



Purificación ultravioleta



Contenidos

Introducción

1. Micro-organismos

General

1.1 Bacterias y esporas bacterianas

1.1.1 Bacterias

1.1.2 Esporas bacterianas

1.2 Mohos y levaduras

1.2.1 Mohos

1.2.2 Levaduras

1.3 Virus

2. Luz Ultravioleta

General

2.1 Generación y características de la luz UV de onda corta.

2.2 Acción germicida

3. Purificación mediante lámparas ultravioleta

General

3.1 Purificación del aire

3.1.1 Lámparas Philips TUV de techo

3.1.2 Lámparas Philips TUV para irradiación de aire superior utilizando reflectores orientados hacia arriba

3.1.3 Lámparas Philips TUV para irradiar la zona del suelo usando reflectores orientados hacia abajo

3.1.4 Lámparas Philips TUV en conductos de aire

3.1.5 Lámparas Philips TUV en unidades independientes

3.2 Purificación de superficie

3.3 Purificación líquida

4. Datos de la lámpara

General

4.1 Valores de irradiancia UV

4.2 Influencia de la temperatura

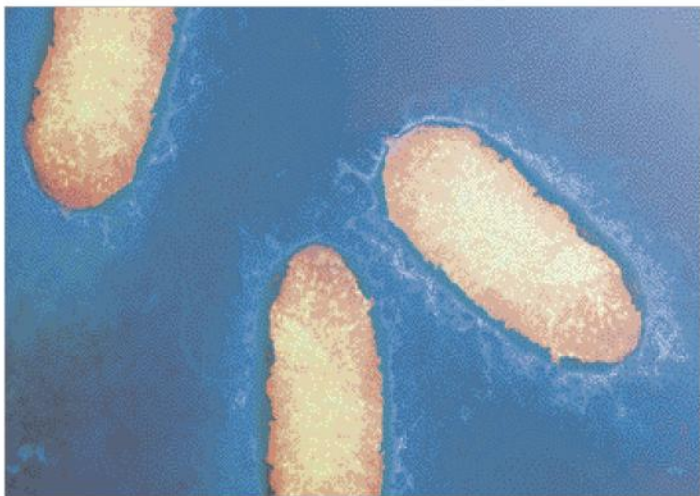
4.3 Vida útil de la lámpara

4
5
5
5
5
6
6
6
8
9
10
13
13
14
14
15
15
16
17
17
19
20
20

Introducción

La contaminación del macro y micro ambiente ha causado preocupación durante décadas y en los últimos tiempos las macro consecuencias han sido sometidas a protocolos internacionales acordados, destinados a reducir la contaminación. Además, ahora existen leyes nacionales e internacionales para limitar la existencia de microorganismos, particularmente aquellos que afectan la salud humana, animal y de aves en el medio ambiente y la cadena alimentaria. Una consecuencia de esta preocupación ha sido que la reducción de la contaminación es ahora una industria, abarcando áreas como las nuevas tecnologías para reducir la contaminación primaria y consecuente y la limpieza química, biológica y física. En estas técnicas se incluye la purificación con ultravioleta (UV) C luz (UVC), que tiene el beneficio de ser eficiente y posiblemente la tecnología más efectiva en energía.

La purificación UVC tiene una larga historia en limpieza de aire en salas. Sin embargo, el crecimiento en otras aplicaciones, como el tratamiento de líquidos de alta tecnología y los estanques domésticos, se ha expandido, mientras que para el tratamiento de la superficie de los alimentos se ha utilizado para extender la vida útil en los supermercados, lo que resulta en menos desperdicio de alimentos y menores existencias.



Si bien UVC se puede usar como la solución exclusiva en algunas aplicaciones, a menudo se usa en conjunto con otras técnicas.

Se deduce que es poco probable que un enfoque único sea ideal. También se deduce que, dado que la UVC es tan simple y eficaz en términos energéticos, quizás sea conveniente considerar esta opción primero.

Philips se ha asociado con el progreso en este campo desarrollando, fabricando y comercializando lámparas que generan UVC y continúa investigando nuevas configuraciones de lámparas. Este folleto es la cuarta encuesta de información dirigida al personal técnico y de producción en organizaciones donde los microorganismos presentan problemas.

Los microorganismos como bacterias, mohos, levaduras y protozoos pueden destruirse o eliminarse mediante métodos físicos, biológicos y químicos. La UVC funciona usando un efecto fotolítico por el cual la radiación destruye o desactiva el microorganismo para que ya no pueda multiplicarse.

Para el ADN, esto hace que las bases de timina adyacentes formen un enlace químico, creando así un atenuador y, si se crean suficientes, el ADN no puede replicarse. Algunos microorganismos pueden repararse a sí mismos al absorber los rayos UVA. En otros casos, los rayos UVC (y de hecho los rayos UVA o UVB) pueden causar la división de enlaces en una molécula, lo que resulta en la creación de radicales libres, que a menudo son altamente lábiles y pueden reaccionar juntos para producir un producto final inerte. Para la purificación, estos efectos son producidos por longitudes de onda inferiores a 320 nm, con el efecto óptimo ocurre a alrededor de 260 nm. El fenómeno por el cual los microorganismos pueden desfigurarse o destruirse es independiente del estado del huésped (fluido o sólido). De hecho, con pH o temperatura, la característica importante de la acción es que la radiación puede alcanzar el organismo; Esto significa que una bacteria sombreada por otra o por una partícula escapará del ataque. A diferencia de otras técnicas, la fotólisis UVC rara vez produce subproductos potencialmente peligrosos.

I. Micro-organismos

General

Los microorganismos son formas primitivas de vida. Sus pequeñas dimensiones no solo constituyeron la razón original para clasificarlos por separado de los animales y las plantas, sino que también son relevantes para su morfología, la actividad y flexibilidad de su metabolismo y su distribución ecológica. Incluyen protozoos, bacterias y mohos.

La muerte celular en el caso de los microorganismos se refiere a la pérdida de la capacidad de crecer y multiplicarse, o en términos prácticos, a la pérdida de la capacidad de división celular.

La esterilización significa que se matan todos los microorganismos. La pasteurización o el uso de conservantes conducen a la reducción de la cantidad total de microorganismos. La purificación se puede lograr mediante calor húmedo, calor seco, filtración, agentes químicos y radiación ultravioleta (UV).

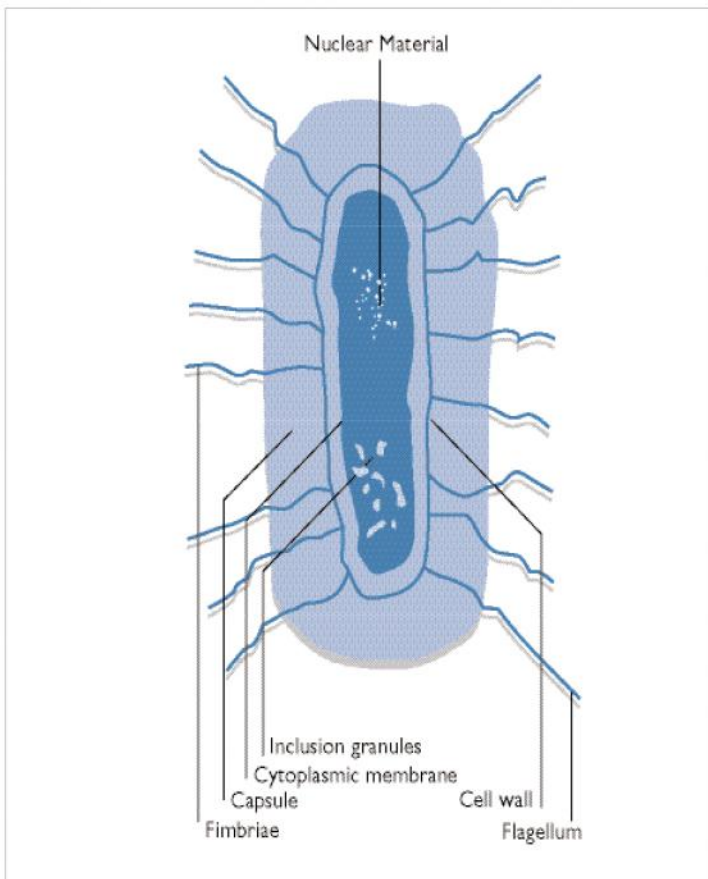


Figura 1. Los componentes principales de una célula bacteriana típica.

I.1 Bacterias y esporas bacterianas

I.1.1 Bacteria

Bacterias es el nombre dado a un gran grupo de organismos, que pueden ser tanto uni como multicelulares; tienen una masa nuclear simple y se multiplican rápidamente por fisión simple. La estructura de la célula bacteriana típica se muestra en la figura 1 y se dan ejemplos de sus formas en la figura 2.

Las bacterias se encuentran en el aire, el agua, el suelo, el material orgánico en descomposición, los animales y las plantas. Las formas saprófitas (las que viven en materia orgánica en descomposición) son más numerosas que las formas parasitarias; estos últimos incluyen patógenos animales y vegetales. Algunas especies de bacterias son autótrofas, es decir, capaces de acumular materiales alimenticios a partir de sustancias simples.



Figura 2. Algunos ejemplos de variedades de bacterias.

