución / ventilación por medios naturales o mecánicos.

Impacto de los sistemas de ventilación en la transmisión del Sars-Cov-2. Recomendaciones generales para los edificios de uso público. Editada el 29 de Octubre de 2020 por la Viceconsejería de Salud Pública y Plan Covid19 de la Comunidad de Madrid.

- Se basa en las recomendaciones de la Guía del IDAE, Harvard, REHVA, ASHRAE y otros organismos internacionales.
- La estrategia la limita a la dilución y retención.
- Denominan Limpiadores a los dispositivos con filtración , aunque han de tener filtro HEPA. *“Los Ministerios de Sanidad y Eficiencia Energética aconsejan su uso en locales con dificultades para obtener una ventilación satisfactoria. Aunque hay que tener en cuenta que su uso incorrecto puede ser contraproducente y propiciar la transmisión. Se debe colocar en el centro de la sala si es posible, y la columna de aire no debe de ir dirigida hacia los ocupantes.”* Air Cleaner es la denominación para los dispositivos con filtro que usa Eurovent, la Asociación Europea de la Industria para la Climatización de Interiores (HVAC).
- Sugiere que los ingenieros industriales realicen las valoraciones en materia de filtración y/o purificación.

Instrucción para la correcta ventilación de los centros Educativos. Consejería de Educación de la Comunidad de Madrid.

- Se basa en las recomendaciones realizadas por la Viceconsejería de Salud Pública y Plan Covid19 de la Comunidad de Madrid.
- Aplicación: centros educativos donde se imparten las enseñanzas de Educación Infantil, Primaria, Secundaria Obligatoria, Bachillerato, Formación Profesional y Régimen Especial
- La estrategia se ciñe a la dilución y a la retención.
- Los sistemas SIAV construidos desde el 2007 en los centros educativos para cumplir con el RITE y que incorporan varias etapas de filtración *“no están diseñados para prevenir la transmisión del COVID, sino para garantizar la calidad del aire en los términos fijados por el RITE. Los criterios generales de calidad del aire no son suficientes, ya que no están*

concebidos para garantizar un ambiente libre de patógenos, sino únicamente para garantizar simplemente la calidad del aire prevista en el RITE.”

- Denomina purificadores los dispositivos con sólo filtración, mientras que la Guía comentada anteriormente y editada por la Consejería de Salud, los denomina limpiadores, como EUROVENT. Genera confusión la distinta denominación. Los dispositivos con filtración deben tener obligatoriamente al menos filtro HEPA y para ser colocados deben disponer de validación por la autoridad sanitaria.
- Uso de los purificadores: *“esta solución debe ser esporádica”*. Sólo considera lo purificadores portátiles. Hace especial mención a las corrientes de aire, *“... por lo que deben colocarse después de un estudio cuidadoso de las corrientes generadas para evitar que pasen por los alumnos en su camino hacia las depuradoras lo cual no es fácil en aulas donde no hay grandes espacios vacíos.”* Esto es especialmente relevante si simultáneamente al uso de purificadores portátiles se usa ventilación mecánica.
- En el apartado de bibliografía complementaria, figura en el número 8 la ISHRAE, Sociedad India de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado. Nos imaginamos que es una errata, y se quería referir a ASHRAE.

2. Dilución

La dilución se consigue aumentando la tasa de renovación de aire exterior por usuario. Hay varias formas de conseguirla:

- **Reducir aforos.**
- **Incremento de ventilación natural.** Abrir puertas y ventanas, cuando éstas sean practicables, para generar ventilación cruzada.
- **Aumentar el aire de impulsión y de extracción.** Son recomendables tiempos de operación prolongados en edificios con sistema de ventilación mecánica. Hay que poner en marcha el sistema y apagarlo 2 horas antes y después de la ocupación del inmueble. En los fines de semana dejarlo funcionando al mínimo.
- **Evitar la recirculación del aire.** Si bien el RITE exige la recirculación por un criterio de eficiencia energética y de bienestar térmico, en la situación de pandemia se antepone la salud al mayor gasto energético. Es recomendable revisar los recuperadores de calor.
- **Incremento de la calidad de aire interior.** La normativa establece, en función del uso, unas calidades de aire interior que denomina IDA. Habría que subir la calidad de aire de aire un nivel, que se traduce en aproximadamente un 50% más de caudal de aire por persona.
- **Renovaciones por hora.** También llamadas ACH (air changes per hour). Que haya entre 3 y 6, y a ser posible, que se acerque a 6.
- **Recuperadores de calor.** Inspeccionarlo para asegurarse de que las fugas están bajo control.

