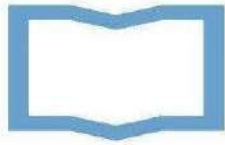


**Instituto de Investigación
e Ingeniería Ambiental**
3iA_UNSAM

**EVALUACIÓN Y OPINIÓN TÉCNICA SOBRE EL
FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE
DESINFECCIÓN Y ESTERILIZACIÓN DE AIRE
Y SUPERFICIES EV-O 1000 FABRICADO POR
LA EMPRESA ecoVIOX**





Contenidos del documento:

1-Objetivos de la tecnología

2-Información de la empresa fabricante: EcoVIOX

3-Características del equipo

4-Descripción de los componentes del equipo:

4.1- Filtros: carbón activado y HEPA

4.2- Lámpara UV-C FAR

4.3- Lámpara UV-C O₃

4.4- Motor con ventiladores

4.5- Sensor de movimiento

4.6- Integrador de luz

5-Instalación y funcionamiento del equipo

6-Fundamentos teóricos

7-Marco regulatorio para uso de radiación UV y de Ozono

8-Seguridad

9-Disposición de los residuos generados

10-Conclusiones

11-Bibliografía

12-Anexos

1: Certificado filtro HEPA

2: Manual usuario EV 2020 v1

3: Motor Data Sheet

4: Certificado motor



1-Objetivos de la tecnología

El objetivo de la tecnología aplicada es la desinfección y esterilización de ambientes. Se trata de un sistema seco de aire filtrado e irradiado con luz UV-C y ozonizado (este último proceso, sólo en ausencia de personas) que acaba de manera eficiente con los virus y bacterias del ambiente y cualquier superficie.

La desinfección es un proceso de reducción de bacterias, virus y hongos, a nivel de que no dañen la salud de las personas.

La OMS define la esterilización como la técnica de saneamiento cuya finalidad es la destrucción de toda forma de vida, aniquilando todos los microorganismos, tanto patógenos como no patógenos, incluidas sus formas esporuladas, altamente resistentes. La esterilización supone el nivel más alto de seguridad (y por lo tanto de letalidad, o eficacia biocida) en la destrucción de microorganismos o de sus formas de resistencia.

2-Descripción de la empresa fabricante: EcoVIOX®

La empresa ecoVIOX® es una empresa argentina con domicilio legal en Gob. Ugarte 2546, CP 1636, Olivos, Buenos Aires, Argentina y representantes en otros países de Latinoamérica y Estados Unidos.

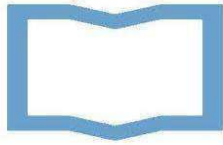
Poseen una página web en la cual se declaran como una empresa experta en UV. Cuentan con más de 30 años de trayectoria en la creación de ambientes saludables. Desarrollan sistemas innovadores pensados para mejorar la calidad de vida de las personas con el aval de las organizaciones de salud más importantes del mundo.

3- Características del equipo:

El equipo evaluado es una unidad de venta declarada por el fabricante, modelo EV-O 1000.

La línea EV-O propone soluciones de desinfección efectiva a través de la filtración del aire, de la generación de ozono y radiaciones UV. Para que dicho proceso sea seguro, se evita el contacto directo de las radiaciones y el ozono con humanos.

El equipo, que se puede montar en la pared o en el techo, posee una potente turbina que absorbe el aire del ambiente y lo esteriliza en su interior a través del novedoso sistema de doble función (UV-C FAR + UV-C O₃ control) de alta potencia. El aire es devuelto al ambiente libre de virus y bacterias, manteniendo el espacio protegido las 24 hs.



Para asegurarse de que el espacio esté totalmente esterilizado el sistema EV-O ofrece la opción de iniciar el *modo noche*. En un ambiente libre de personas, el equipo puede programarse para efectuar un proceso de ozonización continua durante una hora. Éste proceso es similar al que se realiza en laboratorios y/o quirófanos.

4- Descripción de los componentes del equipo

Profesionales del 3iA realizaron un análisis de componentes del equipo entregado por la empresa, como así también de los certificados y de las fichas técnicas adjuntas.



Figura 1: Equipo recibido para evaluación

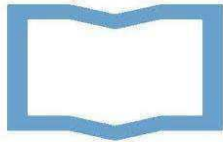
Los componentes principales presentes en el equipo, son:

- Un filtro de carbón activado y un filtro HEPA
- Una lámpara UV-C FAR
- Una lámpara generadora de ozono UV-C-O₃
- Un motor con ventiladores
- Un sensor de movimiento
- Un integrador de luz

El espacio donde se ubican las dos lámparas tiene paneles reflectores internos de aluminio pulido.

Todas estas partes contenidas en estructuras de acero inoxidable de fácil ensamble, cerrada herméticamente para evitar fuga de radiación UV (que es nociva para la salud), y de aire, lo que podría causar una pérdida en la eficiencia de la desinfección.