I.1.2 Esporas bacterianas

Las esporas bacterianas son resistentes a condiciones extremas, como temperaturas y sequedad; por ejemplo, algunas esporas bacterianas pueden soportar una temperatura de 120°C sin perder su capacidad para germinación.

Se han encontrado esporas de *Bacillus subtilis* en la tierra que ha estado seca durante cientos de años, lo que demuestra su capacidad de sobrevivir en condiciones extremadamente desfavorables.

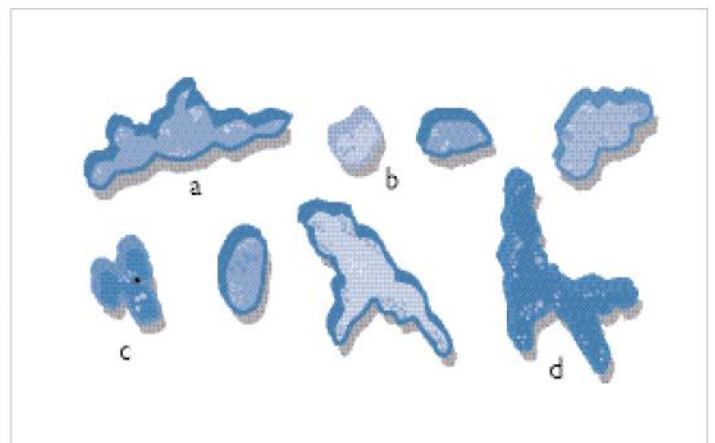


Figura 3. Levadura de cerveza (*Saccharomyces cerevisiae*) en varias etapas de desarrollo: a. Varias formas b. Célula de levadura con esporas c. Esporas de levadura d. Esporas de levadura después de la germinación.

1.2.1 Moho

La variedad de moho es inmensa y se encuentran en todas partes. Muchos son saprófitos, causando el deterioro de los alimentos, lo que resulta en un enorme daño; algunos son patógenos (parásitos).

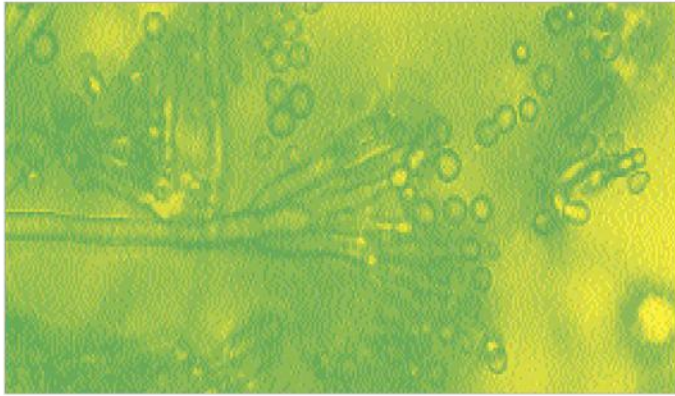


Figura 4. Cultivo de moho, como se ve a través del microscopio, mostrando el hongo micelio con esporas que se forman en las extremidades. Estas esporas se desprenden como resultado de la formación de más esporas que empujan desde atrás. En la fotografía, muchas esporas ya se desprendieron y comenzaron a alejarse libremente.

Entre las enfermedades causadas por el moho, las más frecuentes son las infecciones fúngicas de la piel y las enfermedades de las membranas mucosas.

Ciertos tipos de moho forman sustancias antibióticas; La penicilina y la estreptomina son ejemplos tempranos. Un moho (véase las figuras 4 y 5) consta de un micelio y estructuras especiales (esporangio y conidióforos, por ejemplo), que dan como resultado la formación de esporas. En un ambiente favorable, germina una espора de moho y se forma una malla de filamentos finos (hifas). Los filamentos juntos forman el micelio, que absorbe los alimentos y el agua de la superficie en la que germinó la espора. Las esporas, y la forma en que se forman, juegan un papel considerable en la clasificación de los mohos.

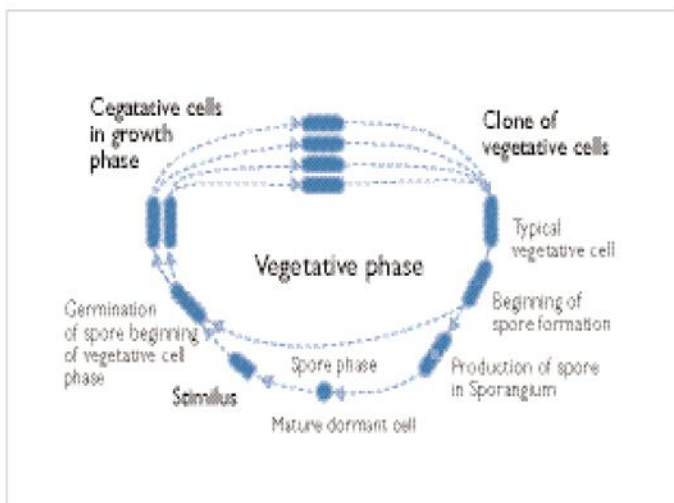


Figura 5. "Ciclo de vida" de los formadores de esporas.

1.2.2 Levaduras

Las levaduras son mohos unicelulares. Se diferencian de los otros mohos en la forma en que se propagan. Las levaduras (figura 3) se multiplica mediante brotes o germinación. Se utiliza una selección de levaduras en diversas industrias, siendo las más importantes aquellas en las que la fermentación produce vino, cerveza, vinagre y pan. La acción de la fermentación es la transformación enzimática del sustrato orgánico particular, por ejemplo, la fermentación alcohólica de carbohidratos. Algunas levaduras son patógenas.

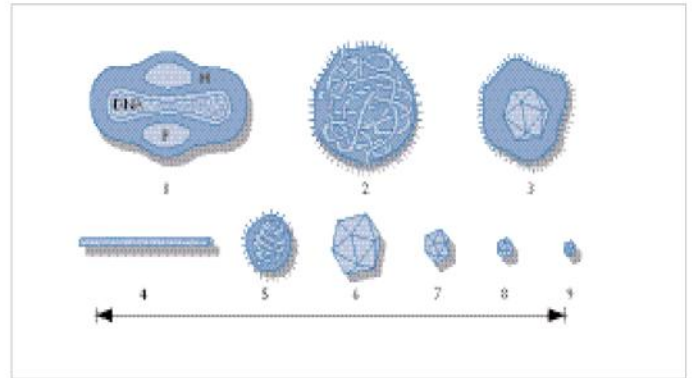


Figure 6. Formas y tamaños relativos de algunos tipos de virus.

- | | |
|------------------------------|---------------------------------|
| 1. Virus de la viruela | 4. Virus del mosaico del tabaco |
| Abreviaciones: | 5. Virus de la Influenza |
| DNA = ADN del virus | 6. Virus poliédrico de insectos |
| P = cuerpo proteico elíptico | 7. Virus Adeno |
| H = capas envolventes | 8. Virus Polyema |
| 2. Virus de las paperas | 9. Virus de la poliomielitis |
| 3. Virus del herpes | |

1.3 Virus

Los virus son un grupo de estructuras biológicas con un tamaño extremadamente pequeño (figura 8) los cuales son parásitos. Los virus son tan pequeños que los filtros bacterianos no los retienen ni se eliminan en centrifugadoras normales. Se pueden observar usando un microscopio electrónico (figura 7). Los virus no pueden crecer y multiplicarse por división, solo pueden crecer en células vivas, por lo que al multiplicarse, matan la célula.

El mismo proceso puede tener lugar en células adyacentes y eventualmente complejos celulares enteros pueden ser destruidos. El daño tisular es una forma de reconocer la presencia de un virus.

Los virus han sido identificados como el agente causante de la enfermedad en humanos, animales, plantas y bacterias (bacteriófagos). En los seres humanos son la causa de enfermedades como la varicela, paperas, sarampión, verrugas, poliomielitis y resfriado común (figura 6).

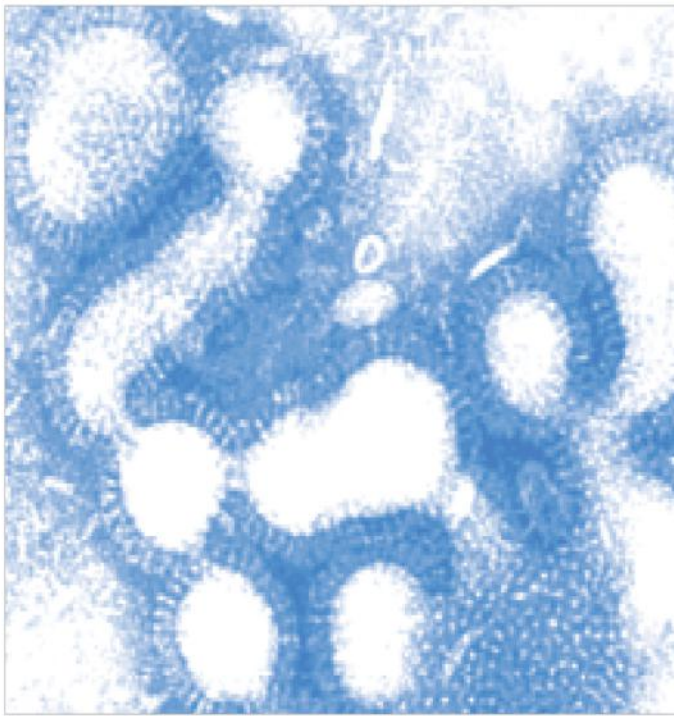


Figure 7. Uno de los tipos de virus de la Influenza que se ve ampliado 3600 veces por medio de un microscopio electrónico. Este virus se presenta en forma de filamentos y glóbulos que tienen un diámetro de aproximadamente 0.1 mm.

