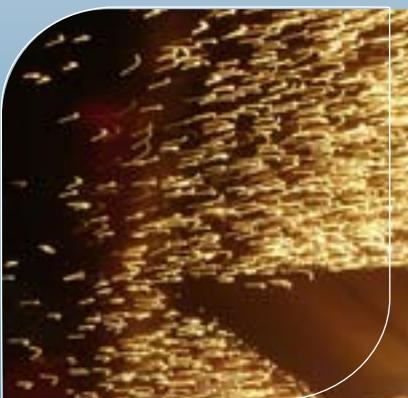


Guía no vinculante sobre buenas prácticas para la aplicación de la Directiva 2006/25/CE (Radiaciones ópticas artificiales)



La presente publicación ha recibido apoyo del Programa de la Unión Europea para el Empleo y la Solidaridad Social, Progress (2007-2013).

La Comisión Europea es la encargada de aplicar este programa, que fue establecido para dar apoyo financiero a la consecución de los objetivos de la Unión Europea (UE) en materia de empleo, asuntos sociales e igualdad de oportunidades y contribuir así al logro de los objetivos de la Estrategia Europa 2020 en estos ámbitos.

Este programa septenal está dirigido a todas las partes interesadas que puedan ayudar a conformar una legislación y unas políticas sociales y de empleo adecuadas y efectivas en los veintisiete Estados miembros de la UE, los países de la AELC, el EEE y los países candidatos y precandidatos a la adhesión a la UE.

Para más información, consulte: <http://ec.europa.eu/progress>

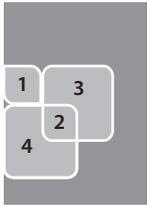
Guía no vinculante sobre buenas prácticas para la aplicación de la Directiva 2006/25/CE (Radiaciones ópticas artificiales)

Comisión Europea

Dirección General de Empleo, Asuntos Sociales e Inclusión
Unidad B.3

Manuscrito terminado en junio de 2010

Ni la Comisión Europea ni ninguna persona que actúe en su nombre serán responsables del uso que pueda hacerse de las informaciones contenidas en la presente publicación.



© Fotos 1, 3, 4: Unión Europea;
2: Istock

Cualquier uso o reproducción de fotografías no protegidas por los derechos de autor de la Unión Europea requerirá la autorización expresa del titular o titulares de tales derechos.

Europe Direct es un servicio que le ayudará
a encontrar respuestas
a sus preguntas sobre la Unión Europea

Número de teléfono gratuito (*):
00 800 6 7 8 9 10 11

(*) Algunos operadores de telefonía móvil no autorizan el acceso
a los números 00 800 o cobran por ello.

Más información sobre la Unión Europea, en el servidor Europa de Internet (<http://europa.eu>).

Al final de la obra figura una ficha catalográfica.

Luxemburgo: Oficina de Publicaciones de la Unión Europea, 2011

ISBN 978-92-79-19807-6

doi:10.2767/3040

© Unión Europea, 2011

Reproducción autorizada, con indicación de la fuente bibliográfica

Índice

1.	Introducción	7
1.1.	Cómo utilizar esta guía	7
1.2.	Relación con la Directiva 2006/25/CE.....	10
1.3.	Ámbito de aplicación de la guía.....	10
1.4.	Normativa aplicable e información complementaria.....	11
1.5.	Centros de asesoramiento oficiales y no oficiales	11
2.	Fuentes de radiaciones ópticas artificiales	12
2.1.	Fuentes de radiaciones incoherentes.....	12
2.1.1.	Actividades laborales.....	12
2.1.2.	Aplicaciones	13
2.2.	Fuentes de radiaciones láser	14
2.3.	Fuentes banales.....	16
3.	Efectos sobre la salud de la exposición a las radiaciones ópticas.....	17
4.	Disposiciones de la Directiva sobre radiaciones ópticas artificiales.....	18
4.1.	Artículo 4. Determinación de la exposición y evaluación de los riesgos	18
4.2.	Artículo 5. Disposiciones encaminadas a evitar o reducir riesgos	19
4.3.	Artículo 6. Información y formación de los trabajadores	19
4.4.	Artículo 7. Consulta y participación de los trabajadores.....	20
4.5.	Artículo 8. Vigilancia de la salud.....	20
4.6.	Resumen.....	20
5.	Uso de valores límite de exposición	21
5.1.	VLE de las radiaciones láser	21
5.2.	Radiaciones ópticas incoherentes.....	22
5.3.	Referencias	25
6.	La evaluación de riesgos en el contexto de la Directiva.....	26
6.1.	Paso 1. Identificación de los riesgos y de los trabajadores expuestos	26
6.2.	Paso 2. Evaluación de riesgos y asignación de prioridades a los mismos	27
6.3.	Paso 3. Planificación de las medidas preventivas necesarias.....	27
6.4.	Paso 4. Adopción de las medidas.....	28
6.5.	Paso 5. Seguimiento y revisión.....	28
6.6.	Referencias	28
7.	Medición de las radiaciones ópticas	29
7.1.	Disposiciones de la Directiva.....	29
7.2.	Pedir asistencia.....	29
8.	Uso de los datos del fabricante.....	30
8.1.	Clasificación de seguridad	30
8.1.1.	Clasificación de la seguridad de los productos láser	30
8.1.1.1.	Clase 1.....	29
8.1.1.2.	Clase 1M.....	30
8.1.1.3.	Clase 2.....	30
8.1.1.4.	Clase 2M.....	30
8.1.1.5.	Clase 3R	30
8.1.1.6.	Clase 3B	30
8.1.1.7.	Clase 4.....	31

8.1.2.	Clasificación de seguridad de las fuentes incoherentes	33
8.1.2.1.	Grupo exento	32
8.1.2.2.	Grupo de riesgo 1: bajo riesgo	32
8.1.2.3.	Grupo de riesgo 2: riesgo moderado	33
8.1.2.4.	Grupo de riesgo 3: alto riesgo	33
8.1.3.	Clasificación de seguridad de la maquinaria	34
8.2.	Información sobre la distancia y los valores de riesgo	35
8.2.1.	Productos láser. Distancia nominal de riesgo ocular	35
8.2.2.	Fuentes de banda ancha. Distancia y valor de riesgo	35
8.3.	Otra información útil	36
9.	Medidas de control	37
9.1.	Jerarquía de las medidas de control	37
9.2.	Eliminación del peligro	38
9.3.	Sustitución por un proceso o equipo menos peligroso	38
9.4.	Controles técnicos	38
9.4.1.	Prevención del acceso	38
9.4.2.	Protección mediante limitación del funcionamiento	38
9.4.3.	Interruptores de parada de emergencia	39
9.4.4.	Dispositivos de enclavamiento	39
9.4.5.	Filtros y mirillas	39
9.4.6.	Dispositivos auxiliares de alineación	40
9.5.	Medidas administrativas	40
9.5.1.	Reglamento local	41
9.5.2.	Zona controlada	41
9.5.3.	Señales y avisos de seguridad	41
9.5.4.	Nombramientos	42
9.5.5.	Formación y consulta	42
9.5.5.1.	Formación	42
9.5.5.2.	Consulta	43
9.6.	Equipo de protección personal	44
9.6.1.	Protección contra otros peligros	45
9.6.2.	Protección de los ojos	45
9.6.3.	Protección de la piel	46
9.7.	Otra información útil	46
9.7.1.	Normas básicas	46
9.7.2.	Normas por tipo de productos	46
9.7.3.	Soldadura	47
9.7.4.	Láser	47
9.7.5.	Fuentes de luz intensa	47
10.	Gestión de incidentes adversos	48
11.	Vigilancia de la salud	49
11.1.	¿Quién debe encargarse de la vigilancia de la salud?	49
11.2.	Registros	49
11.3.	Examen médico	49
11.4.	Medidas que deben adoptarse si se supera un valor límite de exposición	50
Apéndice A.	Naturaleza de las radiaciones ópticas	51
Apéndice B.	Efectos biológicos de las radiaciones ópticas en los ojos y la piel	52
B.1.	El ojo	52
B.2.	La piel	52
B.3.	Efectos biológicos de las distintas longitudes de onda en los ojos y la piel	53

B.3.1.	Radiaciones ultravioleta C (100-280 nm), B (280-315 nm) y A (315-400 nm)	53
B.3.2.	Radiaciones visibles	54
B.3.3.	Radiaciones infrarrojas A	54
B.3.4.	Radiaciones infrarrojas B	55
B.3.5.	Radiaciones infrarrojas C	55
Apéndice C.	Cantidades y unidades de radiación óptica artificial	56
C.1.	Cantidades fundamentales	56
C.1.1.	Longitud de onda	56
C.1.2.	Energía	56
C.1.3.	Otras cantidades útiles	56
C.1.4.	Cantidades utilizadas en los valores límite de exposición	56
C.1.5.	Cantidades espectrales y de banda ancha	57
C.1.6.	Cantidades radiométricas y efectivas	57
C.1.7.	Luminancia	58
Apéndice D.	Ejemplos descritos	59
D.1.	Oficina	59
D.1.1.	Explicación del método general	59
D.1.2.	Formato de los ejemplos	65
D.1.3.	Lámparas fluorescentes instaladas en el techo detrás de un difusor	65
D.1.4.	Una sola lámpara fluorescente instalada en el techo sin difusor	66
D.1.5.	Un conjunto de lámparas fluorescentes instaladas en el techo sin difusor	67
D.1.6.	Una pantalla de tubo de rayos catódicos	68
D.1.7.	Una pantalla de ordenador portátil	69
D.1.8.	Un difusor para exteriores que incorpora una lámpara de halógenos metálicos	70
D.1.9.	Un difusor para exteriores que incorpora una lámpara fluorescente compacta	72
D.1.10.	Una trampa electrónica para insectos	72
D.1.11.	Reflector instalado en el techo	74
D.1.12.	Luz para tareas instalada en un escritorio	75
D.1.13.	Luz para tareas de «espectro diurno» instalada en un escritorio	76
D.1.14.	Una fotocopiadora	77
D.1.15.	Proyector digital de datos de mesa	78
D.1.16.	Proyector digital de datos portátil	80
D.1.17.	Pizarra digital interactiva	81
D.1.18.	Lámpara fluorescente compacta empotrada en el techo	82
D.1.19.	Indicador de diodos luminiscentes	83
D.1.20.	Asistente digital personal	84
D.1.21.	Luz negra de radiaciones UVA	85
D.1.22.	Farola de alumbrado público con lámpara de halógenos metálicos	86
D.1.23.	Resumen de los datos de los ejemplos	88
D.2.	Espectáculo láser	90
D.2.1.	Peligros y personas expuestas	90
D.2.2.	Evaluación de riesgos y asignación de prioridades a los mismos	91
D.2.3.	Adopción y aplicación de medidas preventivas	91
D.2.4.	Seguimiento y revisión	91
D.2.5.	Conclusión	91
D.3.	Aplicaciones médicas de radiaciones ópticas	92
D.3.1.	Alumbrado de tareas visuales	92
D.3.2.	Luces de diagnóstico	94
D.3.3.	Fuentes terapéuticas	95
D.3.4.	Fuentes para pruebas especializadas	98
D.4.	Conducción de vehículos durante el trabajo	99
D.5.	Aplicaciones militares	102

D.6.	Calentadores radiantes de gas suspendidos del techo	103
D.7.	Equipos láser para tratamiento de materiales.....	104
D.7.1.	Identificación de los peligros y de los trabajadores expuestos.....	104
D.7.2.	Evaluación de riesgos y asignación de prioridades a los mismos	104
D.7.3.	Decisión sobre las medidas preventivas.....	104
D.8.	Industrias térmicas	106
D.8.1.	Tratamiento de metales	106
D.8.2.	Fábricas de vidrio	106
D.8.3.	Información adicional	107
D.9.	Fotografía con <i>flash</i>	108
Apéndice E. Disposiciones de otras Directivas europeas.....		109
Apéndice F. Normativas nacionales de los Estados miembros por las que se transpone la Directiva 2006/25/CE (a 10 de diciembre de 2010) y orientaciones		112
Apéndice G. Normas europeas e internacionales.....		118
G.1.	Normas europeas	118
G.2.	Guías europeas.....	120
G.3.	Documentos de la ISO, la CEI y la CIE	120
Apéndice H. Fotosensibilidad		122
H.1.	¿Qué es la fotosensibilidad?	122
H.2.	Aspectos relacionados o no con el trabajo.....	122
H.3.	¿Qué debe hacer el empresario?	122
H.4.	¿Qué debe hacer en caso de que su trabajo implique la exposición a fuentes de radiaciones ópticas artificiales y a sustancias fotosensibilizadoras?	123
Apéndice I. Recursos.....		124
I.1.	Internet.....	124
I.2.	Recursos de asesoramiento y normativos	124
I.3.	Organismos de normalización	125
I.4.	Asociaciones y directorios en Internet.....	125
I.5.	Publicaciones periódicas	126
I.6.	CD, DVD y otros recursos	126
Apéndice J. Glosario		127
Apéndice K. Bibliografía		130
K.1.	Historia de los láseres.....	130
K.2.	Equipos láser para uso médico	130
K.3.	Seguridad de las radiaciones ópticas y láser	130
K.4.	Tecnología y teoría de los rayos láser.....	130
K.5.	Directrices y declaraciones.....	130
Apéndice L. Texto de la Directiva 2006/25/CE		132

1. Introducción

La Directiva 2006/25/CE (en lo sucesivo, la Directiva) abarca todas las fuentes artificiales de radiaciones ópticas. La mayoría de las disposiciones de la Directiva son similares a las disposiciones vigentes, por ejemplo, a las de la Directiva marco 89/391/CEE. Por consiguiente, la Directiva no debería imponer a los empresarios mayores cargas que las previstas en otras Directivas. Sin embargo, como la Directiva tiene un carácter universal, es necesario identificar las aplicaciones de radiaciones ópticas artificiales que, por su insignificante incidencia sobre la salud, no es necesario evaluar. La presente guía pretende ofrecer una indicación de estas aplicaciones banales, ofrecer orientaciones para otra serie de aplicaciones específicas, presentar una metodología de evaluación y proponer, en algunos casos, la búsqueda de asistencia.

Varias industrias han elaborado orientaciones útiles que abarcan aplicaciones específicas de radiaciones ópticas, por lo que se presentan referencias de estas fuentes de información.

