

Informe del Comité IES: Germicida ultravioleta (GUV) - Preguntas frecuentes

Comité de Autor: Comité de Fotobiología del IES

Este Informe del Comité ha sido preparado por el Comité de Fotobiología del IES en respuesta a la pandemia COVID-19 de 2020, con el objetivo específico de proporcionar información objetiva y actual sobre germicida

irradiación ultravioleta (UVGI) como medio de desinfección de aire y superficies. El IES proporciona esta información libremente y la actualizará periódicamente, a medida que haya más información disponible.

La publicación de este Informe del Comité ha sido aprobada por el Comité de Normas de IES el 15 de abril de 2020 como Transacción de la Illuminating Engineering Society. (www.ies.org)

DESCARGO DE RESPONSABILIDAD

Las publicaciones de IES se desarrollan a través del proceso de desarrollo de estándares de consenso aprobado por el American National Standards Institute. Este proceso reúne a voluntarios que representan puntos de vista e intereses variados para lograr un consenso sobre las recomendaciones de iluminación. Si bien el IES administra el proceso y establece políticas y procedimientos para promover la equidad en el desarrollo del consenso, no ofrece ninguna garantía en cuanto a la exactitud o integridad de la información publicada en este documento.

El IES se exime de responsabilidad por cualquier daño a personas o bienes u otros daños de cualquier naturaleza, ya sea especial, indirecta, consecuente o compensatoria, directa o indirectamente como resultado de la publicación, uso o dependencia de este documento.

Al emitir y poner a disposición este documento, el IES no se compromete a prestar servicios profesionales u otros para o en nombre de cualquier persona o entidad. El IES tampoco se compromete a realizar ningún deber que una persona o entidad le deba a otra persona. Cualquier persona que use este documento debe confiar en su propio criterio independiente o, según corresponda, buscar el consejo de un profesional competente para determinar el ejercicio de un cuidado razonable en cualquier circunstancia.

El IES no tiene poder ni se compromete a vigilar o hacer cumplir el contenido de este documento. El IES tampoco enumera, certifica, prueba o inspecciona productos, diseños o instalaciones para el cumplimiento de este documento. Cualquier certificación o declaración de cumplimiento de los requisitos de este documento no será atribuible al IES y es responsabilidad exclusiva del certificador o creador de la declaración.

© Copyright 2020 por la Illuminating Engineering Society. Todos los derechos reservados. Ninguna parte de esta publicación puede reproducirse en cualquier forma, en cualquier sistema de recuperación electrónica o de otro modo sin el permiso previo por escrito del IES.

Contenido

Antecedentes.....	4
Preguntas frecuentes	4
1.0 Preguntas básicas	4
1.1 ¿Qué es el UV germicida y qué es el UVGI?	4
1.2 ¿Se considera todo ultravioleta como ultravioleta germicida (GUV)?	4
1.3 ¿Puede la UV-C matar virus y bacterias?	5
1.4 ¿Puede UV-C inactivar efectivamente el virus SARS-CoV-2, responsable de COVID-19?.....	5
1.5 ¿Se pueden usar para GUV lámparas casi ultravioleta (UV-A), como trampas de insectos UV?.....	5
1.6 ¿Qué pasa con las lámparas UV-B para GUV?	5
1.7 ¿El ultravioleta a la luz solar tiene un efecto GUV?.....	6
2.0 Preguntas médicas y de atención médica	6
2.1 ¿Cómo se transmite el virus COVID-19?.....	6
2.2 ¿Cuánto tiempo permanecen en el aire las partículas virales y las bacterias?	6
2.3 ¿Cómo se pueden reducir los virus de propagación en el aire?	6
2.4 ¿Cómo funciona GUV para desinfectar el aire?	7
2.5 ¿GUV ha sido útil en instalaciones de tratamiento médico?.....	7
2.6 ¿Puede el UV-C de toda la sala inactivar efectivamente el virus SARS-CoV-2 responsable del COVID-19?.....	7
2.7 ¿Los CDC recomiendan GUV en los centros de salud?	7
2.8 ¿Cómo determinan los científicos investigadores la eficacia para matar o desactivar diferentes microorganismos y virus?	7
3.0 Desinfectar el aire de la habitación con GUV	8
3.1 ¿Qué es la GUV de la habitación superior?	8
3.2 ¿Por qué la GUV de la habitación superior es más efectiva que la UV en los conductos de ventilación o en los filtros de aire de la habitación?	
3.3 ¿Es suficiente la GUV dentro de los conductos de aire para la desinfección del aire de la habitación?	9
3.4 Si la habitación tiene vidrio que permite la visión dentro de la habitación y una vista de los artefactos UV, ¿es necesario cerrar o cubrir ese vidrio?	9
4.0 Desinfectar superficies, máscaras e instrumentos con GUV.....	10
4.1 ¿Qué tan útiles son los rayos UV-C en la desinfección de superficies?.....	10
4.2 ¿Se puede usar GUV para desinfectar las mascarillas quirúrgicas y la mascarilla respiratoria N95?.....	10
4.3 ¿Las varillas GUV son efectivas para desinfectar superficies?.....	10
5.0 Seguridad de GUV.....	11
5.1 ¿Son seguras las lámparas GUV?.....	11
5.2 ¿Existen reglas de seguridad para las lámparas de desinfección de superficie GUV?	11
5.3 ¿Los riesgos para los ojos o la piel difieren según el tipo de lámpara utilizada?	12
5.4 ¿Existen normas de seguridad para las lámparas de desinfección de aire GUV?	12
5.5 ¿GUV aumentará mi riesgo de cáncer de piel durante mi vida?.....	12
6.0 Tecnologías de lámparas.....	13
6.1 ¿Qué tipos de fuentes de lámparas se utilizan para GUV?	13
6.2 ¿Cuál es actualmente la fuente de lámpara más utilizada de UV-C para GUV?	13
6.3 ¿Hay lámparas UV-C de mayor potencia?	13
6.4 ¿Hay disponibles LED emisores de UV-C?.....	13
7.0 Aplicaciones GUV	14
7.1 ¿Cuánta "luz" UV se requiere y cuánto tiempo lleva el proceso para desinfectar un volumen de aire o una superficie?	
.....	14

7.2 ¿Cómo puedo medir la luz para asegurarme de obtener la cantidad adecuada para una desinfección efectiva? ..	14
7.3 ¿Se pueden instalar con seguridad las lámparas GUV en carpas de hospitales?	14
7.4 ¿Se pueden usar accesorios con menos persianas en áreas de techos muy altos (bahías altas)?	14
7.5 ¿Existen normas que aborden las pruebas de lámparas GUV en conductos de aire?	15
7.6 ¿Se puede usar GUV en el hogar?	15
7.7 ¿Degradan las pinturas UV y otros materiales de pared, o dañan las plantas?	15
7.8 ¿Qué tan efectivos son los robots UV para la desinfección de superficies?.....	15
7.9 ¿Cuánto cuestan los sistemas GUV de la habitación superior?	dieciséis
7.10 ¿Cuál es el sistema GUV más apropiado para mi aplicación y entorno?	dieciséis
8.0 Información adicional	dieciséis
9.0 Resumen	dieciséis
<i>Agradecimientos</i>	21
<i>Referencias</i>.....	22

ANTECEDENTES

El brote de 2014 del virus del Ébola y la reciente propagación de la nueva enfermedad por coronavirus 2019 (COVID-19) han renovado el interés en las lámparas de luz ultravioleta (GUV) germicida para la desinfección. La energía radiante UV se utilizó por primera vez para desinfectar superficies en 1877, ^{1,2} para agua en 1910, ³ y por aire en 1935. ^{4,4} El uso de GUV en las últimas décadas se ha limitado en gran medida en los EE. UU. A instalaciones de tratamiento de agua y oculto (protegido) en conductos de calefacción y aire acondicionado, o utilizado en laboratorios biológicos. La GUV se está utilizando en muchos países para controlar la transmisión de tuberculosis (TB) en el aire. Además, algunas instalaciones de atención médica de los EE. UU. Ahora están utilizando unidades móviles autónomas ("robots") para agregar una mejor higiene a las habitaciones de los pacientes a fin de reducir las infecciones adquiridas en el hospital. El uso más generalizado de GUV a menudo está limitado por problemas de seguridad, pero estos son manejables y menores en comparación con la posible prevención de infecciones. La mayoría del público no es consciente de su valor único en la desinfección del aire y las superficies contaminadas. Las preguntas frecuentes (FAQ) sobre GUV abordadas en este documento se dividen en estas categorías:

1) Preguntas básicas

2) Médico y sanitario

3) Desinfectar el aire de la habitación con GUV

4) Desinfectar superficies, máscaras e instrumentos.

5) Seguridad GUV

6) Tecnologías de la lámpara

7) Aplicaciones GUV

PREGUNTAS FRECUENTES

1.0 Preguntas básicas

1.1 ¿Qué es el UV germicida y qué es el UVGI?

Germicida UV (GUV) se refiere al uso de energía radiante ultravioleta para inactivar bacterias, esporas de moho, hongos o virus. Cuando el proceso se aplica en un lugar determinado, generalmente se lo conoce como irradiación germicida ultravioleta (UVGI). Debido a la preocupación del público sobre *ionizante* radiación (p. ej., rayos X y rayos gamma), el término *JEFE* evita preocupaciones innecesarias sobre un vínculo con ese tipo de radiación. Otro término no técnico es *luz germicida* aunque "luz" es técnicamente solo radiación visible.

1.2 ¿Se considera todo ultravioleta como ultravioleta germicida (GUV)?