En animales; fiebre aftosa, enfermedad de Newcastle y gripe aviar están entre las enfermedades causadas por virus.

Las plantas también están sujetas a muchas enfermedades de mosaico causadas por virus. Un caso interesante es el de los tulipanes "loros". Anteriormente estos eran considerados como una variedad separada, debido a sus pétalos plumosos y sus combinaciones y patrones de color. Ahora se ha demostrado que el patrón de color y la forma de los pétalos son el resultado de un virus, que no tiene ningún efecto destructivo sobre el tulipán o sus poderes reproductivos. Los atractivos colores y patrones de los pétalos son los síntomas de la 'enfermedad'.

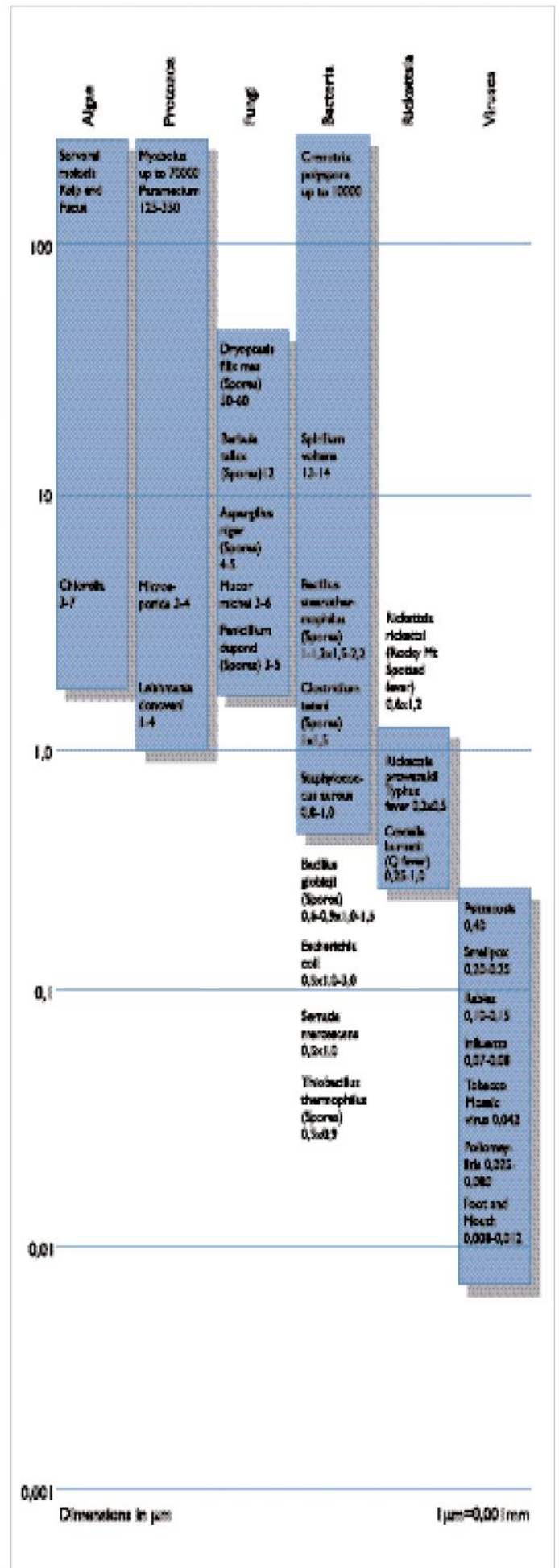


Figure 8. Tamaños relativos de diferentes tipos de microorganismos.

2. Luz Ultravioleta

General

La luz ultravioleta (UV) es la parte de la luz electromagnética limitada por el extremo de menor longitud de onda del espectro visible y la banda de radiación de rayos X. El rango espectral de la luz UV es, por definición, entre 100 y 400 nm (1 nm = 10⁻⁹ m) y es invisible a los ojos humanos. Usando la clasificación CIE, el espectro UV se subdivide en tres bandas:

UVA (onda larga) de 315 a 400 nm

UVB (onda media) de 280 a 315 nm

UVC (onda corta) de 100 a 280 nm

En realidad, muchos fotobiólogos a menudo hablan de los efectos en la piel del efecto ponderado de longitud de onda por encima y por debajo de 320 nm, por lo tanto, ofrece una definición alternativa.

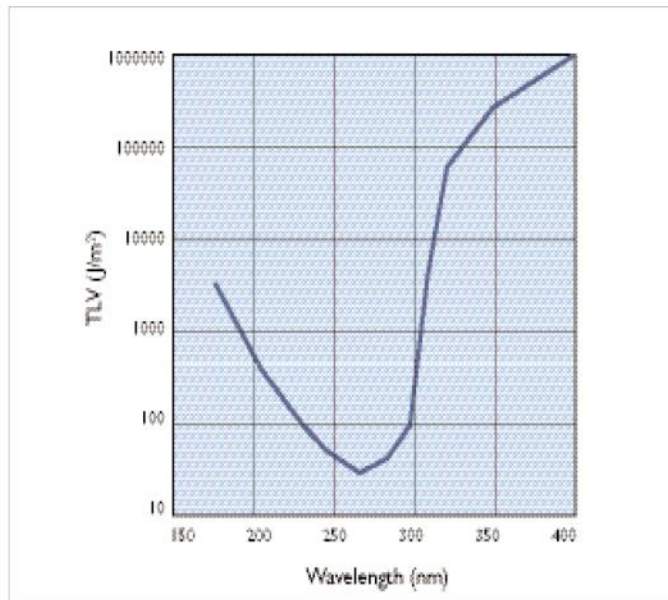


Figura 9. Valores limitados del umbral de luz UV (TLV) según ACGIH 1999-2000 (Ref. 1).

La luz proporciona un fuerte efecto germicida en la banda UVC de onda corta. Además, el eritema (enrojecimiento de la piel) y la conjuntivitis (inflamación de las membranas mucosas del ojo) también pueden ser causadas por esta forma de luz. Debido a esto, cuando se usan lámparas germicidas de luz UV, es importante diseñar sistemas para excluir las fugas de UVC y así evitar estos efectos.

Evidentemente, las personas deben evitar la exposición a los rayos UVC. Afortunadamente esto es relativamente simple, porque es absorbido por la mayoría de los productos, e incluso el vidrio plano estándar absorbe todo el UVC. Las excepciones son cuarzo y PTFE.

Una vez más, afortunadamente, la piel muerta absorbe la UVC, por lo que el eritema puede ser limitado. Además, la UVC no penetra en la lente del ojo; sin embargo, puede ocasionar conjuntivitis y, aunque sea temporal, es extremadamente doloroso; Lo mismo se aplica a los efectos eritemales.

Exposiciones UVC permitidas	
Duración de la exposición por día.	irradiación (µW/cm²)
8 horas	0.2
4 horas	0.4
2 horas	0.8
1 hora	1.7
30 minutos	3.3
15 minutos	6.6
10 minutos	10
5 minutos	20
1 minuto	100

Tabla 1. Exposición a rayos UV admisible de 254nm, según ACGIH.

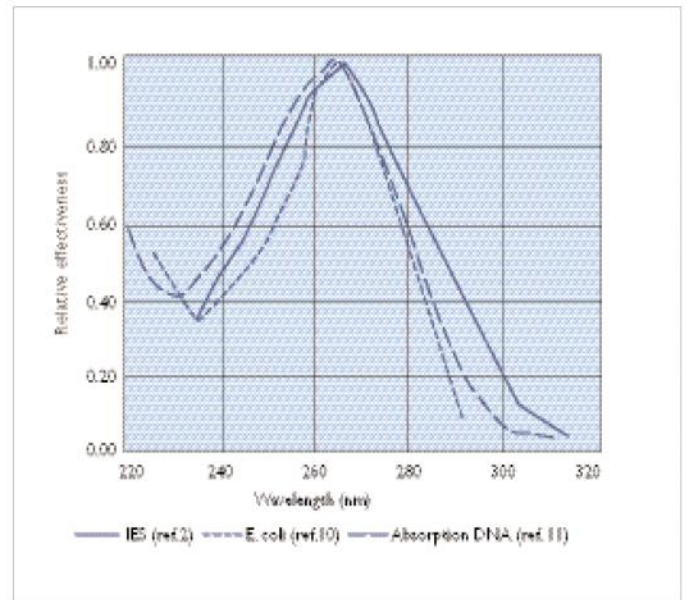


Figura 10. Espectro de acción germicida.