3. Retención o filtración.

Se refiere a la retención de partículas a través de filtros. Hay que distinguir entre el filtrado del aire exterior y el filtrado del aire interior.

- **Filtración exterior.** La normativa actual, RITE, obliga al filtrado del aire exterior en función del uso y de la calidad del aire exterior. Su objetivo es reducir los contaminantes físicos y químicos. No se consideran los patógenos de tamaño más reducido.
- **Filtración interior.** La normativa actual, con criterio de eficiencia energética, recircula aire interior y lo mezcla con aire exterior. Sin embargo, una de las medidas establecidas con consenso general para reducir la transmisión del virus es no recircular aire interior, expulsarlo al exterior en su totalidad. Por lo tanto, la filtración de dicho aire dependerá de los filtros que se coloquen en dispositivos portátiles.

Tipos de filtros

- **Filtros de partículas.** Se distinguen varias subclases
 - **Filtración mecánica.** A su vez se diferencian por el material (fibras inorgánicas, fibras poliméricas y fibras naturales) y por su eficacia (baja eficacia, media, alta, muy alta,...). Los de muy alta eficacia son los famosos filtros HEPA.
 - **Filtros electrostáticos.** Son unidades formadas por un ionizador para que las partículas se carguen eléctricamente y se disponen de placas metálicas con cargas positivas y negativas que actúan atrayendo las partículas con carga eléctrica opuesta
 - **Filtros de polarización activa.** Son sistemas de filtración cuyo medio filtrante de tipo polímero se carga eléctricamente a través de dos rejillas colocadas a modo de sándwich.
- **Filtración molecular: filtros de gases.** La filtración de gases se usa como apoyo a los filtros de partículas, no se puede considerar un elemento sustitutivo. Se basa en la adsorción, que consiste en la retención superficial de moléculas de gas en un medio filtrante, llamado adsorbente. El más común es el filtro de carbón activado.
- **Otros filtros.** Se usan como una etapa de filtración adicional a los anteriores.

- **Filtros con rayos UV-C.** Sólo se usan para patógenos. La efectividad depende de varios factores (cantidad de irradiación, tiempo de exposición, distancia, ...) y para cada patógeno varía. Dado el tiempo limitado de exposición por la velocidad del aire, su efectividad está ligada a la recirculación y a un número elevado de renovaciones por aire.
- **Filtros fotocatalíticos.** Se usan para patógenos y COVs. Dependen de varios factores: tipo de lámpara, humedad relativa, superficie de contacto y tipo de catalizador. Al igual que los filtros UV-C, su limitado tiempo de exposición implica que su eficiencia dependa de la recirculación y el número de renovaciones por hora.

Es muy habitual que se hable de “etapas de filtración”, donde se combinan varios de los filtros anteriores, dado que cada tipología es eficiente para retener diferentes componentes.

4. Inactivación del virus o purificación.

La inactivación se consigue mediante la implantación de tecnologías que purifican el aire fuera del dispositivo. Este tipo de medidas es especialmente importante en espacios donde el uso de mascarilla sea un impedimento para realizar la actividad, y/o se realicen actividades de exigencia física (comedor, gimnasio,...) y donde se exhalan una cantidad significativa de partículas.

Hay varias tecnologías disponibles: fotocátalisis (PCO), ionización bipolar (BPI), radiación ultravioleta (UV-C) y generación de radicales hidroxilos tomando con reactivos como el limoneno o el peróxido de hidrógeno.

Fotocatálisis (PCO)

“La oxidación fotocatalítica, comúnmente llamada PCO, se demuestra muy eficaz en la neutralización de los patógenos aerotransportados, sin embargo, debe ser diseñada e instalada de tal forma que se eviten los posibles compuestos residuales que pueden formar durante el proceso. Así mismo la utilización en el proceso de lámparas UV-C nos lleva a tener en cuenta la posibilidad de generación de ozono de forma no deseada.”, según la guía del IDAE.

La fotocátalisis es una tecnología que viene empleándose desde hace décadas, y con un uso generalizado en países como Estados Unidos, donde ha habido evoluciones y existen lo que se denominan “fotocatálisis mejoradas”, que generan un **“plasma purificante” que se propaga por el aire de los espacios, inactivando el virus presente en el aire y en las superficies** mientras se usan los espacios, ya que es inocuo.