No. *Ultravioleta germicida* (GUV): se refiere a la "luz" ultravioleta de onda corta (energía radiante) que se ha demostrado que mata bacterias y esporas e inactiva virus. Se ha demostrado que las longitudes de onda en la banda espectral ultravioleta fotobiológica conocida como "UV-C", de 200 a 280 nanómetros (nm), son las más efectivas para la desinfección, aunque un UV más prolongado y menos energético también puede desinfectar si se aplica en mucho mayor dosis. Las longitudes de onda UV-C comprenden fotones (partículas de luz) que son los más energéticos en el espectro óptico (que comprende UV, visible e infrarrojo) y, por lo tanto, son los más activos fotoquímicamente. (Ver Figura 1.)

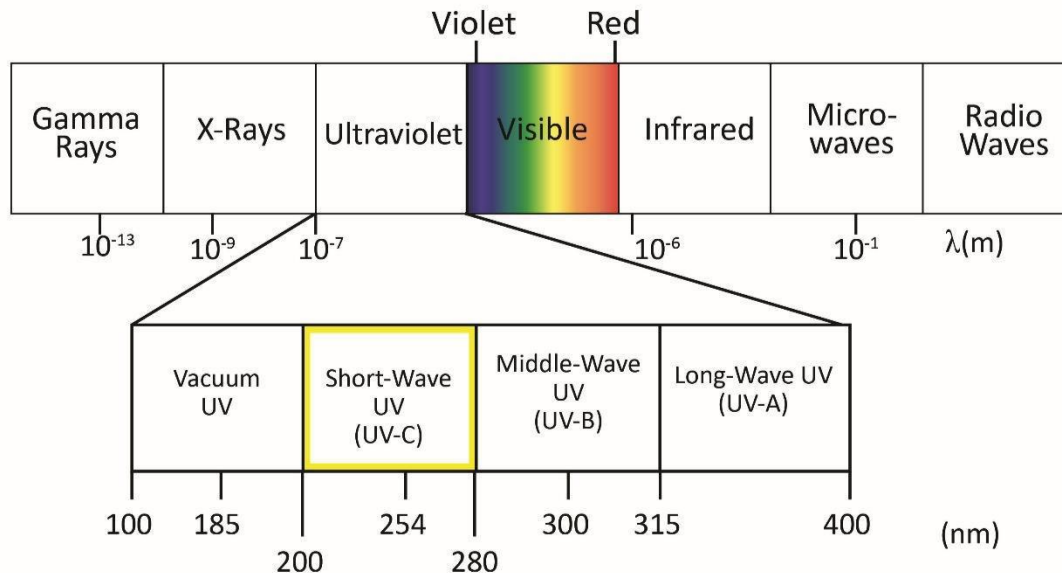


Figura 1-1. La porción ultravioleta del espectro electromagnético.

1.3 ¿Puede la UV-C matar virus y bacterias?

Sí, la UV-C mata las bacterias vivas, pero los virus técnicamente no son organismos vivos; por lo tanto, deberíamos decir correctamente "inactivar virus". Los fotones UV-C individuales y enérgicos interactúan fotoquímicamente con las moléculas de ARN y ADN en un virus o bacteria para hacer que estos microbios no sean infecciosos. Todo esto sucede a nivel microscópico. Los virus tienen menos de un micrómetro (μm , una millonésima parte de un metro) de tamaño, y las bacterias son típicamente de 0.5 a 5 μm .

1.4 ¿Puede UV-C inactivar efectivamente el virus SARS-CoV-2, responsable de COVID-19?

Sí, si el virus se ilumina directamente con UV-C al nivel de dosis efectivo. Los rayos UV-C pueden desempeñar un papel eficaz con otros métodos de desinfección, pero es esencial que las personas estén protegidas para evitar los riesgos de los rayos UV para los ojos y la piel, tal como se explica en Sección

4. ¡UV-C no debe usarse para desinfectar las manos!

1.5 ¿Se pueden usar para GUV lámparas casi ultravioleta (UV-A), como trampas de insectos UV?

No. Las longitudes de onda UV-A y más largas (visibles) no tienen longitudes de onda de emisión germicidas efectivas para inactivar virus. Su capacidad de desinfección relativa es muy mínima del orden de 1,000 veces menos efectiva en términos de tasa de fluencia que la lámpara germicida de mercurio de baja presión. Solo ha habido aplicaciones muy especiales de longitudes de onda en UV-A y violeta (p. Ej., 405 nm), que requieren dosis muy altas que no son prácticas en un ambiente ocupado y no se recomiendan para la esterilización viral. La cantidad traza de UV-B que se emite desde algunas lámparas fluorescentes de luz blanca probablemente tiene una eficacia similar.

Los diodos emisores de luz (LED) han estado disponibles durante algún tiempo en la región UV-A. La ventaja de los LED UV-A o de luz visible sería que pueden incorporarse fácilmente en luminarias basadas en LED, y es posible que no sea necesario un equipo de protección. Sin embargo, la eficacia de la energía violeta o UV-A que no es dañina para la piel o los ojos es mínima.

1.6 ¿Qué pasa con las lámparas UV-B para GUV?

UV-B (280 a 315 nm), particularmente las longitudes de onda más cortas cerca de 300 nm e inferiores, pueden ser relativamente efectivas como fuente germicida, pero en exposiciones accidentales existe un riesgo significativamente mayor de sufrir graves

quemaduras solares e incluso efectos retardados tanto para la piel como para los ojos, porque los rayos UV-B penetran la piel más profundamente.

1.7 ¿El ultravioleta a la luz solar tiene un efecto GUV?

Sí, particularmente a fines de la primavera y principios del verano, cuando el sol está alto en el cielo y el índice UV es alto. Con un índice UV de 10, la duración para lograr al menos una muerte de tres log de bacterias (99.9% de muertos) se estima en menos de una hora. ⁵⁵

2.0 Preguntas médicas y de atención médica

2.1 ¿Cómo se transmite el virus COVID-19?

La posición oficial de la Organización Mundial de la Salud (OMS) es que este virus se transmite por contacto con gotas respiratorias grandes, directa o indirectamente al tocar superficies contaminadas y luego tocarse los ojos, la nariz o la boca. Sin embargo, se están realizando investigaciones para determinar el grado de propagación en el aire, es decir, virus en partículas tan pequeñas que permanecen suspendidas en el aire. Tal aerosol resulta de la evaporación de partículas respiratorias más grandes generadas por tos, estornudos, habla ordinaria, canto y posiblemente por sistemas de plomería defectuosos, como ocurrió con el virus del síndrome respiratorio agudo severo (SRAS). La cantidad de virus responsable de COVID-19 se transmite por la ruta aérea no está clara, pero las recomendaciones para que los trabajadores de la salud usen respiradores ajustados, no máscaras quirúrgicas, revelan la preocupación oficial por la transmisión aérea.

2.2 ¿Cuánto tiempo permanecen en el aire las partículas virales y las bacterias?

Esto es importante, pero difícil de responder de una manera simple y depende de cómo se hicieron los microbios en el aire, por ejemplo, al estornudar o toser, o al volar de las superficies o sacudir la ropa. Las partículas más pequeñas (núcleos de gotas de 1 a 5 µm) pueden permanecer en el aire mucho más tiempo que las gotas para la tos, durante muchos minutos o incluso horas.

2.3 ¿Cómo se pueden reducir los virus de propagación en el aire?

El diagnóstico de casos infecciosos y su aislamiento es una intervención crítica, pero se cree que la transmisión de personas asintomáticas desempeña un papel importante en la transmisión comunitaria. En los Estados Unidos, los Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades (CDC) han recomendado que todos usen cubiertas faciales no médicas para reducir la propagación por gotitas respiratorias, tanto grandes como pequeñas. Los trabajadores de Heathcare deben usar respiradores bien ajustados diseñados para excluir partículas en el aire, además de seguir todas las precauciones de contacto. Para el componente aerotransportado, se espera que la ventilación, el distanciamiento social y otros medios de desinfección del aire tengan un papel. La ventilación natural al aire libre y en los hogares puede ser altamente efectiva donde las condiciones son óptimas en términos de flujo de aire y temperatura. La ventilación mecánica puede ser efectiva,

La desinfección del aire GUV de la habitación superior es un medio principal para la desinfección del aire segura y altamente efectiva, siempre que esté planificada, instalada, puesta en servicio y mantenida de acuerdo con los estándares internacionales actuales. Se recomienda un consultor experto. Los filtros de aire de la habitación, la desinfección del aire a través de filtros HEPA, las lámparas UV en los conductos u otros métodos parecen atractivos, pero su tasa de suministro de aire limpio cuando se convierte en ACH de la habitación a menudo es trivial: no más de 1 o 2 ACH adicionales. La desinfección del aire por conducto de GUV es un enfoque secundario para tratar cualquier aire recirculado.

2.4 ¿Cómo funciona GUV para desinfectar el aire?

Las lámparas GUV de uso común generan predominantemente energía radiante UV de 254 nm, que está cerca de las longitudes de onda germicidas máximas de 265 a 270 nm, ambas en el rango de UV-C, en comparación con el ultravioleta de longitud de onda más larga (UV-A y UV-B) en luz del sol. La energía radiante de GUV daña los ácidos nucleicos (ADN y ARN) al causar mutaciones que impiden la replicación, lo que lleva a la muerte de prácticamente todas las bacterias y la inactivación de todos los virus, tanto de tipo ADN como de ARN. Las bacterias y los virus varían un poco en la susceptibilidad a los rayos UV, con organismos ambientales, esporas de hongos y micobacterias que son relativamente más difíciles de matar que los microbios no ambientales y la mayoría de las bacterias que se replican más rápidamente. Pero incluso los hongos se matan efectivamente con dosis altas de UV, que se usa, por ejemplo, para tratar la contaminación por hongos de los sistemas de aire acondicionado. El GUV se puede usar de manera más efectiva para desinfectar el aire en la habitación superior donde la altura del techo lo permite, pero también se puede usar en conductos de ventilación y filtros de aire de la habitación, como se señaló. Como se explica a continuación, *GUV de la habitación superior* se considera la aplicación más efectiva para la desinfección del aire ambiente, siempre que sea posible.