A continuación se detallarán características de cada uno de los componentes evaluados:



4.1- Filtro de carbón activado y filtro HEPA:

De acuerdo a las especificaciones del manual, al encender el sistema, se genera automáticamente un proceso de aspiración del aire ambiente. Cuando ingresa el aire ambiente pasa por los filtros, quedando retenidos los gases en el filtro de fibra de carbón activado y material particulado, virus y bacterias en el filtro HEPA.

Las dimensiones del filtro HEPA instalado en el equipo en estudio son 305x305x69 mm, clase H14. Se adjunta al informe el certificado del filtro: Anexo 1, donde figuran los resultados satisfactorios del control de calidad.

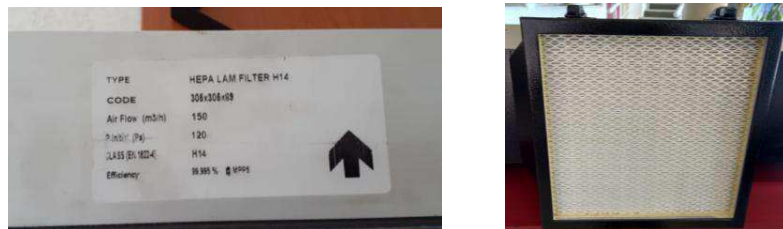


Figura 2: Filtro HEPA instalado en el equipo y características técnicas

4.2- Lámpara UV-C FAR

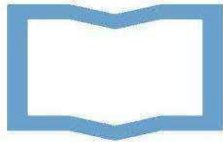
La radiación de la lámpara UV-C FAR es la segunda barrera que atraviesa el aire para el proceso de desinfección y esterilización.

Se trata de una lámpara de vapor de mercurio, hecha de cuarzo en forma de U, de un largo de 55 cm y diámetro de tubo de 1,5 cm.

Hemos tenido acceso a la ficha técnica, pero no se anexará en el informe por ser documentación confidencial de la empresa. Las características sobre su funcionamiento están detalladas en el Manual del usuario (Anexo 2). Estas lámparas son un desarrollo de VIOX UV y son fabricadas por industria China.

4.3-Lámpara UV-C O₃

El ozono tiene propiedades germicidas y es capaz de destruir todo tipo de toxinas, bacterias, hongos y virus presentes en un ambiente, purificando el aire en cada aplicación. Los tratamientos con ozono oxigenan y limpian el aire en espacios cerrados, eliminando olores y todo tipo de agentes nocivos. Al tratarse de un gas, es capaz de llegar a cualquier área. Reduce esfuerzos y tiempo en la limpieza y desinfección de determinadas superficies como tapicerías y tejidos, y en lugares de difícil acceso con otros medios.



La lámpara UVC-O₃ tiene las mismas dimensiones que las lámparas UV-C FAR. Es una lámpara de descarga de vapor de mercurio que solo se enciende para la generación de ozono. Al igual que la lámpara UV-C FAR es un desarrollo de VIOX UV y son fabricadas por industria China. Hemos tenido acceso a la ficha técnica, pero no se anexará en el informe por ser documentación confidencial de la empresa.

Las dos lámparas están ubicadas en la parte superior del equipo como se muestra en la figura 3.

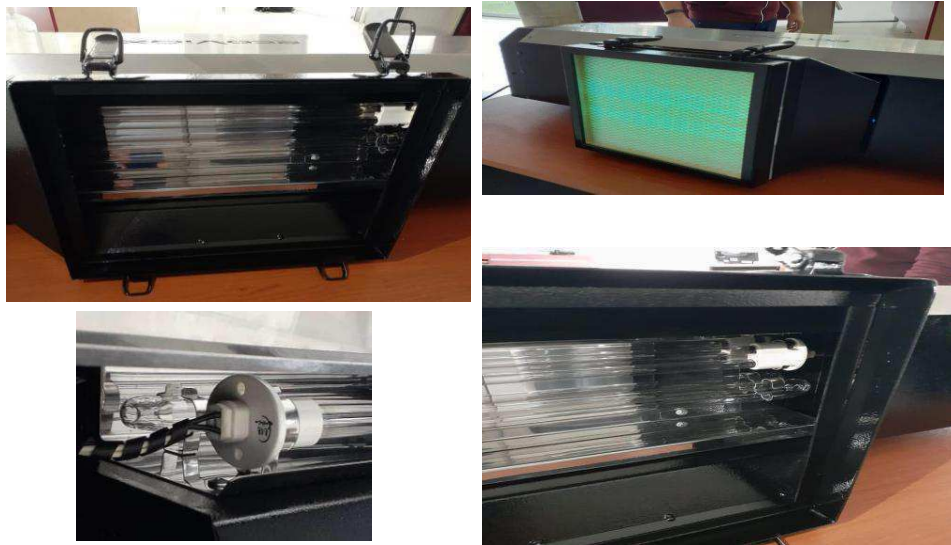


Figura 3: Lámparas UV-C FAR y UVC-O₃

4.4- Motor con ventiladores

El equipo en análisis tiene instalado un motor con ventiladores para la generación del flujo de aire. Cumple la función de absorber el aire del ambiente y devolverlo luego de atravesar las barreras de desinfección y/o esterilización.