Las radiaciones ópticas artificiales incluyen toda una gama de fuentes a las que los trabajadores pueden quedar expuestos en el lugar de trabajo y en otros lugares. Entre estas fuentes, cabe mencionar la iluminación de espacios y el alumbrado de tareas visuales, los dispositivos indicadores, numerosas pantallas y otras fuentes similares que son esenciales para el bienestar de los trabajadores. Por lo tanto, no resulta lógico adoptar el mismo enfoque para muchos otros peligros reduciendo necesariamente el riesgo de las radiaciones ópticas artificiales. De hacerlo, aumentaría el peligro de otras fuentes o actividades en el lugar de trabajo. Un ejemplo sencillo de este hecho es que, si se apagan las luces en una oficina, todos se quedan a oscuras.

En los procesos de fabricación, en investigación y en las comunicaciones, se utiliza toda una gama de fuentes de radiaciones ópticas artificiales. Las radiaciones ópticas también pueden ser casuales, como las que irradian los materiales calientes.

Existen aplicaciones de radiaciones ópticas artificiales que requieren la exposición directa de los trabajadores a niveles que pueden superar los límites de exposición previstos en la Directiva, como es el caso de algunas aplicaciones recreativas y médicas. Estas aplicaciones deberán ser objeto de una evaluación crítica, para asegurar que no se superen los límites de exposición.

En la Directiva, las radiaciones ópticas artificiales se dividen en radiaciones láser y radiaciones incoherentes. Esta división solamente se usa en la presente guía cuando existe una ventaja evidente para hacerlo. Según la opinión tradicional, las radiaciones láser forman un haz de luz de una misma longitud de onda. Un trabajador que se encuentre cerca de la trayectoria de este haz puede no sufrir efectos perjudiciales para su salud. Sin embargo, si se sitúa directamente en la trayectoria del haz de luz se puede exceder de inmediato del límite de exposición. En el caso de las radiaciones incoherentes, las radiaciones ópticas tienen menos probabilidades de formar un haz bien colimado, y el nivel de exposición aumenta a medida que uno se acerca a la fuente. Podría afirmarse que con un haz láser, la probabilidad de exposición es baja, pero las consecuencias pueden ser graves; en cambio, con una fuente incoherente, la probabilidad de exposición puede ser alta, pero las consecuencias son menos graves. Esta distinción convencional resulta cada vez menos obvia ante la evolución de algunas tecnologías de radiaciones ópticas.

La Directiva se basa en el artículo 137 del Tratado constitutivo de la Comunidad Europea, y en él no se prohíbe expresamente a los Estados miembros mantener o introducir medidas de protección más estrictas si son compatibles con el Tratado.

1.1. Cómo utilizar esta guía

En la mayoría de los lugares de trabajo existen radiaciones ópticas artificiales. Muchas de ellas representan un riesgo muy reducido o no representan riesgo alguno,

y algunas permiten realizar actividades laborales en condiciones de seguridad.

Esta guía debería leerse conjuntamente con la Directiva 2006/25/CE (la Directiva) y la Directiva marco 89/391/CEE.

En la Directiva 2006/25/CE se establecen las disposiciones mínimas relativas a la exposición de los trabajadores a riesgos derivados de las radiaciones ópticas

artificiales. El artículo 13 de esta Directiva establece que la Comisión deberá elaborar una guía práctica para la Directiva.

Esta guía pretende principalmente prestar asistencia a los empresarios y, en particular, a las pequeñas y medianas empresas. No obstante, también puede resultar de utilidad para los representantes de los trabajadores y las autoridades reguladoras de los Estados miembros.

La presente guía se divide en tres secciones:

Todos los empresarios deberían leer las secciones 1 y 2 de la presente guía.



Si todas las fuentes presentes en el lugar de trabajo figuran en la lista de fuentes banales que aparece en la sección 2.3, no será necesario tomar medidas adicionales.

Si las fuentes presentes no figuran en la sección 2.3, la evaluación de riesgos resultará más compleja. Los empresarios deberían examinar, asimismo, las secciones 3 a 9 de la presente guía.



De este modo contarán con la información necesaria para saber si deben llevar a cabo su propia evaluación o pedir asistencia externa.

En los apéndices se recoge información adicional que puede resultar útil para aquellos empresarios que realizan sus propias evaluaciones de riesgo.

La información facilitada por los fabricantes del producto puede ayudar a los empresarios a elaborar su propia evaluación de riesgos. En particular, es necesario clasificar algunos tipos de fuentes de radiaciones ópticas artificiales para indicar el peligro de radiación óptica de que se trata. Sugerimos que los empresarios soliciten la información adecuada a sus proveedores de fuentes de radiaciones ópticas artificiales. Numerosos productos están sujetos a las disposiciones de las Directivas de la Unión, como, por ejemplo, la marca CE, y a ello se hace una referencia específica en el considerando 12 del preámbulo de la Directiva (véase el apéndice L). En el capítulo 8 de la

presente guía se presentan orientaciones sobre el uso de la información ofrecida por los fabricantes.

Todos los trabajadores están expuestos a radiaciones ópticas artificiales. En el capítulo 2 se citan algunos ejemplos de estas fuentes. Uno de los problemas consiste en evaluar las fuentes que puedan representar un riesgo de exposición de los trabajadores a niveles superiores a los valores límite de exposición sin necesidad de tener que evaluar la mayoría de las fuentes que no plantean riesgo alguno en circunstancias que puedan prevverse en condiciones razonables, las denominadas fuentes «banales».

Esta guía pretende conducir a los usuarios a través de una senda lógica para evaluar los riesgos derivados de la exposición de los trabajadores a radiaciones ópticas artificiales:

Si las únicas fuentes de exposición a radiaciones ópticas artificiales son banales, no es necesario tomar otras medidas. Si así lo desean, los empresarios pueden registrar que han examinado las fuentes y han llegado a esta conclusión.

Si las fuentes no son banales o si se desconoce el riesgo, los empresarios deberían seguir un proceso para evaluar el riesgo y aplicar, en su caso, las medidas de control necesarias.

En el capítulo 3 de la presente guía se describen los posibles efectos sobre la salud.

En el capítulo 4 se describen las disposiciones de la Directiva y los valores límite de exposición se presentan en el capítulo 5. Por consiguiente, en estos dos capítulos se recogen las disposiciones jurídicas.

El capítulo 6 recoge una propuesta de metodología para llevar a cabo la evaluación de riesgos. En caso de que la conclusión sea que no existen riesgos, el proceso termina aquí.

Cuando la información no es adecuada para realizar la evaluación de riesgos, puede ser necesario hacer mediciones (capítulo 7) o recurrir a la información facilitada por los fabricantes (capítulo 8).

En el capítulo 9 se recogen las medidas de control para reducir el riesgo en caso necesario.

En caso de que alguien quede expuesto a radiaciones ópticas artificiales a niveles superiores a los valores límite de exposición, en el capítulo 9 se describen los planes de contingencia y en el capítulo 11 la vigilancia de la salud.

En los apéndices se presenta información complementaria para los empresarios u otras personas que participen en el proceso de evaluación de riesgos:

A. Naturaleza de las radiaciones ópticas

B. Efectos biológicos de las radiaciones ópticas en los ojos y la piel

C. Cantidades y unidades de radiación óptica artificial

D. Ejemplos descritos. Algunos de los ejemplos que figuran en este apéndice ofrecen una justificación para clasificar como banales determinadas fuentes.

E. Disposiciones de otras Directivas europeas

F. Normativas nacionales de los Estados miembros por las que se transpone la Directiva 2006/25/CE (a 10 de diciembre de 2010) y orientaciones

G. Normas europeas e internacionales

H. Fotosensibilidad

I. Recursos

J. Glosario

K. Bibliografía

L. Texto de la Directiva 2006/25/CE

1.2. Relación con la Directiva 2006/25/CE

De conformidad con el artículo 13 de la Directiva 2006/25/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 5 de abril de 2006, sobre las disposiciones mínimas de seguridad y de salud relativas a la exposición de los trabajadores a riesgos derivados de los agentes físicos

(radiaciones ópticas artificiales, en la presente guía se abordan los artículos 4 (Determinación de la exposición y evaluación de los Riesgos) y 5 (Disposiciones encaminadas a evitar o reducir riesgos), así como los anexos I y II (valores límite de exposición para las radiaciones incoherentes y para las radiaciones láser, respectivamente) de la Directiva (véase el apéndice L). Asimismo, se presentan orientaciones sobre otros artículos de la Directiva.

Cuadro 1.1. Relación entre los artículos de la Directiva y las secciones de la presente guía

Artículos de la Directiva 2006/25/CE	Título	Secciones de la guía
Artículo 2	Definiciones	Apéndice J
Artículo 3	Valores límite de exposición	Capítulos 6, 7, 8 y 9
Artículo 4	Determinación de la exposición y evaluación de los riesgos	Capítulos 7, 8 y 9
Artículo 5	Disposiciones encaminadas a evitar o reducir riesgos	Capítulo 9
Artículo 6	Información y formación de los trabajadores	Capítulo 9
Artículo 7	Consulta y participación de los trabajadores	Capítulo 9
Artículo 8	Vigilancia de la salud	Capítulo 11

1.3. Ámbito de aplicación de la guía

La presente guía va dirigida a todas las empresas cuyos trabajadores puedan quedar expuestos a radiaciones ópticas artificiales. La Directiva no establece una definición de las radiaciones ópticas artificiales. Como es lógico, se excluyen fuentes como las erupciones volcánicas, el sol y la radiación solar que refleja, por ejemplo, la luna. Sin embargo, existen diversas fuentes que son ambiguas. ¿Debería considerarse como fuente artificial un incendio provocado por personas, pero no uno provocado por un rayo?

La Directiva no excluye explícitamente ninguna fuente de radiaciones ópticas artificiales. No obstante, muchas fuentes, como los indicadores luminosos de los equipos eléctricos, son fuentes banales de radiaciones ópticas. En esta guía se presenta una lista de las fuentes que pueden evaluarse de forma genérica como fuentes con pocas probabilidades de superar los valores límite de exposición.

Algunas hipótesis potenciales de exposición de los trabajadores son complejas y, por ende, no entran en el ámbito de la presente guía. Los empresarios deberían pedir asesoramiento para evaluar estas hipótesis de exposición complejas.

1.4. Normativa aplicable e información complementaria

El empleo de esta guía no garantiza en sí mismo el cumplimiento de las disposiciones jurídicas en materia de protección contra las radiaciones ópticas artificiales de los

distintos Estados miembros. Los instrumentos aplicables son las normas jurídicas mediante las cuales los Estados miembros han transpuesto la Directiva 2006/25/CE. Estos pueden trascender las disposiciones mínimas de la Directiva en las que se basa esta guía.

Otra manera de ayudar a la aplicación de lo dispuesto en las Directivas es que los fabricantes produzcan equipos emisores de radiaciones ópticas artificiales que se ajusten a las normas europeas. En la presente guía se hace referencia a las normas correspondientes. Estas normas pueden adquirirse en los organismos nacionales de normalización.

Para más información pueden consultarse las normas y reglamentaciones nacionales, y la bibliografía correspondiente. En el apéndice F se recogen referencias de diversas publicaciones de las autoridades competentes de los Estados miembros. Sin embargo, la inclusión de una publicación en este apéndice no implica que todo su contenido concuerde plenamente con lo expuesto en esta guía.

1.5. Centros de asesoramiento oficiales y no oficiales

En caso de que esta guía no responda a las preguntas sobre la forma de cumplir las disposiciones en materia de protección contra las radiaciones ópticas artificiales, el interesado debería ponerse directamente en contacto con los recursos nacionales, como las inspecciones de trabajo, agencias de seguros contra accidentes o asociaciones y cámaras de comercio, industria y oficios.

- Las tiendas y almacenes, en los que grandes edificios abiertos son iluminados con potentes reflectores.
- La industria farmacéutica y la investigación, en las que es posible que se emplee la esterilización mediante radiaciones ultravioletas.
- El tratamiento de aguas residuales, en el que puede utilizarse la esterilización mediante radiaciones ultravioletas.
- La investigación, donde los rayos láser y la fluorescencia generada por radiaciones ultravioletas pueden constituir una herramienta útil.
- La soldadura de metales.
- La fabricación de plásticos que utiliza la unión con rayos láser.

La lista precedente no pretende ser exhaustiva.

2.1.2. Aplicaciones

En el cuadro que se muestra a continuación se da una idea de los usos que tiene cada región espectral. Asimismo, se indican las regiones espectrales que pueden estar presentes a pesar de no ser necesarias para un proceso determinado. Las regiones espectrales se describen en el apéndice A.

Longitud de onda	Usos	Subproductos involuntarios en:
UVC	Esterilización de gérmenes Fluorescencia (laboratorios) Fotolitografía	Curado de tintas Algunos modos de iluminación de espacios y alumbrado de tareas visuales Algunos proyectores Soldadura con arco voltaico
UVB	Lámparas de bronceado Fototerapia Fluorescencia (laboratorios) Fotolitografía	Lámparas germicidas Curado de tintas Algunos modos de iluminación de espacios y alumbrado de tareas visuales Proyectores Soldadura con arco voltaico
UVA	Fluorescencia (laboratorios, pruebas no destructivas, efectos en espectáculos, ciencia forense, detección de falsificaciones, marcas exclusivas) Fototerapia Lámparas de bronceado Curado de tintas Trampas para insectos Fotolitografía	Lámparas germicidas Iluminación de espacios y alumbrado de tareas visuales Proyectores Soldadura con arco voltaico
Visibles	Iluminación de espacios y alumbrado de tareas visuales Indicadores luminosos Semáforos Depilación y extracción de varices Curado de tintas Trampas para insectos Fotolitografía Fotocopiado Proyección Pantallas de televisores y ordenadores	Lámparas de bronceado Algunas aplicaciones de calefacción o secado Soldadura
IRA	Alumbrado de vigilancia Calefacción Secado Depilación y extracción de varices Comunicaciones	Algunos modos de iluminación de espacios y alumbrado de tareas visuales Soldadura
IRB	Calefacción Secado Comunicaciones	Algunos modos de iluminación de espacios y alumbrado de tareas visuales Soldadura
IRC	Calefacción Secado	Algunos modos de iluminación de espacios y alumbrado de tareas visuales Soldadura

Algunas de las regiones espectrales que en la lista figuran como producidas de forma no intencionada solo pueden emitirse cuando se producen fallos. Por ejemplo, algunos tipos de proyectores de iluminación utilizan lámparas de descarga de mercurio a alta presión que producen radiaciones en todas las regiones espectrales, pero que generalmente se encuentran dentro de un envoltorio exterior que evita la emisión de grandes cantidades de radiaciones UVB y UVC. Si este envoltorio se rompe y la lámpara sigue funcionando, emitirá cantidades peligrosas de radiaciones ultravioletas.