2.5 ¿GUV ha sido útil en instalaciones de tratamiento médico?

Si. Algunos hospitales han utilizado accesorios portátiles de GUV para desinfectar el aire y las superficies en habitaciones desocupadas y cerradas como una medida de control suplementaria para reducir la propagación de infecciones asociadas a la atención médica. ⁶⁶

Sin embargo, los estudios de eficacia bien controlados son muy difíciles de realizar y, por lo tanto, deficientes. Las instalaciones de tratamiento médico están utilizando GUV de tres maneras principales: 1) accesorios de GUV de la habitación superior con mezcla de aire, para controlar los patógenos transportados por el aire en un espacio ocupado; 2) unidades móviles de GUV, para desinfectar superficies de alto contacto; y 3) GUV en unidades de tratamiento de aire HVAC, para tratar el aire recirculado y reducir el crecimiento de moho en las bobinas de enfriamiento. Los sistemas autónomos ("robot") se han utilizado en algunos hospitales de EE. UU. Y se utilizaron en la República Popular de China en respuesta a COVID-19. ⁷⁷ Al pelear una guerra, que se considera que es, nunca se usa una sola arma; más bien, se explotan múltiples armas en el arsenal. ⁸ No hay razón para no hacer un uso completo de GUV con las precauciones adecuadas en esta "guerra" contra COVID-19.

2.6 ¿Puede el UV-C de toda la sala inactivar efectivamente el virus SARS-CoV-2 responsable de COVID19?

Si bien la UV-C podría ser una medida de control de infección secundaria para desinfectar depósitos potenciales que transportan gérmenes en superficies accesibles (no sombreadas), su gran valor sería desinfectar el aire en áreas donde esto puede ser una preocupación (por ejemplo, salas de cuidados intensivos, instalaciones de admisión hospitalarias [o carpas]). Upper-air GUV es la aplicación más segura y efectiva de UV-C. En lugares especiales, donde la transmisión viral es muy probable, se puede aplicar UVGI en toda la habitación (de dispositivos suspendidos que dirigen UV-C hacia abajo), siempre que se puedan tomar precauciones estrictas. Es crítico que las personas que permanecen en el espacio que se desinfectan de las lámparas UV-C de techo y laterales usen ropa protectora y protección para los ojos, o se producirá la exposición a rayos UV dañinos. El GUV de toda la habitación se ha aplicado de manera segura en habitaciones desocupadas donde la entrada está prohibida durante la UVGI.

2.7 ¿Los CDC recomiendan GUV en los centros de salud?

En los EE. UU., Los Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades (CDC) han proporcionado pautas para el uso de lámparas UVGI en habitaciones superiores y unidades de tratamiento de aire (AHU) como una medida de control suplementaria para la desinfección del aire. ^{9,10,11}

2.8 ¿Cómo determinan los científicos investigadores la eficacia para matar o desactivar diferentes microorganismos y virus?

El concepto más fundamental en fotobiología es el espectro de acción (o respuesta relativa) para un efecto dado. Aunque hay un espectro de acción germicida estandarizado en el Manual IES, ¹² estaba basado

en la inactivación de *E. coli* Las bacterias y los espectros de acción de las esporas, otras bacterias y diferentes virus pueden variar. Este espectro de acción estandarizado se extiende desde 235 nm hasta 313 nm y alcanza un pico a aproximadamente 265 nm. Una longitud de onda de 254 nm tiene una eficacia relativa de 0,85; en contraste, 313 nm en la UV-B tiene una eficacia relativa de solo 0.01.

La efectividad germicida es proporcional a la dosis de exposición (exposición radiante, típicamente en milijulios * por centímetro cuadrado, mJ / cm^2 o julios por metro cuadrado, J / m^2), cuál es el producto de la tasa de dosis (irradiancia, típicamente en mW / cm^2 o W / m^2) y tiempo (de 1 μs a varias horas). Existe una relación no lineal entre la exposición a los rayos UV y la eficacia germicida. Por ejemplo, si una determinada exposición a los rayos UV mata al 90% de una población bacteriana (a menudo denominada "muerte de un solo registro"), duplicar el tiempo o la intensidad de la exposición puede matar solo el 90% del 10% residual, para una eficacia germicida general del 99% ("muerte de dos registros"). Del mismo modo, una disminución del 50% en la dosis o el tiempo de exposición disminuye la eficacia germicida solo del 99% al 90%.

La humedad puede reducir la efectividad de la radiación UV germicida. Hay una dosis de referencia para lograr una supervivencia del 37%; sin embargo, en la práctica, una dosis de GUV de interés es de 3 o 4 muertes por log, que corresponde al 99,9% o 99,99% de inactivación, respectivamente. Para ser efectivo en la práctica, se acepta con frecuencia el logro de dos asesinatos logarítmicos (inactivación del 99%).

3.0 Desinfectar el aire de la habitación con GUV

3.1 ¿Qué es la GUV de la habitación superior?

El GUV de la habitación superior es un medio seguro de desinfección del aire que es posible en habitaciones con techos altos. En este método, los dispositivos UV-C especialmente diseñados e instalados que irradian solo el aire por encima de 2,1 metros (7 pies) desinfectan constantemente el volumen de aire superior. Esto es más efectivo cuando los ventiladores y la ventilación HVAC mezclan constantemente aire, pero incluso sin ventilación o ventiladores fuertes, el aire se mezcla constantemente por movimientos y corrientes convectivas normales.

3.2 ¿Por qué la GUV de la habitación superior es más efectiva que la UV en los conductos de ventilación o en los filtros de aire de la habitación?

GUV de la habitación superior (ver Figura 3-1) desinfecta grandes volúmenes de aire de la habitación (por encima de las cabezas de los ocupantes) a la vez, lo que da como resultado cambios de aire "equivalentes" por hora (ACH) en términos de desinfección del aire solamente: GUV no diluye olores ni CO_2 . Las principales funciones de la ventilación del edificio. Control de olores y CO_2 la eliminación se logra mediante niveles relativamente bajos de ventilación (1 a 2 ACH), pero la desinfección del aire requiere tasas de ventilación mucho más altas (6 a 12 ACH), o el equivalente producido por la GUV de la habitación superior. Dos estudios controlados en el hospital.^{13,14} han demostrado que la GUV de la habitación superior es aproximadamente 80% efectiva contra la propagación de la tuberculosis (TB). Incluso cuando GUV está confinado a la habitación superior, una buena mezcla de aire (idealmente con ventiladores de techo de baja velocidad pero que se logra fácilmente con otros tipos de ventilación de aire forzado) da como resultado una ACH equivalente muy alta en el espacio ocupado inferior, estimado como un 24 ACH adicionales en un estudio sudafricano.¹⁵

--Un julio es igual a un vatio por un segundo. ($0,1 W = 1 J / s$) Un milijulio es la milésima parte de un julio.

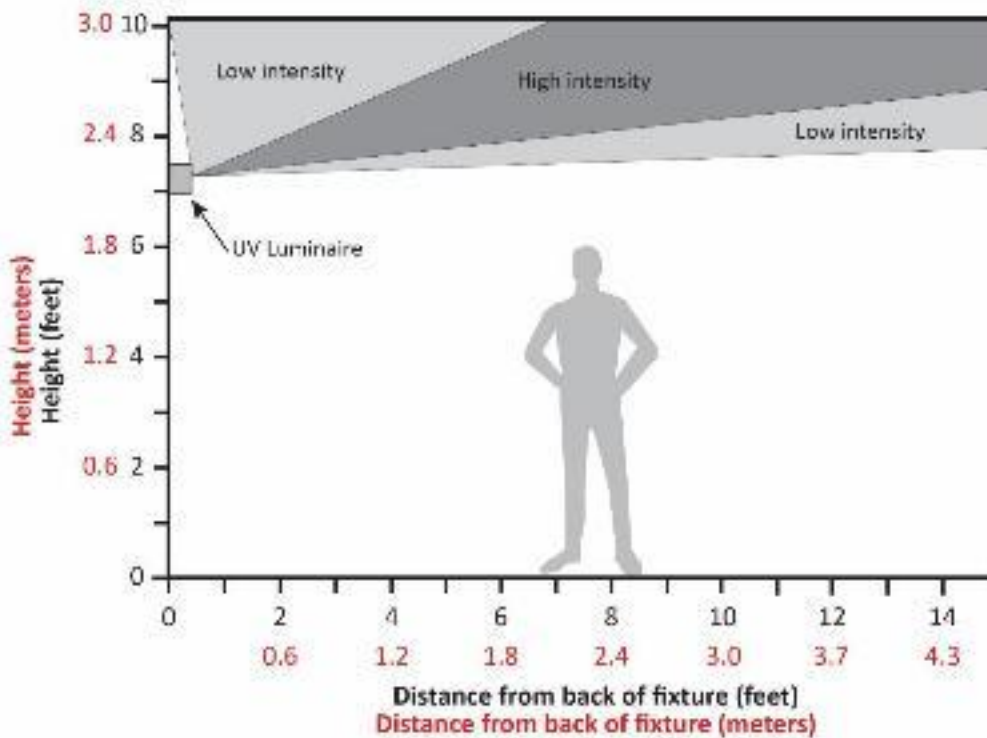


Figura 3-1. Instalación de UV en el aire superior.

3.3 ¿Es suficiente la UV dentro de los conductos de aire para la desinfección del aire de la habitación?

