

**SISTEMAS DE PURIFICACIÓN DE AIRE. PRUEBA
REAL INSTITUTO LA PATACONA**

CITY S, CITY M AIR PURIFIERS



INDICE

1. OBJETIVO	2
2. DATOS PARA EL CÁLCULO DE SISTEMAS DE PURIFICACIÓN..	2
3. TRATAMIENTO DE PARTÍCULAS.....	3
4. VENTILACIÓN.....	5
5. VENTILACIÓN EN LAS AULAS CON SISTEMAS DE PURIFICACIÓN.	6
6. CAMBIO DE FILTROS HEPA EN SISTEMAS DE PURIFICACIÓN.....	7
7. SOLUCIÓN PROPUESTA.....	9
8. EL FILTRO HEPA	10
9. OTROS SISTEMAS / OZONO / LÁMPARAS GERMICIDAS UV-C.....	13
¿CUÁLES SON LOS PRINCIPALES PELIGROS DE SALUD RELACIONADOS CON LA RESPIRACIÓN Y EL OZONO?	15
PARTÍCULAS (PM)	17
EFECTOS SOBRE LA SALUD	18
VALORES FIJADOS EN LAS DIRECTRICES DE LA OMS PARA LA CALIDAD DE AIRE.	18
DEFINICIÓN Y FUENTES PRINCIPALES.....	20
EFECTOS SOBRE LA SALUD	20
PRODUCTOS VIRICIDAS QUE "NO HAN DEMOSTRADO EFICACIA FRENTE A VIRUS"	21
LÁMPARAS GERMICIDAS UV.	24
RIESGOS ASOCIADOS AL USO DE LA UV-C.....	25
10. ESTUDIO REAL EN AULA DE ESTUDIANTES.....	28

1. Objetivo

El siguiente documento describe todas aquellas consideraciones necesarias para la implantación de un sistema de purificación de aire.

2. Datos para el cálculo de sistemas de purificación..

▪ Dominio Técnico de intervención: Área de CLIMATIZACIÓN..

Para una correcta purificación, es necesario realizar un análisis arquitectónico del edificio, el cálculo del volumen de aire a tratar, la ocupación de la zona a tratar y conocer los mecanismos de ventilación o de climatización instalados es fundamental para un correcto dimensionado.

Para el cálculo de equipos y renovaciones se tendrán en consideración:

- Tipo de zonas.
- Ocupación.
- Tasa de recirculaciones hora adecuada.
- Índice metabólico
- Tipo de ventilación mecánica, bien por aire climatizado, por aporte de aire exterior.
-

Se han de realizar los cálculos para conseguir una tasa no menor de 5 **recirculaciones hora** como se recomienda en las guías de tratamiento de aire del CSIC, ATECYR, REHBA, AFEC etc.

3. Tratamiento de partículas.

En ambientes interiores, las partículas en suspensión, también llamadas aerosoles, susceptibles de contener virus, se pueden acumular. La exposición a este aire puede resultar en infecciones. La reducción del riesgo de contagio se consigue reduciendo emisión y exposición.

La emisión 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

Es importante comprender que un sistema de purificación está desarrollado para poder atrapar en sus filtros diferentes tamaños de partículas. En función de la eficacia de filtro obtendremos un nivel de retención mayor o menor.

La nueva norma UNE EN ISO 16890 establece tres tamaños de partículas para filtros de alta eficacia.

- ePM 10. Partículas de 0,3 micras a 10 micras.
- ePM 2.5. Partículas de 0,3 a 2,5 micras.
- ePM 1. Partículas de 0,3 a 1 micra. Estas son las más peligrosas puesto que pueden acceder hasta el torrente sanguíneo en los pulmones.

Cuando hablamos de protección biológica tenemos que irnos a filtros del tipo EPA, HEPA o ULPA.

Para este tipo de filtros las eficacias mínimas son:

- E10 85% MPPS.
- E11 95% MPPS.
- E12 99,5% MPPS.
- H13 99,95 MPPS.
- H14 99,995% MPPS.
- U15 99,9995 MPPS.
- U16 99,99995 MPPS.
- U17 99,999995 MPPS.

4. Ventilación.

La ventilación se refiere a renovación de aire, es decir, sustitución del aire interior, potencialmente contaminado, con aire exterior, libre de virus. La utilización de un ventilador en un ambiente interior cerrado no equivale a ventilar en el sentido de renovación de aire.

La purificación del aire consiste en la eliminación de las partículas en suspensión, susceptibles de contener virus. El método más sencillo y eficaz es la filtración.

La renovación de aire se puede denominar por sus siglas en inglés ACH, Air Changes per Hour. Si un espacio tiene 1 ACH (1 renovación de aire por hora) significa que en una hora entra en la sala un volumen de aire exterior igual al volumen de la sala, y, debido a la mezcla continua del aire, esto resulta en que el 63% del aire interior ha sido reemplazado por aire exterior. Con 2 renovaciones se reemplaza el 86% y con 3 renovaciones el 95%.

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. La guía de Harvard recomienda 5-6 renovaciones de aire por hora para aulas de 100 m², con 25 estudiantes de 5-8 años.

Otra forma de medir la ventilación son los litros de aire por persona y segundo que entran del exterior. El RITE indica para colegios un caudal de 12,5 litros al segundo por persona.

La relación entre ambos parámetros es: $ACH = \text{litros por persona y segundo} * \text{número personas} * 3600 \text{ segundos/hora} * 0.001 \text{ m}^3/\text{litro} / \text{volumen sala en m}^3$.

Estos valores se pueden ajustar según el riesgo que se quiera o se pueda asumir. El riesgo cero no existe. Cuanto mejor sea la ventilación, menor es el riesgo de contagio. Existen métodos para medir la ventilación en un espacio concreto, que se basan en medidas de CO₂. En el aire exterior, las concentraciones de CO₂ son de aproximadamente 420 ppm. En interiores,

en espacios ocupados, las concentraciones de CO2 son elevadas por el CO2 exhalado por los ocupantes. Dichas concentraciones se pueden utilizar para calcular la renovación de aire en un espacio y condiciones dadas.

La concentración de CO2 en espacios interiores cerrados aumenta rápidamente en presencia de personas, que exhalan CO2 al respirar. La renovación de aire con aire exterior reduce las concentraciones de CO2 en el interior. Esto favorece la atención y rendimiento escolar, ya que la exposición a concentraciones de CO2 demasiado elevadas produce aletargamiento y dificulta la atención.

Cuando los caudales de aire exterior son insuficientes o el centro carece de ventilación mecánica que permita el uso de aire exterior es necesario recurrir a sistemas de purificación de aire con filtros de eficacia mínima H13 99,95% MPPS que acrediten la norma UNE EN 1822:2009.