2.2. Fuentes de radiaciones láser

El éxito de los rayos láser se demostró por primera vez en 1960. En un principio, los rayos láser se limitaban a la investigación y las aplicaciones militares. Generalmente eran utilizados por las personas que los diseñaron y construyeron, y esas mismas personas corrían riesgos debido a la exposición a las radiaciones láser. Sin embargo, actualmente encontramos rayos láser en todas partes. Se utilizan en numerosas aplicaciones en el lugar de trabajo, en ocasiones en equipos en los que las radiaciones láser son controladas por medios técnicos eficaces, de modo que el usuario no necesita saber que dichos equipos utilizan un rayo láser.

Los rayos láser se caracterizan generalmente por tener una longitud de onda única o un número reducido de estas; las emisiones tienen una baja divergencia, de modo que mantienen aproximadamente la potencia o energía dentro de una zona determinada a lo largo de grandes distancias; y los rayos láser son coherentes, es decir, cada onda del rayo es coherente con las demás. Los rayos láser pueden concentrarse en un pequeño punto en el que es posible que provoquen lesiones o daños en las superficies. Todas estas afirmaciones son generalizaciones. Existen láseres que producen rayos de un amplio espectro de longitudes de onda, dispositivos que producen rayos sumamente divergentes, y algunos rayos láser no son coherentes en la mayor parte de la longitud de su trayectoria. Las emisiones de rayos láser pueden ser continuas, denominadas de onda continua (CW), o pueden ser de pulsos.

Los láseres se clasifican en función del «medio activo» utilizado para generar el rayo láser. Este medio puede ser un sólido, un líquido o un gas. Los láseres de medio sólido se dividen en sólidos de tipo cristalino, denominados láseres de estado sólido, y láseres semiconductores. En el siguiente cuadro se enumeran algunos láseres típicos y las longitudes de onda que emiten.

Tipo	Láser	Longitud de onda principal	Emisiones
GAS	Helio neón (HeNe)	632,8 nm	CW de hasta 100 mW
	Helio cadmio (HeCd)	422 nm	CW de hasta 100 mW
	Ión argón (Ar)	De 488 a 514 nm más líneas azules	CW de hasta 20 W
	Ión criptón (Kr)	647 nm más radiaciones UV, azules y amarillas	CW de hasta 10 W
	Dióxido de carbono (CO ₂)	10 600 nm (10,6 μm)	De pulsos o CW de hasta 50 kW
	Nitrógeno (N)	337,1 nm	De pulsos > 40 μJ
	Cloruro de xenón (XeCl) Fluoruro de criptón (KrF) Fluoruro de xenón (XeF) Fluoruro de argón (ArF)	308 nm 248 nm 350 nm 193 nm	De pulsos de hasta 1 J
ESTADO SÓLIDO	Rubí	694,3 nm	De pulsos de hasta 40 J
	Neodimio:YAG (Nd:YAG)	1 064 y 1 319 nm 532 y 266 nm	De pulsos o CW de hasta teravatios, CW media de 100 vatios
	Neodimio: Vidrio (Nd:Glass)	1 064 nm	De pulsos de hasta 150 J
FIBRA	Iterbio (Yb)	1 030-1 120 nm	CW de hasta kilovatios
DISCO DELGADO	Iterbio: YAG (Yb:YAG)	1 030 nm	CW de hasta 8 000 mW
PLACA	Cristal de láser de dióxido de carbono (CO ₂)	10 600 nm	CW de hasta 8 000 mW
SEMICONDUCTOR	Diversos materiales, por ejemplo, GaN GaAlAs InGaAsP	400-450 nm 600-900 nm 1 100-1 600 nm	CW (algunos de pulsos) de hasta 30 W
LÍQUIDO (TINTE)	Tinte — Existen más de 100 tintes que actúan como medios láser	300-1 800 nm 1 100-1 600 nm	De pulsos de hasta 2,5 J CW de hasta 5 W

Para más información, véanse las publicaciones que aparecen en la bibliografía del apéndice K.

A continuación se presenta un resumen de algunas aplicaciones láser.

Categoría	Ejemplos de aplicaciones
Tratamiento de materiales	Corte, soldadura, marcaje con láser, perforación, fotolitografía, fabricación rápida
Medición óptica	Medición de distancias, topografía, velocimetría láser, vibrómetros láser, interferometría de pautas electrónicas de máculas, hidrófonos de fibras ópticas, procesamiento de imágenes a alta velocidad, medición de partículas
Aplicaciones médicas	Oftalmología, cirugía refractiva, terapia fotodinámica, dermatología, bisturís láser, cirugía vascular, odontología, diagnóstico médico
Comunicaciones	Fibra óptica, espacios libres, satelital
Almacenamiento óptico de información	CD/DVD, impresoras láser
Espectroscopia	Identificación de sustancias
Holografía	Espectáculos, almacenamiento de información
Espectáculos	Espectáculos láser, punteros láser

2.3. Fuentes banales

En el apéndice D de la presente guía se recogen ejemplos descritos de algunas fuentes artificiales de radiaciones ópticas que pueden ser frecuentes en muchos lugares de trabajo, por ejemplo, tiendas y oficinas. En la presente guía no es posible presentar una lista exhaustiva de todas las aplicaciones existentes para cada tipo de fuente de radiaciones ópticas, ya que en el mercado existen innumerables ejemplos de distintos diseños de equipos. Las diferencias, por ejemplo, en la curvatura de un reflector, el grosor de una cubierta de vidrio o entre los fabricantes de una lámpara fluorescente pueden tener un efecto considerable sobre la radiación óptica que produce una fuente. Por consiguiente, cada ejemplo es único en términos estrictos del tipo y modelo de fuente examinada.

Sin embargo, cuando un ejemplo explicado muestra que:

- una fuente determinada puede provocar exposiciones que representan tan solo una pequeña parte ($\approx < 20\%$) de los valores límite de exposición, o
- una fuente puede producir exposiciones superiores a los límites más elevados, pero únicamente en situaciones sumamente improbables,

la exposición normal a este tipo de fuentes puede considerarse un riesgo banal para la salud o, lo que es lo mismo, la fuente puede considerarse «segura».

En los cuadros siguientes se presentan estos tipos comunes de fuentes en dos grupos:

- banales (es decir, debido a que las emisiones accesibles son insignificantes),
- no peligrosas en uso normal (es decir, la posible exposición excesiva solo se produce en circunstancias poco habituales).

Si en un lugar de trabajo solo se encuentran las fuentes enumeradas en estas tablas, y estas solo se utilizan en las condiciones descritas, puede considerarse que no es necesario hacer una evaluación de riesgos. Si no se cumplen estas condiciones, el responsable de la seguridad debería estudiar la información que se presenta en el resto de esta guía; asimismo, se presentan amplios apéndices que contienen información más detallada.

Fuentes que solamente pueden producir exposiciones insignificantes y que pueden considerarse «seguras»

Lámparas fluorescentes provistas de difusores instaladas en el techo

Pantallas de ordenador o similares

Lámparas fluorescentes compactas instaladas en el techo

Difusores fluorescentes compactos

Trampas de insectos de radiaciones UVA

Reflectores halógenos de tungsteno instalados en el techo

Alumbrado de tareas visuales mediante lámparas de tungsteno (incluidas las bombillas de espectro total)

Lámparas de tungsteno instaladas en el techo

Fotocopiadoras

Equipos de presentación interactivos

Diodos luminiscentes indicadores

Asistentes personales digitales

Indicadores luminosos de frenos, marcha atrás y luces de niebla en vehículos

Flashes fotográficos

Calentadores radiantes de gas suspendidos del techo

Alumbrado público

Fuentes que no representan un riesgo para la salud en circunstancias específicas

Fuente	Circunstancias para un uso seguro
Lámparas fluorescentes sin difusores instaladas en el techo	Seguras a niveles normales de iluminación (≈ 600 lux)
Difusores de halógenos metálicos o de mercurio a presión	Seguras si la cubierta de vidrio delantera está intacta y no se encuentran en la línea de visión
Proyectores de mesa	Seguros si no se mira directamente al haz de luz
Luz negra de radiaciones UVA de baja presión	Seguras si no están en la línea de visión
Cualquier dispositivo láser de «clase 1» (según norma EN 60825-1)	Seguro si la cubierta está intacta. Puede ser peligroso si se retira la cubierta
Cualquier producto del «grupo exento» (según norma EN 62471)	Seguras si no están en la línea de visión. Puede ser peligroso si se retira la cubierta
Faros delanteros de vehículos	Seguros si no se mira durante mucho tiempo el haz de luz

3. Efectos sobre la salud de la exposición a las radiaciones ópticas

Las radiaciones ópticas se absorben en las capas exteriores del cuerpo y, por consiguiente, sus efectos biológicos se limitan generalmente a la piel y los ojos, pero también pueden producirse efectos sistémicos. Cada longitud de onda tiene un efecto diferente en función de la parte de la piel o del ojo que absorba la radiación y del tipo de interacción de que se trate: los efectos fotoquímicos predominan en la región ultravioleta y los efectos térmicos en la infrarroja. Las radiaciones láser producen efectos adicionales que se caracterizan por una absorción muy rápida de la energía en el tejido, y constituye un peligro especialmente para los ojos cuando la lente puede concentrar el haz de luz.

Los efectos biológicos pueden dividirse en líneas generales en agudos (que se producen rápidamente) y crónicos (que tienen lugar como resultado de exposiciones prolongadas y repetidas a lo largo de un largo período). Por lo general, los efectos agudos solo se producen si la exposición supera un umbral, que normalmente varía entre una persona y otra. La mayoría de los valores límite de exposición se basan en estudios de umbrales para

los efectos agudos y se derivan del examen estadístico de dichos umbrales. Por ello, una exposición que supere el valor límite no provocará necesariamente un efecto nocivo para la salud. El riesgo de sufrir un efecto nocivo para la salud aumenta a medida que los niveles de exposición superan el valor límite de exposición. La mayoría de los efectos que se describen a continuación se producen en la población adulta trabajadora sana a niveles que superan considerablemente los límites establecidos en la Directiva. Sin embargo, las personas que son especialmente sensibles a la luz pueden sufrir efectos nocivos a niveles inferiores a los valores límite de exposición.

A menudo, los efectos crónicos no presentan un umbral por debajo del cual no se producen. De ese modo, el riesgo de que se produzcan dichos efectos no puede eliminarse totalmente. El riesgo puede reducirse —si se reduce la exposición—, y el cumplimiento de los valores límite de exposición debería reducir los riesgos derivados de la exposición a fuentes artificiales de radiaciones ópticas a niveles por debajo de los que ha aceptado la sociedad en relación con las radiaciones ópticas de origen natural.

Longitud de onda (nm)		Ojos	Piel
100-280	Radiaciones UVC	Fotoqueratitis Fotoconjuntivitis	Eritema Cáncer de piel
280-315	Radiaciones UVB	Fotoqueratitis Fotoconjuntivitis Cataratas	Eritema Elastosis (envejecimiento producido por la luz) Cáncer de piel
315-400	Radiaciones UVA	Fotoqueratitis Fotoconjuntivitis Cataratas Daños en la retina producidos por la luz	Eritema Elastosis (envejecimiento producido por la luz) Oscurecimiento inmediato de los pigmentos Cáncer de piel
380-780	Visibles	Daños en la retina producidos por la luz (riesgo de luz azul) Quemaduras de la retina	Quemaduras
780-1 400	IRA	Cataratas Quemaduras de la retina	Quemaduras
1 400-3 000	IRB	Cataratas	Quemaduras
3 000-10 ⁶	IRC	Quemaduras de la córnea	Quemaduras

4. Disposiciones de la Directiva sobre radiaciones ópticas artificiales

En el apéndice L de la presente guía se presenta el texto completo de la Directiva. En este capítulo figura un resumen de las principales disposiciones.

La Directiva establece las disposiciones MÍNIMAS para la protección de los trabajadores contra los riesgos para su salud y seguridad derivadas o que puedan derivarse de la exposición a las radiaciones ópticas artificiales durante el trabajo. Por lo tanto, los Estados miembros pueden introducir disposiciones más estrictas, o bien ya cuentan con ellas.

4.1. Artículo 4. Determinación de la exposición y evaluación de los riesgos

La Directiva hace especial hincapié en que los empresarios se aseguren de que los trabajadores no queden expuestos a niveles de radiaciones ópticas artificiales que superen los valores límite de exposición contemplados

en los anexos de la Directiva. Los empresarios pueden comprobarlo con la información que acompaña a las fuentes, por medio de evaluaciones genéricas llevadas a cabo por ellos mismos u otras personas, o mediante evaluaciones teóricas o mediciones. La Directiva no especifica una metodología, de modo que corresponde al empresario decidir cómo desea alcanzar este importante objetivo. Sin embargo, los empresarios cuentan con la orientación de las normas publicadas, y, cuando estas no son adecuadas, con la de los «criterios de orden científico establecidos a nivel nacional o internacional».