Donde tenga lugar la exposición de la luz UVC, hay que tener cuidado de no exceder el umbral. La figura 9 muestra esos valores para la mayoría de rangos CIE UV. En términos prácticos, la tabla dada por el Congreso Americano Gubernamental y la industria de la higiene, da el umbral de valores de irradiación UV en relación al tiempo de exposición. Por tanto, merece la pena apuntar que la radiación de longitud de onda por debajo de 240nm forma ozono, O₃ a partir del oxígeno. El ozono es tóxico y altamente reactivo; por tanto se tienen que tomar precauciones para evitar exponer a los seres humanos y ciertos materiales.

2.1 Generación y características de la luz UV de onda corta.

La fuente más eficiente para generar UVC es la lámpara de descarga de mercurio a baja presión, donde en promedio el 35% de los vatios de entrada se convierte en vatios UVC. La radiación se genera casi exclusivamente a 254 nm al 85% del efecto germicida máximo (figura 10). Las lámparas fluorescentes ultravioletas (TUV) tubulares de baja presión de Philips tienen una envoltura de vidrio especial que filtra la radiación, en este caso la línea de mercurio de 185 nm. La transmisión espectral de este vidrio se muestra en la figura 11 y la distribución de potencia espectral de estas lámparas TUV se muestra en la figura 12.

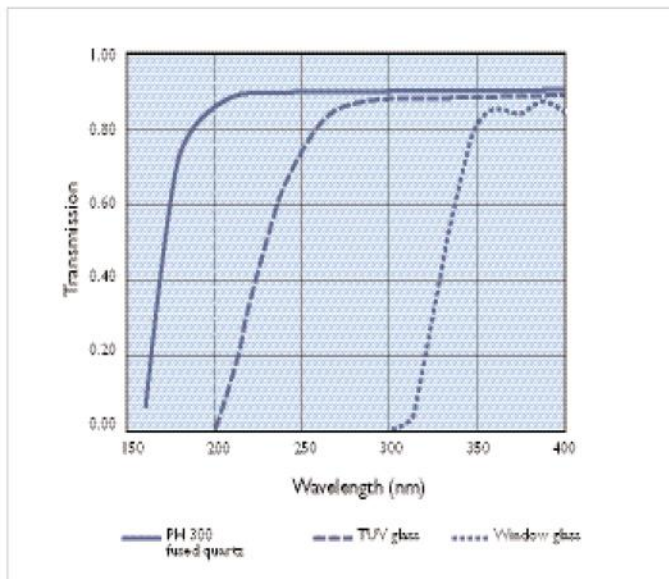


Figura 11. Transmisión especial en cristales (1mm).

Para varias lámparas TUV germicidas de Philips, las propiedades eléctricas y mecánicas son idénticas a sus equivalentes de iluminación.

Esto les permite operar de la misma manera, es decir, utilizando un circuito electrónico o magnético de arranque. Como con todas las lámparas de baja presión, existe una relación entre la temperatura de funcionamiento y la salida de la lámpara. En las lámparas de baja presión, la línea de resonancia a 254 nm es más fuerte a una cierta presión de vapor de mercurio en el tubo de descarga. Esta presión está determinada por la temperatura de funcionamiento y se optimiza a una temperatura de la pared del tubo de 40°C, que corresponde a una temperatura ambiente de aproximadamente 25°C. (Ver página 28, figura 28). También debe reconocerse que la salida de la lámpara se ve afectada por las corrientes de aire (forzadas o naturales) a través de la lámpara, el llamado factor de enfriamiento. El lector debe tener en cuenta que, para algunas lámparas, aumentar el flujo de aire y/o disminuir la temperatura puede aumentar la salida germicida. Esto se cumple en lámparas de alto rendimiento (HO) vs lámparas con mayor potencia de lo normal para su dimensión lineal. (Ver página 28, figura 29).

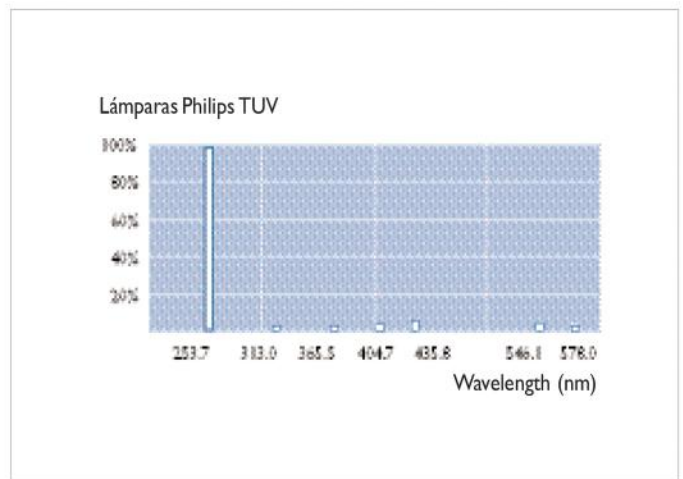


Figura 12. Relative spectral power distribution of Philips TUV lamps.

Un segundo tipo de fuente UV es la lámpara de mercurio de presión media, aquí la presión más alta produce más niveles de energía produciendo más líneas espectrales y de manera continua (irradiación recombinada) (figura 13). Cabe señalar que la envoltura de cuarzo transmite por debajo de 240 nm, por lo que se puede formar ozono a partir del aire.

Las ventajas de las fuentes de presión media son:

- Alta densidad de potencia.
- Alta potencia, lo que resulta en menos lámparas que los tipos de baja presión que se utilizan en la misma aplicación
- Menos sensibilidad a la temperatura ambiente. Las lámparas deben ser operadas para que la temperatura de la pared se encuentre entre 600 y 900°C. Estas lámparas pueden atenuarse, como las lámparas de baja presión.

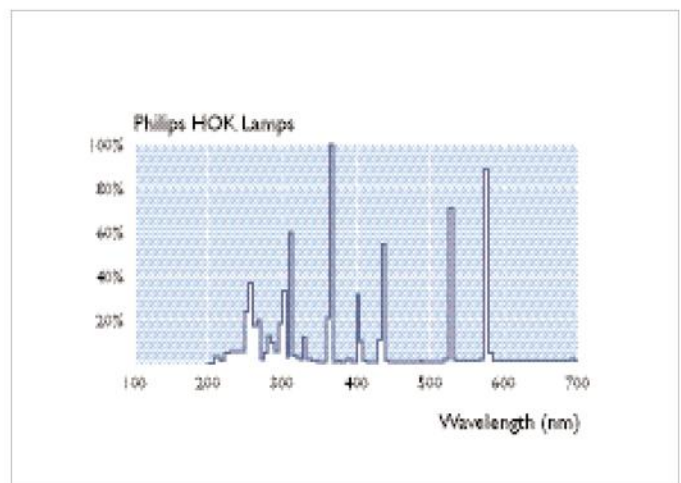


Figura 13. Distribución de potencia espectral relativa de las lámparas Philips HOK y HTK.

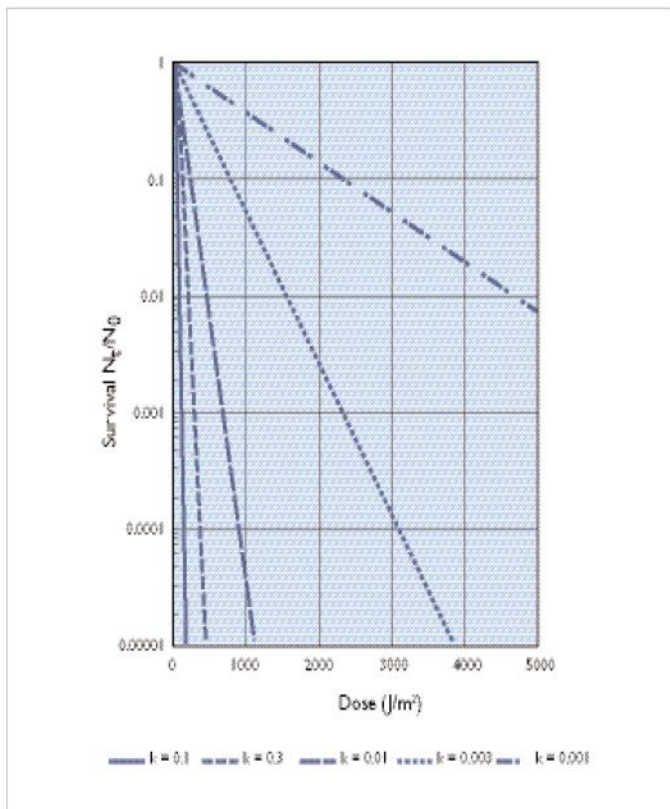


Figura 14. Supervivencia de microorganismos dependiendo de la dosis y la tasa constante k.

2.2 Acción germicida

La luz UV emitida por una fuente se expresa en vatios (W) y la densidad de radiación se expresa en vatios por metro cuadrado (W/m²). Para la acción germicida es importante. La dosis es la densidad de radiación multiplicada por el tiempo (t) en segundos y expresada en julios por metro cuadrado (J/m²). (1 julio es 1W. Segundo).

De la figura 10 se puede ver que la acción germicida se maximiza en 265nm con reducciones a cada lado. Las lámparas de baja presión tienen su emisión principal a 254nm donde la acción sobre el ADN es del 85% del valor máximo y del 80% en la curva IES. Para longitudes de onda inferiores a 235nm, no se especifica la acción germicida, pero es razonable suponer que sigue la curva de absorción de ADN.