Cuando se usa UV en los conductos, aunque asegura que el aire recirculado no tenga patógenos viables, desafortunadamente hace relativamente poco para prevenir la transmisión de persona a persona en una habitación donde tanto una fuente infecciosa como otras personas susceptibles comparten el mismo aire. Para una interrupción efectiva de la transmisión, la desinfección del aire debe ocurrir en la misma habitación donde se produce la transmisión. Los filtros de aire portátiles se pueden colocar en habitaciones donde existe el riesgo de transmisión, pero mover grandes volúmenes de aire a través de cualquier dispositivo es difícil, limitado por la tasa de suministro de aire limpio del filtro de aire portátil. A menudo, cuando la tasa de suministro de aire limpio se convierte en ACH equivalente, el resultado es un decepcionante 1 a 2 ACH, demasiado poco para prevenir la transmisión de manera efectiva. Un filtro de aire grande en una habitación pequeña puede ser efectivo, pero para habitaciones más grandes, los limpiadores de aire son simplemente un enfoque poco práctico para los altos niveles de desinfección del aire, en comparación con el UV de la habitación superior. Los filtros de aire pueden tener valor en un espacio confinado donde se desea UV.

3.4 Si la habitación tiene vidrio que permite la visión dentro de la habitación y una vista de los artefactos UV, ¿es necesario cerrar o cubrir ese vidrio?

No, no por seguridad si son lámparas UV-C normales de 254 nm. Las ventanas de vidrio bloquean la transmisión potencialmente peligrosa de UVB y UV-C. Las ventanas de vidrio deben cubrirse si se usan lámparas de xenón pulsado. Nota: Ciertamente no hay razón para preocuparse con las instalaciones en la parte superior del aire, ya que los rayos UV-C potencialmente peligrosos no llegan a la habitación inferior.

% Organismos Destruídos	Dosis en mWseg/cm ²
10	130
18	260
33	520
50	910
63	1310
80	2090
86	2610
90	3000
95	3600
98	5100
99	6000
99.5	6900
99.8	8100
99.9	9000
99.99	12000

Dosis de radiación Ultravioleta requerida para la destrucción (inactivación del 99,0 %) de varios microorganismos

	mW.seg/cm ²		mW.seg/cm ²
BACTERIAS		HONGOS Y ESPORAS	
Bacillus anthracis	8700	Aspergillus flavus	99000
Clostridium tetani	22000	Mucor racemosus	35200
Corynebacterium dephtheriae	6500	Oospora lactis	11000
Eberthelia typosa	4100	Penicillum expensum	22000
Escherichia coli	6600	Penicillum roqueforti	26400
Leptospira	6000		
Micrococcus sapheroides	15400	PROTOZORIOS	
Mycobacterium tuberculosis	10000	Chlorelia vulgaris (alge)	22000
Neisseria catarrhalis	8500	Nematode eggs	92000
Phytomonas tumefaciens	8500	Paramedium	200000
Proteus vulgaris	6600		
Pseudomonas aeruginosa	10500	VIRUS	
Salmonella typhosa	4100	Bacteriophage (E. coli)	6600
Sarcina Lutea	26400	Influenza	6600
Serratia marcescens	6160	Poliovirus	6000
Shigella dysenteriae	4200	Virus de la Hepatitis infecciosa	8000
Spirillum rubrum	6160		
Staphylococcus albus	5720	LEVADURAS	
Streptococcus hemolyticus	5500	Bakers Yeast	8800
Streptococcus latis	8800	Brewer's Yeast	6600
Vibrio cholerae	6500	Common Yeast cake	13200

4.0 Desinfectar superficies, máscaras e instrumentos con GUV

4.1 ¿Qué tan útiles son los rayos UV-C en la desinfección de superficies?

Mientras UVGI (UV-C en el rango apropiado; ver Sección 1) Es un excelente desinfectante de superficies, no penetra en las superficies y no puede desinfectar las superficies sucias. La incapacidad de la energía radiante de los rayos UV para alcanzar huecos sombreados de superficies o penetrar recubrimientos como el polvo y otras materias puede afectar negativamente la desinfección. Por estas razones, la UVGI se usa típicamente como una medida de control suplementaria para la desinfección. Un estudio publicado en 2005 concluyó que las lámparas UVGI podrían tener algún efecto sobre la propagación de enfermedades respiratorias infecciosas, pero no hubo pruebas suficientes para respaldar la recomendación de su amplio uso. ⁹ El CDC reconoce que UVGI tiene varias aplicaciones potenciales, pero también tiene limitaciones y posibles problemas de seguridad.

^{9,10,11}

4.2 ¿Se puede usar GUV para desinfectar las mascarillas quirúrgicas y la mascarilla respiratoria N95?

Peróxido de hidrógeno (H₂O₂)¹². La desinfección por vapor ha sido el método más recomendado actualmente en uso. Sin embargo, si esto no está disponible, los estudios realizados por varios laboratorios han demostrado una desinfección UV sorprendentemente efectiva a pesar del hecho de que los fotones UV no tendrán un paso en línea recta a través de toda la estructura de filtro poroso. Por lo tanto, los fotones dispersos hacia adelante tienen que penetrar en la máscara y se requieren dosis sustanciales. ¹⁵ Esto solo debe intentarse dentro de un recinto hermético. En los EE. UU., NIOSH y la FDA han emitido una guía temporal sobre este importante tema. ^{11,16}

4.3 ¿Las varillas GUV son efectivas para desinfectar superficies?

Productos GUV compactos de mano (ver Figura 4-1) Se han comercializado durante más de una década para desinfectar objetos pequeños como teléfonos celulares. La mayoría de estos emiten menos de 2 mW · cm⁻² de 254 nm UV-C en contacto, lo que significa que la varita debe mantenerse en la superficie durante varios segundos para una desinfección efectiva de la unidad de registro múltiple. Agitarlo sobre un objeto como una tarjeta postal durante un segundo no proporcionará una desinfección confiable. Estos productos suelen emplear un interruptor de seguridad que detecta cuando la emisión no se dirige hacia abajo (lejos de los ojos) y se apaga si se gira hacia arriba. Incluso si se usa de manera segura, estos pueden proporcionar una falsa impresión de desinfección efectiva.



Figura 4-1. Las pequeñas lámparas de mercurio UV-C y los LED de 270 nm utilizados en las varillas de mano están disponibles en Internet (medio e inferior). También se venden pequeñas unidades desinfectantes del espacio aéreo (parte superior). (Imagen cortesía de David Sliney)

5.0 GUV de seguridad

5.1 ¿Son seguras las lámparas GUV?

Las emisiones de la lámpara UVGI pueden representar un peligro para la seguridad y la salud en el lugar de trabajo para los ojos y la piel si las lámparas se usan o instalan incorrectamente. Sin embargo, estas lámparas se pueden usar de manera segura si los trabajadores están informados sobre los peligros y siguen las precauciones apropiadas. El GUV de la habitación superior se ha utilizado de manera segura para prevenir la transmisión aérea durante al menos 70 años. Se sabe mucho sobre los límites de exposición humana de la irradiación UV (UV-C) de 254 nm. En comparación con los rayos UV-A y UV-B en la luz solar, la capa muerta externa (estrato córneo) y la piel externa (epidermis externa) absorben casi por completo la radiación UV-C, con una penetración muy limitada en las capas celulares más profundas de la piel cuando es nueva. Las células se crean constantemente. A modo de comparación, el límite de seguridad diario actual de 254 nm UV-C durante 8 horas es 6.0 mJ / cm². Considerando que menos de diez minutos de exposición al sol en verano con un índice UV de 10 puede proporcionar la dosis de seguridad diaria limitante equivalente¹⁷ por su UV-A y UV-B mucho más penetrantes. Un estudio de monitoreo continuo de trabajadores de la salud y pacientes en una instalación de GUV en el aire superior no registró más de 1/3 de la dosis de 8 horas. Debido a que no tiene una capa protectora muerta externa, el ojo humano es el órgano más susceptible a la luz solar y al GUV de la habitación superior. Exceder el valor del nivel umbral (TLV) en la habitación inferior provocará una irritación dolorosa de la córnea, similar a la sobreexposición en un día soleado, especialmente del sol reflejado por el agua o la nieve. El daño es doloroso pero transitorio, con desprendimiento y reemplazo corneal en uno o dos días. Cuando la fuente de UV-C está arriba, los ojos reciben muy poca exposición durante las actividades normales; Esto se demuestra a la luz del sol cuando el sol está sobre la cabeza: hay una exposición peligrosa de la piel pero no de los ojos.^{18 años} La mayoría de las lesiones oculares son el resultado de trabajadores en escaleras que limpian accesorios o trabajan en la habitación superior sin apagar primero los accesorios.¹⁹ Por esta razón, solo los trabajadores de mantenimiento capacitados deben trabajar en la habitación superior o reemplazar las lámparas de los ductos. Las lesiones oculares han resultado de un entrenamiento insuficiente o de una instalación inadecuada, por ejemplo, trabajadores que instalaron por error un dispositivo UVGI de la habitación superior al revés después del reemplazo del foco.²⁰

5.2 ¿Existen reglas de seguridad para las lámparas de desinfección de superficie GUV?

Para garantizar el uso seguro de las lámparas UVGI para *superficie* desinfección, siga estas pautas:

- *Todas las lámparas.* Los trabajadores deben colocar señales de advertencia temporales en los puntos de acceso al área que se desinfecta. Deben desocupar el área durante la desinfección o colocar barreras opacas entre la lámpara UVGI y los ocupantes de la habitación. Si se requiere que estas áreas estén ocupadas durante la desinfección y no se pueden evitar las exposiciones (por ejemplo, si se usa una "varita" UVGI desinfectante de mano), entonces se debe usar equipo de protección personal (PPE).
- *Lámparas de mercurio de baja y media presión, LED UVGI y lámparas UV-C lejanas.* Los trabajadores deben usar protectores faciales de plástico o vidrio para proteger los ojos y la cara, guantes de nitrilo o guantes de trabajo para proteger las manos y ropa de cobertura completa con telas apretadas para proteger toda la otra piel expuesta.
- *Lámparas de arco de xenón pulsado.* Los trabajadores deben usar gafas de soldar o cortar para proteger los ojos, guantes de nitrilo o guantes de trabajo para proteger las manos y ropa de cobertura completa con telas apretadas para proteger toda la otra piel expuesta.