Muchas de las disposiciones de la Directiva son similares a las de la Directiva 89/391/CEE y, por ende, un empresario que ya cumple lo dispuesto de esta última no tendrá que hacer grandes esfuerzos adicionales para cumplir la primera. No obstante, al realizar la evaluación, el empresario debe prestar especial atención a los siguientes elementos (artículo 4, apartado 3):

Elementos que deben considerarse	Comentario
a) el nivel, el intervalo de longitudes de onda y la duración de la exposición a fuentes artificiales de radiación óptica;	Se trata de la información fundamental sobre la hipótesis considerada. Si el nivel de exposición es considerablemente inferior al valor límite de exposición aplicable a una exposición durante todo un día de trabajo (de 8 horas), no es necesario hacer una evaluación, a menos que la existencia de varias fuentes constituya un problema. Véase la letra h).
b) los valores límite de exposición mencionados en el artículo 3 de la presente Directiva;	A partir de la información contemplada en la letra a) es posible identificar los valores límite de exposición aplicables.
c) los posibles efectos en la salud y la seguridad de los trabajadores pertenecientes a grupos de riesgo particularmente sensibles;	Se propone un enfoque basado en respuestas y no en iniciativas. Por ejemplo, algunos trabajadores pueden saber que son particularmente sensibles a las luces intermitentes. En tal caso, el empresario debería considerar si puede introducir modificaciones a la actividad de trabajo.
d) los posibles efectos en la salud y la seguridad de los trabajadores, resultantes de las interacciones, en el lugar de trabajo, entre la radiación óptica y las sustancias químicas fotosensibilizantes;	Se propone que los empleados tengan en cuenta concretamente la posibilidad de que las sustancias químicas utilizadas en el lugar de trabajo provoquen fotosensibilidad. Sin embargo, al igual que sucede con la letra c), es posible que el empresario tenga que responder a los problemas de fotosensibilidad causados por sustancias químicas utilizadas fuera del lugar de trabajo.

e) los posibles efectos indirectos, como el deslumbramiento temporal, la explosión o el incendio;	La exposición de los ojos a luces brillantes puede ser un problema en algunas prácticas de trabajo. Las respuestas normales de aversión deberían ofrecer protección a niveles de exposición inferiores al valor límite. Sin embargo, el empresario debe considerar las fuentes de radiaciones ópticas artificiales que puedan provocar distracción, mareos, reflejos y persistencia de imágenes, en caso de que estas exposiciones puedan poner en peligro la seguridad de los trabajadores u otras personas. Las radiaciones ópticas de algunas fuentes artificiales pueden provocar explosiones o incendios, en particular en el caso de los láseres de clase 4, pero también habría que tener en cuenta otras fuentes, sobre todo en entornos en que estén presentes agentes inflamables o explosivos.
f) la existencia de equipos sustitutivos concebidos para reducir los niveles de exposición a radiaciones ópticas artificiales;	Se propone que se tengan en cuenta, de ser posible, cuando la exposición de los trabajadores a radiaciones ópticas artificiales supere los valores límite.
g) la información pertinente obtenida de la vigilancia de la salud, incluida la información publicada, en la medida en que sea posible;	Esta información puede proceder de la organización del empresario, de grupos representativos de la industria o de organizaciones internacionales, como la Organización Mundial de la Salud y la Comisión Internacional sobre Protección contra las Radiaciones no Ionizantes.
h) las fuentes de exposición múltiples a radiaciones ópticas artificiales;	A partir de la información obtenida en las letras a) y b) se puede determinar la parte del valor límite de exposición correspondiente a cada fuente de radiaciones ópticas artificiales. Un planteamiento simplificado consiste en tomar en consideración el número de fuentes a las que pueden estar expuestos los trabajadores y sumar las partes respectivas. Si la suma es inferior a 1, es poco probable que se superen los valores límite de exposición. Si la suma es superior a 1, es necesaria una evaluación más minuciosa.
i) la clasificación de un láser con arreglo a la norma correspondiente de la CEI y, en lo que respecta a las fuentes artificiales susceptibles de ocasionar lesiones similares a las provocadas por un láser de clase 3B o 4, cualquier clasificación análoga;	Los productos láser de clase 3B y clase 4 emiten radiaciones láser accesibles que podrían superar los valores límite de exposición. Sin embargo, en determinadas condiciones, los láseres de una clase de riesgo inferior también deben ser evaluados. La norma EN 62471 asigna las fuentes de radiaciones ópticas artificiales distintas de láser a un sistema de clasificación diferente. Es necesario evaluar los dispositivos del grupo de riesgo 3, pero también deberían tenerse en cuenta las hipótesis de exposición probables correspondientes a grupos de menor riesgo.
j) la información facilitada por los fabricantes de fuentes de radiación óptica y equipos de trabajo relacionados de conformidad con las Directivas de la Unión aplicables.	Los empresarios deben solicitar información adecuada a los fabricantes y proveedores de fuentes de radiaciones ópticas artificiales y los productos que las usan para asegurarse de que pueden realizar las evaluaciones contempladas en la Directiva. Se propone que la disponibilidad de dicha información se utilice como criterio para la política de compras.

4.2. Artículo 5. Disposiciones encaminadas a evitar o reducir riesgos

Es importante reconocer que, a diferencia de muchos otros peligros, reducir el nivel de las radiaciones ópticas artificiales por debajo de un determinado nivel puede aumentar realmente el riesgo de sufrir lesiones. Un ejemplo evidente es la iluminación de espacios. Los indicadores y señales luminosos deben emitir un nivel adecuado de radiaciones ópticas para servir al fin previsto. Por consiguiente, el artículo 5 se concentra en evitar o reducir los riesgos. El planteamiento utilizado es similar al de la Directiva 89/391/CEE, y estos principios se exponen con más detalle en el capítulo 9 de la presente guía.

4.3. Artículo 6. Información y formación de los trabajadores

Las disposiciones del artículo 6 son parecidas a las de la Directiva 89/391/CEE. Es importante poner los riesgos en perspectiva. Los trabajadores deben saber que muchas de las fuentes de radiaciones ópticas artificiales de su lugar de trabajo no representan un riesgo para su salud e incluso pueden contribuir a su bienestar. No obstante, si se han detectado riesgos debe facilitarse la información y formación necesarias. Este aspecto se expone con más detalle en el capítulo 9.

4.4. Artículo 7. Consulta y participación de los trabajadores

Este artículo se refiere a las disposiciones previstas en la Directiva 89/391/CEE.

4.5. Artículo 8. Vigilancia de la salud

El artículo 8 se basa en las disposiciones de la Directiva 89/391/CEE. Muchos de los pormenores concretos

pueden depender de los sistemas existentes en los Estados miembros. En el capítulo 11 se ofrecen algunas orientaciones en materia de vigilancia de la salud.

4.6. Resumen

Muchas de las disposiciones de la Directiva ya figuran en otras Directivas, en particular en la Directiva 89/391/CEE (véase el apéndice E). En los capítulos de esta guía se ofrecen orientaciones concretas para cumplir lo dispuesto en los artículos de la Directiva.

5. Uso de valores límite de exposición

En los anexos I y II de la Directiva se establecen valores límite de exposición (VLE) para las radiaciones ópticas no coherentes y las radiaciones láser, respectivamente. Estos VLE tienen en cuenta la eficacia biológica de las radiaciones ópticas para provocar daños en función de su longitud de onda, duración de la exposición y tejidos que las reciben. Los VLE se basan en las Directrices publicadas por la Comisión Internacional sobre Protección contra las Radiaciones no Ionizantes (ICNIRP). En estas Directrices se puede encontrar más información sobre el fundamento de los VLE, que pueden consultarse en www.icnirp.org (véanse las referencias). Cabe señalar que la ICNIRP puede modificar estas Directrices, en cuyo caso se modificarán posteriormente los VLE de la Directiva.

La Conferencia estadounidense de Higienistas Industriales Gubernamentales (ACGIH) ha publicado límites de exposición similares, aunque no idénticos.

Para seleccionar el VLE correcto, es necesario conocer el intervalo de longitudes de onda de las radiaciones ópticas. Cabe señalar que a un intervalo de longitudes de onda determinado se le pueden aplicar varios VLE. Por lo general, los VLE para las radiaciones láser son más fáciles de determinar, porque la emisión se produce a una única longitud de onda. No obstante, en el caso de los productos láser que emiten radiaciones láser de varias longitudes de onda o en el de las hipótesis de exposición a fuentes múltiples, puede ser necesario tener en cuenta los efectos acumulativos.

Un análisis completo de la exposición de los trabajadores y la comparación con los VLE puede resultar complejo y no forma parte del propósito de la presente guía. La información que aparece a continuación pretende ofrecer información a los empresarios para determinar si deben pedir asistencia.

5.1. VLE de las radiaciones láser

El sistema de clasificación de productos láser (véase la sección 8.1.1) ofrece orientaciones a los usuarios sobre la

magnitud de los peligros de los rayos láser, evaluada en condiciones de medición específicas. Los productos láser de clase 1 deberían ser seguros en condiciones normales de uso y, por ende, no deberían requerir una evaluación. Sin embargo, dicha evaluación es necesaria cuando se da mantenimiento o servicio a un producto láser de clase 1 que contenga un láser integrado de una clase superior. A menos que haya recibido información en sentido contrario, los empresarios deben suponer que los haces de los productos láser de clase 3B y clase 4 representan un riesgo de lesiones oculares. Los productos láser de clase 4 representan, además, un riesgo de lesión en la piel.

Debe designarse a una persona competente, como un encargado de la seguridad de los productos láser, en caso de usarse productos láser de clase 3B y clase 4.

La clasificación de un producto láser en la clase 2 presupone que los VLE no se superarán en el caso de una exposición accidental de una duración de hasta 0,25 segundos. Si el uso del producto implica que los ojos de los trabajadores pueden quedar expuestos en repetidas ocasiones al rayo láser, debería realizarse una evaluación más detallada a fin de determinar si existen probabilidades de superar los VLE.

Los productos láser de clase 1M, clase 2M y clase 3R deberían evaluarse para determinar las posibles hipótesis de exposición.

En el anexo II de la Directiva, que se reproduce en el apéndice L de la presente guía, se presentan los VLE correspondientes a las radiaciones láser. Los VLE se expresan en términos de irradiancia (vatios por metro cuadrado, $W m^{-2}$) o exposición radiante (julios por metro cuadrado, $J m^{-2}$).

Es necesario calcular la irradiancia o la exposición radiante media de un rayo láser en una abertura, denominada abertura límite, como se indica en las tablas 2.2, 2.3 y 2.4 del anexo II, a la hora de calcular la irradiancia o la exposición radiante.

Para encontrar la tabla de VLE correcta para radiaciones láser:

Exposición de los ojos – corta duración (<10 seg) – tabla 2.2

Exposición de los ojos – 10 segundos o más – tabla 2.3

Exposición de la piel – tabla 2.4

El tiempo de exposición dependerá de que esta sea accidental o intencionada. En el caso de las exposiciones accidentales se establece generalmente un tiempo de exposición de 0,25 segundos para rayos láser de 400 a 700 nm, y un

tiempo de exposición de 10 o 100 segundos para todas las demás longitudes de onda, cuando el órgano expuesto es el ojo. Si el órgano expuesto es la piel, resulta razonable utilizar 10 o 100 segundos para todas las longitudes de onda.

Es posible calcular la potencia máxima a través de la abertura establecida para estas duraciones de exposición antes de superar el VLE. Los resultados de estos cálculos se presentan a continuación para la exposición de los ojos a un rayo láser de onda continua procedente de una fuente pequeña.

Intervalo de longitud de onda (nm)	Abertura límite (mm)	Duración de la exposición(seg)	VLE (W m ⁻²)	Potencia máxima a través de la apertura (W)	Potencia máxima a través de la apertura (mW)
180 a 302,5	1	10	3,0	0,000 002 4	0,002 4
≥ 302,5 a 315	1	10	3,16 a 1 000	0,000 002 5 a 0,000 79	0,002 5 a 0,79
305	1	10	10	0,000 007 9	0,007 9
308	1	10	39,8	0,000 031	0,031
310	1	10	100	0,000 079	0,079
312	1	10	251	0,000 20	0,20
≥ 315 a 400	1	10	1 000	0,000 79	0,79
≥ 400 a 450	7	0,25	25,4	0,000 98	0,98
≥ 450 a 500	7	0,25	25,4	0,000 98	0,98
≥ 500 a 700	7	0,25	25,4	0,000 98	0,98
≥ 700 a 1 050	7	10	10 a 50	0,000 39 a 0,001 9	0,39 a 1,9
750	7	10	12,5	0,000 49	0,49
800	7	10	15,8	0,000 61	0,61
850	7	10	19,9	0,000 77	0,77
900	7	10	25,1	0,000 97	0,97
950	7	10	31,6	0,001 2	1,2
1 000	7	10	39,8	0,001 5	1,5
≥ 1 050 a 1 400	7	10	50 a 400	0,001 9 a 0,015	1,9 a 15
≥ 1 050 a 1 150	7	10	50	0,001 9	1,9
1 170	7	10	114	0,004 4	4,4
1 190	7	10	262	0,010	10
≥ 1 200 a 1 400	7	10	400	0,015	15
≥ 1 400 a 1 500	3.5	10	1 000	0,009 6	9,6
≥ 1 500 a 1 800	3.5	10	1 000	0,009 6	9,6
≥ 1 800 a 2 600	3.5	10	1 000	0,009 6	9,6
≥ 2 600 a 10 ⁵	3.5	10	1 000	0,009 6	9,6
≥ 10 ⁵ a 10 ⁶	11	10	1 000	0,095	95

En el informe técnico IEC TR 60825-14 se pueden encontrar otras orientaciones para la evaluación de los VLE. Cabe señalar que este documento utiliza el término «exposición máxima admisible» en lugar de «valor límite de exposición».

5.2. Radiaciones ópticas incoherentes

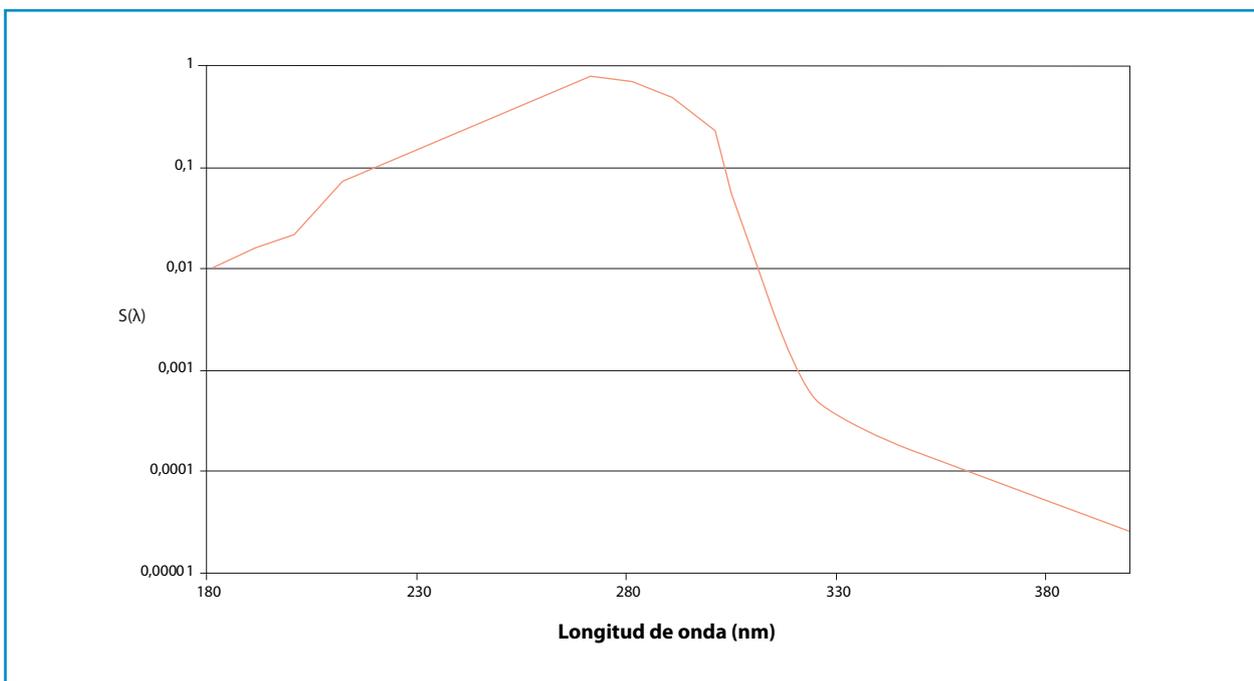
El uso de VLE para las radiaciones ópticas incoherentes generalmente resulta más complejo que en el caso de

las radiaciones láser. Ello se debe a que los trabajadores pueden quedar expuestos a un intervalo de longitudes de onda en lugar de a una única longitud de onda. No obstante, se pueden hacer diversos supuestos más desfavorables de simplificación para determinar si se necesita una evaluación más detallada.