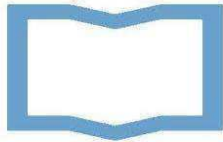
Las características técnicas y el certificado de producto por IRAM se encuentran en los Anexos 3 y 4, respectivamente.

El motor del equipo analizado en el 3iA encendió correctamente.

4.5- Sensor de movimiento

Se observó que el equipo posee un sensor de movimiento.

4.6 Integrador de luz



Se observó la presencia de este componente, cuya función es medir la potencia de las lámparas y asegurar el correcto funcionamiento de las mismas.



Figura 4: Equipo abierto. Zona donde está el motor y el integrador de luz

5- Instalación y Funcionamiento de dispositivo

El Anexo 2 corresponde al manual de usuario, el cual detalla brevemente características del equipo y los componentes y explica cómo realizar la instalación, el funcionamiento y la programación.

El encendido del dispositivo es sencillo. Se presiona el único botón que se observa a simple vista ubicado en la parte inferior derecha.

Como se muestra en la Figura 5, el aire ingresa a través del filtro HEPA, luego es forzado a entrar a la cámara de irradiación donde se encuentran las lámparas UV-C FAR y UVC-O₃ (El visor encendido indica el funcionamiento de la lámpara germicida) y finalmente sale el aire tratado. La lámpara UVC-O₃ se encuentra siempre apagada, salvo cuando el equipo está en *modo noche* que corresponde a un ciclo de 1 hora, según indica el manual, de 5 a 6 am, donde todas las partes del equipo están funcionando en simultáneo, filtro HEPA, lámpara UV-C FAR y lámpara UV-C-O₃.

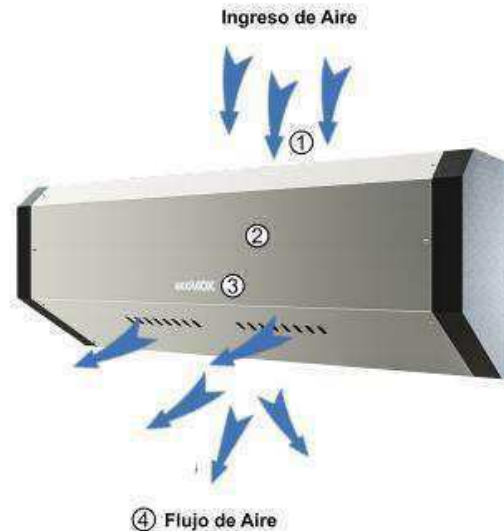
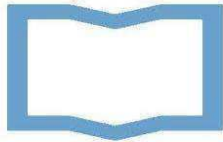


Figura 5: Figura extraída del manual de usuario. Flujo de aire

Existe una alternativa para activar manualmente el funcionamiento de la lámpara UVC-O₃ a través del encendido simultáneo del botón de Encendido con el botón RESET (que se encuentra debajo de la luz led azul titilante).

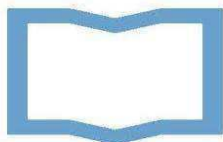
6- Fundamentación teórica

A continuación se presenta información teórica sobre la efectividad de los sistemas de desinfección y esterilización seleccionados por el fabricante.

Filtro de carbón activado y filtro HEPA

Los filtros de carbón activado se emplean en la limpieza del aire dentro de equipos de filtración. El carbón activado es un material altamente poroso que retiene gases y vapores del flujo del aire por ejemplo gases orgánicos, radón y NO₂ a través del fenómeno superficial de adsorción. La eficiencia de eliminación de los gases está determinada la capacidad de adsorción y la cantidad de carbón activado, y por la caída de presión y la estructura del filtro (Gelderland, 2002; NIOSH, 2003).

Las fibras de carbón activado tienen características únicas en comparación con el carbón activado en forma granular o en polvo. La forma fibrosa delgada asegura una adsorción mucho más rápida y es de muy fácil manejo (Suzuki, 1994).



Los filtros de aire HEPA (*High Efficiency Particulate Air*) son filtros de alta eficiencia que satisfacen ciertos estándares. La satisfacción de estos estándares asegura que un filtro HEPA debe eliminar del aire que lo atraviesa, al menos el 99,95% de partículas de diámetro igual a 0,3 μm , según la *British Standards Institution*.

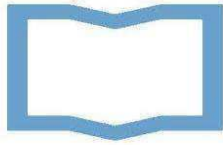
Existen diferentes clasificaciones de los filtros HEPA de acuerdo a su rendimiento, y este se puede expresar por la eficiencia o la penetración de partículas MPPS (*Most penetrating particle size*). En la Tabla 1 se pueden observar los % de eficiencia y penetración para dos clases de filtros HEPA, H13 y H14 (BS EN 1822).