5. Ventilación en las aulas con sistemas de purificación.

Los sistemas de purificación de aire retiene partículas, el CO2 es un gas y no puede ser retenido por un sistema de filtración de partículas. Para poder aunar la reducción de partículas como la dilución del CO2 varias guías como el CSIC recomienda la ventilación de las aulas de la siguiente manera:

- Al inicio de la jornada.
- Entre 5 y 10 minutos entre clases.
- En horario de recreo.
- En horario de comedor.
- Al finalizar la jornada.

Es importante comprender que para una correcta ventilación se ha de crear una corriente de aire, para conseguir este efecto tanto ventanas como puertas deben estar abiertas. En periodo de invierno esta alternativa puede ser totalmente inviable, necesitando instalar sistemas de purificación que permitan cerrar ventanas y puertas y hacer ventilaciones periódicas para una correcta dilución del CO2. El nivel de CO2 así como la carga vírica de un espacio siempre estará determinado por el índice de ocupación del mismo.

Un espacio que no cuente con ventilación mecánica y cuente con la instalación de purificadores de aire necesita que puertas y ventanas estén cerradas para que el volumen de aire purificado cumpla las 5 recirculaciones hora. Al tener ventanas y puertas abiertas el volumen de aire aumenta de forma notable requiriendo de más caudal de aire en los purificadores, esto aumenta el coste de la inversión.

Se recomienda el uso de purificadores con los espacios cerrados y hacer ventilaciones periódicas para una correcta dilución del CO₂.

6. Cambio de filtros HEPA en sistemas de purificación.

El mantenimiento de los filtros HEPA en un purificador puede ser realizado por cualquier persona dado que no cuenta con ningún tipo de complejidad.

Dado que los filtros HEPA usados para el tratamiento del SARS COV 2 pueden contener virus activos (el virus queda retenido en el filtro y muere a las 24/48 horas) es importante tener en consideración una serie de pautas de prevención.

Para retirar los filtros se ha de usar:

- Guantes de Latex o Nitrilo.
- Mascarilla FFP2.
- Disolución de hipoclorito sódico (lejía) para nebulizar en la superficie del filtro.

Siempre que se retire el filtro se realizará con los EPIS anteriormente indicados, el filtro una vez extraído del purificador será rociado con el preparado de Hipoclorito sódico, esto matará cualquier virus activo que pueda contener el virus. El filtro se introducirá en una doble bolsa de plástico que será cerrada de manera que no pueda haber fugas. Los filtros serán tratados con su gestor de residuos habitual o llevados al punto limpio indicando el origen del residuo y la descontaminación realizada.

Para hacer una correcta descontaminación, es necesario contar con un nebulizador con una preparación de hipoclorito sódico (lejía) al 0,5% por ciento por litro de agua.

Datos de concentración aproximada de hipoclorito de sodio en diferentes tipo de producto.

Lejía doméstica: Entre 47 y 65 gramos de cloro activo por litro; entre 4 y 6 % de cloro activo en peso. También se llama HIPO 4.

Lejía profesional: Entre 100 y 110 gramos de cloro activo por litro; entre 9 y 10 % de cloro activo en peso. También se llama HIPO 10.

Lejía concentrada industrial: 130 gramos de cloro activo por litro; 11 % de cloro activo en peso. También se llama HIPO 13.

Lejía ultraconcentrada industrial: 150 gramos de cloro activo por litro; 12 % de cloro activo en peso. También se llama HIPO 15.

Hipoclorito sódico ultraconcentrado para agua potable: Lejía ultraconcentrada industrial certificada para tratamiento de agua potable.

Este preparado será usado para descontaminar el filtro HEPA antes de ser desechado.

7. Solución propuesta.

Los filtros seleccionados son filtros HEPA (absolutos) de eficacia H13. MPPS 99,95% Estos mismos filtros son los empleados en los quirófanos de los Hospitales y ya mencionados laboratorios con nivel de contención NCB-3 garantizando la retención de virus y bacterias en el aire.

Actualmente existen muchas tecnologías en el Mercado, y nosotros las hemos estudiado todas. Sin embargo, después de muchos años de trabajo para establecer el método más fiable y efectivo para limpiar un flujo de aire en movimiento y eliminar los Núcleos de Wells., hemos concluido que no hay ninguna tecnología en la actualidad que pueda competir con un filtro HEPA probado y certificado según la norma EN1822:2009.

Un filtro HEPA de calidad superior probado según EN1822: 2009 ofrece un producto que se ha verificado de forma independiente con el fin de dar el nivel de protección esperado. Proporciona una barrera física que elimina partículas físicas, incluyendo partículas PM1 (polvo), esporas de moho, virus y bacterias. No solo ofrece protección frente a contaminantes microbianos como esporas de moho y virus, sino también frente a partículas de PM1 y polen que pueden causar o contribuir a una variedad de enfermedades como son el asma y las alergias al polen, que además ayudan al transporte y son vehículos para el desplazamiento de este virus en el aire.

8. El filtro HEPA

El filtro HEPA de Camfil es un filtro de alta calidad y alta eficiencia diseñado para ofrecer protección contra partículas y fuentes de infección. Estos filtros son ampliamente utilizados en hospitales, laboratorios de bioseguridad y el sector de life science para proteger a las personas y al medio ambiente de los daños causados por contaminantes existentes y transportados en el aire.

Cada filtro HEPA se prueba individualmente después de su fabricación, antes de salir de la fábrica, para confirmar que alcanza la eficiencia mínima requerida. Luego se empaqueta con un certificado de análisis MPPS y se envía al cliente. La prueba que se realiza sigue el estándar **EN1822: 2009**, mundialmente reconocido para probar y clasificar filtros HEPA. Si un filtro no se ha probado o no se ha suministrado con un certificado MPPS de acuerdo con **EN1822: 2009**, no debería utilizarse.