5.3 ¿Los riesgos para los ojos o la piel difieren según el tipo de lámpara utilizada?

Las lámparas UVGI de mercurio de baja y media presión emiten energía UV que representa un peligro para la córnea y la piel. Algunos dispositivos LED UVGI emiten cerca de 270 nm, lo que representa un peligro para la córnea y la piel. Las lámparas "UV-C lejanas" que emiten alrededor de 222 nm pueden representar un peligro para la córnea, y los estudios recientes han sido inconsistentes con respecto a si las lámparas UV-C lejanas representan un peligro significativo para la piel. ^{22,23} Las diferencias pueden ser el resultado de diferentes envolturas de vidrio que permiten una transmisión de energía radiante de mayor longitud de onda. Las lámparas UVGI de arco de xenón pulsado emiten energía radiante UV y visible que representa un peligro para la retina, la córnea y la piel. Algunas lámparas de arco de xenón pulsado se filtran para que solo se emita la energía UV para la desinfección. Las lámparas de arco de xenón también pueden presentar riesgos de seguridad adicionales si no se mantienen adecuadamente. Estas lámparas GUV generalmente se utilizan solo en la industria, para esterilizar envases de alimentos y productos farmacéuticos, por ejemplo, pero también se han utilizado en robots GUV para la desinfección de la habitación del hospital. El mantenimiento y el servicio solo deben ser realizados por personas autorizadas.

5.4 ¿Existen normas de seguridad para las lámparas de desinfección de aire GUV?

Para garantizar el uso seguro de las lámparas UVGI para la desinfección del aire, siga estas pautas:

- **Todas las lámparas.** Los trabajadores deben colocar letreros de advertencia cerca de las lámparas UVGI de la habitación superior y en los paneles de acceso AHU donde están instaladas las lámparas UVGI internas. Los interruptores de activación deben estar claramente etiquetados y protegidos con protectores de interruptor para evitar la activación accidental por personal no autorizado. Si no se pueden evitar las exposiciones, los trabajadores deben usar protectores faciales de plástico o vidrio para proteger los ojos y la cara, guantes de nitrilo o guantes de trabajo para proteger las manos y ropa de cobertura completa con telas apretadas para proteger el resto de la piel expuesta.
- **Lámparas UVGI de la habitación superior.** La instalación adecuada es fundamental para garantizar el uso seguro de estas lámparas. Es importante estudiar la reflectancia del techo a la longitud de onda de UV-C antes de instalarla en una nueva ubicación, ya que se podría aumentar el UV-C de pozos descendentes. La actividad laboral regular no debe reanudarse en habitaciones con lámparas UVGI de la habitación superior a menos que las mediciones calificadas hayan confirmado que las posibles exposiciones radiantes en la habitación inferior están dentro de los límites de exposición de 8 horas especificados por la ACGIH. ¹⁷ Excepto en habitaciones muy grandes, las lámparas emisoras no deben ser visibles para los ocupantes de la habitación inferior.
- **UTA con lámparas UVGI internas.** Los paneles de acceso para UTA con lámparas UVGI internas deben enclavarse con interruptores de apagado automático para evitar la exposición accidental a la energía radiante UV. Se debe instalar una ventana de inspección que bloquee la energía UV germicida (p. Ej., Plástico o vidrio) para permitir a los trabajadores ver si la lámpara UVGI dentro de la AHU está funcionando.

5.5 ¿GUV aumentará mi riesgo de cáncer de piel durante mi vida?

Los rayos UV-C solo penetran las capas superficiales de la piel y los ojos, y las longitudes de onda más cortas apenas penetran en las células vivas (epidermis), por lo que solo se produce una "quemadura solar" transitoria muy leve (eritema) debido a la sobreexposición accidental de la piel zonas Aunque las lámparas GUV pueden representar un riesgo teórico retrasado, las exposiciones incidentales a los rayos UV en el lugar de trabajo no aumentarían significativamente el riesgo de cataratas o cáncer de piel durante la vida en comparación con la exposición diaria a la energía radiante de los rayos UV en la luz solar. La radiación UV solar es mucho más penetrante y alcanza las capas germinativas (productoras de células nuevas) en la piel, con el resultado de que el riesgo de cáncer de piel es significativo y las quemaduras solares pueden ser graves. Hay una pequeña cantidad de UV-B (297, 303, 313 nm) de una lámpara de mercurio de baja presión, ^{18 años}

6.0 Tecnologías de lámparas

6.1 ¿Qué tipos de fuentes de lámparas se utilizan para GUV?

Las tecnologías de lámparas incluyen lámparas de mercurio de baja y media presión de emisión continua, así como lámparas de arco de xenón pulsado. Los estudios han demostrado que estas tecnologías, de emisión continua o pulsada, son comparativamente efectivas para la desinfección. Las fuentes pulsadas pueden ser más prácticas si se requiere una desinfección rápida. ²¹ Los diodos emisores de luz (LED) y las lámparas de excímero de criptón-cloro, que emiten en bandas estrechas en el rango germicida (UV-C), son tecnologías emergentes.

6.2 ¿Cuál es actualmente la fuente de lámpara más utilizada de UV-C para GUV?

El método más práctico para generar energía radiante germicida es mediante el paso de una descarga eléctrica a través de un gas raro (generalmente argón) a bajas presiones (del orden de 130 a 400 pascales, o 1 a 3 torr) que contiene vapor de mercurio encerrado en un tubo especial. Tubo de vidrio sin revestimiento fluorescente que transmite rayos UV de longitud de onda corta. Las lámparas germicidas de cátodo caliente son idénticas en forma, conexión eléctrica, potencia de funcionamiento y vida útil a las lámparas fluorescentes estándar, tanto lineales como compactas. Mantener la transmisión de la lámpara durante la vida útil es más difícil que para las lámparas fluorescentes estándar. Las lámparas germicidas de cátodo frío también están disponibles en varios tamaños, generalmente para lámparas más cortas y de menor diámetro. Sus características de funcionamiento son similares a las de las lámparas de cátodo caliente, pero sus mecanismos de arranque son diferentes.

Aproximadamente el 45% de la potencia de entrada de dicho dispositivo se emite a una longitud de onda de descarga de mercurio de 253,7 nm, en el medio de la banda UV-C. La segunda línea principal de emisión es a 184,9 nm, pero esta emisión normalmente es absorbida por el vidrio, ya que, si se emite a través del vidrio, como lo es con el cuarzo puro, crearía ozono a niveles muy superiores al límite de seguridad. Otras líneas de mercurio en las regiones UV-B y UV-A están presentes a niveles de potencia de emisión mucho más bajos y no se consideran importantes en la acción germicida; desafortunadamente, pueden aumentar el problema de seguridad.

6.3 ¿Hay lámparas UV-C de mayor potencia?

También se utilizan lámparas de mercurio de media presión (Hg), particularmente en la purificación de agua. Estas lámparas se parecen a las lámparas de mercurio de alta presión, es decir, son mucho más compactas y usan una envoltura de cuarzo transparente o dopada, según la aplicación. Si bien la eficiencia de la emisión de 253,7 nm se reduce y amplía significativamente debido a la reabsorción de la energía radiante, sin embargo, es una fuente importante, ya que puede funcionar a una potencia mucho mayor por unidad de longitud que las lámparas de mercurio de baja presión. Se ha demostrado que otras fuentes, como la descarga rara de gas-halógeno (por ejemplo, criptón-cloro, Kr-Cl), producen emisiones significativas en la región lejana de UV-C (205 a 230 nm). La ventaja de fuentes como las que emiten 207 nm o 222 nm es que la tasa de desactivación de algunas bacterias y virus parece ser relativamente alta. ²² Sin embargo, dependiendo de la envoltura de vidrio, los niveles pequeños pero significativos de longitudes de onda más largas pueden ser motivo de preocupación. ²³ En este momento, tales fuentes se han desarrollado en el laboratorio de investigación, pero su presencia en el mercado aún es muy limitada en comparación con la de las lámparas de mercurio, y todavía hay poca experiencia con un uso generalizado.

6.4 ¿Hay disponibles LED emisores de UV-C?

Hay informes de empresas que desarrollan LED que emiten en la región UV-C de longitud de onda más larga, generalmente de 265 a 270 nm. Hasta el momento, los sistemas completos del aire superior no están en el mercado, pero con el enfoque de la nueva pandemia de coronavirus del SARS-CoV-2 sobre nosotros, estos pueden convertirse en una realidad en el futuro.

7.0 Aplicaciones GUV

7.1 ¿Cuánta "luz" UV se requiere y cuánto tiempo lleva el proceso para desinfectar un volumen de aire o una superficie?

Existen programas muy sofisticados para calcular el tamaño de las lámparas y los requisitos de dosis en el aire en términos de energía requerida para el espacio y la fluencia radiante (julios por metro cuadrado, J / m^2) a través de una sección transversal de un haz UV-C, pero existe una dosis mucho más simple basada en evidencia que se ha desarrollado durante muchos años para el control de la TB, típicamente especificada como aproximadamente 17 mW de potencia radiante de emisión de lámpara de 254 nm por cúbico metro (m^3) de espacio para desinfectar el aire.¹³ Aunque esto suena demasiado simplista para ser verdad, dado que el aire en cualquier habitación siempre se está moviendo y mezclando, uno puede suponer correctamente que se tratará todo el aire: cuanto mejor se mezcle el aire, antes sucederá. Estudios en la Harvard School of Public Health^{13,14} y en otros lugares muestran unidades logarítmicas de reducción equivalentes a 24 ACH para lograr una reducción del 80% de la transmisión. Por supuesto, no es posible una reducción del 100% debido a los múltiples modos de transmisión. Para desinfectar superficies, esto depende del tipo de superficie y su limpieza; las exposiciones recomendadas varían de 200 a 1,000 J / m^2 (20 a 100 mJ / cm^2).²⁴

7.2 ¿Cómo puedo medir la luz para asegurarme de obtener la cantidad adecuada para una desinfección efectiva?