	Valor Integral	
	Eficiencia %	Penetración %
H13	$\geq 99,95$	$\leq 0,05$
H14	$\geq 99,995$	$\leq 0,005$

Tabla 1: comparación de filtros HEPA: H13 y H14

Existen diferentes mecanismos relacionados con la retención de las partículas en el filtro. Un aumento en el tamaño de partícula causa el incremento del mecanismo de la filtración por intercepción e impacto inercial, mientras que cuando decrece el tamaño de partícula mejora la filtración por difusión Browniana. En consecuencia, hay un tamaño de partícula intermedio donde dos o más mecanismos operan simultáneamente y ninguno domina. Esta es la región donde la penetración de la partícula a través del filtro es máxima y la eficiencia del filtro es mínima. Para la mayoría de los filtros de fibra que operan a bajas velocidades de filtración, el mínimo de eficiencia es generalmente conocido y se encuentra alrededor de los 0,3 μm . Esta es la causa por la cual se utiliza ampliamente el test DOP (dioctyl phthalate) para filtros HEPA, el cual usa partículas de DOP de 0,3 μm de diámetro mono dispersadas para testear los filtros (Lee & Liu, 1980). Para muchas aplicaciones de filtración de aire por filtros de fibra, es importante saber cómo el tamaño de partícula más penetrante y la mínima eficiencia correspondiente varían con los parámetros de filtración, como el diámetro de las fibras, el espesor del filtro y la velocidad de las partículas.

Los filtros HEPA están compuestos por una malla de fibras dispuestas al azar perpendiculares al flujo de aire. Las fibras típicamente tienen diámetros desde menos de 1 μm hasta más de 50 μm . La densidad del empaquetamiento del filtro puede variar del 1% al 30%. Pueden estar compuestas por numerosos materiales como algodón, fibra de vidrio, poliéster y polipropileno. También pueden ser usados en combinación con materiales



adsorbentes como carbón activado o arcillas para remover gases o vapores del aire (NIOSH, 2003).

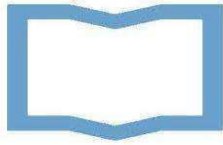
Los filtros HEPA se emplean en una variedad de ambientes, incluyendo quirófanos hospitalarios, fábricas de equipos electrónicos, cuartos limpios y plantas de energía nuclear ya que tienen la capacidad de filtrar impurezas y partículas del aire, como virus, bacterias, hongos, polvo, ácaros, polen, humo, etc. (Roelants, 1968).

Lámparas UV-C FAR

Las radiaciones ultravioletas-C (UV-C) se utilizan hace más de medio siglo para la desinfección del aire, agua y superficies (Luckiesh 1946). La aplicación de radiación UV-C se está volviendo cada vez más frecuente a medida que aumenta la preocupación por la calidad del aire interior. Actualmente es utilizada para interrumpir la transmisión de organismos patógenos, como *Mycobacterium tuberculosis*, virus de la gripe, moho y posibles agentes de bioterrorismo (Brickner, 2003; CDC 2002, 2005; GSA 2010; McDevitt, 2008; Rudnick, 2009).

La radiación UV-C se ubica en la región de energía del espectro electromagnético comprendida entre los 180 y 280 nm, el cual es el rango germicida. La radiación inactiva microorganismos al dañar la estructura de los ácidos nucleicos y las proteínas a nivel molecular, haciéndolos incapaces de reproducirse. Hasta ahora las más empleadas son lámparas de descarga de vapor de mercurio a baja presión que emiten radiación monocromática principalmente a 254 nanómetros de longitud de onda. Si bien esta radiación es muy efectiva, usada directamente, puede ser un peligro para la salud de la piel y los ojos. El equipo analizado utiliza lámparas UV-C FAR (207-222 nm), que emite principalmente a 222 nm. Esta longitud de onda tiene gran poder germicida, pero no dañaría las células o tejidos de mamíferos expuestos (Buonanno, 2013).

La efectividad de muerte de microorganismos depende de la dosis recibida, que a su vez depende de la intensidad de la luz y del tiempo de contacto (dosis = intensidad x tiempo). La dosis UV necesaria para asegurar una inactivación de 99% depende del tipo de microorganismo presente en el aire. Dichos valores están tabulados para gran parte de los patógenos conocidos. La intensidad de la luz depende del tipo de lámpara y de la calidad del aire. El caudal de aire afecta directamente al tiempo de exposición ya que a mayor caudal, menor tiempo de exposición por lo que se debe incrementar la intensidad. En la Tabla 2 se muestran dosis UVGI (Irradiación ultravioleta germicida) necesarias para inactivar un porcentaje de las bacterias tratadas. Los experimentos de laboratorio son cuidadosamente controlados y exponen cultivos puros identificados de bacterias secas al aire, en aerosol para medir con precisión los niveles de irradiancia ultravioleta para períodos de exposición predeterminados con el fin de producir tablas que enumeran la dosis UVGI necesaria para inactivar un porcentaje seleccionado de las bacterias tratadas,



generalmente 90% (Guidelines for the Application of Upper-Room Ultraviolet Germicidal Irradiation for Preventing Transmission of Airborne Contagion—Part I).