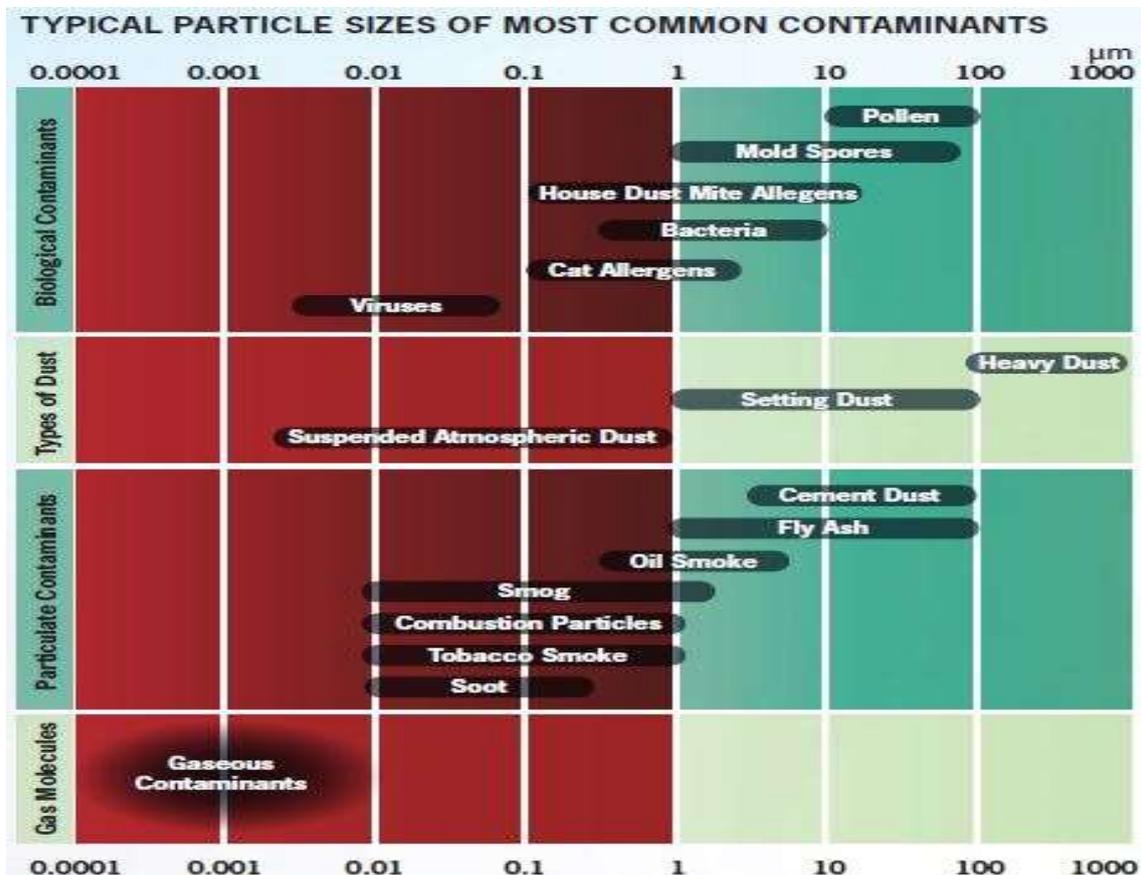
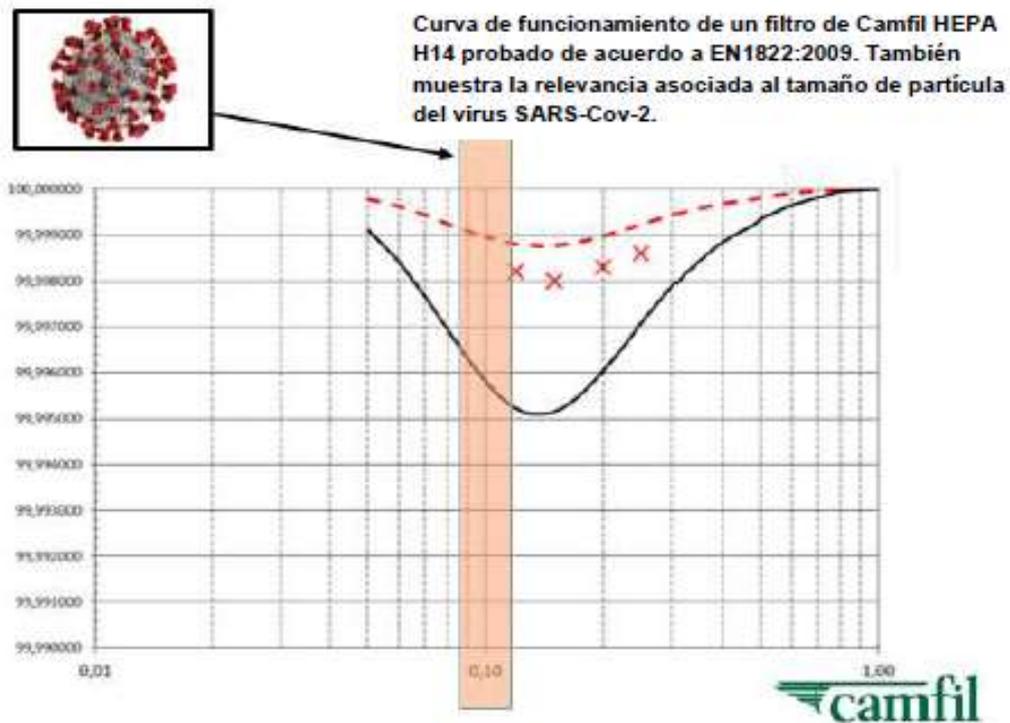
En términos muy simples:

El filtro HEPA se coloca en una plataforma de prueba. Un generador de partículas inyecta una cantidad conocida de partículas al filtro, donde los sensores a cada lado del filtro miden el tamaño, la concentración y penetración de partículas. Esto permite calcular y clasificar la eficacia.

Los filtros absolutos han de ser construidos y ensayados, acorde a la norma **UNE-EN 1822**.

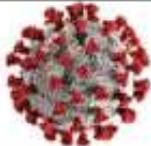
Esta norma indica que la eficacia de un filtro absoluto será medida para las partículas denominadas MPPS, tamaño de partícula más penetrante.

Las MPPS se encuentran en el rango de 0,1 a 0,25 micras.

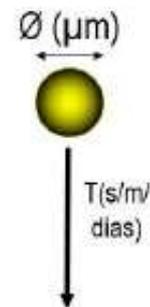


Cuando un filtro, por ejemplo H13, tiene una eficacia del 99,95% MPPS, significa, que retiene el 99,95% de las partículas con más capacidad de penetración en el filtro, siendo su eficacia para el resto de tamaños aún mayor.

El virus SARS COV 2 tiene un tamaño de 0,09 a 0,12 micras, cuando es transportado en gotículas o aerosoles un tamaño de 0,5 a 15 micras. Un filtro de eficacia H13, retendría como mínimo el 99,95% del virus, siendo su eficacia mayor para el caso de las gotículas.

SARS-CoV-2	0,09 - 0,12µm	
El virus estará presente en las gotas y aerosoles procedentes de una persona infectada.		