Hay varios medidores dedicados disponibles; sin embargo, normalmente se requiere un amplio rango de escala, por ejemplo, un rango de 0.1 a 100 microwatts por centímetro cuadrado ($\mu W \cdot cm^{-2}$).²⁵ Las lecturas de seguridad requieren el rango más bajo, y la eficacia requiere un rango de al menos 10 $mW \cdot cm^{-2}$. Una práctica común es tener dos medidores calibrados: uno en reserva y como referencia. Los dos instrumentos deben compararse periódicamente. El usuario debe conservar las instrucciones del fabricante, incluida una descripción del medidor, su uso seguro y su mantenimiento y calibración. Algunas instalaciones de atención médica contratan a un contratista de mantenimiento externo completo que utiliza medidores calibrados y reemplaza de manera correcta y segura las lámparas quemadas. Algunos usuarios conservan un medidor simple y menos preciso para que lo use el personal, pero el instalador utiliza un medidor profesional.²⁶

7.3 ¿Se pueden instalar con seguridad las lámparas GUV en carpas de hospitales?

Los informes de prensa muestran la instalación de lámparas UV-C en techos de tiendas de campaña hospitalarias (GUV de toda la habitación) donde todas las personas estaban completamente protegidas con cubiertas para la cabeza y guantes para el control de infecciones, guantes y overoles. Esto debería haber sido seguro si todo cumpliera con una cubierta protectora completa. La desinfección del aire superior no debe descartarse si las carpas de los hospitales son bastante altas y hay suficiente espacio aéreo por encima de 2,1 m (7 pies), pero los accesorios especiales de GUV en el aire superior tendrían que ser muy estables para que no se vuelquen y, por lo tanto, sean directos GUV hacia abajo en espacios ocupados.

7.4 ¿Se pueden usar accesorios con menos persianas en áreas de techos muy altos (bahías altas)?

Sí, con áreas de gran altura, almacenes de techos altos o mercados de techos altos, no se debe requerir un accesorio UVGI con celosía. En cambio, los accesorios de lámpara abierta mucho más eficientes, instalados adecuadamente, montados en la pared o suspendidos, son bastante eficaces. (Nota: Esto era común en sitios industriales hace muchas décadas.) La energía radiante UV se dirige hacia arriba, como se muestra en Figura 7-1. Los ventiladores de techo de baja velocidad (no se muestran) aseguran un buen movimiento vertical del aire.

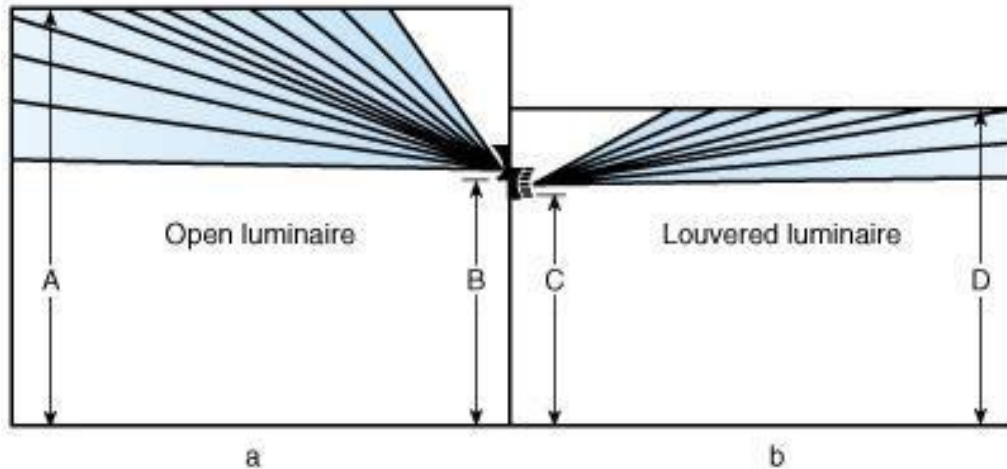


Figura 7-1. Lámparas germicidas para la desinfección del aire en habitaciones ocupadas: (a) unidad abierta utilizada en habitaciones de más de 3 m (10 pies) de altura; (b) unidad de persiana utilizada donde los techos son inferiores a 3 m (10 pies). Dimensiones: A, 6 m (20 pies); B, 3 m (10 pies); C, 2,1 m (7 pies); D, 3 m (10 pies). (Fuente: *El manual de iluminación* ¹²)

7.5 ¿Existen normas que aborden las pruebas de lámparas UV en conductos de aire?

ASHRAE publica dos métodos de estándares de prueba para evaluar equipos UV:

- Norma ASHRAE 185.2-2014, *Método de prueba de lámparas ultravioletas para su uso en unidades HVAC & R o conductos de aire para inactivar microorganismos en superficies irradiadas* ²⁷
- Norma ASHRAE 185.1-2015, *Método de prueba de luces UV-C para su uso en unidades de tratamiento de aire o conductos de aire para inactivar microorganismos en el aire* ²⁸

7.6 ¿Se puede usar UV en el hogar?

Como se describe en Sección 4.3, productos UV compactos de mano (ver Figura 4-1) se venden, pero se consideran un problema de seguridad grave en un entorno doméstico general, donde los niños, las mascotas o los adultos descuidados pueden sobreexponerse fácilmente. Estos productos suelen tener menos de 10 vatios, con lámparas de mercurio abiertas y expuestas. Pueden venir con un temporizador de seguridad; una persona coloca la lámpara abierta sobre una mesa o en un lugar conveniente, ajusta el temporizador de varios minutos a una hora y se le da un retraso de 10 segundos para salir rápidamente de la habitación y cerrar la puerta.

7.7 ¿Degradan las pinturas UV y otros materiales de pared, o dañan las plantas?

Los rayos UV en general degradarán la pintura, los plásticos amarillos y destruirán los filtros de aire en función de su composición (por lo tanto, la irradiación UV-C de los respiradores para su reutilización solo debe ser el último recurso en una pandemia). Además, los fotones UV de longitud de onda más corta tienen un mayor potencial de energía que los fotones UV de longitud de onda más larga, y pueden tener un efecto de envejecimiento acelerado en materiales y pinturas. UV-C puede dañar las plantas; por lo tanto, las plantas colgantes no deben colocarse en la zona de desinfección en aplicaciones de habitación superior o en aplicaciones de UV-C de habitación completa.

7.8 ¿Qué tan efectivos son los robots UV para la desinfección de superficies?

Los hospitales y las instalaciones de atención médica tienen habitaciones que pueden cerrarse a las personas por un período de tiempo prolongado. Los llamados "robots UV-C" se han utilizado para moverse por una habitación para desinfectar superficies con UV-C en todas las direcciones. La energía radiante UV-C normalmente es emitida por lámparas largas de mercurio verticales o lámparas de xenón pulsado. Es un desafío estimar la dosis, pero una emisión muy intensa puede cubrir gran parte de la habitación en un

Tiempo relativamente corto. Además, al moverse de forma autónoma por el espacio de trabajo desocupado, puede exponer superficies que no serían fácilmente accesibles con instalaciones fijas de lámparas GUV. Si está presente un buen movimiento de aire, la mayoría del aire también se desinfectará, y se podrían aplicar los requisitos de dosis indicados en la respuesta a la pregunta anterior. Las superficies con una acumulación espesa de residuos pueden absorber previamente los fotones UV-C antes de que lleguen al virus o bacteria activos. Al igual que con todos los sistemas GUV, deben considerarse como un complemento efectivo de la guía de limpieza de control de infecciones estándar. Estas unidades móviles deben usarse después de la limpieza terminal de las habitaciones y baños de pacientes. ^{25,29}

7.9 ¿Cuánto cuestan los sistemas GUV de la habitación superior?

Un resumen de las consideraciones de costos está disponible en la Iniciativa de Transmisión de TB Final. ²⁶

7.10 ¿Cuál es el sistema GUV más apropiado para mi aplicación y entorno?

Consulte las tablas en Sección 9.

8.0 Información adicional

Información adicional sobre seguridad fotobiológica está disponible de IES. ^{12,30} Un seminario web grabado, "Introducción a la desinfección por radiación ultravioleta y visible", está disponible aquí:

<https://www.ies.org/standards/committee-reports/> . Si tiene preguntas **adicionales** sobre UVGI, envíe un correo electrónico a iuva@ies.org .

Además de estos recursos de IES y los de la sección de Referencias (final del documento), hay una serie de trabajos de investigación científica relacionados con GUV, para aquellos interesados en estudiar el tema con mucho más detalle^{31,32,33,34,35,36,37}.

9.0 Resumen

En resumen, las aplicaciones de ultravioleta germicida (GUV) se pueden usar para reducir la propagación de enfermedades infecciosas transmitidas por el aire como la tuberculosis, el virus de la influenza, el sarampión, el SARS y, presumiblemente, el SARS-CoV-2 (responsable de COVID-19).

Transmisión aérea:

- Las aplicaciones principales para reducir la transmisión incluirían sistemas GUV de habitación superior (254 nm), que son bien conocidos. (Ver Tablas 9-1a y 9-1b.) Este control ambiental puede complementar la ventilación (sistemas naturales, mecánicos o híbridos).
- La aplicación secundaria para la transmisión en el aire en aire recirculado sería utilizar sistemas GUV (254 nm) en la unidad de tratamiento de aire de un sistema HVAC existente. (Ver Tablas 9-2a y 9-2b.)
- Un tercer método sería utilizar un filtro de aire ambiental de alta calidad con GUV; sin embargo, esto solo debe considerarse si la geometría de la sala prohibirá la GUV de la sala superior. (Ver Tablas 9-3a y 9-3b.)
- Un cuarto método, para considerar solo en una pandemia, sería suspender un dispositivo abierto en un espacio a una altura mayor de 12 metros. Esto cubriría tanto el aire como la superficie, pero requeriría protección personal de los pacientes y trabajadores de la salud. (Ver Tablas 9-4a y 9-4b.)