TABLE 1
Relative Susceptibility to UVGI for a
Selected List of Microorganisms*

Microorganism	Relative Susceptibility cm ² /μW·s
Bacillus anthracis	0.54
Bacillus subtilis	0.34
Corynebacterium diphtheriae	0.72
Escherichia coli	0.80
Pseudomonas aeruginosa	0.44
Serratia marcescens	1.0
Staphylococcus albus	1.3
Staphylococcus aureus	0.93
Streptococcus hemolyticus	0.11

*Based on Serratia marcescens as 1.0 (Philips undated)

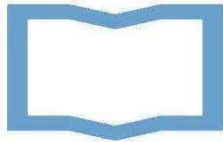
Tabla 2: Susceptibilidad a UVGI de los microorganismos

La luz UV-C es generada en tubos cerrados con vapor de mercurio a baja presión. El mercurio se vaporiza cuando se enciende la lámpara, los átomos se aceleran debido al campo eléctrico en la descarga y chocan con el gas noble alcanzando un estado de excitación. La vida útil de la lámpara UV-C varía según el fabricante y las características de funcionamiento.

Ozono

El ozono es un gas incoloro con un olor característico y se compone de una molécula con tres átomos de oxígeno en lugar de dos. El átomo extra del ozono es un radical suelto que reacciona con compuestos orgánicos volátiles, neutraliza los olores y ciertos gases y luego se revierte a oxígeno nuevamente. El ozono es un oxidante muy fuerte y destruye las sustancias orgánicas, moléculas de bacterias, mohos, por lo tanto es capaz de esterilizar el aire y eliminar los olores y gases tóxicos. Ha sido utilizado por la industria durante muchos años y en diferentes aplicaciones tales como el control de olores, la purificación del agua y como desinfectante. (Mork, 1993).

Lograr la creación o destrucción del ozono con radiación electromagnética UV depende de la longitud de onda de la fuente de luz UV y, por tanto, la cantidad de energía transmitida. La longitud de onda óptima que se ha estipulado para las lámparas generadoras de ozono es de 185 nm. Dicha radiación interactúa con moléculas de O₂, dividiéndolas en dos átomos



de oxígeno y haciendo que estos átomos se unan en moléculas de tres átomos de oxígeno, generando moléculas de ozono (Summerfelt, 2003).

El ozono es un compuesto natural, se genera fácilmente in situ de oxígeno o aire, y se descompone en oxígeno con una vida media de aproximadamente 20 minutos (± 10 min dependiendo en el medio ambiente). Como gas puede penetrar en todas las áreas dentro de una habitación, incluyendo grietas, accesorios, telas y la superficie de los muebles, mucho más eficiente que aerosoles y aerosoles líquidos aplicados manualmente (Barker et al., 2004; Malik et al., 2006; Hudson et al., 2007). Se ha demostrado ampliamente que el ozono es eficaz en la eliminación de bacterias, virus, protozoos, nemátodos, hongos, agregados celulares y esporas debido a que ejerce su acción biológica por oxidación directa de la pared celular, vía radicales libres, formados en el proceso de peroxidación de los ácidos grasos poliinsaturados y en el de oxidación de proteínas, aminos y tioles (Pryor et al., 1995)

Los resultados de los estudios sobre los efectos biocidas de concentraciones bajas a moderadas del ozono en bacterias y hongos se resume en la siguiente Tabla 3 (Kowalsk, 2010)

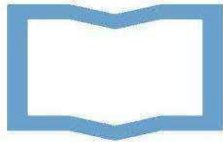
Test Microbe	Ozone (ppm)	RH%	Time (min)	Survival (%)	Researchers
<i>Staphylococcus aureus</i>	0.3–0.9	—	240	0.5	Dyas et al. (1983)
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	0.3–0.9	—	240	31	Dyas et al. (1983)
<i>Serratia</i> spp.	0.3–0.9	—	240	3.2	Dyas et al. (1983)
<i>Proteus</i>	0.3–0.9	—	240	0.9	Dyas et al. (1983)
<i>Aspergillus fumigatus</i>	0.3–0.9	—	240	8	Dyas et al. (1983)
<i>Streptococcus salivarius</i>	0.6	60–75	100	2	Elford & van de Eude (1942)
<i>Bacillus cereus</i>	3	95	60	0.013	Ishizaki et al. (1986)
<i>Fusarium oxysporum</i>	0.1	35–75	240	2	Hibben & Stotzky (1969)
<i>Aspergillus niger</i>	0.1	35–76	240	84	Hibben & Stotzky (1969)
<i>Rhizopus stolonifer</i>	0.1	35–77	240	43	Hibben & Stotzky (1969)
<i>Penicillium chrysogenum</i>	3–9	90	1380	0.1	Foarde et al. (1997)

Tabla 3: Efectos biocidas de concentraciones bajas a moderadas de ozono.