DIAMETRO PARTICULA (σ)	TIEMPO ASENTAMIENTO 2,5 M (T)
150 µm	5,4 s
20 µm	3,5 min
5 µm	55 min
0,5 µm	3 días
0,1 µm	34 días



El SARS-CoV-2 permanece activo en los aerosoles una duración de hasta 3 horas bajo determinadas condiciones – WHO, New England Journal of Medicine 2020

9. Otros sistemas / ozono / lámparas germicidas UV-C

	PURIFICADORES / FILTROS DE AIRE / FILTROS HEPA	OZONO	IONIZACIÓN POR PLASMA	LAMPARAS UV GERMICIDAS
MECÁNICA DE FUNCIONAMIENTO	Retención de partículas mediante media filtrante de fibra de vidrio especialmente diseñada para los mecanismos de retención mediante inercia, intercepción, difusión, tamizado.	Oxidación	Retención por polarización	Radiación ultravioleta de onda corta.
RIESGOS PARA LA SALUD	Ninguno.	Envejecimiento prematuro de los pulmones, deterioro de la función pulmonar, irritación de los ojos, nariz, garganta, tos, ataques de asma, dolores de cabeza, alteración del sistema inmunológico	Generación de ozono no deseado con los riesgos inherentes del ozono. En caso de pérdida de corriente eléctrica todas las partículas son desprendidas al sistema de ventilación o estancia.	Problemas oculares, cutáneos, cancerígenos.
SE PUEDE EMPLEAR EN ESTANCIAS CON OCUPACIÓN HUMANA	Totalmente recomendado para proteger los ambientes con ocupación humana. Único sistema avalado por normas internacionales para este fin.	Está considera como un contaminante de aire exterior inorgánico. No se puede usar en zonas con ocupación humana. No avalado por la agencia española del medicamento.	Al no saber las cantidades en las que puede generar ozono y la eficacia real de retención de partículas siempre necesitará filtros de aire como barrera de seguridad para garantizar la salubridad de los recintos donde se encuentre.	No puede instalarse cerca de personas. Sistema de apoyo.
RETENCIÓN DE PARTÍCULAS CERTIFICADA MEDIANTE NORMATIVA UNE-EN-ISO	Único sistema de retención de partículas certificado.	Ninguna eficacia de retención contra partículas	Eficacia de retención de partículas mediante ensayos independientes no homologados por normativa. Producen ozono no deseado.	Ninguna eficacia de retención contra partículas
ANTIGUA NORMATIVA EN779:2012	Filtros de aire en ventilación general para la eliminación de partículas. Clasificación de los filtros de aire	No se reseñan sistemas de ozono	No se reseñan sistemas de ionización	No se reseñan sistemas mediante lamparas UV
NORMATIVA EN 1822	Normativa Filtros Absolutos EPA / HEPA / ULPA	No aplica	No aplica	No aplica
ISO 16890	Filtros de aire en ventilación general para la eliminación de partículas. Nueva clasificación de los filtros de aire	No se reseñan sistemas de ozono	No se reseñan sistemas de ionización	No se reseñan sistemas mediante lamparas UV
EN 167983:2017	Clases de filtros mínimos según IDA (calidad de aire interior) y ODA (Calidad de aire exterior)	No se reseñan sistemas de ozono	No se reseñan sistemas de ionización	No se reseñan sistemas mediante lamparas UV
EN 13053	Ventilación de edificios. Unidades de tratamiento de aire. Clasificación y rendimientos de unidades, componentes y secciones, filtros de aire.	No se reseñan sistemas de ozono	No se reseñan sistemas de ionización	No se reseñan sistemas mediante lamparas UV
RITE	Reglamento de Instalaciones Térmicas de Edificios. Tabla 1.4.2.5 Filtros de aire.	No se reseñan sistemas de ozono	No se reseñan sistemas de ionización	No se reseñan sistemas mediante lamparas UV

UNE 100713 Instalaciones de Acondicionamiento de Aire en Hospitales.	Nivel de filtración en tercera etapa filtro H13 MPPS 99,95% según EN-1822	No retiene partículas	EN1822 Eficacia de retención de partículas no certificado	No retiene partículas
UNE 171340 Validación y cualificación de salas de ambiente controlado en Hospitales	Protocolo de validación orientado entre otros aspectos a evaluar la eficacia del sistema de filtración instalado. Eficacia de retención, pérdida de carga, uniformidad del flujo, fugas de aire en el filtro.	No retiene partículas	EN1822 Eficacia de retención de partículas no certificado	No retiene partículas
UNE 100012 Higienización de sistemas de climatización	Unidades de tratamiento de aire (UTAs) y climatizadores. La evaluación de las UTAs debe considerar todos sus componentes: filtros , plenums, baterías, bandejas de condensados, aislamientos acústicos, recuperadores de calor, aparatos de humidificación o enfriamiento adiabático y ventiladores.	No retiene partículas	EN1822 Eficacia de retención de partículas no certificado	No retiene partículas
Salas limpias y locales anexos controlados US.FED.STD.209E	Nivel de partículas en ambiente solo se puede alcanzar mediante filtración absoluta para conseguir la clasificación de sala.	No retiene partículas	EN1822 Eficacia de retención de partículas no certificado	No retiene partículas
Normativa EN ISO 14644	Nivel de partículas en ambiente solo se puede alcanzar mediante filtración absoluta para conseguir la clasificación de sala.	No retiene partículas	EN1822 Eficacia de retención de partículas no certificado	No retiene partículas
BPF 1989 Guí Industrial Farmacéutica	Nivel de partículas en ambiente solo se puede alcanzar mediante filtración absoluta para conseguir la clasificación de sala.	No retiene partícula	EN1822 Eficacia de retención de partículas no certificado	No retiene partículas
Equivalencia de las normas para salas controladas	Nivel de partículas en ambiente solo se puede alcanzar mediante filtración absoluta para conseguir la clasificación de sala.	No retiene partículas	EN1822 Eficacia de retención de partículas no certificado	No retiene partículas

¿Cuáles son los principales peligros de salud relacionados con la respiración y el ozono?

Incluso en concentraciones muy bajas el ozono puede ser nocivo para el tracto respiratorio superior y los pulmones. Las lesiones de pulmón severas y permanentes o la muerte pueden resultar incluso de una exposición a muy corto plazo a concentraciones relativamente bajas.

La exposición a concentraciones extremadamente bajas de ozono inicialmente aumentan la reactividad de las vías respiratorias a otras sustancias inhaladas (hipersensibilidad bronquial) y provoca una respuesta inflamatoria en el tejido respiratorio. La exposición al ozono durante el ejercicio o trabajo aumenta la susceptibilidad de este efecto. El grado de reacción bronquial aumentada se ha observado luego de exposiciones de 7 horas a 0.08, 0.1 o 0.12 ppm (con ejercicio moderado), o exposición de 1 hora a 0.35 ppm. Esta respuesta ocurre casi inmediatamente después de la exposición al ozono y persiste por al menos 18 horas.

Otros síntomas observados luego de exposiciones agudas a 0.25-0.75 ppm incluyen tos, falta de aire, apretazón de pecho, un sentimiento de inhabilidad para respirar (disnea), garganta seca, jadeo, jaqueca y náusea.

Síntomas más severos se han visto luego de exposición a concentraciones más altas (mayores de 1 ppm) y han incluido función pulmonar reducida, fatiga extrema, mareo, inhabilidad para dormir y para concentrarse y una decoloración azulada de la piel (cianosis). La exposición intermitente a 9 ppm por 3-14 días ha producido inflamación de los bronquios y pulmones.

Una exposición ocupacional aguda a aproximadamente 11 ppm por 15 minutos provocó severa irritación respiratoria y casi inconsciencia. Una exposición de 30 minutos a 50 ppm se considera potencialmente letal.