Transmisión por superficie:

- El enfoque principal para la limpieza de superficies sería el uso de dispositivos móviles autónomos GUV ("robots") en espacios desocupados junto con la limpieza manual de las habitaciones de los pacientes. (Ver Tablas 9-5a y 9-5b.)

- Un enfoque secundario sería el uso de accesorios montados en la pared de la habitación superior que tienen un componente ascendente para el aire, así como un componente descendente, con la lámpara controlada por un sensor de ocupación.
- Un enfoque principal para la limpieza de ductos es usar bobinas de enfriamiento para reducir el crecimiento de moho. (Ver Tablas 9-6a y 9-6b.)

LED GUV emergentes:

- Los LED GUV se están probando tanto para la desinfección del aire superior como para la desinfección de algunas superficies. Esta es un área de investigación prometedora y debe considerarse a medida que se conozcan más datos. (Ver tablas 9-7a y 9-7b.) Cuando esté validado, podría usarse para la desinfección específica de la superficie.

Tabla 9-1a. Resumen de los sistemas de desinfección de aire UVGI de la sala superior de mercurio, con rejilla y abierto

Dispositivo	Superficie aerotransportada	Borne	Aire o superficie	Basada en evidencia	Experimental	Usar durante <u>Pandemia</u>	Use en cualquier momento
Sistemas de mercurio	*****	-	?	*****	-	✓	✓
Sistemas LED UV	**	-	?	-	*****	Cuando disponible	Cuando disponible

Nota: Los asteriscos (*) califican el beneficio primario; un número mayor indica una recomendación más fuerte.

Tabla 9-1b. Ventajas y desventajas

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> • Apto para todos los climas y condiciones de ventilación. • Logra altos niveles de cambios de aire equivalentes / hora (ACH equivalente) • Una solución integrada para la desinfección del aire ambiente. • Desinfecta grandes volúmenes de aire ambiente cuando se combina con formas de ventilación mecánica, ventilación natural o tipos híbridos para mezclar el aire; puede tener un beneficio secundario para la descontaminación de la superficie • Más de 70 años de experiencia basada en evidencia; puede desplegarse de manera segura y usarse de manera efectiva con la instalación, puesta en marcha, operación, mantenimiento y capacitación del personal de las instalaciones adecuadas • Se usa ampliamente para mitigar la propagación de la tuberculosis en el aire • Viene en una variedad de accesorios abiertos y con persianas para diferentes geometrías de sala • Recomendaciones y pautas disponibles 	<ul style="list-style-type: none"> • Puede ser costoso de instalar y mantener • Posible exposición laboral por mala instalación o error humano • No está ampliamente disponible a nivel mundial • Requiere experiencia para diseñar, poner en marcha, instalar, operar y mantener • Empresas de mantenimiento global limitadas • Requiere una altura mínima de la sala de 2.4 m (8 pies) • Posible degradación del material.

Tabla 9-2a. Resumen de los sistemas de desinfección de aire y superficie UVGI HVAC

Dispositivo	Superficie aerotransportada		Aire o superficie	Basada en evidencia	Experimental	Usar durante	Usar en cualquier momento
		Borne					
En el conducto UV (lámparas de mercurio desnudo incluidas en el conducto en Unidades de tratamiento de aire)	-	-	*****	*****	-	<u>Pandemia</u> ✓	✓

Nota: Los asteriscos (*) califican el beneficio primario; un número mayor indica una recomendación más fuerte.

Tabla 9-2b. Ventajas y desventajas

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> • Apto para todos los climas. • Sistema cerrado • Trata el aire recirculado • Trata las bobinas de enfriamiento para mantener el moho limpio. 	<ul style="list-style-type: none"> • Posible exposición ocupacional • Caro para instalar y mantener en entornos de recursos limitados • Degradar los medios filtrantes Posible degradación del material.

Tabla 9-3a. Resumen de otros sistemas de desinfección de aire ambiental con filtro UV-Plus (cerrado)

Dispositivo	Superficie aerotransportada		Aire o superficie	Basada en evidencia	Experimental	Usar durante	Usar cualquier hora
		Borne					
Limpiadores de aire de habitación	*****	-	-	**	-	<u>Pandemia</u>	<u>Hora</u>

Nota: Los asteriscos (*) califican el beneficio primario; un número mayor indica una recomendación más fuerte.

Tabla 9-3b. Ventajas y desventajas

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> • Apto para todos los climas. • Unidad cerrada • Portátil 	<ul style="list-style-type: none"> • La calidad puede variar ampliamente • Puede requerir medios de filtro costosos (si se usa el sistema HEPA) • Posible degradación del material.

Tabla 9-4a. Resumen de los sistemas de desinfección con lámpara desnuda UVGI para toda la habitación (requiere EPP para pacientes y trabajadores de la salud)

Dispositivo	Superficie aerotransportada	Borne	Aire o superficie	Basada en evidencia	Experimental	Usar durante	Usar en cualquier momento
Sistemas de mercurio suspendidos de la habitación superior	*****	-	*****	-	-	<u>Pandemia</u> ✓	

Nota: Los asteriscos (*) califican el beneficio primario; un número mayor indica una recomendación más fuerte.

Tabla 9-4b. Ventajas y desventajas

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> Adecuado para condiciones pandémicas de aire y superficie. Lámparas desnudas; solo necesita una conexión eléctrica mínima Relativamente económico para la desinfección de superficies y aire en áreas amplias 	<ul style="list-style-type: none"> Requiere que los pacientes y los trabajadores de la salud usen protección personal para los ojos y la piel. Posible degradación del material.

Tabla 9-5a. Resumen de los sistemas móviles de desinfección de la superficie de la lámpara desnuda UVGI para toda la habitación (habitación desocupada)

Dispositivo	Superficie aerotransportada	Borne	Aire o superficie	Basada en evidencia	Experimental	Usar durante	Usar cualquier
Mercury Mobile o Robot Systems; Xenón pulsado	-	*****	-	*****	-	<u>Pandemia</u> ✓	<u>Hora</u> ✓

Nota: Los asteriscos (*) califican el beneficio primario; un número mayor indica una recomendación más fuerte.

Tabla 9-5b. Ventajas y desventajas

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> Apto para todos los climas y condiciones de ventilación. Alcanza altos niveles de descontaminación de la superficie y se utiliza para mejorar la limpieza terminal de las habitaciones de los pacientes al alta Se puede implementar en una instalación para la desinfección dirigida 	<ul style="list-style-type: none"> Muy caro Requiere capacitación del personal No hay método para evaluar la salida Posible degradación del material.

Tabla 9-6a. Resumen de los sistemas de desinfección de superficies UVGI HVAC

Dispositivo	Superficie aerotransportada	Borne	Aire o superficie	Basada en evidencia	Experimental	Uso durante la pandemia	Use en cualquier momento
En AHU por bobina o filtro (se requiere menos energía UV que para los sistemas de desinfección de aire)	-	*****	-	*****	-	✓	✓

Nota: Los asteriscos (*) califican el beneficio primario; un número mayor indica una recomendación más fuerte.

Tabla 9-6b. Ventajas y desventajas

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> • Apto para todos los climas. • Sistema cerrado • Trata el aire recirculado • Trata las bobinas de enfriamiento para mantenerlas limpias de moho y biofilm • Las aletas de la bobina de aluminio mejoran la distribución UV. 	<ul style="list-style-type: none"> • Posible exposición ocupacional • Caro para instalar y mantener en entornos de recursos limitados • Puede degradar los medios filtrantes (se requiere que sean seguros contra los rayos UV) • Posible degradación del material.

Tabla 9-7a. Resumen de los sistemas de desinfección LED UVGI

Dispositivo	Aerotransportado	Superficie	Aire o superficie	Basada en evidencia	Experimental	Usar durante Pandemia	Use en cualquier momento
LED UV, 220 - 270 nm	-	*****	-	-	*****	✓	✓

Nota: Los asteriscos (*) califican el beneficio primario; un número mayor indica una recomendación más fuerte.

Tabla 9-7b. Ventajas y desventajas

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> • Apto para todos los climas. • Pequeñas fuentes, préstamos para la descontaminación compacta y dirigida de áreas de alto contacto • Puede ser incorporado y controlado por sensores de ocupación • Bajos requerimientos de energía 	<ul style="list-style-type: none"> • Costoso • La producción de desinfección a gran escala es limitada. • Brecha en los datos sobre la efectividad en varias longitudes de onda • Riesgo significativo de lesiones en productos de consumo. • Posible degradación del material.

AGRADECIMIENTOS

Este informe del Comité fue preparado por el Grupo de Trabajo sobre UV del Comité de Fotobiología del IES.