El ozono es un gas tóxico. El olor del ozono es detectable por la mayoría de las personas en un nivel de 0,03-0,015 ppm y se hace intolerable para la mayoría en 0,15 ppm. El consenso general es que cuando se puede detectar el gas es el momento de dejar el área (Purofirst, 2000). Sin embargo, se puede utilizar de forma segura cuando se dosifica adecuadamente conforme a técnicas especializadas de medición y control y bajo Normas de aplicación (Ver punto 7).

Cuando se utilizan altas concentraciones de ozono para tratamiento del aire, las condiciones deben estar suficientemente controladas para asegurarse de que ninguna persona o mascota quede expuesta. Además, el ozono puede afectar negativamente a plantas y dañar materiales como caucho, revestimientos de cables eléctricos y telas y piezas arte que contengan tintes y pigmentos susceptibles (U.S.EPA).

7- Marco regulatorio para uso de radiación UV y de Ozono



En la Tabla 4 se pueden ver las concentraciones máximas de O₃ durante 8 horas propuestas por la Guía de Calidad de aire de la Organización Mundial de la Salud y como objetivos intermedios.

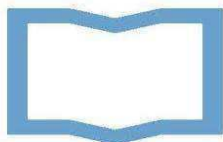
Guía de calidad del aire de la OMS y objetivo intermedio para el ozono: concentraciones de ocho horas		
	Media máxima diaria de ocho horas (µg/m ³)	Fundamento del nivel elegido
Niveles altos	240	Efectos significativos en la salud; proporción sustancial de la población vulnerable afectada.
Objetivo intermedio-1 (OI-1)	160	Efectos importantes en la salud; no proporciona una protección adecuada de la salud pública. La exposición a este nivel está asociada con: <ul style="list-style-type: none">• efectos fisiológicos e inflamatorios en los pulmones de adultos jóvenes sanos que hacen ejercicio expuestos durante periodos de 6.6 horas;• efectos en la salud de los niños (basados en diversos estudios de campamentos de verano en los que los niños estuvieron expuestos a niveles ambientales de ozono);• aumento estimado de un 3-5% de la mortalidad diaria^a (basado en los resultados de estudios de series cronológicas diarias).
Guía de calidad del aire (GCA)	100	Proporciona una protección adecuada de la salud pública, aunque pueden producirse algunos efectos en la salud por debajo de este nivel. La exposición a este nivel de ozono está asociada con: <ul style="list-style-type: none">• un aumento estimado de un 1-2% de la mortalidad diaria^a (basado en los resultados de estudios de series cronológicas diarias);• la extrapolación a partir de estudios de laboratorio y de campo, basada en la probabilidad de que la exposición en la vida real tienda a ser repetitiva y en que se excluyen de los estudios de laboratorio las personas muy sensibles o con problemas clínicos, así como los niños;• la probabilidad de que el ozono ambiental sea un marcador para los oxidantes relacionados con él.

^a Muertes atribuibles al ozono. Los estudios de series cronológicas indican un aumento de la mortalidad diaria del orden del 0,3-0,5% por cada incremento de 10 µg/m³ en las concentraciones de ozono durante ocho horas por encima de un nivel de referencia estimado de 70 µg/m³.

Tabla 4: guía de calidad de aire de la OMS

En la Resolución Nacional 295/2003 de Higiene y Seguridad en el trabajo establece Concentración máxima permisible (CMP) de ozono ponderada en el tiempo es 0,05 ppm para trabajo fuerte, 0,08 ppm para trabajo moderado y 0,10 ppm para trabajo ligero.

En esta misma resolución se regula la exposición a la radiación UV en ambientes de trabajo:



Longitud de onda (nm)	Valor límite (J/m ²) Δ	Valor límite (mJ/cm ²) Δ	Efectividad espectral Relativa S (λ)
180	2500	250	0,012
190	1600	160	0,019
200	1000	100	0,030
205	590	59	0,051
210	400	40	0,075
215	320	32	0,095
220	250	25	0,120
225	200	20	0,150
230	160	16	0,190
235	130	13	0,240
Longitud de onda (nm)	Valor límite (J/m ²) Δ	Valor límite (mJ/cm ²) Δ	Efectividad espectral Relativa S (λ)
240	100	10	0,300
245	83	8,3	0,360
250	70	7,0	0,430
254#	60	6,0	0,500
255	58	5,8	0,520
260	46	4,6	0,650
265	37	3,7	0,810
270	30	3,0	1,000
275	31	3,1	0,960
280#	34	3,4	0,880