Estudios en animales indican que el ozono también puede provocar una acumulación potencialmente fatal de fluido en los pulmones (edema pulmonar). Los síntomas del edema pulmonar, tales como falta de aliento, pueden no aparecer por 24 horas después de la exposición y se agravan con el esfuerzo físico.

Las respuestas de severidad respiratoria al ozono se vuelven reducidas luego de exposiciones repetidas diariamente. Esta "adaptación funcional" a los efectos del ozono puede persistir por varios días luego de que la exposición se detiene. La disminución en la función respiratoria no parece ser más pronunciada en fumadores de cigarrillos o personas con desordenes pulmonares preexistentes.

Las Directrices de la OMS sobre la Calidad del Aire publicadas en 2005 ofrecen orientación general relativa a umbrales y límites para contaminantes atmosféricos clave que entrañan riesgos sanitarios. Las Directrices señalan que mediante la reducción de la contaminación con partículas (PM10) de 70 a 20 microgramos por metro cúbico ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) es posible reducir en un 15% el número de defunciones relacionadas con la contaminación del aire.

Las Directrices se aplican en todo el mundo y se basan en la evaluación, realizada por expertos, de las pruebas científicas actuales concernientes a:

- partículas (PM)
- ozono (O₃)
- dióxido de nitrógeno (NO₂) y
- dióxido de azufre (SO₂), en todas las regiones de la OMS.

Las Directrices de la OMS sobre calidad del aire se encuentran actualmente en proceso de revisión y su publicación está prevista para 2020.

Partículas (PM)

Definición y fuentes principales

Las PM son un indicador representativo común de la contaminación del aire. Afectan a más personas que cualquier otro contaminante. Los principales componentes de las PM son los sulfatos, los nitratos, el amoníaco, el cloruro de sodio, el hollín, los polvos minerales y el agua. Consisten en una compleja mezcla de partículas sólidas y líquidas de sustancias orgánicas e inorgánicas suspendidas en el aire. Si bien las partículas con un diámetro de 10 micrones o menos (\leq PM10) pueden penetrar y alojarse profundamente dentro de los pulmones, existen otras partículas aún más dañinas para la salud, que son aquellas con un diámetro de 2,5 micrones o menos (\leq PM2.5). Las PM2.5 pueden atravesar la barrera pulmonar y entrar en el sistema sanguíneo. La exposición crónica a partículas contribuye al riesgo de desarrollar enfermedades cardiovasculares y respiratorias, así como cáncer pulmonar.

Generalmente, las mediciones de la calidad del aire se notifican como concentraciones medias diarias o anuales de partículas PM10 por metro cúbico (m³) de aire. Las mediciones sistemáticas de la calidad del aire describen esas concentraciones de PM expresadas en microgramos (μ)/m³. Cuando se dispone de instrumentos de medición suficientemente sensibles, se notifican también las concentraciones de partículas finas (PM2,5 o más pequeñas).

Efectos sobre la salud

Existe una estrecha relación cuantitativa entre la exposición a altas concentraciones de pequeñas partículas (PM10 y PM2,5) y el aumento de la mortalidad o morbilidad diaria y a largo plazo. A la inversa, cuando las concentraciones de partículas pequeñas y finas son reducidas, la mortalidad conexas también desciende, en el supuesto de que otros factores se mantengan sin cambios. Esto permite a las instancias normativas efectuar proyecciones relativas al mejoramiento de la salud de la población que se podría esperar si se redujera la contaminación del aire con partículas.

La contaminación con partículas conlleva efectos sanitarios incluso en muy bajas concentraciones; de hecho, no se ha podido identificar ningún umbral por debajo del cual no se hayan observado daños para la salud. Por consiguiente, los límites de la directriz de 2005 de la OMS se orientan a lograr las concentraciones de partículas más bajas posibles.

Valores fijados en las Directrices de la OMS para la calidad de aire.

Partículas finas (PM2.5)

10µg/m³ de media anual

25 µg/m³ de media en 24h

Partículas gruesas (PM10)

20µg/m³ de media anual

50 µg/m³ de media en 24h

Además de los valores, las Directrices sobre la Calidad del Aire establecen metas intermedias para concentraciones de PM10 y PM2,5 destinadas a promover una reducción gradual, de concentraciones altas a otras más bajas.

Si se alcanzaran esas metas intermedias se podrían esperar reducciones importantes de los riesgos de enfermedades agudas y crónicas derivadas de la contaminación del aire. No obstante, los valores establecidos en las Directrices deberían ser el objetivo final.

Los efectos sanitarios de las partículas provienen de la exposición que actualmente experimentan muchas personas, tanto en las zonas urbanas como rurales, bien sea en los países desarrollados o en los países en desarrollo, aun cuando la exposición en muchas ciudades en rápido desarrollo suele ser actualmente muchísimo más alta que en ciudades desarrolladas de tamaño comparable.

En las Directrices de la OMS sobre la Calidad del Aire se estima que una reducción media anual de las concentraciones de partículas (PM10) de 35 microgramos/m³, común en muchas ciudades en desarrollo, a 10 microgramos/m³, permitiría reducir el número de defunciones relacionadas con la contaminación en aproximadamente un 15%. Sin embargo, incluso en la Unión Europea, donde las concentraciones de PM de muchas ciudades cumplen los niveles fijados en las Directrices, se estima que la exposición a partículas de origen antropogénico reduce la esperanza media de vida en 8,6 meses.

En los países de bajos y medianos ingresos, la exposición a contaminantes en el interior y alrededor de las viviendas como consecuencia del uso de combustibles en estufas abiertas o cocinas tradicionales incrementa el riesgo de infecciones agudas de las vías respiratorias inferiores, así como el riesgo de cardiopatías, neumopatía obstructiva crónica y cáncer de pulmón en los adultos.

Existen graves riesgos sanitarios no solo por exposición a las partículas, sino también al ozono (O₃), el dióxido de nitrógeno (NO₂) y el dióxido de azufre (SO₂). Como en el caso de las partículas, las concentraciones más elevadas suelen encontrarse en las zonas urbanas de los países de ingresos bajos y medianos. El ozono es un importante factor de mortalidad y morbilidad por asma, mientras que el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre pueden tener influencia en el asma, los síntomas bronquiales, las alveolitis y la insuficiencia respiratoria.

Ozono (O₃)

Valores fijados en las Directrices

O₃

100 µg/m³ de media en 8h

El límite recomendado en las Directrices de la OMS sobre la Calidad del Aire, de 2005, se redujo del nivel de 120 µg/m³ establecido en ediciones precedentes de esas Directrices¹ y 2, a raíz de pruebas concluyentes sobre la relación entre la mortalidad diaria y concentraciones de ozono inferiores.