En las tablas 1.2 y 1.3 del anexo I de la Directiva se presentan tres factores de modificación sin dimensiones.

La función de ponderación $S(\lambda)$ se aplica al intervalo de 180 a 400 nm y se utiliza para modificar los datos sobre la irradiancia espectral o la exposición radiante espectral a fin de tener en cuenta que los efectos perjudiciales para la salud de los ojos y la piel dependen de la longitud de onda. Cuando se aplica una función de ponderación, los datos resultantes se denominan habitualmente irradiancia *efectiva* o exposición radiante *efectiva*.

Gráfico 5.1. Función de ponderación $S(\lambda)$



El valor máximo para la función de ponderación $S(\lambda)$ es de 1,0 a 270 nm. Un planteamiento sencillo consiste en suponer que la totalidad de la emisión entre 180 nm y 400 nm es de 270 nm (puesto que la función de ponderación $S(\lambda)$ tiene un valor máximo de 1, este hecho equivale a ignorar simplemente dicha función). Dado que el VLE se expresa en términos de exposición radiante ($J m^{-2}$), si se desconoce la irradiancia de la fuente se puede utilizar el

cuadro a continuación para determinar el tiempo máximo que un trabajador puede estar expuesto si no se excede el VLE, que se ha establecido en $30 J m^{-2}$.

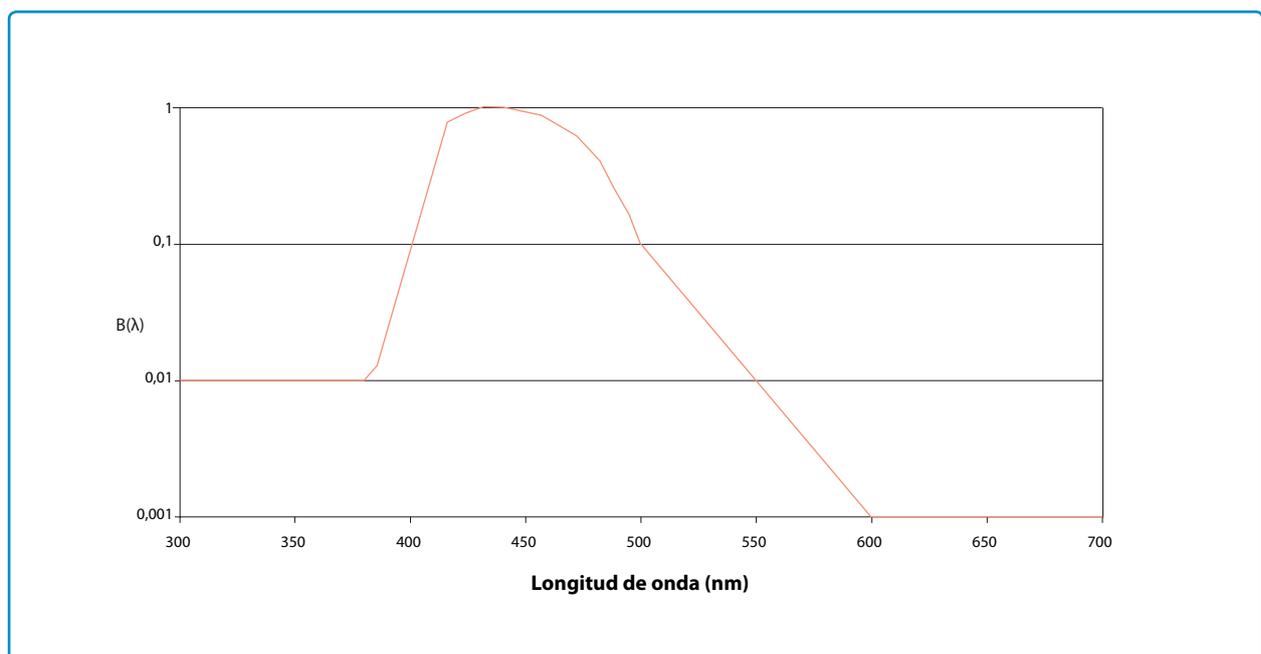
Si no se supera este tiempo asumiendo que toda la emisión es de 270 nm, no es necesario proceder a nuevas evaluaciones. Si se supera el VLE, es necesario realizar una evaluación más detallada del espectro.

Duración de la exposición en una jornada de 8 horas	Irradiancia (efectiva) – $W m^{-2}$
8 horas	0,001
4 horas	0,002
2 horas	0,004
1 hora	0,008
30 minutos	0,017
15 minutos	0,033
10 minutos	0,05
5 minutos	0,1
1 minuto	0,5
30 segundos	1,0
10 segundos	3,0
1 segundo	30
0,5 segundo	60
0,1 segundo	300

El factor $B(\lambda)$ se aplica al intervalo entre 300 nm y 700 nm para tener en cuenta que el riesgo de lesiones fotoquímicas en el ojo depende de la longitud de onda. La

dependencia de la longitud de onda se ilustra gráficamente a continuación.

Gráfico 5.2. Función de ponderación $B(\lambda)$

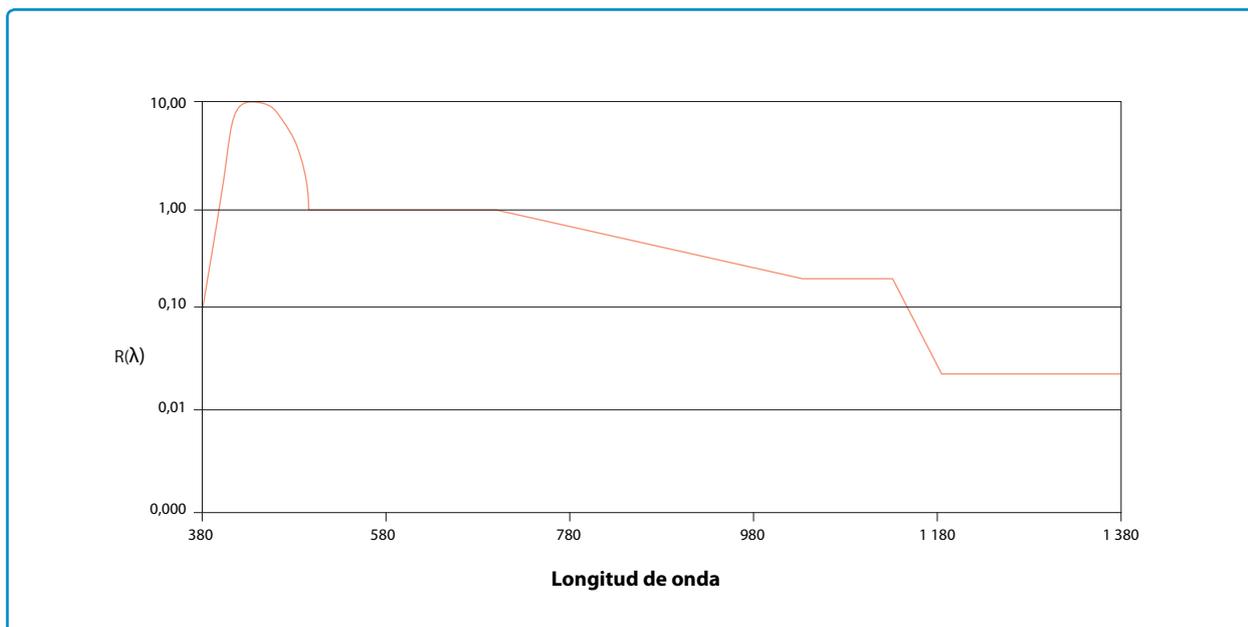


El factor de ponderación máximo para el intervalo entre 435 y 440 nm es 1,0. Si no se supera el VLE suponiendo que toda la emisión entre 200 nm y 700 nm es de aproximadamente 440 nm (puesto que la función $B(\lambda)$ tiene un valor máximo de 1, este hecho equivale a ignorar simple-

mente dicha función), este VLE no se superará cuando se realice una evaluación más minuciosa.

El factor de ponderación $R(\lambda)$ se aplica al intervalo entre 380 y 1 400 nm, y se ilustra gráficamente a continuación.

Gráfico 5.3. Función de ponderación B(λ)



El factor de ponderación máximo para el intervalo entre 435 y 440 nm es 10. Si no se supera el VLE suponiendo que toda la emisión entre 380 nm y 1 400 nm es de aproximadamente 440 nm (puesto que la función $R(\lambda)$ tiene un valor máximo de 10, este hecho equivale a multiplicar todos los valores no ponderados por 10), este VLE no se superará cuando se realice una evaluación más minuciosa.

En la tabla 1.1 del anexo I de la Directiva se presentan los VLE correspondientes a las distintas longitudes de onda. A algunas regiones de longitudes de onda se les aplican varios valores límite de exposición. Ninguno de estos valores límite de exposición debería superarse.

5.3. Referencias

Guidelines on Limits of Exposure to Ultraviolet Radiation of Wavelengths Between 180 nm and 400 nm (Incoherent Optical Radiation). Health Physics 87 (2): 171-186; 2004.

Revision of the Guidelines on Limits of Exposure to Laser radiation of wavelengths between 400nm and 1.4 μ m. Health Physics 79 (4): 431-440; 2000.

Guidelines on Limits of Exposure to Broad-Band Incoherent Optical Radiation (0.38 to 3 μ m). Health Physics 73 (3): 539-554; 1997.

Guidelines on UV Radiation Exposure Limits. Health Physics 71 (6): 978; 1996.

Guidelines on Limits of Exposure to Laser Radiation of Wavelengths between 180 nm and 1 mm. Health Physics 71 (5): 804-819; 1996.

6. La evaluación de riesgos en el contexto de la Directiva

La evaluación de riesgos es una disposición de carácter general de la Directiva 89/391/CEE. El planteamiento que se presenta aquí se basa en el enfoque en pasos para la evaluación de riesgos de la Agencia Europea para la Seguridad y la Salud en el Trabajo:

Un enfoque en pasos para la evaluación de riesgos
Paso 1. Identificación de los riesgos y de los trabajadores expuestos
Paso 2. Evaluación de riesgos y asignación de prioridades a los mismos
Paso 3. Planificación de las medidas preventivas necesarias
Paso 4. Adopción de las medidas
Paso 5. Seguimiento y revisión

Una evaluación completa de los riesgos debe tener en cuenta todos los peligros asociados a la actividad laboral. Sin embargo, a los efectos de la Directiva, aquí solo abordaremos los peligros de las radiaciones ópticas. Los fabricantes de los productos facilitan información adecuada sobre algunas aplicaciones, la cual permite concluir que el riesgo se encuentra convenientemente gestionado. Por consiguiente, el proceso de evaluación de riesgos no debería resultar especialmente oneroso. A menos que así lo exija la legislación nacional, la evaluación de los riesgos de las fuentes banales no debe establecerse por escrito. No obstante, los empresarios pueden decidir hacer un registro para demostrar que la evaluación se ha llevado a cabo.

6.1. Paso 1. Identificación de los riesgos y de los trabajadores expuestos

Deberían identificarse todas las fuentes de radiaciones ópticas. Algunas fuentes se encuentran dentro de equipos, de modo que los trabajadores no pueden quedar expuestos en condiciones normales de uso. No obstante, es necesario considerar la forma en que los trabajadores pueden quedar expuestos a todo lo largo de la vida útil de la fuente. Si los trabajadores fabrican productos que emiten radiaciones ópticas, pueden correr un mayor riesgo que los usuarios. El ciclo de vida normal de un producto que emite radiaciones ópticas es el siguiente:

Ciclo de vida del producto

1. Fabricación
2. Ensayo
3. Instalación
4. Planificación y diseño
5. Puesta en servicio
6. Funcionamiento normal
7. Modos de fallo
8. Mantenimiento de rutina
9. Conservación
10. Modificación
11. Eliminación

La exposición a las radiaciones ópticas generalmente tiene lugar cuando el producto está en funcionamiento. Las fases 1 a 3 pueden tener lugar en los locales de otro empresario. Las fases 4 a 10 generalmente se llevan a cabo en el lugar de trabajo. Cabe señalar, asimismo, que algunas partes del ciclo de vida son repetitivas. Por ejemplo, un elemento del equipo de trabajo puede necesitar mantenimiento de rutina cada semana; las inspecciones técnicas pueden realizarse cada seis meses. Un determinado grado de puesta en servicio puede resultar necesario tras cada inspección. El resto del tiempo, el elemento del equipo de trabajo se encuentra en la fase de «funcionamiento normal».

El empresario debería tener en cuenta los grupos de trabajadores o contratistas que pueden quedar expuestos a las radiaciones ópticas en cada parte del ciclo de vida.

Paso 1

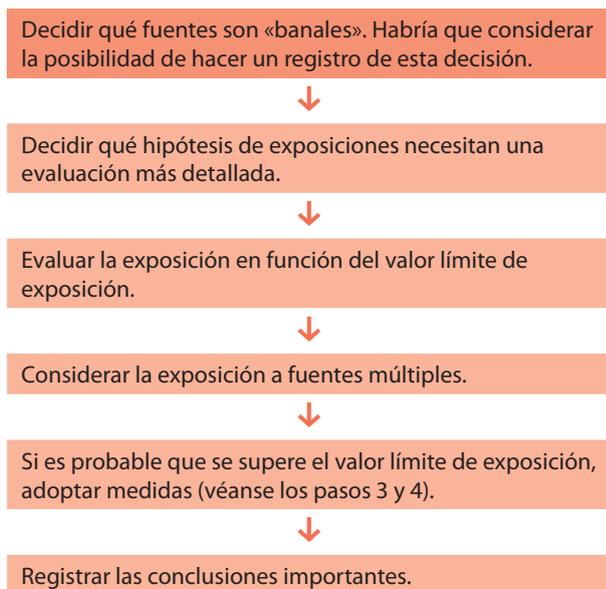
Registrar todas las fuentes probables de exposición a radiaciones ópticas artificiales y tener en cuenta las personas que pueden sufrir esta exposición.