La tecnología está basada en procesos foto-catalíticos mediante la absorción de luz por parte de un catalizador o sustrato, que provoca reacciones tanto de oxidación como de reducción (redox), capaces de oxidar compuestos orgánicos, reducir iones inorgánicos y compuestos orgánicos. El plasma obtenido, compuesto principalmente por Grupos Hidroxilo (OH), Iones Súper Óxidos (O₂) e Hidroperóxidos (H₂O₂), está formado por partículas limpiadoras del aire que denominamos superoxidantes, y son capaces de reducir la carga microbiana en aire y superficies

Se denomina PLASMA a un gas constituido por partículas cargadas (iones) libres, cuya dinámica presenta efectos colectivos dominados por las interacciones electromagnéticas de largo alcance entre las mismas.

Generador de baja radiación electromagnética

- Una lámpara UV de amplio espectro (100-300nm) emite radiación con una determinada longitud de onda con acción germicida, capaz de desactivar estructuras de ADN y ARN.
- El sistema UV germicida usa dosis de 40 mj/cm² (40.000 microwatios por segundo por cm²). Esta tecnología bombardea el catalizador con fotones y lo activa.

Catalizador con forma de colmena

- Una matriz foto catalítica con una aleación de metales.
- Matriz con forma de “panel de abeja” con recubrimiento hidrófilo y compuesto por dióxido de titanio y una aleación de metales.

Cada metal contribuye al proceso de catálisis de diferente forma:

- El Dióxido de Titanio, forma dos especies de oxidantes muy poderosos y altamente reactivos: iones de oxígeno y radicales hidroxilos.
- El resto de los metales actúan convirtiendo óxido nítrico en nitrógeno y oxígeno, y destruyendo bacterias.

Ionización bipolar (BPI)

“Sobre la ionización bipolar, se conoce su buena efectividad en la eliminación de partículas. No obstante, por ser una tecnología muy moderna no existen documentación o evidencias científicas sobre su efecto sobre la salud de las personas. Como el caso del PCO podría generar ozono residual.”, según la Guía del IDAE.

La ionización bipolar simula en sus tubos de cristal un efecto natural comparado con una tormenta eléctrica, el cual convierte el aire (98% nitrógeno y oxígeno) en oxígeno activo (iones bipolares de oxígeno, radicales de hidroxilo, radicales de oxígeno y formación de ozono).

Una vez enriquecido el aire los diferentes contaminantes en tiempo real son inactivados, debido a que los tubos de ionización son instalados en el suministro del aire, permitiendo que el 100% del aire suministrado sea purificado, incluso inactivando contaminantes presentes en las superficies del lugar y aglomerando partículas presentes en el ambiente para que por gravedad se depositen en las superficies.

Observaciones:

- Algunos equipos pueden producir ozono. Las tecnologías de generación bipolar de iones han ido mejorando mucho hasta llegar a los métodos de generación por “Needle Point” (Punta de Aguja) o fibra de carbono, que permiten la generación de grandes cantidades de iones positivos y negativos de forma continua sin generar carga de ozono en el ambiente. ASHRAE menciona los comentarios del CDC³ norteamericano al respecto de esta tecnología: *“Al ser una tecnología nueva, no hay suficiente evidencia respecto al efecto limpiador/desinfectante, lo que no implica que haya fabricantes que puedan aportar dicha evidencia.”*
- El efecto de impulsar aire a través de conductos metálicos puede reducir la ionización negativa con una pérdida del 20% cada 2 metros.
- El aire frío o caliente también puede reducir la ionización del aire.

3: Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades (EEUU)

Radiación ultravioleta (UV)

La radiación ultravioleta es una radiación electromagnética comprendida entre las longitudes de onda de 15 a 400 nanómetros. La UVC es la comprendida entre los 400 200 y 280 nm, y es la que tiene más capacidad para inactivar el ADN de determinados microorganismos.

Algunas observaciones:

- Como cualquier sistema de desinfección, los dispositivos UVC deben ser usados de modo apropiado para que sean seguros. La luz UVC puede causar severos daños a la piel, y también dañar la retina de los ojos. Actualmente se está investigando otras longitudes de onda por debajo de 220 nm, que no dañaría tejidos humanos, pero se ha de comprobar su eficacia ante todos los patógenos (Far UVC).
- Algunos dispositivos también producen ozono como parte de su proceso
- La luz UV, específicamente entre 200-280 nm, inactiva otros dos coronavirus que son relativamente cercanos al virus COVID-19: SARS y MERS.
- La efectividad depende del tiempo de exposición y es inversamente proporcional a la distancia al cuadrado. Por ejemplo, para distancias superiores a 3 metros de la fuente irradiadora, la efectividad es 9 veces menor que a 1 metro.
- Sólo destruye los patógenos en una línea de visión directa del dispositivo. Sobre las zonas que queden “en sombra”, no estarán limpios de patógenos; es posible que se requieran tratamientos repetidos con el dispositivo en diferentes ubicaciones dentro de la habitación en un intento de limpiar la mayoría de las superficies
- En el momento que algún contagiado entra en una habitación recién desinfectada con rayos UV-C, se vuelve a contaminar, pues la tecnología no funciona cuando el vector de transmisión está presente.
- La radiación UV-C puede causar la fotodegradación de los materiales y esto debe tenerse en cuenta donde materiales susceptibles, como los plásticos, textiles, pinturas, etc., se encuentran en el entorno expuesto.