Definición y fuentes principales

El ozono a nivel del suelo —que no debe confundirse con la capa de ozono en la atmósfera superior— es uno de los principales componentes de la niebla tóxica. Éste se forma por la reacción con la luz solar (fotoquímica) de contaminantes como los óxidos de nitrógeno (NO_x) procedentes de las emisiones de vehículos o la industria y los compuestos orgánicos volátiles (COV) emitidos por los vehículos, los disolventes y la industria. Los niveles de ozono más elevados se registran durante los períodos de tiempo soleado.

Efectos sobre la salud

El exceso de ozono en el aire puede producir efectos adversos de consideración en la salud humana. Puede causar problemas respiratorios, provocar asma, reducir la función pulmonar y originar enfermedades pulmonares.

La Sociedad Española de Sanidad Ambiental (SESA) desaconseja el uso de dióxido de cloro y ozono en la desinfección del aire y superficies frente al coronavirus. En cuanto al empleo de túneles y arcos desinfectantes de ozono que se están utilizando sobre personas, indican que "actualmente no existe en España ningún producto biocida que esté autorizado por el Ministerio de Sanidad para su empleo mediante nebulización sobre las personas".

"Muy al contrario, los profesionales que aplican cualquier producto biocida han de estar protegidos con los equipos de protección personal adecuados a la categoría de peligrosidad del producto", insisten a través de un posicionamiento publicado este viernes **pasado** sobre desinfectantes de pulverización sobre las personas contra el Covid-19.

Estos expertos indican que "ahora más que nunca es fundamental llevar a cabo una limpieza y desinfección exhaustiva de las superficies con las que se entra en contacto para prevenir el contagio, mitigar la expansión del virus y contener la propagación de la enfermedad del Covid-19".

Productos viricidas que "no han demostrado eficacia frente a virus"

Así, en la situación actual de crisis sanitaria, SESA ha detectado un "incremento considerable" de empresas que están ofertando servicios de desinfección de espacios públicos y privados, edificios, viviendas, oficinas y vehículos con productos viricidas que "no han demostrado eficacia frente a virus y por consiguiente no están autorizados ni registrados en España".

Por esta razón, aclaran que los productos viricidas autorizados y registrados en España que han demostrado eficacia frente al virus atendiendo a la norma UNE-EN 14476, que evalúa la capacidad viricida de los antisépticos y desinfectantes químicos, son los que se encuentran en el Listado de Viricidas para uso ambiental (TP2), uso en la industria alimentaria (TP4) y para su uso en la higiene humana (TP1), publicado por el Ministerio de Sanidad. En ese listado hay productos viricidas de uso por el público en general, que junto con los detergentes y limpiadores se pueden comprar en los supermercados para uso doméstico, y son los productos que pueden utilizar las empresas de limpieza.

Ante la proliferación en el mercado de dispositivos productores de ozono, este Ministerio advierte que el ozono al igual que otros biocidas:

- No se puede aplicar en presencia de personas.
- Los aplicadores deben contar con los equipos de protección adecuados.
- Al ser una sustancia química peligrosa, puede producir efectos adversos. En el inventario de clasificación de la ECHA (Agencia Europea de Sustancias y Mezclas Químicas) se notifica la clasificación de esta sustancia como peligrosa por vía respiratoria, irritación de piel y daño ocular.
- Se deberá ventilar adecuadamente el lugar desinfectado antes de su uso.
- Puede reaccionar con sustancias inflamables y puede producir reacciones químicas peligrosas al contacto con otros productos químicos.

El resto de productos biocidas, es decir, los que están autorizados para ser usados por personal profesional y por personal profesional especializado, requiere "una serie de conocimientos y/o capacitación establecida en la normativa sanitaria sobre capacitación para la aplicación de biocidas".

Estos productos son utilizados por las Empresas de Servicios Biocidas a terceros inscritas en el Registro Oficial de Servicios Biocidas de las Comunidades Autónomas (ROESB). Estas empresas están sujetas a inspecciones sanitarias, disponen de personal técnico cualificado para el desempeño de su trabajo, y se autorizan conforme a la legislación nacional y autonómica, insisten.

También pueden utilizar estos productos las Unidades NBQ de las Fuerzas Armadas y la Unidad Militar de Emergencias, que han sido expresamente autorizados por el Ministerio de Sanidad mientras se mantenga el estado de alarma decretado por el Gobierno de España.

Los de mayor concentración han de aplicarse por personal cualificado.

La diferencia entre los productos biocidas con acción viricida autorizados para uso doméstico y para uso por personal profesional especializado radica, por una parte, en la mayor concentración de estos últimos, lo que garantiza su alta eficacia, por lo que han de aplicarse por personal cualificado provisto

de los equipos de protección individual necesarios, y siempre en ausencia de personas", argumentan.

Y por otra, en la forma de aplicación, como es el caso de la vía aérea que deviene altamente eficaz para mitigar la expansión del virus y contener la transmisión de la enfermedad, mediante el empleo de equipos de nebulización y micronebulización, que dispersan el producto en forma de una niebla (Nucleos de Wells) actuando sobre todas las superficies del establecimiento con rapidez, y accediendo a zonas que con las técnicas de aplicación manual sería muy difícil.

Finalmente, precisan que hay dos productos, el ozono y el dióxido de cloro, que tal vez por error se están utilizando como viricidas, sin estar constatado que lo sean, lo que puede suponer una falsa sensación de seguridad a los ciudadanos, ya que en ambos casos no se ha demostrado esta acción".

El ozono se encuentra en la actualidad en revisión por la Agencia Europea de Productos Químicos. Se trata de una sustancia oxidante generada in situ que tiene numerosas aplicaciones industriales, pero en el caso que nos ocupa, al no haber sido evaluada aún por la Unión Europea para su uso como desinfectante de uso ambiental, se desconocen las dosis necesarias para garantizar su eficacia como viricida y los efectos para la salud que estas concentraciones pueden desencadenar. Ya mencionado anteriormente

El dióxido de cloro es un buen bactericida y fungicida pero no viricida. No se encuentra en el Listado de productos viricidas autorizados en España por el Ministerio de Sanidad, y no puede utilizarse como tal.

Lámparas Germicidas UV.

La radiación ultravioleta es la parte del espectro de radiación óptica que tiene más energía (longitudes de onda más cortas) que la radiación visible que experimentamos como luz. El GUV es una radiación ultravioleta que se utiliza con fines germicidas.

Basándose en el efecto biológico de la radiación ultravioleta sobre los materiales biológicos, el espectro ultravioleta se divide en regiones: la UV-A, definida por la CIE como la radiación en el rango de longitudes de onda entre 315 nm y 400 nm; la UV-B, que es la radiación en el rango de longitudes de onda entre 280 nm y 315 nm; y la UV-C, que cubre el rango de longitudes de onda entre 100 nm y 280 nm. La parte UV-C del espectro UV tiene la máxima energía. Si bien es posible dañar algunos microorganismos y virus con la mayor parte del espectro de radiación ultravioleta, la UV-C es la parte más eficaz, por lo que la radiación UV-C es la que se utiliza más frecuentemente como GUV.