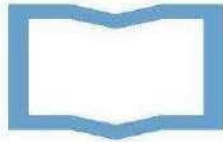
Tabla 5: Valor límite para la radiación ultravioleta y la efectividad espectral relativa

8-Seguridad

Es fundamental evitar la exposición a la luz ultravioleta ya que acelera el envejecimiento de la piel e incrementa el riesgo de cáncer de piel. Para ello, el equipo se encuentra blindado, debiendo ser operado con todas sus tapas colocadas. No se debe mirar directamente a las lámparas encendidas. En el caso de ser necesario, se deben utilizar gafas de protección ocular UV y ropa que cubra la piel. El equipo debe contar con un cartel donde se informe el riesgo presente.

En cuanto al ozono, es necesario tener en cuenta que la concentración de ozono en el aire al momento de habitar el espacio luego de la ozonización sea menor a la concentración máxima permitida.

9- Disposición de los residuos



La disposición final de las lámparas UV-C usadas debe cumplir con las reglamentaciones ambientales nacionales y locales. Basados en la documentación del fabricante, las lámparas UV-C contienen mercurio en su interior. En particular en Argentina, existe la ley de Nacional de Residuos Peligrosos 24.051 en la cual se clasifica a los residuos por categorías y obliga a retirarlos, disponerlos y tratarlos de manera segura. Las lámparas del dispositivo están compuestas por mercurio y corresponden a la categoría Y29: mercurio y compuestos de mercurio.

10-Conclusiones

El grupo de profesionales del 3iA realizó una evaluación de los componentes de un equipo ecoVIOX modelo EV-O 1000, verificando presencia de los mismos y realizando una búsqueda bibliográfica acerca de las capacidades y de las precauciones que deben tenerse en cuenta con su utilización.

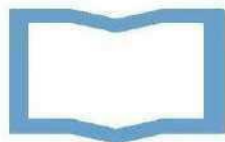
El equipo evaluado en el 3iA contiene un filtro HEPA clase H14. Esta clase de filtro, es capaz de retener el 99,995% de las partículas del aire que lo atraviesan. Este filtro está acompañado por un filtro de carbón activado, material ampliamente usado para adsorber sustancias volátiles del aire. Ambos filtros deben ser usados y reemplazados al finalizar su vida útil, la cual dependerá de la cantidad de horas de uso y la calidad del aire filtrado.

Luego de los filtros, se encuentran instaladas dos lámparas de vapor de mercurio, una UV-C-FAR y otra UVC-O₃, que genera gas ozono.

Las lámparas UV-C-FAR, utilizadas ampliamente por su capacidad germicida, eliminarían los gérmenes del aire que atraviesen el filtro HEPA y por otro lado, los que queden retenidos en el filtro, siempre y cuando la energía sea suficiente. La exposición directa a radiación UV-C puede tener efectos nocivos para la salud por consecuencia debe ser usada en condiciones seguras. Es importante resaltar que la lámpara se encuentra en un espacio confinado sin filtraciones de manera que la radiación emitida es blindada por el material estructural que compone el equipo, por lo tanto no habría riesgo de exposición.

El ozono es un oxidante muy fuerte, capaz de esterilizar el aire y superficies, eliminar los olores y gases tóxicos, siempre y cuando la dosis de éste sea suficiente. Debido a la toxicidad del ozono en altas concentraciones, la lámpara se activa únicamente en ausencia de seres humanos. Como medida de seguridad el equipo tiene un sensor de movimiento que interrumpe la generación del gas en presencia de personas. El correcto funcionamiento debe garantizar que la cantidad de ozono en el aire al momento de habitar el espacio luego de la ozonización sea menor a la concentración máxima permitida para no poner en riesgo la salud de personas y animales. Ambas lámparas deben ser usadas y reemplazadas al finalizar su vida útil.

El grupo de profesionales del 3iA considera que la combinación de todos los componentes que contiene el equipo purificador de aire entregado por la empresa ecoVIOX puede asegurar un eficiente sistema para la desinfección y esterilización del aire y superficies en ambientes cerrados. Las tecnologías utilizadas, filtración con filtros de carbón activado y



filtros HEPA, esterilización a través de radiación UV-C-FAR y ozono, son ampliamente utilizadas y de reconocida eficiencia. El correcto funcionamiento del equipo garantiza que no generará daños en la salud.

11-Bibliografía

K. W. Lee & B. Y. H. Liu (1980) On the Minimum Efficiency and the Most Penetrating Particle Size for Fibrous Filters, *Journal of the Air Pollution Control Association*, 30:4, 377-381.

BS European Norms 1822 2009 High efficiency air filters (EPA, HEPA and ULPA).

United States Patent, Gelderland et al, 2002. US 6,413,303 B2.