La resistencia efectiva de los microorganismos a la luz UV varía considerablemente. Además, el entorno del microorganismo particular influye mucho en la dosis de radiación necesaria para su destrucción. El agua, por ejemplo, puede absorber una parte de la radiación efectiva dependiendo de la concentración de contaminantes en ella. Las sales de hierro en solución contienen inhibidores bien conocidos. Los iones de hierro absorben la luz UV. La supervivencia de los microorganismos cuando se expone a la luz UV está dada por la aproximación:

$$N_t/N_0 = \exp. (-kE_{\text{eff}}t) \dots\dots\dots 1$$

$$\text{Hence } \ln N_t/N_0 = -kE_{\text{eff}}t \dots\dots\dots 2$$

- N_t es el número de gérmenes en el momento t
- N_0 es el número de gérmenes antes de la exposición
- k es una tasa constante dependiendo de la especie
- E_{eff} es la irradiación efectiva en W/m²

El producto $E_{\text{eff}}t$ se llama dosis H_{eff} y se expresa en W.s/m² or J/m²

De esto se deduce que para el 90% de muertes la ecuación 2 se convierte en

$$2.303 = kH_{\text{eff}}$$

Algunas indicaciones de valores k se dan en la tabla 2, donde se pueden ver que variará de 0.2 m²/J de virus y bacterias, a 2.10⁻³ para esporas de moho y 8.10⁻⁴ para algas. Usando las ecuaciones anteriores, la figura 14 muestra las supervivencias o el % de muerte versus la dosis.

Dosis UV (tasa de muerte del 90%)		
Bacteria	Dosis	k
Bacillus anthracis	45.2	0.051
B. megatherium sp. (spores)	27.3	0.084
B. megatherium sp. (veg.)	13.0	0.178
B. paratyphosus	32.0	0.072
B. subtilis	71.0	0.032
B. subtilis spores	120.0	0.019
Campylobacter jejuni	11.0	0.209
Clostridium tetani	120.0	0.019
Corynebacterium diptheriae	33.7	0.069
Dysentery bacilli	22.0	0.105
Eberthella typhosa	21.4	0.108
Escherichia coli	30.0	0.077
Klebsiella terrifani	26.0	0.089
Legionella pneumophila	9.0	0.256
Micrococcus candidus	60.5	0.038
Micrococcus sphaeroides	100.0	0.023
Mycobacterium tuberculosis	60.0	0.038
Neisseria catarrhalis	44.0	0.053
Phytomonas tumefaciens	44.0	0.053
Pseudomonas aeruginosa	55.0	0.042
Pseudomonas fluorescens	35.0	0.065
Proteus vulgaris	26.4	0.086
Salmonella enteritidis	40.0	0.058
Salmonella paratyphi	32.0	0.072
Salmonella typhimurium	80.0	0.029
Sarcina lutea	197.0	0.012
Serratia marcescens	24.2	0.095
Shigella paradysenteriae	16.3	0.141
Shigella sonnei	30.0	0.077
Spirillum rubrum	44.0	0.053
Staphylococcus albus	18.4	0.126
Staphylococcus aureus	26.0	0.086
Streptococcus faecalis	44.0	0.086
Streptococcus hemoliticus	21.6	2 0.106
Streptococcus lactus	61.5	0.037
Streptococcus viridans	20.0	0.115
Sentertidis	40.0	0.057
Vibrio cholerae (V.comma)	35.0	0.066
Yersinia enterocolitica	11.0	0.209

UV dose to obtain 90% killing rate		
Yeasts	Dose	k
Bakers' yeast	39	0.060
Brewers' yeast	33	0.070
Common yeast cake	60	0.038
Saccharomyces cerevisiae	60	0.038
Saccharomyces ellipsoideus	60	0.038
Saccharomyces sp.	80	0.029

Esporas de moho		
Aspergillus flavus	600	0.003
Aspergillus glaucus	440	0.004
Aspergillus niger	1320	0.0014
Mucor racemosus A	170	0.013
Mucor racemosus B	170	0.013
Oospora lactis	50	0.046
Penicillium digitatum	440	0.004
Penicillium expansum	130	0.018
Penicillium roqueforti	130	0.018
Rhizopus nigricans	1110	0.002

Virus		
Hepatitis A Influenza	73	0.032
virus	36	0.064
MS-2 Coliphase	186	0.012
Polio virus	58	0.040
Rotavirus	81	0.028

Protozoos		
Cryptosporidium parvum	25	0.092
Giardia lamblia	11	0.209

Algas		
Blue Green	3000	0.0008
Chlorella vulgaris	120	0.019

Tabla 2. Dosis para 10% de supervivencia bajo radiación de 254 nm (J /m²) y constante de velocidad k (m²/J), Ref 2, 3, 4, 5, 6 y 7



3. Purificación mediante lámparas ultravioleta.

General

En la práctica, las aplicaciones germicidas y los factores de diseño se rigen por tres factores principales:

A. La dosis efectiva (Heff)

La dosis efectiva es el producto del tiempo y la irradiancia efectiva (la irradiancia que hace una contribución germicida). Sin embargo, la dosis está severamente limitada por su capacidad de penetrar en un medio. La penetración es controlada por el coeficiente de absorción; para los sólidos, la absorción total tiene lugar en la superficie; para el agua, dependiendo de la pureza, se pueden penetrar varios 10s de cm o tan solo unas pocas micras antes de que tenga lugar una absorción del 90%.

B. Los posibles efectos peligrosos de dicha radiación.

La radiación germicida puede producir conjuntivitis y eritema, por lo tanto, las personas no deben exponerse a niveles superiores a la exposición máxima indicada en la figura 9. De ello se deduce que esto debe tenerse en cuenta al diseñar equipos de purificación. Las aplicaciones germicidas pueden ser y se usan para los tres estados de la materia, gases (aire), líquidos (principalmente agua) y sólidos (superficies) con mayor éxito técnico en aquellas aplicaciones donde el coeficiente de absorción es más pequeño.

Sin embargo, se ha logrado un notable éxito en las aplicaciones, donde, a pesar de una absorción desventajosa, las técnicas de diseño "película delgada" o circuito cerrado han dado soluciones efectivas.

C. Lámparas

Hay cinco gamas de lámparas Philips disponibles para purificación:

- Lámparas Philips T5 y T8 TUV clásicas
- Lámparas Philips TUV de alto rendimiento
- Lámparas TUV compactas de doble tubo Philips PL-S y PL-L
- Y la última incorporación: lámparas germicidas de amalgama de tecnología de potencia extrema (XPT) de Philips en varios diámetros.

Todos estos se basan en la tecnología de mercurio a baja presión. Aumentar la corriente de las lámparas de baja presión produce salidas más altas para lámparas de la misma longitud; pero a costa de la eficiencia UV (vatios UV / vatios de entrada); Esto se debe a los niveles más altos de auto-absorción y a las influencias de la temperatura. La aplicación de amalgamas de mercurio, en lugar de mercurio puro, en las lámparas corrige lo último.

- Las lámparas Philips HOK son de mercurio de presión media, caracterizadas principalmente por una salida de UVC mucho más alta que las opciones de baja presión, pero con una eficacia mucho menor

La elección del tipo de lámpara depende de la aplicación específica. En la mayoría de los casos, los tipos de baja presión son los más atractivos. Esto se debe a que las lámparas germicidas son altamente eficientes en la destrucción de microorganismos, por lo tanto, hay una necesidad limitada de lámparas de alta potencia. Para la purificación del agua, se utilizan baja y media presión, aunque la elección no se basa necesariamente en la eficacia de UVC. Los costes totales iniciales de los sistemas, incluidas las limitaciones de metalurgia y espacio, pueden ser el factor determinante más que la eficacia.

D. Sistemas

Near lamps Philips también proporciona balasto y mangas fabricados internamente para ofrecer una solución completa del sistema para un rendimiento máximo.

3.1 Purificación del aire (Ref.12,13)

Se obtienen buenos resultados con esta forma de purificación porque el aire tiene un bajo coeficiente de absorción y, por lo tanto, permite que la UVC ataque los microorganismos presentes.

Incluso en el sistema más simple (circulación natural) hay una reducción apreciable en el número de organismos en el aire en una habitación. Por lo tanto, el peligro de infección en el aire, un factor en muchas enfermedades, se reduce considerablemente.

Sin embargo, debe recordarse que el aire purificado no es, en sí mismo, un agente purificador.

Actualmente, existen cinco métodos básicos de purificación de aire utilizando lámparas UV:

- a. Lámparas Philips TUV de techo o pared
- b. Lámparas TUV de Philips (en reflectores orientados hacia arriba) para la irradiación del aire superior.
- c. Lámparas Philips TUV (en reflectores orientados hacia abajo) para irradiar la zona del piso (a menudo en combinación con b.).
- d. Lámparas Philips TUV en conductos de aire a veces en combinación con filtros de polvo especiales.
- e. Lámparas Philips TUV, incorporadas en filtros de aire independientes con un filtro simple.