La irradiación necesaria para desactivar un agente infeccioso en un 90 % (en el aire o en una superficie) depende de las condiciones ambientales (por ejemplo, la humedad relativa) y del tipo de agente infeccioso. Normalmente oscila entre 20 J/m² y 200 J/m² para las lámparas de mercurio que emiten predominantemente radiación a 254 nm (CIE, 2003). Hasta la fecha, se ha demostrado que un GUV de 254 nm es eficaz para desinfectar las superficies contaminadas con el virus del Ébola (Sagripanti y Lytle, 2011; Jinadatha y otros, 2015; Tomas y otros, 2015). Otros estudios han demostrado la eficacia del GUV durante un brote de gripe en el Hospital de Veteranos de Livermore (Jordania, 1961). **Sin embargo, a pesar de las investigaciones en curso, actualmente no hay datos publicados sobre la eficacia de los GUV frente al SARS-CoV-2.**

Riesgos asociados al uso de la UV-C

La mayoría de las personas no se exponen naturalmente a la radiación UV-C: la radiación UV-C del sol es filtrada principalmente por la atmósfera, incluso a grandes altitudes (Piazena y Häder, 2009). La exposición humana a la UV-C es típicamente causada por fuentes artificiales. La UV-C sólo penetra en las capas más externas de la piel, apenas alcanza la capa basal de la epidermis y no penetra más profundamente que la capa superficial de la córnea del ojo. La exposición del ojo a los rayos UV-C puede provocar fotoqueratitis, una irritación muy dolorosa que se siente como si se hubiera frotado arena en el ojo. Los síntomas de fotoqueratitis se desarrollan hasta 24 horas después de la exposición y tardan otras 24 horas en desaparecer.

Cuando la piel se expone a altas concentraciones de UV-C, puede desarrollarse un eritema (un enrojecimiento de la piel similar a una quemadura de sol) (ISO/CIE, 2019). El eritema suele ser menos doloroso que la exposición a la radiación UV-C de los ojos. Sin embargo, el eritema inducido por la UV-C puede ser mal diagnosticado como dermatitis, especialmente si no se sabe que ha habido un episodio reciente de exposición a radiación UV-C. Existen algunas pruebas de que la exposición repetida de la piel a los niveles de UV-C que causan el eritema puede afectar al sistema inmunológico del cuerpo humano (Gläser et al., 2009).

La radiación ultravioleta se considera generalmente un carcinógeno (ISO/CIE, 2016), pero no hay pruebas de que la radiación UV-C por sí sola cause cáncer en los seres humanos. El Informe Técnico CIE 187:2010 (CIE, 2010) analiza este tema y concluye que la radiación UV-C por sí sola no causa cáncer: "Aunque la radiación UV de las lámparas de mercurio de baja presión ha sido identificada como potencialmente cancerígena, el riesgo relativo de cáncer de piel es significativamente menor que el riesgo de otras fuentes (como el sol) a las que un trabajador se expone habitualmente. La irradiación UV germicida puede utilizarse de manera segura y eficaz para desinfectar el aire superior de una habitación sin un riesgo significativo de efectos retardados a largo plazo, como el cáncer de piel".

La Comisión Internacional de Protección contra las Radiaciones No Ionizantes (ICNIRP, 2004) ha publicado directrices para la exposición ocupacional a la radiación UV, incluida la radiación UV-C: La exposición a la radiación UV en ojos/piel sin protección no debe exceder de 30 J/m² para una radiación de 270 nm, la longitud de onda en que la función de ponderación espectral para el peligro de la radiación UV actínica en la piel y el ojo es máxima. Dado que el peligro de la radiación UV depende de la longitud de onda, el límite máximo de exposición para una radiación de longitud de onda de 254 nm es de 60 J/m². Para una radiación con una longitud de onda de 222 nm, el límite máximo de exposición (peligro de UV actínico) es aún mayor, unos 240 J/m². Esta longitud de onda se ha estudiado con fines germicidas en Buonanno y otros, 2017; Welch y otros, 2018; Narita y otros, 2018; Taylor y otros, 2020; Yamano y otros, 2020. Los límites de exposición UV anteriores (diarios) se indican en el estándar IEC/CIE para la seguridad fotobiológica de los productos (IEC/CIE, 2006).

Las fuentes típicas de UV-C a menudo también emiten radiación que incluye varias longitudes de onda fuera del rango de UV-C. Algunos productos UV-C también pueden emitir UV-B o UV-A, y algunas fuentes de desinfección de UV que son declaradas como fuentes UV-C pueden incluso no emitir UV-C. Dado que la exposición a los rayos ultravioleta de esos productos puede aumentar el riesgo de cáncer de piel, deben adoptarse medidas de protección para reducir al mínimo ese riesgo. En el uso normal, las fuentes de rayos ultravioleta seguras que se fijan en conductos de recirculación de aire o las que se utilizan para la desinfección del agua no deben suponer un riesgo de exposición para los seres humanos. Cuando se trabaja en una zona de irradiación UV, los trabajadores deben llevar equipo de protección personal tal como ropa industrial (por ejemplo, telas pesadas) y una pantalla facial industrial (por ejemplo, caretas) (ICNIRP, 2010). Los respiradores de cara completa (CIE, 2006) y la protección de las manos mediante guantes desechables (CIE, 2007) también proporcionan protección contra la radiación UV.

Resumen de las recomendaciones

Los productos que emiten UV-C son útiles para desinfectar el aire y las superficies, o para esterilizar el agua. La CIE y la OMS desaconsejan el uso de lámparas de desinfección UV para desinfectar las manos u otras áreas de la piel (OMS, 2020) a menos que esté clínicamente justificado. **La radiación UV-C puede ser muy peligrosa para los seres humanos y los animales y, por lo tanto, sólo puede utilizarse en productos debidamente diseñados que cumplan las normas de seguridad o en circunstancias muy controladas en las que la seguridad sea la primera prioridad, asegurando que no se superen los límites de exposición establecidos por la ICNIRP (2004) y la IEC/CIE (2006).** Las mediciones apropiadas de UV son esenciales para una evaluación adecuada sobre la radiación UV y la gestión de riesgos.

Además en las zonas donde por las derivadas de la arquitectura existen zonas de sombras, los sistemas de radiación UV no son útiles.

10. Estudio real en aula de estudiantes.

Para comprobar la eficacia de los sistemas de purificación, se ha realizado una prueba real en el Instituto La Patacona, Valencia.

Aula de aproximadamente 50 m², 2,8 metros de altura, sin ventilación mecánica con 20 alumnos en el aula más un profesor/a.