6.2. Paso 2. Evaluación de riesgos y asignación de prioridades a los mismos

La Directiva exige que la exposición de los trabajadores a las radiaciones ópticas sea inferior a los valores límite que figuran en los anexos I y II de la Directiva. Numerosas fuentes de radiaciones ópticas en el lugar de trabajo son banales. En el apéndice D de la presente guía se ofrecen orientaciones para algunas aplicaciones específicas. A la hora de determinar si una fuente es banal, es necesario, asimismo, tener en cuenta el número de fuentes a las que puede estar expuesto el trabajador. Si se trata de una sola fuente y la exposición en la ubicación del trabajador es inferior al 20 % del VLE en toda una jornada de trabajo, podría considerarse banal. Sin embargo, si existen 10 fuentes del mismo tipo, la exposición a cada fuente debería ser inferior al 2 % del VLE para que se considere banal.

Es importante recalcar que la Directiva exige que los «riesgos» se eliminen o se reduzcan al mínimo, lo que no significa necesariamente reducir al mínimo la cantidad de radiaciones ópticas. Como es obvio, si se apagan todas las luces, se pondrá en peligro la seguridad y aumentará el riesgo de lesión.

A continuación se presenta un enfoque para evaluar los riesgos:



Determinar el riesgo de exposición, es decir, las probabilidades de exposición, puede no resultar sencillo. El lugar de trabajo puede contar con un rayo láser bien colimado y se puede reducir el riesgo de exposición al rayo láser. Sin

embargo, las consecuencias pueden ser considerables en caso de producirse una exposición. En cambio, el riesgo de exposición a las radiaciones ópticas procedentes de numerosas fuentes artificiales incoherentes puede ser elevado, pero las consecuencias nimias.

En la mayoría de los lugares de trabajo no se necesita cuantificar el riesgo de exposición, aparte de asignar una probabilidad alta, media o baja basada en el «sentido común».

La Directiva no define el término «probabilidad» en el contexto de «probabilidad de exposición». Por ello, a menos que las disposiciones nacionales establezcan otra cosa, basta con aplicar el sentido común.

Paso 2

Considerar la posibilidad de establecer un registro de fuentes banales.

Registrar las fuentes banales cuando exista un riesgo de superar el valor límite de exposición.

Evaluar el riesgo.

Tener en cuenta a los trabajadores que sean especialmente sensibles a la luz.

Dar prioridad a las medidas de control para aquellas fuentes que puedan hacer que los trabajadores sufran una exposición superior al valor límite.

Aunque se pueden utilizar los valores límite de exposición a radiaciones ultravioleta para determinar la irradiación máxima que puede recibir un trabajador en un día de trabajo, no es ideal que el trabajador sufra exposiciones repetidas de este tipo cada día. Habría que considerar la posibilidad de reducir la exposición a radiaciones ultravioletas hasta alcanzar valores lo más bajos posible en condiciones razonables, en lugar de trabajar al valor límite de exposición.

6.3. Paso 3. Planificación de las medidas preventivas necesarias

En el capítulo 9 de la presente guía se ofrecen orientaciones sobre las medidas de control que pueden emplearse para minimizar el riesgo de exposición a radiaciones ópticas artificiales. Por lo general, se prefiere la protección colectiva a la protección personal.

Paso 3

Planificación de las medidas preventivas necesarias.

Registrar las razones de la planificación.

6.4. Paso 4. Adopción de las medidas

Es necesario aplicar medidas preventivas. Una evaluación de los riesgos derivados de la exposición a radiaciones ópticas artificiales determinará si el trabajo puede continuar con precauciones hasta que se apliquen las medidas preventivas o si dicho trabajo debe suspenderse entretanto.

Paso 4

Decidir si el trabajo puede continuar.

Aplicar medidas preventivas.

Informar a los trabajadores sobre los motivos de las acciones preventivas.

6.5. Paso 5. Seguimiento y revisión

Es importante comprobar si la evaluación de riesgos ha sido eficaz y si las medidas preventivas son las adecuadas. Asimismo es necesario revisar la evaluación de riesgos en caso de que cambien las fuentes de radiaciones ópticas artificiales o si se modifican las prácticas de trabajo.

Los trabajadores no saben necesariamente si son sensibles a la luz, y pueden desarrollar esta sensibilidad una vez finalizada la evaluación de riesgos. Todas las reclamaciones deben registrarse y, en su caso, se debe recurrir a la vigilancia de la salud (véase el capítulo 11 de la presente guía). Puede ser necesario cambiar la fuente o fuentes de radiaciones ópticas artificiales o adaptar de otro modo las prácticas de trabajo.

Paso 5

Decidir el intervalo rutinario de revisión, de preferencia 12 meses.

Asegurarse de que se lleven a cabo revisiones si la situación cambia, por ejemplo, si se introducen nuevas fuentes, se cambian las prácticas de trabajo o tienen lugar incidentes adversos.

Registrar las revisiones y sus conclusiones.

6.6. Referencias

Agencia Europea para la Seguridad y la Salud en el Trabajo: <http://osha.europa.eu/es/topics/riskassessment>.

7. Medición de las radiaciones ópticas

7.1. Disposiciones de la Directiva

La medición de las radiaciones ópticas es algo que se puede hacer dentro del proceso de evaluación de riesgos. En el artículo 4 de la Directiva se establecen las obligaciones en materia de evaluación de riesgos, a saber:

«...en el caso de que los trabajadores estén expuestos a fuentes artificiales de radiación óptica, el empresario deberá evaluar y, en caso necesario, medir y/o calcular los niveles de exposición a la radiación óptica a que estén expuestos los trabajadores...».

Esta disposición permite que el empresario determine los niveles de exposición de los trabajadores por medio distintos de la medición, es decir, a través de un cálculo (utilizando para ello los datos facilitados por un tercero, como el fabricante).

Si es posible obtener datos que sean adecuados para realizar la evaluación de datos, no es necesario efectuar mediciones, lo que es preferible, ya que las mediciones de las radiaciones ópticas en el lugar de trabajo son una tarea compleja. El equipo de medición puede ser relativamente costoso, y es posible que solo una persona competente pueda utilizarlo correctamente. Un operador sin experiencia puede cometer fácilmente errores que darán lugar a la obtención de datos sumamente imprecisos. A menudo también es necesario combinar los datos de tiempos y movimientos correspondientes al lugar de trabajo objeto de la evaluación de riesgos.

7.2. Pedir asistencia

A menos que el empresario esté dispuesto a adquirir el equipo para medir las radiaciones ópticas y cuente con los

conocimientos técnicos para su uso, necesitará asistencia. El equipo de medición necesario puede encontrarse (junto con los conocimientos técnicos para usarlo) en:

- organismos nacionales de salud y seguridad en el trabajo,
- establecimientos de investigación (como universidades con una facultad de óptica),
- fabricantes de equipos de medición óptica (y posiblemente sus agentes),
- despachos privados de asesoría en materia de salud y seguridad en el trabajo.

Al ponerse en contacto con estas posibles fuentes de asistencia debe tenerse en cuenta que estas deberían poder demostrar:

- que conocen los valores límite de exposición y su aplicación,
- que cuentan con equipos capaces de medir todas las regiones de longitud de onda de interés,
- que tienen experiencia en el uso del equipo,
- que utilizan un método para calibrar el equipo basado en alguna norma nacional,
- que tienen la capacidad de estimar la incertidumbre de cualquier medición realizada.

A menos que se cumplan todos estos criterios, es posible que la evaluación de riesgos resultante presente defectos debido a:

- que no se aplicaron los límites correctos o no se aplicaron correctamente,
- que no se obtuvieron datos que puedan compararse a todos los límites aplicables,
- que se cometieron errores graves en los valores numéricos de los datos,
- que los datos no pueden compararse con los límites correspondientes para obtener una conclusión inequívoca.

8. Uso de los datos del fabricante

Debido a la gran variedad de fuentes que emiten radiaciones ópticas, los riesgos derivados de su uso varían considerablemente. La información facilitada por los fabricantes de equipos que emiten radiaciones ópticas debería ayudar a los usuarios a evaluar los peligros y a determinar las medidas de control necesarias. En particular, la clasificación de seguridad de las fuentes de radiaciones láser y no láser y de las distancias de peligro podrían resultar sumamente útiles para llevar a cabo la evaluación de riesgos.

8.1. Clasificación de seguridad

Los sistemas de clasificación para las fuentes de radiaciones láser y no láser indican el riesgo potencial de efectos perjudiciales para la salud. Estos riesgos pueden dar lugar o no a dichos efectos en función de las condiciones de uso y el tiempo o el entorno de exposición. Con la ayuda de la clasificación, los usuarios pueden seleccionar las medidas de control adecuadas para reducir estos riesgos al mínimo.

8.1.1. Clasificación de la seguridad de los productos láser

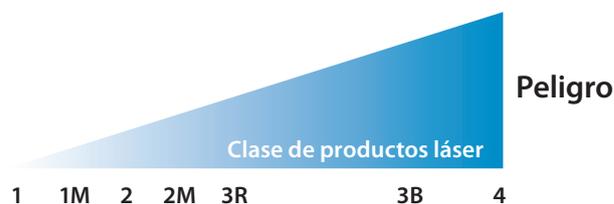
La clasificación de los productos láser se basa en el concepto de límite de emisión accesible que se definen para cada clase de productos láser. El límite de emisión accesible toma en consideración no solo la energía generada por el producto láser, sino también el acceso humano a la emisión láser. Los productos láser se dividen en siete clases; cuanto mayor es su número de clasificación, mayor es su potencial para provocar daños. Este riesgo puede reducirse en gran parte con medidas de protección adicionales para el usuario, entre ellas, controles técnicos adicionales, como recintos.

Información útil para recordar

La letra «M» de la clase 1M y la clase 2M se deriva de instrumentos ópticos visuales de aumento (*Magnifying*, en inglés).

La letra «R» de la clase R se deriva de requisitos Reducidos o Relajados tanto para el fabricante (por ejemplo, no se exige un interruptor general, un control de parada o atenuación del haz de luz o un conector de seguridad) como para el usuario.

La letra «B» de la clase 3B tiene orígenes históricos.



8.1.1.1. Clase 1

Productos láser que se consideran seguros durante su uso, incluso si se mira al haz de luz durante un período prolongado o si se emplean



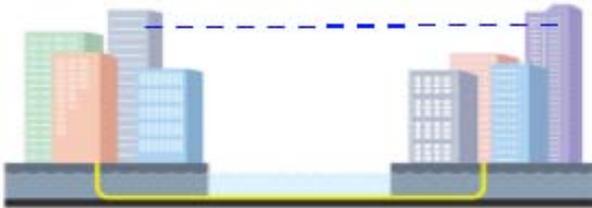
instrumentos visuales ópticos (por ejemplo lupas o binoculares). Los usuarios de productos láser de clase 1 generalmente están exentos de realizar un control de los peligros de las radiaciones ópticas en condiciones normales de funcionamiento. Durante el mantenimiento o la inspección, el usuario puede tener contacto con un nivel mayor de radiación.

En esta clase se incluyen los productos que contienen láseres de gran potencia en un recinto que evita la exposición de los seres humanos a las radiaciones y que no puede abrirse sin apagar el láser o que requiere herramientas para permitir el acceso al rayo láser:

- impresoras láser,
- reproductores y grabadoras de CD y DVD,
- láseres para tratamiento de materiales.

8.1.1.2. Clase 1M

Seguros para los ojos sin protección en condiciones previsible de funcionamiento, pero pueden ser peligrosos si el usuario utiliza lentes (por ejemplo, lupas o telescopios) con el haz de luz.



Ejemplo: un sistema de comunicaciones de fibra óptica desconectado.



Mirar directamente el haz de luz de productos de láser visible de clase 1 y 1M puede, no obstante, producir mareos, sobre todo con una iluminación ambiente deficiente.

8.1.1.3. Clase 2

Productos láser que emiten radiaciones visibles y que son seguros para exposiciones momentáneas, incluso si se utilizan instrumentos visuales ópticos, pero que pueden resultar peligrosos si se fija voluntariamente la vista en el haz de luz. Los productos láser de clase 2 no son inherentemente seguros para los ojos, pero se asume que la protección es adecuada debido a las respuestas naturales de aversión, como movimientos de la cabeza o el reflejo de parpadeo.



Ejemplos: lectores de códigos de barras

8.1.1.4. Clase 2M

Productos láser que emiten rayos láser visibles y que solamente son seguros para los ojos sin protección en exposiciones de corta duración; pueden producirse lesiones en los ojos si se utilizan lupas o telescopios. Normalmente, los ojos quedan protegidos por las respuestas de aversión, como el reflejo de parpadeo.



Ejemplos: instrumentos de nivel y alineación para aplicaciones de ingeniería civil.

8.1.1.5. Clase 3R

Mirar directamente al haz de luz puede ser peligroso, pero, en la práctica, el riesgo de lesión en la mayoría de los casos es relativamente bajo en las exposiciones de corta duración accidentales; pero pueden resultar peligrosos si son utilizados incorrectamente por personas no cualificadas. Este riesgo es reducido debido al comportamiento natural de aversión a la exposición a luces brillantes en el caso de las radiaciones visibles y debido a la respuesta al calor en la córnea en el caso de las radiaciones infrarrojas elevadas.

Los productos láser de clase 3R solo deben utilizarse cuando no existan probabilidades de ver directamente el haz de luz.

Ejemplos: equipos topográficos, punteros láser de alta potencia, equipos láser de alineación.



No todas las personas tienen una respuesta de aversión.

Ver directamente productos láser de clase 2, 2M o de radiaciones visibles láser 3R puede provocar mareo, ceguera momentánea y persistencia de imágenes, sobre todo con una iluminación ambiente deficiente, lo que puede tener implicaciones indirectas para la seguridad en general que pueden acarrear un trastorno temporal de la visión o reacciones de sobresalto. Los trastornos de la visión pueden resultar especialmente preocupantes cuando se realizan operaciones críticas, como trabajar con máquinas o en altura, con altas tensiones o al conducir.

8.1.1.6. Clase 3B

Peligrosos para los ojos si estos se exponen directamente al haz de luz dentro de la distancia nominal de riesgo ocular (DNRO;



véase la sección 8.2.1). Mirar directamente reflexiones difusas es seguro en condiciones normales, siempre que el ojo no esté a menos de 13 cm de la superficie difusora y la duración de la exposición sea inferior a 10 segundos. Los productos láser de clase 3B situados en el límite supe-

rior de esta clase pueden producir lesiones leves en la piel o incluso la ignición de materiales inflamables.

Ejemplos: equipos láser para tratamientos de fisioterapia, equipos de investigación para laboratorios.

resultar peligroso mirar reflexiones difusas. Estos equipos láser a menudo implican un peligro de incendio.