3.1.1 Lámparas Philips TUV de techo

Este método se usa en aquellos casos en que el interior está desocupado o donde los ocupantes pueden tomar medidas de protección contra la luz. Estas medidas de protección implican cubrir:

Cara	gafas de vidrio, ajustadas gafas o viseras de plástico
Manos	guantes (para exposiciones prolongadas, es preferible un plástico)
Cabeza y cuello	cubre cabeza

Nota: Se pueden usar gafas y plásticos normales para brindar protección, ya que transmiten poco o nada de UVC; Algunas excepciones son gafas especiales de UV, cuarzo y ciertos PTFE.

3.1.2 Lámparas Philips TUV para irradiación de aire superior utilizando reflectores orientados hacia arriba

Este método de purificación puede usarse para combatir bacterias y mohos; También tiene la ventaja de que puede usarse en interiores ocupados sin que los ocupantes usen ropa protectora. Las lámparas deben montarse en reflectores adecuados y tener como objetivo no emitir radiación por debajo de la horizontal.

Los reflectores deben montarse a más de 2,10m sobre el suelo, por lo tanto, el aire inferior debe estar completamente libre de cualquier luz UV directa. El aire por encima de 2.10m mantiene un nivel bajo de gérmenes, ya que está sujeto a la luz UVC directa.

La convección libre de aire sin ventilación forzada provoca movimientos de aire de aproximadamente 1,5 - 8m³ por minuto, lo que produce intercambios entre las partes superiores tratadas y las inferiores de la habitación sin tratar. El proceso reduce la contaminación del aire a fracciones antes de que se activaran las lámparas TUV. Como indicación para aplicaciones generales en una habitación simple o recinto, es aconsejable instalar un nivel de UVC efectivo de: **0.15 W/m³**

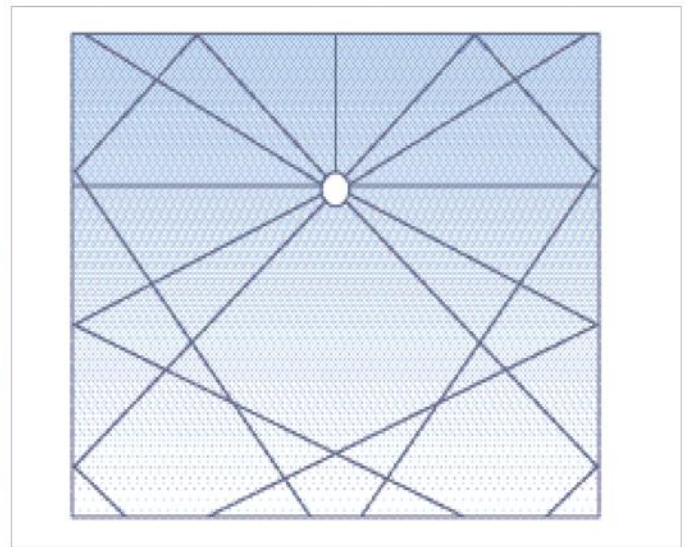
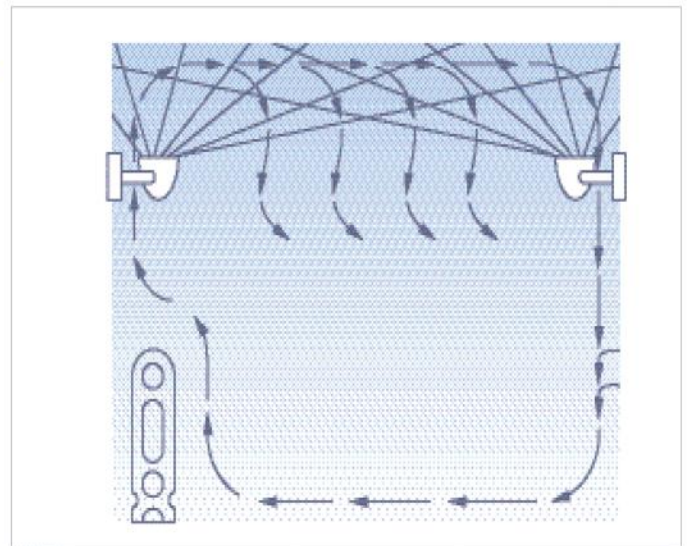
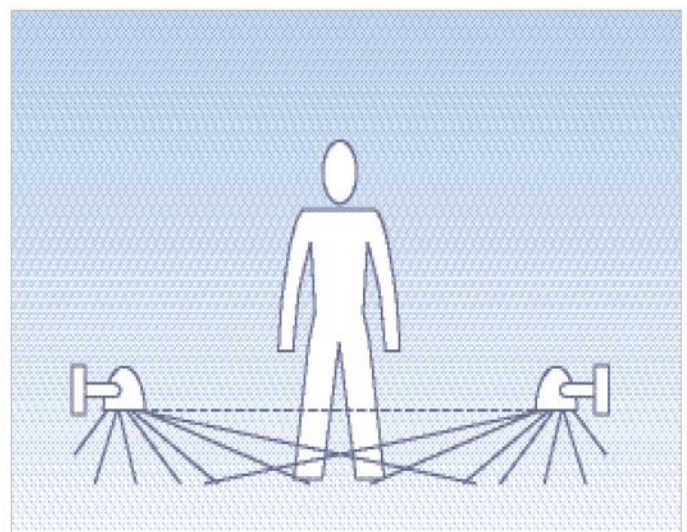


Figure 15. Varios principios de purificación de aire.

a. Lámparas de techo.



b. Reflectores hacia arriba.



c. Reflectores orientados hacia abajo.

3.1.3 Lámparas Philips TUV para irradiar la zona del suelo utilizando reflectores orientados hacia abajo.

Este método es para usar en aquellos casos en los que es importante que todo el aire de la habitación, incluso a nivel del piso, sea lo más higiénico posible. En este caso, las lámparas que complementan a las que irradian el aire superior deben instalarse en reflectores dirigidos hacia abajo a unos 60 cm del suelo.

En los métodos 3.1.1, 3.1.2 y 3.1.3 se pueden utilizar detectores/sistemas de personas para desactivar las lámparas TUV, si es necesario.

3.1.4 Lámparas Philips TUV en conductos de aire.

En este método, todo el aire acondicionado se somete a radiación antes de la entrada. El aire inyectado se puede purificar a un nivel de muerte específico, dependiendo del número de lámparas instaladas y el tiempo de permanencia, que es el tiempo que se pasa en la región de muerte efectiva de la (s) lámpara (s); Por definición, esto tiene en cuenta las dimensiones del conducto de aire. Dichos sistemas tienen un caudal controlado y su rendimiento puede predecirse teóricamente. Sin embargo, deben tenerse en cuenta ciertos aspectos.

- Estas instalaciones solo son adecuadas para bacterias; La mayoría de los mohos tienen mayor resistencia a los rayos UV, por lo que es probable que el flujo de aire no permita un tiempo de permanencia suficiente para producir una dosis efectiva lo suficientemente alta.
- Deben instalarse filtros de polvo para evitar que las lámparas se ensucien y, por tanto, se reduzca efectividad.
- El número de lámparas requeridas en una cámara de purificación de aire depende del grado de purificación requerido, la velocidad del flujo de aire, la temperatura ambiente, la humedad del aire y las propiedades reflectantes de los rayos UV de las paredes de la cámara.

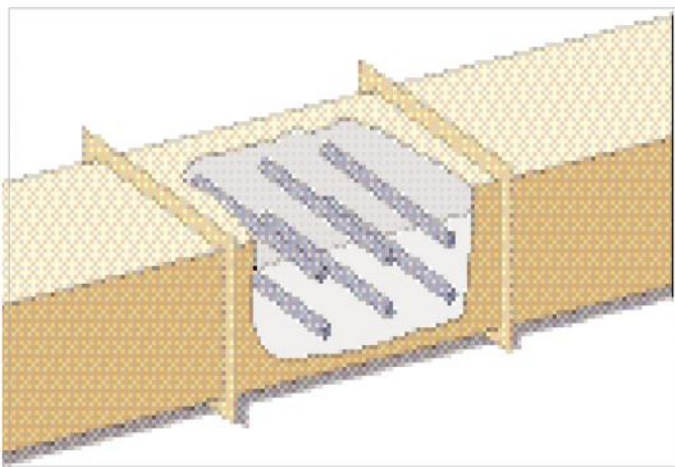


Figura 16. Disposición básica de las lámparas Philips TUV en un conducto de aire para la purificación de la habitación.

La ventaja de purificar el aire antes del ingreso a una habitación es que no hay límite para la dosis máxima de radiación permitida, ya que los humanos están totalmente protegidos.

El diseño de los sistemas debe tener en cuenta problemas prácticos, como grandes variaciones de temperatura y humedad causadas por variaciones climáticas exteriores, aunque solo sea porque el aire a menudo se extrae del exterior y luego se libera en una habitación después de un solo paso sobre las lámparas. Reciclar parte del aire permitirá múltiples pasadas, mejorando así la eficiencia del sistema.