Las mediciones realizadas son:

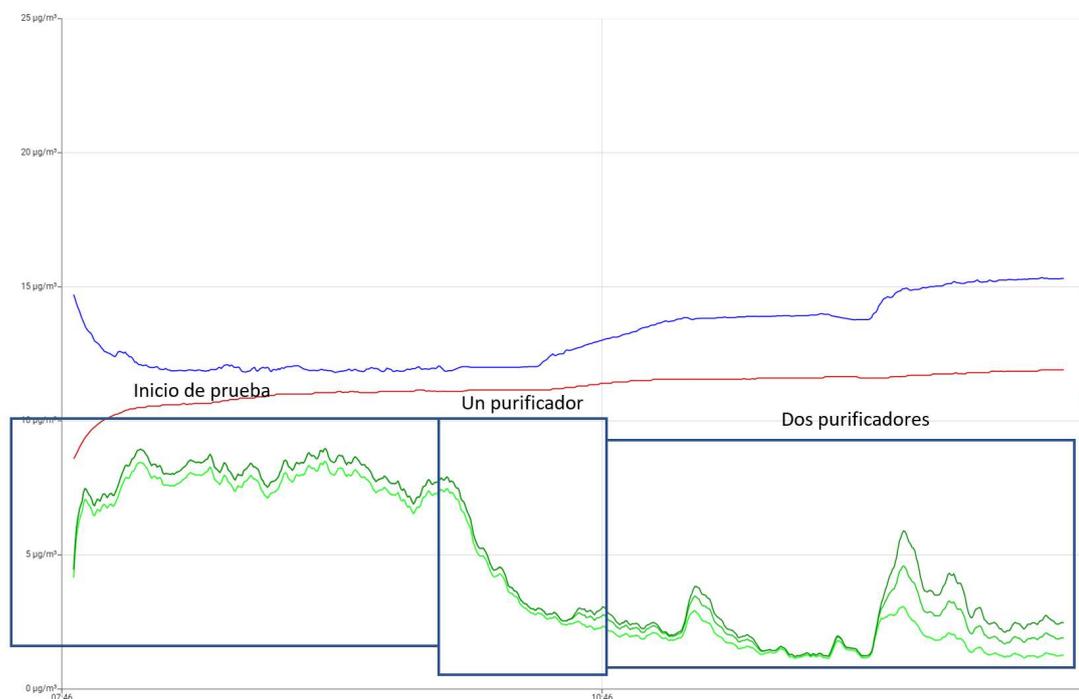
- Concentración de partículas.
- Contaje de partículas.
- Temperatura y humedad.
- **Situación actual.**
 - o Ventanas abiertas.
 - o Puertas abiertas.
 - o Una hora y media de duración.
- **Con un sistema de purificación.**
 - o Ventanas cerradas la mitad, resto un cuarto de ventana abierta.
 - o Puertas cerradas
 - o Una hora y media de duración.
- **Con dos sistemas de purificación.**
 - o Ventanas cerradas la mitad, resto un cuarto de ventana abierta.
 - o Puertas cerradas
 - o Una hora y media de duración.

La medición se ha realizado mediante sonda de calidad de aire interior AIR IMAGE.

Contador de partículas Lasair N^o de serie 057266 con fecha de calibración 15/09/2020 N^o de certificado 20205238

Situación actual.

Comienzo de la medición 7:50 am 2 Noviembre 2020. 120 minutos



La calidad de aire inicial es de :

- 8,7 micro gramos metro cúbico de partículas PM1.
- 8,8 micro gramos metro cúbico de partículas PM2.5.
- 8,9 micro gramos metro cúbico de partículas PM10.

Se realiza la medición por un espacio de una hora y media para permitir una correcta estabilización de los niveles de medición.

Partículas de 0.5 micras por metro cúbico: 6.450.300

Partículas de 5 micras por metro cúbico: 39.000

Eurovent 4/23: SUP3 / ISO 14644: ISO9

Temperatura 22,4 grados centigrados.

Humedad relativa 56%

Prueba con un sistema de purificación.

Comienzo de la medición 9:50 am 2 de Noviembre 2020. 60 minutos.

La calidad de aire al finalizar la medición es de :

- 2,5 micro gramos metro cúbico de partículas PM1.
- 2,7 micro gramos metro cúbico de partículas PM2.5.
- 2,7 micro gramos metro cúbico de partículas PM10.

Se realiza la medición por un espacio de una hora y media para permitir una correcta estabilización de los niveles de medición.

Partículas de 0.5 micras por metro cúbico: 2.511.160

Partículas de 5 micras por metro cúbico: 20.000

Eurovent 4/23: SUP2 / ISO 14644: ISO8

Temperatura 22,8 grados centígrados.

Humedad relativa 59%

Mejora en la concentración de partículas ePM1: 71,2%

Mejora en la concentración de partículas ePM2.5: 69%

Mejora en la concentración de partículas ePM10: 69%

Mejora en partículas de 0,5 micras: 61%.

Tiempo para la estabilización desde arranque: 38 minutos.

Prueba con dos sistemas de purificación.

Comienzo de la medición 10:50 am 2 de Noviembre 2020. Duración 60 minutos.

La calidad de aire al finalizar la medición es de :

- 1,3 micro gramos metro cúbico de partículas PM1.
- 1,5 micro gramos metro cúbico de partículas PM2.5.
- 1,7 micro gramos metro cúbico de partículas PM10.

Se realiza la medición por un espacio de una hora y media para permitir una correcta estabilización de los niveles de medición.

Partículas de 0.5 micras por metro cúbico: 1.437.660

Partículas de 5 micras por metro cúbico: 15.000

Eurovent 4/23: SUP1 / ISO 14644: ISO8

Temperatura 22,6 grados centígrados.

Humedad relativa 58%

Mejora en la concentración de partículas ePM1: 85%

Mejora en la concentración de partículas ePM2.5: 82%

Mejora en la concentración de partículas ePM10: 80%

Mejora en partículas de 0,5 micras: 77%.

Tiempo para la estabilización desde arranque: 23 minutos.

Tiempo de recuperación al cambio de clase con puertas abiertas, 18 minutos.

Una vez analizados los datos, las recomendaciones que se realizan son las siguientes:

- Instalación de 1 Purificador CITY M con un caudal de 433 m³/h y con filtración HEPA H13 según la normativa EN1822:2009, eficacia MPPS 99,95%. (Aula analizada de 50m² / 125m³)
- Cierre de puertas mientras se esté en clase.
- Dejar la mitad de las ventanas cerradas y el resto con una apertura de aproximadamente un cuarto.
- Ventilar el aula al inicio de la clase durante 10/15 minutos.
- Ventilar el aula cada hora durante 10/15 minutos.

La instalación de purificadores aumenta la seguridad del ambiente frente a contaminaciones por aerosoles en un 70%.

Complementariamente a la instalación de los Purificadores de aire, se deben seguir tomando las medidas de prevención de distanciamiento mínimo de 2 metros, uso de mascarillas, lavado de manos.

El uso de Purificadores de aire con filtros HEPA EN1822, es una medida preventiva y su uso y cálculo siempre deberá estar realizado por personal especialista y competente.