Ejemplos: pantallas láser de proyección, equipos láser para cirugía y dispositivos láser para cortar metales

8.1.1.7. Clase 4

Productos láser con los que es peligroso mirar directamente al haz de luz y exponer la piel dentro de la distancia de riesgo, y productos láser con los que también puede



Los productos láser de clase 3B y clase 4 no deben utilizarse sin llevar a cabo previamente una evaluación de riesgos para determinar las medidas de control y protección necesarias para garantizar un funcionamiento seguro.

Cuadro 8.1. Resumen de los controles necesarios para las distintas clases de seguridad de productos láser

	Clase 1	Clase 1M	Clase 2	Clase 2M	Clase 3R	Clase 3B	Clase 4
Descripción de la clase de riesgo	Seguros en condiciones de uso previsible	Seguros para los ojos sin protección; pueden ser peligrosos si el usuario utiliza lentes	Seguros para exposiciones de corta duración; la respuesta de aversión protege los ojos	Seguros para los ojos sin protección en exposiciones de corta duración; pueden ser peligrosos si el usuario utiliza lentes	Riesgo de lesión relativamente bajo, pero pueden ser peligrosos si son utilizados incorrectamente por personas no cualificadas	La visión directa es peligrosa	Peligrosos para los ojos y la piel; peligro de incendio
Zona controlada	No se requieren controles	Localizados o dentro de precintos	No se requieren controles	Localizados o dentro de precintos	Dentro de precintos	Dentro de precintos y protegidos con un interruptor de seguridad	Dentro de precintos y protegidos con un interruptor de seguridad
Interruptor general	No se requieren controles	No se requieren controles	No se requieren controles	No se requieren controles	No se requieren controles	Necesario	Necesario
Formación	Seguir las instrucciones del fabricante para un uso seguro	Recomendada	Seguir las instrucciones del fabricante para un uso seguro	Recomendada	Necesaria	Necesaria	Necesaria
EPI	No necesarios	No necesarios	No necesarios	No necesarios	Pueden ser necesarios, en función de los resultados de la evaluación de riesgos	Necesarios	Necesarios
Medidas de protección	No son necesarias en condiciones normales de uso	Evitar el uso de lentes de aumento, concentración o colimación	No ver fijamente el haz de luz	No ver fijamente el haz de luz. Evitar el uso de lentes de aumento, concentración o colimación	Evitar la exposición directa de los ojos	Evitar que los ojos o la piel queden expuestos al haz de luz. Protección contra reflexiones accidentales	Evitar la exposición directa de los ojos y la piel al haz de luz y sus reflexiones.

Limitaciones del sistema de clasificación de productos láser

La clasificación de seguridad de los productos láser se refiere a la radiación láser accesible, pero no tiene en cuenta otros peligros, como la electricidad, las radiaciones colaterales, los humos, el ruido, etc.

La clasificación de seguridad de los productos láser hace referencia al uso normal del producto, pero podría no ser aplicable al mantenimiento o la inspección, o cuando el dispositivo original forme parte de una instalación compleja.

La clasificación de seguridad de los productos láser se refiere a un único producto y no tiene en cuenta la exposición acumulativa de fuentes múltiples.

8.1.2. Clasificación de seguridad de las fuentes incoherentes

La clasificación de seguridad de las fuentes no coherentes (de banda ancha) se define en la norma EN 62471:2008, y se basa en la emisión máxima accesible correspondiente a las capacidades totales del producto en funcionamiento en cualquier momento después de su fabricación. Esta clasificación tiene en cuenta la cantidad de radiaciones ópticas, la distribución de las longitudes de onda y el acceso a dichas radiaciones por parte de seres humanos. Las fuentes de banda ancha se dividen en cuatro grupos de riesgo: cuanto más alto es el grupo de riesgo, mayor es su potencial de provocar daños.

La clasificación indica el riesgo potencial de sufrir efectos perjudiciales para la salud. Estos riesgos pueden dar lugar o no a dichos efectos en función de las condiciones de uso y el tiempo o el entorno de exposición. Con la ayuda de la clasificación, los usuarios pueden seleccionar las medidas de control adecuadas para minimizar estos riesgos.

Se utiliza la siguiente clasificación de los grupos de riesgo en orden ascendente:

- Grupo exento: sin peligros fotobiológicos en condiciones previsibles.
- Grupo de riesgo 1: grupo de bajo riesgo; el riesgo se limita gracias a los comportamientos normales que genera la exposición.
- Grupo de riesgo 2: grupo de riesgo moderado; el riesgo se limita debido a la respuesta de aversión a las fuentes luminosas muy brillantes. Sin embargo, no todas las personas tienen estos reflejos.
- Grupo de riesgo 3: grupo de alto riesgo; una exposición incluso momentánea o breve puede representar un riesgo.



Dentro de cada grupo se han establecido diversos criterios de tiempo para cada peligro. Estos criterios se eligieron de tal modo que el VLE aplicable no se supere en el tiempo establecido.

8.1.2.1. Grupo exento

No se prevén riesgos derivados de la radiación óptica directa, incluso con un uso continuo e ilimitado. Estas fuentes no plantean ninguno de los siguientes peligros fotobiológicos:

- un peligro producido por radiaciones UVB con una exposición máxima de 8 horas,
- un peligro derivado de las radiaciones del intervalo ultravioleta próximo con una exposición máxima de 1 000 segundos,
- un riesgo de luz azul en la retina con una exposición máxima de 10 000 segundos,
- un peligro térmico en la retina con una exposición máxima de 10 segundos,
- un peligro de radiaciones infrarrojas en el ojo con una exposición máxima de 1 000 segundos,
- un peligro derivado de las radiaciones infrarrojas sin un fuerte estímulo visual con una exposición máxima de 1 000 segundos.



Ejemplos: iluminación doméstica y de oficinas, monitores de ordenador, pantallas de equipos, indicadores luminosos.

8.1.2.2. Grupo de riesgo 1: bajo riesgo

Estos productos son seguros en la mayoría de las aplicaciones, excepto en el caso de exposiciones sumamente prolongadas en las que puedan producirse exposiciones oculares directas. Estas fuentes no plantean ninguno de los peligros siguientes debido a las limitaciones de exposición derivadas del comportamiento normal:



Ejemplo: linterna doméstica

- un peligro derivado de las radiaciones UVB con una exposición máxima de 10 000 segundos,
- un peligro derivado de las radiaciones del intervalo ultravioleta próximo con una exposición máxima de 300 segundos,
- un riesgo de luz azul en la retina con una exposición máxima de 100 segundos,
- un peligro de radiaciones infrarrojas en el ojo con una exposición máxima de 100 segundos,
- un peligro de radiaciones infrarrojas sin un fuerte estímulo visual con una exposición máxima de 100 segundos.

8.1.2.3. Grupo de riesgo 2: riesgo moderado

Fuentes que no plantean ninguno de los siguientes peligros debido a las respuestas de aversión a las fuentes luminosas muy brillantes, a la incomodidad térmica o cuando es poco probable que se produzcan exposiciones prolongadas:

- un peligro derivado de las radiaciones UVB con una exposición máxima de 1 000 segundos,
- un peligro derivado de las radiaciones del intervalo ultravioleta próximo con una exposición máxima de 100 segundos,
- un riesgo de luz azul en la retina con una exposición máxima de 0,25 segundos (respuesta de aversión),
- un peligro térmico en la retina con una exposición máxima de 0,25 segundos (respuesta de aversión),
- un peligro de radiaciones infrarrojas en el ojo con una exposición máxima de 10 segundos,
- un peligro derivado de las radiaciones infrarrojas sin un fuerte estímulo visual con una exposición máxima de 10 segundos.

8.1.2.4. Grupo de riesgo 3: alto riesgo

Fuentes que pueden plantear un riesgo incluso con exposiciones momentáneas o breves dentro de la distancia de riesgo. Es indispensable adoptar medidas de control de seguridad.



Filtrar las radiaciones ópticas excedentes no deseadas (por ejemplo, ultravioletas), cubrir la fuente para evitar el acceso a las radiaciones ópticas o utilizar lentes para ampliar los rayos pueden reducir un grupo de riesgo y disminuir el riesgo derivado de las radiaciones ópticas.

Limitaciones del sistema de clasificación de fuentes de banda ancha

La clasificación de seguridad se refiere a la radiación óptica accesible, pero no tiene en cuenta otros peligros, como la electricidad, las radiaciones colaterales, los humos, el ruido, etc.

La clasificación de seguridad hace referencia al uso normal del producto, pero podría no ser aplicable al mantenimiento o la inspección, o cuando el dispositivo original forme parte de una instalación compleja.

La clasificación de seguridad se refiere a un único producto y no tiene en cuenta la exposición acumulativa de fuentes múltiples.

Los productos se clasifican a una distancia que produce una iluminancia de 500 lux para sistemas de iluminación general y a 200 mm de la fuente para otras aplicaciones; estos valores pueden no ser representativos para todas las condiciones de uso.

8.1.3. Clasificación de seguridad de la maquinaria

La maquinaria que produce radiaciones ópticas puede clasificarse igualmente según la norma EN 12198. Esta norma se aplica a todas las emisiones, ya sean intencionales o accidentales, excepto a las fuentes utilizadas exclusivamente para iluminación.

La maquinaria se clasifica en una de tres categorías en función de la misión accesible. En el cuadro 8.2 se ilustran las tres categorías por orden de riesgo descendente.

Cuadro 8.2. Clasificación de seguridad de la maquinaria según la norma EN 12198

Categoría	Restricciones y medidas de protección	Información y formación
0	Sin restricciones	No se requiere información
1	Restricciones: limitación de acceso; pueden necesitarse medidas de protección	El fabricante debe facilitar información sobre peligros, riesgos y efectos secundarios
2	Son indispensables restricciones especiales y medidas de protección	El fabricante debe facilitar información sobre peligros, riesgos y efectos secundarios. Puede ser necesario impartir formación

La asignación de una máquina a una de estas tres categorías se basa en las cantidades radiométricas efectivas que se presentan en el cuadro 8.3, medidas a una distancia de 10 cm.

Cuadro 8.3. Límites de emisión para la clasificación de la maquinaria según la norma EN 12198

E_{eff}	E_B	L_B	E_R	Categoría
	(para $\alpha < 11 \text{ mrad}$)	(para $\alpha \geq 11 \text{ mrad}$)		
$\leq 0,1 \text{ mW m}^{-2}$	$\leq 1 \text{ mW m}^{-2}$	$\leq 10 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$	$\leq 33 \text{ W m}^{-2}$	0
$\leq 1,0 \text{ mW m}^{-2}$	$\leq 10 \text{ mW m}^{-2}$	$\leq 100 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$	$\leq 100 \text{ W m}^{-2}$	1
$> 1,0 \text{ mW m}^{-2}$	$> 10 \text{ mW m}^{-2}$	$\leq 100 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$	$> 100 \text{ W m}^{-2}$	2

8.2. Información sobre la distancia y los valores de riesgo

En algunas aplicaciones puede resultar útil saber la distancia a la que se extienden los riesgos derivados de las radiaciones ópticas.

La distancia a la que el nivel de exposición desciende al nivel del valor límite de exposición aplicable se conoce como distancia de riesgo, pues más allá de esta distancia no existe riesgo de sufrir daños. Esta información, si es facilitada por los fabricantes, puede resultar útil para la evaluación de riesgos y para garantizar la seguridad del entorno de trabajo.

8.2.1. Productos láser. Distancia nominal de riesgo ocular

A una distancia determinada, a medida que diverge el rayo láser, la irradiancia es igual al VLE para los ojos. Esta distancia se denomina distancia nominal de riesgo ocular (DNRO). El VLE no se supera a distancias mayores y el rayo láser se considera seguro a partir de esta distancia.

Los fabricantes facilitan a menudo la información sobre la DNRO en las especificaciones del producto. Si no se dispone de esta información, la DNRO para las radiaciones láser puede calcularse utilizando los siguientes parámetros de los datos del fabricante:

- potencia radiante (W),
- diámetro inicial del haz de luz (m),
- divergencia (radianes),
- valor límite de exposición (VLE) (W m^{-2}).

Aunque la situación puede complicarse si la distancia es grande o si el haz de luz no es circular, la siguiente ecuación permite obtener una buena estimación de la DNRO:

$$DNRO = \sqrt{\frac{4 \text{ veces la potencia radiante}}{\pi \times VLE}} \cdot \frac{\text{Diámetro inicial}}{\text{Divergencia}}$$

8.2.2. Fuentes de banda ancha. Distancia y valor de riesgo

La distancia a la que el nivel de exposición desciende al nivel del valor límite de exposición aplicable se conoce como distancia de riesgo (DR), pues más allá de esta distancia no existe riesgo de sufrir daños. La DR debe tenerse en cuenta al especificar los límites de la zona que tiene acceso a radiaciones ópticas y las actividades del personal que es controlado y supervisado para protegerlo contra estas radiaciones. Se pueden definir distancias de riesgo para la exposición de los ojos o la piel.

La información sobre los peligros de las radiaciones ópticas puede presentarse, asimismo, en forma de valor de riesgo (VR), que es el valor resultante de dividir el nivel de exposición a una distancia determinada por el valor límite de exposición a esa distancia:

$$VR = \frac{\text{Nivel de exposición (distancia, tiempo de exposición)}}{\text{Valor límite de exposición}}$$

El valor de riesgo (VR) reviste una gran importancia en la práctica. Si el VR es superior a 1, ofrece una orientación sobre las medidas de control necesarias: limitar la duración de la exposición o bien el acceso a la fuente (atenuación, distancia), según convenga. Si el VR es inferior a 1, el VLE no se supera en el lugar en que se mide el tiempo de exposición.

Los fabricantes facilitan a menudo información sobre la DR y los valores de riesgo en las especificaciones del producto. Esta información debería ayudar al usuario a realizar la evaluación de riesgos y a elegir las medidas de control adecuadas.

8.3. Otra información útil

EN 60825-1: 2007. Seguridad de los productos láser. Parte 1: Clasificación de los equipos y requisitos.

IEC TR 60825-14: 2004. Seguridad de los productos láser. Parte 14: Guía del usuario.

EN 62471: 2008. Seguridad fotobiológica de las lámparas y de los aparatos que utilizan lámparas.

EN 12198-1: 2000. Seguridad de las máquinas. Evaluación y reducción de los riesgos debidos a las radiaciones emitidas por las máquinas. Parte 1: Principios generales.

EN 12198-2: 2002. Seguridad de las máquinas. Evaluación y reducción de los riesgos debidos a las radiaciones emitidas por las máquinas. Parte 2: Procedimiento de medición de la radiación emitida.