Al revestir la sección de lámparas UV con aluminio, también aumenta la eficiencia. Las lámparas y la pared del conducto deben ser fácilmente accesibles para permitir una limpieza regular y un mantenimiento fácil. Los microorganismos expuestos a los rayos UV experimentan una disminución exponencial normal de la población, como ya se expresó en la página 10:

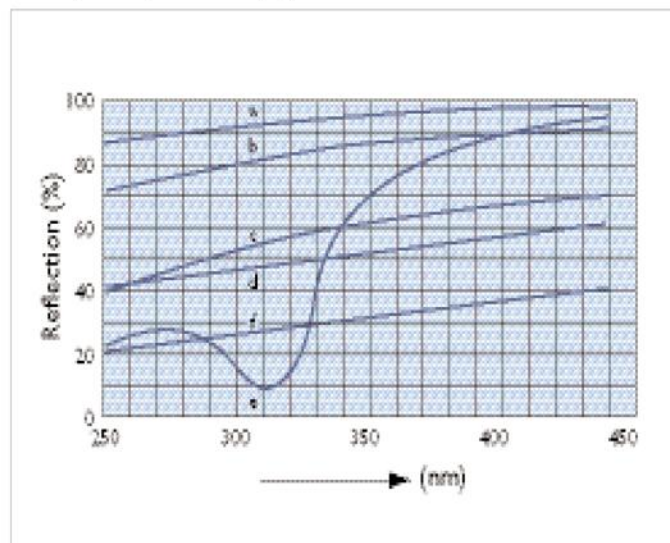


Figura 17. Superficies metálicas.

- | | |
|-----------------------|---------------------|
| a. Papel de aluminio | e. Plata |
| b. Cromo | f. Acero inoxidable |
| c. Aluminio evaporado | d. Níquel |

$$N_t/N_0 = \exp. (-kE_{\text{eff}}t)$$

La constante de velocidad define la sensibilidad de un microorganismo a la luz UV y es única para cada especie microbiana. Pocas constantes de velocidad en el aire se conocen con absoluta certeza. En los sistemas a base de agua, la *Escherichia coli* a menudo se usa como organismo de prueba. Sin embargo, no es un patógeno en el aire. Para las pruebas de aerosolización, a menudo se utiliza la inocua *Serratia marcescens*.

Puntos a recordar al construir instalaciones de lámparas Philips TUV en conductos de aire:

- La superficie de las paredes de la cámara debe tener una alta reflectividad UV 254nm, por ejemplo, mediante el uso de una lámina de aluminio anodizado (reflectividad 60-90%).
- Las lámparas deben estar dispuestas de manera que no haya áreas de "sombra".

3.2 Purificación de superficie

La purificación de la superficie generalmente requiere luz UV de onda corta de alta intensidad. Principalmente, esto significa que las lámparas TUV se montan cerca de la superficie, lo que requiere mantenerlas libres de infección o purificarlas.

El éxito de la purificación de la superficie depende en gran medida de la irregularidad de la superficie del material que se va a purificar, porque la luz UV solo puede inactivar esos microorganismos que golpea con una dosis suficiente. Por lo tanto, la purificación solo puede tener éxito si toda la superficie está expuesta a la luz UV.

En la práctica, las superficies sólidas, el material granular y el embalaje (ya sea plástico, vidrio, metal, cartón, papel de aluminio, etc.) se purifican o se mantienen libres de gérmenes mediante irradiación directa intensa. Además, el material purificado se puede mantener en gran parte libre de gérmenes durante su procesamiento posterior irradiando el aire a lo largo de su camino.

3.3 Purificación líquida

La radiación de energía germicida es capaz de penetrar líquidos con diversos grados de eficiencia. Desde el punto de vista del tratamiento, los líquidos pueden considerarse similares al aire, por lo que cuanto más penetra la luz UV en el líquido, más eficiente es su acción. Por lo tanto, el grado de eficiencia depende en gran medida del líquido y, más particularmente, de su coeficiente de absorción a 254nm (tabla 4). Como ejemplo, la transparencia del agua natural a 254nm puede variar hasta un factor de 10 o más de un lugar a otro. El agua industrial contaminada a menudo necesita purificación seguida de desinfección; aquí UVC está creciendo con miles de sistemas en uso en Norteamérica y Europa, cada uno con una multitud de lámparas.

A menudo, la luz UV puede complementar o reemplazar las medidas de cloración convencionales (ver más adelante). La UVC tiene ventajas sobre las técnicas de cloración, ya que produce muchos menos subproductos nocivos y no se ve afectada por el pH del agua



Figura 19. Purificación superficial de la especie en "UV" en cascada.

o su temperatura. El lector debe tener en cuenta que el último comentario se refiere a la radiación, no a la lámpara, o su entorno como se describió anteriormente. Los microorganismos son mucho más difíciles de matar en el aire húmedo o en un ambiente líquido que en el aire seco. Esto se debe a que limitan la transmisión de radiación de 254nm. En términos más cuantitativos, los líquidos disminuyen la intensidad germicida de manera exponencial de acuerdo con la fórmula.

$$E_x = E_0 \cdot e^{-\alpha(x)}$$

E_x intensidad a profundidad **x**

E_0 intensidad incidente

α Coeficiente de absorción

Los líquidos con un alto α solo se pueden purificar cuando se exponen como películas delgadas. Una indicación aproximada para estimar la profundidad de penetración es $1/\alpha$, a esta profundidad el nivel de irradiación habrá caído a $1/e_0$ al 37%. Para superar los efectos de la pared donde los líquidos son notoriamente estáticos, se necesita turbulencia o agitación rigurosa para una mejor purificación, la agitación ayuda a orientar a los microorganismos ocultos detrás de las partículas.

Sales de hierro (así como otras sales inorgánicas) y materia suspendida en los líquidos disminuirán la efectividad de la radiación germicida. Además, es factible que los compuestos orgánicos, en particular, aquellos susceptibles a la fisura de enlace bajo la luz UV, puedan cambiar la textura y el sabor del líquido que se está tratando.

Por lo tanto, se necesita experimentación. En términos redondos, la profundidad efectiva de penetración para una muerte del 90% puede variar de 3m para agua destilada, hasta 12cm para agua potable normal e incluso menos en vinos y jarabes (2,5mm), ver tabla 4.

Las profundidades de penetración hacen que se apliquen técnicas más especiales para permitir que la radiación de 254nm penetre lo suficiente, esto incluye generar "películas delgadas" y/o presentación de baja velocidad a la radiación, de modo que se pueda aplicar una dosis suficiente.

Si una lámpara UV debe sumergirse en un líquido, debe encerrarse en una funda de PTFE transparente de cuarzo o UVC. Las instalaciones para purificar líquidos pueden tener las siguientes formas:

1. Una o varias lámparas cerradas en un contenedor de cuarzo o uno de similar material (con alta transmitancia de 254nm), el cual es rodeado por el líquido que va a ser purificado.

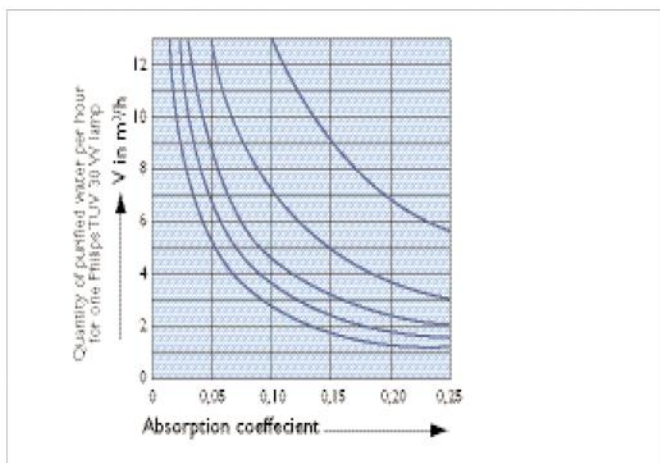


Figura 20. Volumen de agua purificada V en función del coeficiente de absorción

α (para agua destilada $\alpha = 0.007-0.01/\text{cm}$, para agua potable $\alpha = 0.02-0.1 / \text{cm}$) con respecto a diferentes grados de purificación (en términos de Escherichia coli).

2. Un tubo de cuarzo (254nm) que transporta líquido rodeado por un grupo de lámparas en reflectores o por un reflector integral Philips TUV, p. Ej. Philips TUVI 15W VHO-R.
3. Irradiación mediante lámparas instaladas en reflectores o reflector integral Philips TUV e.g. Philips TUVI 15W VHO-R montado sobre la superficie del líquido.

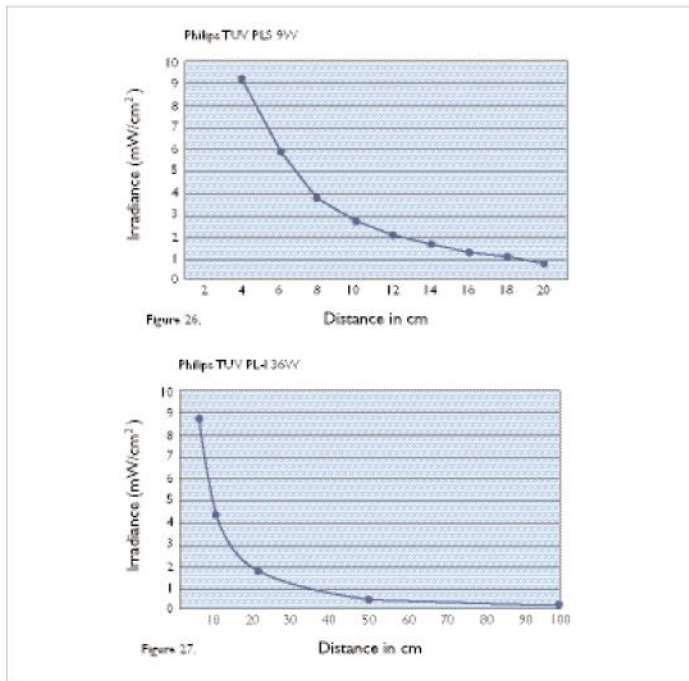
Ejemplo de coeficientes de absorción.	
Líquido	α
Vino tinto	30
Vino blanco	10
Cerveza	10-20
Jarabe, claro	2-5
Jarabe, oscuro	20-50
Leche	300
Agua destilada	0.007-0.01
Agua potable	0.02-0.1

Tabla 4. Coeficiente de absorción (α) de diversos líquidos a UV-254nm por cm de profundidad.