En acondicionamiento de aire se está usando de varias maneras:

- **Baterías de frío de climatizadoras.** Puede ser muy efectivo para mantener bajo control la formación de capas de biofilm, y se lleva realizando muchos años.
- **En luminarias.** Hay una nueva especificación UNE 0068:2020, que define los requisitos de seguridad que se deben tener en cuenta para garantizar el uso correcto de equipos de radiación ultravioleta UV-C para desinfectar ambientes y locales. Hay luminarias que se están ofreciendo de exposición directa y otras de exposición indirecta, hacia el techo, que limpiarían el aire desde una determinada altura para arriba. Hay que tener cuidado con la reflexión de techos y paredes.
- **Robots autónomos.** Fundamentalmente usado en el ámbito hospitalario, se están usando también para transporte público (al término de la jornada) e incluso en habitaciones de hotel.

Generación de radicales hidroxilos por ionización de limoneno

Existe otra tecnología que afirma que genera radicales hidroxilos en cascada, por la ionización de reactivos como limoneno o peróxido de hidrógeno.

Aún no cuenta con el reconocimiento por el Ministerio de Sanidad o por otras instituciones, así como validación científica de terceros. La documentación científica disponible no ha sido generada por una fuente independiente y por tanto no está contrastada. Es necesaria una explicación más detallada de la tecnología, que desarrolle y demuestre el concepto “reacción en cadena” o “cascada” de los radicales hidroxilos.

En cuanto a los ensayos de laboratorio respecto a la eficacia con patógenos, no aportan ensayos de laboratorio realizados con la tecnología independientes del fabricante.

Por último, surgen dudas en cuanto a la zona de afección alrededor de los equipos al disponer de un ventilador muy pequeño, y la eficiente distribución de los productos generados por el dispositivo en ausencia de ventilación forzada.

Tipos de purificadores

Algunas de las tecnologías admiten dos tipos de purificadores: portátiles y en conductos.

- **Portátiles.** Aportan versatilidad y pueden incorporar además una o varias etapas de filtración, incluyendo un filtro HEPA, filtros de carbón activo y ionización. Especialmente indicados donde la calidad del aire exterior no se pueda mejorar vía filtrado, donde el uso del espacio sea eventual o donde no sea fácil su aplicación por grandes alturas o volúmenes. Ejemplos de uso: salones de actos, comedor, gimnasios, oratorios, ...
- **En conductos.** Aprovechando la red de conductos cuando hay ventilación mecánica, y funcionando simultáneamente a las máquinas climatizadoras. No pueden incorporar filtración adicional porque supondrían una pérdida de carga excesiva. Cada purificador añade una pérdida de carga de alrededor de 5 pascales (depende de los dispositivos), que es poco significativa comparada por ejemplo con un filtro G4 sucio, que puede superar ampliamente los 100 pascales (normalmente se recomienda su cambio cuando la pérdida es de 150 Pa).

5. Conclusiones

- Hay que diferenciar entre recomendaciones e instrucciones. Las segundas son de obligado cumplimiento.
- Diferenciar claramente entre dispositivos que filtran (modo pasivo, acción dentro del dispositivo) y los que inactivan el virus mediante una tecnología específica (modo activo, acción fuera del dispositivo).
- Aunque en España sean menos conocidas, estas tecnologías se vienen empleando de forma generalizada a nivel mundial, y específicamente en USA, desde hace más de 20 años.
- Hay que valorar en cada caso la conveniencia de colocar limpiador con filtro HEPA, purificador sólo con la tecnología, o dispositivo que sea limpiador y filtrador.
- Se deberían monitorizar algunos de los parámetros del aire, para decidir previamente las medidas a adoptar, y posteriormente comprobar que las medidas están siendo efectivas.
- Es importante que la empresa que comercialice e instale los productos tenga conocimientos técnicos y experiencia. Estos dispositivos no son electrodomésticos, está en juego nuestra salud.

En Madrid, Noviembre de 2.020

Felipe Fernández Espejel

Director Técnico de **ARQUITECTURA SALUDABLE**

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.

WELL Accredited Professional por el International WELL Building Institute™

Certified Passivhaus Designer por el Passivhauss Institut

Infrared Thermography Certification por el Infrared Training Center