Guidance for filtration and air-cleaning systems to protect building environments from airborne chemical, biological, or radiological attacks. National Institute for Occupational Safety and Health. 2003.

Suzuki, M. (1994). Activated carbon fiber: fundamentals and applications. *Carbon*, 32(4), 577-586.

Roelants, P., B. Boon, and W. Lhoest. "Evaluation of a Commercial Air Filter for Removal of Virus from the Air." *Appl. Environ. Microbiol.* 16.10 (1968): 1465-1467.

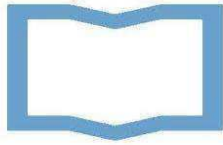
Tsai, Peter, and Sanjiv R. Malkan. "HEPA filter." U.S. Patent No. 6,428,610. 6 Aug. 2002.

Luckiesh, M. 1946. Application of germicidal, erythemat, and infrared energy. New York: D. Van Nostrand.

Brickner, P.W., R.L. Vincent, M. First, E. Nardell, M. Murray, and W. Kaufman. 2003. The application of ultraviolet germicidal irradiation to control transmission of airborne disease: Bioterrorism countermeasure. *Public Health Report* 118(2):99-114.

CDC. 2002. Comprehensive procedures for collecting environmental samples for culturing *Bacillus anthracis*. Centers for Disease Control and Prevention, Atlanta. www.cdc.gov/niosh/topics/emres/unp-envsamp.html.

CDC. 2005. Guidelines for preventing the transmission of *Mycobacterium tuberculosis* in health-care settings. *Morbidity and Mortality Weekly Report (MMWR)* 37-38, 70-75.



McDevitt, J.J., D.K. Milton, S.N. Rudnick, and M.W. First. 2008. Inactivation of poxviruses by upper-room UVC light in a simulated hospital room environment. *PLoS ONE* 3(9):e3186. journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0003186.

Rudnick, S.N., M.W. First, R.L. Vincent, and P.W. Brickner. 2009. In-place testing of in-duct ultraviolet germicidal irradiation. *HVAC&R Research (now Science and Technology for the Built Environment)* 15(3).

Buonanno, M. *et al.* 207-nm UV light - a promising tool for safe low-cost reduction of surgical site infections. I: *in vitro* studies. *PLoS One* 8, e76968 (2013).

Iniciativa para acabar con la transmisión de la TB: Guía práctica para el mantenimiento de sistemas germicidas UV, 2017

Guidelines for the Application of Upper-Room Ultraviolet Germicidal Irradiation for Preventing Transmission of Airborne Contagion—Part I)

Mork, D. D. (1993). Removing sulfide with ozone. *Water Contamination & Purification*. 34-37.

Summerfelt, S.T. 2003. Ozonation and UV irradiation/an introduction and examples of current applications. *Aquacultural Engineering*. 28: 21-36.

Barker, J., I.B. Vipond, and S.F. Bloomfield, “Effects of Cleaning and Disinfection in Reducing the spread of Norovirus Contamination via Environmental Surfaces”, *J. Hosp. Infect.*, 58:42–49 (2004).

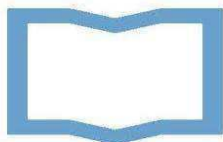
Malik, Y.S., P.B. Allwood, C.W. Hedberg, and S.M. Goyal, “Disinfection of Fabrics and Carpets Artificially Contaminated with Calicivirus: Relevance in Institutional and Healthcare Centres”, *J. Hosp. Infect.*, 63:205–210 (2006).

Hudson, J.B., M. Sharma, and M. Petric, “Inactivation of Norovirus by Ozone Gas in Conditions Relevant to Healthcare”, *J. Hosp. Infect.*, 66:40–45 (2007).

Pryor, W.A.; Squadrito, G.L. and Friedaman, M. 1995. The cascade mechanism to explain ozone toxicity: the role of lipid ozonization products. *Free Radical Biol. Med.* 19: 935–941.

Kowalski, W.J., W.P. Bahnfleth, and T.S. Whittam: Bactericidal effects of high airborne ozone concentrations on *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus*. *Ozone Sci. Engin.* 20:205–221

Purofirst (2000). Ozone. 411 Information Please: Technical data for fire, smoke, and water damage restoration & reconstruction, 8.



Instituto de Investigación e Ingeniería Ambiental 3iA_UNSAM

Guía de calidad del aire de la OMS relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre, 2005.

<https://www.epa.gov/indoor-air-quality-iaq/ozone-generators-are-sold-air-cleaners>

Ley Nacional de Residuos Peligrosos 24051

Página Web: www.ecoviox.com.ar

Resolución 295/2003 del Ministerio de trabajo, empleo y seguridad social.

Lic. Griselda Polla
Directora de Vinculación y Transferencia Tecnológica

Dra. Elsa López-Loveira
Investigadora

Lic. Pamela Tripodi
Jefa de laboratorios

Ing. Sofia Fantoni
Consultora