Grupo de trabajo de GUV: David

H. Sliney, *Silla*

Miembros:

RS Bergman

D. Saputa

S. Wengraitis

PD Forbes

RL Vincent

Colaboradores invitados:

P. Jensen

E. Nardell

KP Murphy

D. acero

Comité de Fotobiología del IES: David

H. Sliney, *Silla*

Miembros:

RS Bergman

A. Jackson

D. Saputa

GC Brainard

TL Lyon

JB Sheehy

J. Bullough

SL Mintz

RL Vincent

JC Dowdy

JB O'Hagan

S. Wengraitis

PD Forbes

TH Pocock

EM Yandek

Miembros asesores:

D. Burnett

JE Roberts

JR

Urbanowski

AL Lewis

R. Soler

NJ Miller

KJ Stekr

Referencias

- 1 Downes A, Blunt TP. La influencia de la luz sobre el desarrollo de bacterias. *Naturaleza*. 1877; 16 (402): 218.
- 2 Downes A, Blunt TP. Investigaciones sobre el efecto de la luz sobre las bacterias y otros organismos. *Proc Royal Soc Londres*. 1877; 26: 488-500.
- 3 Grant KC. Esterilización de agua contaminada por rayos ultravioleta. *Noticias de ingeniería*. 1910; 64 (275).
- 4 Wells WF, Wells MW, Wilder TS. Viabilidad de *B. coli* expuesto a la radiación ultravioleta en el aire. *Ciencias*. 1935; 82: 280-1.
- 5 Lytle CD, Sagripanti JL. Inactivación prevista de virus relevantes para la biodefensa por radiación solar. *J Virol*. 2005; 79 (22): 14244-52.
- 6 Wight W. Los robots que matan gérmenes luchan contra los patógenos resistentes a los medicamentos en los hospitales del Ejército. sesenta y cincoth Brigada Médica Asuntos Públicos Oficina. 24 de julio de 2017. En línea:
https://www.army.mil/article/191241/germ_killing_robots_fight_drug_resistant_pathogens_at_army_hospitals . (Consultado el 28 de febrero de 2020).
- 7 Ackerman, E. Los robots autónomos están ayudando a matar el coronavirus en el hospital. *IEEE Spectrum*. 11 de marzo de 2020. En línea:
<https://spectrum.ieee.org/autotom/robotics/medical-robots/autonomous-robots-are-helping-kill-coronavirus-en-hospitales> . (Consultado el 16 de marzo de 2020).
- 8 Lee T, Jordan NN, Sanchez JL, Gaydos JC. Intervenciones seleccionadas sin vacunas para prevenir la infección aguda aguda enfermedad respiratoria. *Am J Prev Med*. 2005; 28 (3): 305-16.
- 9 Sehulster L, Chinn RYW. Pautas para el control de infecciones ambientales en establecimientos de salud - Recomendaciones de los Centros para el Control de Enfermedades y el Comité Asesor de Prácticas de Control de Infecciones Sanitarias (HICPAC). 2003; 52 (RR10): 1-42.
- 10 Jensen PA, Lambert LA, Lademaro MF, Ridzon R. 2005. Directrices para prevenir la transmisión de *Tuberculosis micobacteriana* en entornos de atención médica, 2005. *Morbidity and Mortality Weekly Report*. 2005; 54 (RR17): 1-141.
- 11 Centros de Control y Prevención de Enfermedades; e Instituto Nacional de Seguridad y Salud Ocupacional. Control ambiental de la tuberculosis: pautas básicas de irradiación germicida ultravioleta en la habitación superior para entornos sanitarios. Washington, DC: Departamento de Salud y Servicios Humanos; 2009
- 12 DiLaura D, Houser K, Mistrick R, Steffy S (editores). *El manual de iluminación*, 10th ed. Nueva York: Iluminando Sociedad de ingeniería; 2011
- 13 Mphaphlele M, Dharmadhikari AS, Jensen PA, Rudnick SN, van Reenen TH, Pagano MA, Leuschner W, Sears TA, Milonova SP, van der Walt M, y col. Transmisión institucional de tuberculosis. Ensayo controlado de desinfección con aire ultravioleta en la sala superior: una base para nuevas pautas de dosificación. *Amer J Respir Crit Care Med*. 2015; 192 (4): 477-84.
- 14 Miller SL. Los sistemas ultravioletas germicidas de la sala superior para la desinfección del aire están listos para una implementación amplia (editorial). *Am J Respir Crit Care Med*. 2015; 192 (4): 407-9.
- 15 Lindsley WG, Martin SB, Thewlis RE, Sarkisian K, Nwoko JO, Mead KR, Noti JD. Efectos del germicida ultravioleta irradiación (UVGI) en el rendimiento de filtración del respirador N95 y la integridad estructural. *J Occup Environ Hygiene*. 2015; 12 (8): 509-17.

-
- dieciséis Administración de Drogas y Alimentos de los Estados Unidos. Política de aplicación para esterilizadores, dispositivos desinfectantes y purificadores de aire durante la enfermedad de coronavirus 2019 (COVID-19) Emergencia de salud pública: orientación para el personal de la industria y la Administración de Alimentos y Medicamentos. Washington, DC: FDA; 2020 mar.
- 17 Conferencia Americana de Higienistas Industriales Gubernamentales. Valores límite umbral 2020 y biológicos
Índices de exposición. Cincinnati: ACGIH; 2020.
- 18 años Comisión Internacional de Iluminación (CIE). CIE 187: 2010, Riesgos de fotocarcinogénesis UV-C por germicida
Lámparas Viena: CIE; 2010
- 19 Sliney D. Balanceando el riesgo de irritación ocular por UV-C con infección por bioaerosols. Photochem Photobiol.
2013; 89 (4): 770-6. [Errata en: Photochem Photobiol. 2013 julio-agosto; 89 (4): 770].
- 20 Sensakovic JW, Smith LG. Queratoconjuntivitis ultravioleta nosocomial. Control de infecciones. 1982; 3: 475-6.
- 21 Wang T, MacGregor SJ, Anderson JG, Woolsey GA. Espectro de inactivación ultravioleta pulsada de Escherichia coli.
Res de agua. 2005; 39 (13): 2921-5.
- 22 Buonanno M, Ponnaiya B, Welch D, Stanislaukas M, Randers-Pehrson G, Smilenov L, Lowy FD, Owens DM,
Brenner DJ. Res. Radiación Eficacia germicida y seguridad de la piel de mamíferos de 222 nm de luz. 2017; 187: 493-501.
- 23 Woods JA, Evans A, Forbes PD, Coates PJ, Gardner J, Valentine RM, Ibbotson SH, Ferguson J, Fricker C, Moseley
H. El efecto de la fototransferencia de 222 nm en la piel sana voluntaria: un estudio piloto. Photodermatol Photoimmunol Photomed. 2015; 31:
159-66.
- 24 Jelden KC, Gibbs SG, Smith PW, Schwedhelm MM, Iwen PC, Beam EL, Hayes AK, Mar4on N, Kratochvil CJ, Boulter
KC y col. Nebraska Biocontainment Unit alta del paciente y descontaminación ambiental después de la atención del ébola. Amer J Infect Control.
2015; 43 (3): 203-5.
- 25 Reed NG, Wengraitis S, Sliney DH. Intercomparación de instrumentos utilizados para seguridad y rendimiento.
mediciones de lámparas de irradiación germicida ultravioleta. J Occup Environ Hyg. 2009; 6 (5): 289-97.
- 26 Fin de la Iniciativa de Transmisión de TB. Mantenimiento de la desinfección del aire ultravioleta germicida (GUV) de la habitación superior
Sistemas para el control de emisiones de TB. Copenhague: Oficina de las Naciones Unidas para Servicios de Proyectos (UNOPS); 2020. Disponible en línea:
<http://www.stoptb.org/wg/ett/>. (Consultado el 12 de abril de 2020).
- 27 ASHRAE Norma 185.2-2014, Método de prueba de lámparas ultravioleta para uso en unidades HVAC & R o conductos de aire para
Inactivar microorganismos en superficies irradiadas. Atlanta: ASHRAE; 2014.
- 28 ASHRAE Norma 185.1-2015, Método de prueba de luces UV-C para uso en unidades de tratamiento de aire o conductos de aire para
Inactivar microorganismos en el aire. Atlanta: ASHRAE; 2015
- 29 Anderson DJ, Chen LF, Weber DJ, Moehring RW, Lewis SS, Triplett PF, Blocker M, Becherer P, Schwab JC,
Knelson LP, y col. Desinfección mejorada de sala terminal y adquisición e infección causada por organismos resistentes a múltiples
fármacos y Clostridium difficile (los beneficios del estudio de desinfección mejorada de sala terminal): un estudio cruzado,
multicéntrico, aleatorizado por conglomerados. Lanceta. 2017; 389 (10071): 805-14.
- 30 Sociedad de Ingeniería de Iluminación. Serie IES RP-27, Seguridad fotobiológica de sistemas de lámparas. Nueva York: IES; 2000,
2015, 2017.
- 31 Milonova MS, Brandston HM, Rudnick S, Ngai P, Simonson K, Rahman SF, Nardell E. Un diseño para un diseño más eficiente,
Luminaria de desinfección de aire ultravioleta germicida de la sala superior. Light Res Technol. 2017; 0: 1-12.

-
- ³² Wengraitis S, Reed NG. Reflectancia espectral ultravioleta de tejas e implicaciones para el uso seguro de la parte superior irradiación germicida ultravioleta ambiental. *Photochem Photobiol.* 2012; 88 (6): 1480-8.
- ³³ Lytle CD, Sagripanti JL. Sensibilidad a la radiación ultravioleta de los virus Lassa, vaccinia y Ébola secados en las superficies. *Arch Virol.* 2011; 156: 489-94.
- ³⁴ Primero M, Rudnick SN, Banahan KF, Vincent RL, Brickner PW. Factores fundamentales que afectan a la luz ultravioleta de la habitación superior Irradiación germicida - Parte I. Experimental, *J Occup Environ Hygiene.* 2007; 4 (5): 321-31.
- ³⁵ Rudnick SN, First MW (2007): Factores fundamentales que afectan la irradiación germicida ultravioleta de la habitación superior: parte II Predecir la efectividad. *J Occup Environ Higiene.* 2007; 4 (5): 352-62.
- ³⁶ Khazova M, O'Hagan JB, Grainger J.-L. Una nueva metodología para la evaluación de la protección de manos de Exposición ultravioleta. *Dosimetría de protección radiológica.* 2006; 121 (3): 265-74.
- ³⁷ Darnell MER, Subbarao K, Feinstone SM, Taylor DR. Inactivación del coronavirus que induce agudo severo síndrome respiratorio, SARS-CoV. *J Virol Métodos.* 2004; 121: 85-91.