4. Datos de la lámpara

General

Para una completa recopilación de datos, consulte el folleto específico del producto.

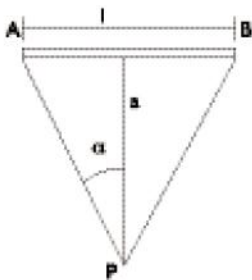


Figuras 26 y 27. Variación de la irradiancia UV con la distancia a la lámpara.

4.1 Valores de irradiancia

La irradiancia E sobre una pequeña superficie en el punto P a una distancia a de una fuente de radiación lineal ideal AB de longitud l equivale a:

$$E = \frac{\phi}{2 \cdot \pi \cdot l \cdot a} (2\alpha + \sin 2\alpha)$$



ϕ es el flujo de radiación total (en W). Esta fórmula proviene de: H. Keitz, cálculos y mediciones de luz, Philips Technical Library, MacMillan and Co Ltd, 1971.

Para una gran distancia a la lámpara obtenemos:

$$E = \frac{\phi}{\pi^2 \cdot a^2} \dots\dots\dots(a \gg l) \dots\dots\dots(2)$$

A distancias más cortas, la irradiancia es proporcional a

$$E = \frac{\phi}{2 \pi \cdot a \cdot l} \dots\dots\dots(a < 0.5 l) \dots\dots\dots(3)$$

Para una variedad de lámparas TUV de mercurio de baja presión, los valores de irradiancia a 1 metro de distancia se muestran a continuación.

Valores de irradiancia		$\mu\text{W}/\text{cm}^2$
Philips TUV 4W	T5	9
Philips TUV 6W	T5	15
Philips TUV 8W	T5	21
Philips TUV 10W	T8	23
Philips TUV 11W	T5	26
Philips TUV 15W	T8	48
Philips TUV 16W	T5	45
Philips TUV F17T8	T8	88
Philips TUV 25W	T5	69
Philips TUV 25W	T8	
Philips TUV 30W	T8	100
Philips TUV 36W	T8	145
Philips TUV 55W HO	T8	150
Philips TUV 75W HO	T8	220
Philips TUV 115W-R VHO	T12	610
Philips TUV 115W VHO	T12	360
Philips TUV 240W XPT	T6	800
Philips TUV 270W XPT	T10	920
Philips TUV PL-S 5W/2P		9
Philips TUV PL-S 7W/2P		15
Philips TUV PL-S 9W/2P		22
Philips TUV PL-S 11W/2P		33
Philips TUV PL-S 13W/2P		31
Philips TUV PL-L 18W/4P		51
Philips TUV PL-L 24W/4P		65
Philips TUV PL-L 35W/4P HO		105
Philips TUV PL-L 36W/4P		110
Philips TUV PL-L 55W/4P HF		156
Philips TUV PL-L 60W/4P		166
Philips TUV PL-L 95W/4P HO		250
Philips TUV 36T5		144
Philips TUV 64T5		280
Philips TUV 36T5 HO		230
Philips TUV 64T5 HO		442

Tabla 6. Valores de irradiancia de las lámparas Philips TUV a una distancia de 1,00 metros.

4.2 Influencia de la temperatura

La eficiencia UV de las lámparas de baja presión está directamente relacionada con la presión de mercurio (saturada). Esta presión depende del punto de más baja temperatura en la lámpara. Se logra una eficiencia UV óptima cuando esta temperatura es de aproximadamente 40°C, ver figura 28. Mover aire tiene un fuerte impacto en la temperatura de la pared del tubo. Los efectos de las corrientes de aire (y temperaturas ambiente más bajas) pueden ser compensados sobrecargando las lámparas. La figura 29 muestra este efecto, comparando lámparas estándar Philips TUV PL-L 36W, modelo 60W, con alto rendimiento con las mismas dimensiones.

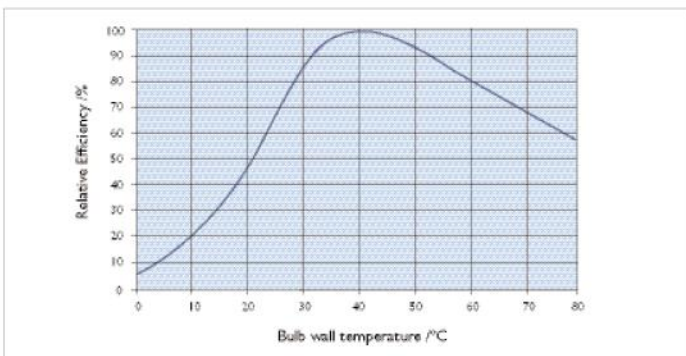


Figura 28. Dependencia de la temperatura de la lámpara de mercurio.

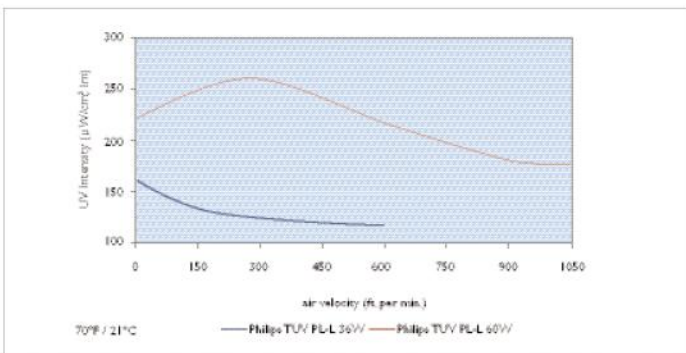


Figura 29. UV frente al factor de sensación térmica.

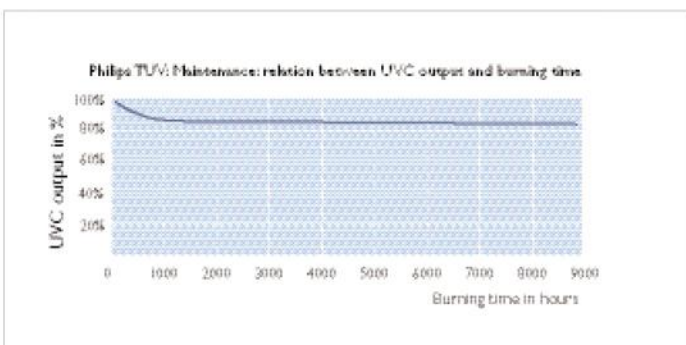


Figura 30. Mantenimiento de la TUV de Philips.

4.3 Vida útil de la lámpara

La vida útil de las lámparas de mercurio de baja presión (TUV) depende de:

- geometría del electrodo
- corriente de la lámpara
- llenado de gas noble
- frecuencia de cambio
- temperatura ambiente
- circuitos

La elección del balasto debe coincidir con la aplicación. Los balastos de tipo de precalentamiento electrónico proporcionan las mejores condiciones para una larga vida útil de la lámpara, especialmente cuando las lámparas se cambian con frecuencia. El encendido / apagado frecuente influirá significativamente en la vida útil de la lámpara.

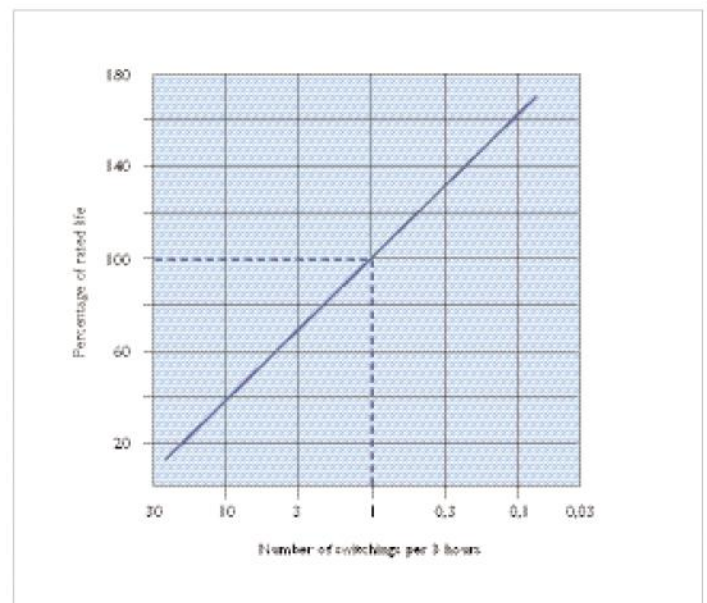


Figura 31. Vida útil de la lámpara.