EN 12198-3: 2000. Seguridad de las máquinas. Evaluación y reducción de los riesgos debidos a las radiaciones emitidas por las máquinas. Parte 3: Reducción de las radiaciones por atenuación y blindaje.

9. Medidas de control

La jerarquía de las medidas de control se basa en el principio según el cual, si se identifican todos los peligros, este debe controlarse mediante diseño técnico. Únicamente cuando no es posible hacerlo debe introducirse una protección alternativa. En muy pocas circunstancias es necesario recurrir a equipos personales de protección o procedimientos administrativos.

La selección de las medidas adecuadas en una situación determinada debería guiarse por el resultado de la evaluación de riesgos. Debe reunirse toda la información disponible sobre las fuentes de radiaciones ópticas y la posible exposición personal. Por lo general, una comparación entre la exposición a las radiaciones que figura en las especificaciones del equipo o los datos medidos y el valor o valores límite de exposición aplicables permite evaluar la exposición personal a las radiaciones ópticas en el lugar de trabajo. Su propósito es obtener un resultado inequívoco que indique si existen probabilidades o no de superar el valor o valores límite aplicables.

Si se puede enunciar claramente que la exposición a las radiaciones ópticas es insignificante y que no se superarán los valores límite de exposición, no es necesario adoptar otras medidas.

Si las emisiones son significativas y/o la ocupación es alta, es posible que los límites se superen y que sea necesario tomar algún tipo de medidas de protección. El procedimiento de evaluación debería repetirse tras la aplicación de las medidas de protección.

La repetición de la medición y de la evaluación puede resultar necesaria en caso de que:

- haya cambiado la fuente de las radiaciones (por ejemplo, si se ha instalado otra fuente o si la fuente funciona en condiciones diferentes),
- haya cambiado la naturaleza del trabajo,
- haya cambiado la duración de la exposición,
- se hayan aplicado medidas de protección, o estas se hayan interrumpido o modificado,
- haya transcurrido un largo período desde la última medición o evaluación, de modo que los resultados puedan ya no ser válidos,
- se deba aplicar un conjunto diferente de valores límite.

Las medidas de control aplicadas en las fases de diseño e instalación pueden brindar ventajas importantes de seguridad y funcionamiento. La introducción posterior de dichas medidas puede resultar costosa.

9.1. Jerarquía de las medidas de control

Cuando la exposición potencial es superior al VLE, el peligro debe gestionarse mediante la aplicación de una combinación de medidas de control adecuadas. Las prioridades de control son comunes para la gestión de riesgos:

Eliminación del peligro
Sustitución por un proceso o equipo menos peligroso
Medidas técnicas
Controles administrativos
Equipo de protección personal

9.2. Eliminación del peligro

¿Es realmente necesaria la fuente de radiaciones ópticas peligrosas?

¿Es realmente necesario tener encendidas estas luces?



9.3. Sustitución por un proceso o equipo menos peligroso

¿Es indispensable el nivel peligroso de radiaciones ópticas?



¿Es realmente necesario que las luces sean tan brillantes?



9.4. Controles técnicos

¿Podría modificarse el equipo o controlarse o reducirse las radiaciones ópticas peligrosas en su fuente?

Si no es posible aplicar los controles de más alta prioridad (eliminación o sustitución), debería darse prioridad a los medios técnicos para reducir la exposición. Los controles administrativos pueden utilizarse junto con medidas de control de mayor prioridad. Si la reducción de la exposición personal no resulta viable, practicable o completa, debería considerarse la posibilidad de utilizar equipo de protección personal como último recurso.

Cajas de protección	Luces de advertencia	Interruptores de atenuación
Recintos	Señales sonoras	Mirillas y filtros
Enclavamientos	Mandos a distancia	Eliminación de los reflejos
Interruptores de funcionamiento diferido	Dispositivos auxiliares de alineación	

9.4.1. Prevención del acceso

Esta prevención se puede llevar a cabo mediante barreras fijas o móviles con dispositivos de enclavamiento. Las barreras fijas se usan generalmente en aquellas partes del equipo a las que no es necesario acceder de manera periódica y se encuentran instaladas permanentemente.

Si el acceso es necesario, pueden utilizarse barreras móviles o que puedan abrirse, provistas de dispositivos de enclavamiento.

Nota importante

Las barreras deben ser adecuadas y resistentes

No deben generar riesgos adicionales y deben conllevar una obstrucción mínima

No deben ser fáciles de eludir o vencer, en caso de que sean barreras de cerramiento fijas

Si se trata de barreras de separación fijas, deben estar situadas a una distancia adecuada de la zona de peligro

9.4.2. Protección mediante limitación del funcionamiento

Cuando es necesario atravesar frecuentemente las barreras físicas, estas pueden resultar a menudo demasiado restrictivas, sobre todo si el operador tiene que llevar a cabo operaciones de carga y descarga, o de ajuste. En este caso, lo habitual es emplear sensores para detectar

la presencia o ausencia de un operador, y para activar la orden de parada correspondiente. Estos pueden considerarse dispositivos de paso, pues no restringen el acceso, sino que lo detectan. El tiempo que tarda la máquina en alcanzar una condición de seguridad determina la ubicación o proximidad de los sensores.

9.4.3. Interruptores de parada de emergencia

Cuando el personal puede acceder a un entorno peligroso, es indispensable instalar interruptores de parada de emergencia para las personas que tengan problemas mientras se encuentran en la zona de peligro. Los interruptores de parada de emergencia deben reaccionar rápidamente y detener todos los servicios en la zona de peligro. La mayoría de las personas conocen los botones de parada de emergencia de color rojo en forma de hongo; estos deben estar situados en lugares adecuados alrededor de la instalación en cantidad suficiente para que uno de ellos siempre esté al alcance. Como alternativa, se puede instalar un cable del que tirar, conectado a un interruptor de parada de emergencia, que a menudo constituye un medio más conveniente de ofrecer protección en una zona de peligro. Se pueden instalar interruptores de paso de otros tipos alrededor de todas las partes móviles, que detecten una presencia imprevista, como un selector o una barra de seguridad.

9.4.4. Dispositivos de enclavamiento

Existen muchas variantes de interruptores de enclavamiento, y cada uno de ellos tiene sus propias características. Es importante elegir el dispositivo correcto para la aplicación de que se trate.

Nota importante

Los dispositivos de enclavamiento deben estar bien contruidos y ser fiables en las condiciones extremas previsibles

Deben ser a prueba de fallos e inviolables

El estado del dispositivo de enclavamiento debe indicarse claramente, por ejemplo, mediante señales amplias en los botones de anulación e indicadores de advertencia en los paneles de los operadores

El dispositivo de enclavamiento debe limitar el funcionamiento hasta que la puerta de la barrera no esté totalmente cerrada

Otra información útil

- EN 953: 1997. Seguridad de las máquinas. Protectores. Prescripciones generales para el diseño y la fabricación de protectores fijos y móviles.
- EN 13857: 2008. Seguridad de las máquinas, distancias de seguridad para evitar que las extremidades superiores e inferiores lleguen a zonas de peligro.
- EN 349: 1993. Seguridad de las máquinas. Distancias mínimas para evitar el aplastamiento de partes del cuerpo humano.
- EN 1088: 1995. Dispositivos de enclavamiento asociados a resguardos.
- EN 60825-4: 2006. Seguridad de los productos láser.

9.4.5. Filtros y mirillas

Muchos procesos industriales pueden confinarse total o parcialmente. En tal caso, es posible supervisar el proceso a distancia a través de una mirilla, lentes o una cámara de televisión. La seguridad puede garantizarse mediante el uso de materiales filtrantes adecuados para bloquear la transmisión de niveles peligrosos de radiaciones ópticas. De este modo se elimina la necesidad de utilizar gafas de seguridad y se mejora la seguridad del operador y las condiciones de trabajo.

Los ejemplos van desde salas de control a gran escala hasta una mirilla instalada dentro de un pequeño recinto local en torno a la región en que tiene lugar la interacción.

Nota importante

Los materiales filtrantes deben ser durables y adecuados

Resistentes a los impactos

No deben poner en peligro la seguridad de funcionamiento



Paneles de observación en la zona resguardada

Es necesario tener en cuenta que la transmisión de radiaciones ópticas a través de ventanas y otros paneles translúcidos puede constituir un riesgo. Aunque el haz de radiación óptica no represente un peligro directo para la retina, las luces intermitentes temporales pueden provocar problemas de seguridad secundarios en conjunción con otros procedimientos cercanos.

9.4.6. Dispositivos auxiliares de alineación

Cuando en los trabajos rutinarios de mantenimiento es necesario alinear los componentes que fijan la trayectoria del haz de luz, se deben prever medios seguros para hacerlo. He aquí algunos ejemplos:

- utilizar un láser visible de baja potencia que siga el eje del rayo de mayor potencia,
- utilizar máscaras o blancos.

Nota importante

Nunca se debe utilizar el ojo humano o la piel como dispositivo auxiliar de alineación

9.5. Medidas administrativas

Los controles administrativos son la segunda fase de la jerarquía de control. Normalmente, requieren que las personas reaccionen ante la información que reciben, y, por consiguiente, su eficacia depende de las acciones de estas personas. Sin embargo, tienen una función y pueden constituir la principal medida de control en algunos casos, como durante la puesta en servicio y la inspección técnica.

Los controles administrativos dependen del riesgo e implican la designación de personas para que formen parte de la estructura de gestión de seguridad, la restricción de acceso, la instalación de señales y letreros, y la adopción de procedimientos.

Una buena práctica consiste en adoptar disposiciones formales para un enfoque integrado de la gestión de la seguridad de las radiaciones ópticas. Estas disposiciones deben documentarse para dejar constancia de las medidas adoptadas y su justificación. Esta documentación puede resultar útil, asimismo, para la investigación de incidentes. Esta documentación puede incluir:

- una declaración de la política de seguridad para las radiaciones ópticas,
- un resumen de los principales aspectos organizativos (nombramientos y lo que se espera de las personas designadas para cada puesto),
- una copia documentada de la evaluación de riesgos,
- un plan de acción en el que se detallen los controles complementarios identificados en la evaluación de riesgos, así como un calendario para su ejecución,
- un resumen de las medidas de control aplicadas, así como una breve justificación de cada una de ellas,
- una copia de todas las disposiciones concretas por escrito o reglamento local que se apliquen a los trabajos realizados en la zona controlada de radiaciones ópticas,
- el registro de usuarios autorizados,
- un plan para el mantenimiento de las medidas de control, en el que pueden figurar las fechas para adoptar las medidas necesarias para mantener o poner a prueba las medidas de control,
- datos sobre las disposiciones formales para gestionar las interacciones con agentes externos, como los técnicos encargados de las inspecciones, detalles de los planes de contingencia,
- un plan de auditoría,
- copias de los informes de auditoría,
- copias de la correspondencia pertinente.

Una práctica habitual debería ser la revisión periódica la eficacia del programa (por ejemplo, cada año) a la vista de los informes de auditoría y de los cambios de la legislación y las normas técnicas.

9.5.1. Reglamento local

Cuando en la evaluación de riesgos se identifique una exposición potencial a un nivel peligroso de radiaciones ópticas, resulta conveniente establecer un sistema de instrucciones de seguridad por escrito (o reglamento local) para regular la forma en que se realizan los trabajos con radiaciones ópticas. Estas normas deberían incluir una descripción de la zona, la información de contacto de un asesor sobre radiaciones ópticas (véase la sección 9.5.4), información sobre las personas autorizadas para utilizar el equipo, datos sobre las pruebas necesarias antes del uso, instrucciones de manejo, una descripción de los peligros e información sobre las instrucciones de contingencia.

En condiciones normales, el reglamento local debería estar disponible en las zonas a las que hace referencia e ir dirigido a todas las personas afectadas por ellas.

9.5.2. Zona controlada

Es posible que sea necesario designar una zona controlada en la que puedan producirse radiaciones ópticas que superen el VLE. Una zona controlada es aquella en la que está restringido el acceso, excepto para las personas autorizadas, de preferencia por medios físicos, por ejemplo, mediante paredes y puertas en todo el recinto. El acceso a la zona puede restringirse mediante cerraduras, dispositivos numéricos o barreras.

Deben adoptarse procedimientos para que la dirección autorice formalmente a los usuarios. Estos deberían contemplar un proceso formal para evaluar la idoneidad del personal antes de la autorización, el cual debería incluir una evaluación de su formación, competencia y conocimiento del reglamento local. Los resultados de esta evaluación deberían registrarse y los nombres de todas las personas autorizadas deberían inscribirse en un registro formal.

9.5.3. Señales y avisos de seguridad

Estos constituyen una parte importante de cualquier sistema de controles administrativos. Las señales de seguridad solo resultan eficaces si son claras e inequívocas, y si se colocan únicamente en los lugares adecuados, pues de lo contrario a menudo son ignoradas.

Las señales de advertencia pueden contener información sobre el tipo de equipo que se utiliza. Debería indicarse, asimismo, si el personal tiene la obligación de utilizar equipos de protección personal.

Las señales de advertencia son más eficaces si se colocan únicamente en el lugar en el que se utiliza el equipo. Todas las señales de seguridad deben colocarse a la altura de los ojos para maximizar su visibilidad.



Señales típicas que se usan en el entorno de trabajo para avisar de la existencia de peligro y recomendar el uso de equipos de protección personal

Todas las señales de seguridad deben cumplir lo establecido en la Directiva relativa a la señalización de seguridad y de salud en el trabajo (92/58/CEE).

9.5.4. Nombramientos

La seguridad de las radiaciones ópticas debe gestionarse a través de la misma estructura de gestión de la salud y la seguridad en el trabajo que otras actividades potencialmente peligrosas. Los pormenores de los aspectos organizativos pueden variar en función del tamaño y estructura de la organización de que se trate.

En el caso de numerosas aplicaciones no se justifica la formación de un experto en gestión de la seguridad de las radiaciones ópticas. Asimismo, el personal puede tener dificultades para mantenerse al día en asuntos de seguridad de las radiaciones ópticas si utiliza estas cualificaciones con poca frecuencia. Por ello, algunas empresas utilizan los servicios de asesores externos en materia de seguridad de las radiaciones ópticas. Estos pueden ofrecer recomendaciones sobre:

- soluciones de control técnico,
- procedimientos escritos para utilizar el equipo en condiciones de seguridad, medidas de seguridad operativas y de trabajo,

- selección del equipo de protección personal,
- educación y formación del personal.

Para supervisar los aspectos cotidianos de la seguridad de las radiaciones ópticas en un lugar de trabajo puede ser conveniente designar a un miembro del personal que tenga conocimientos suficientes para ello.

9.5.5. Formación y consulta

9.5.5.1. Formación

El artículo 6 de la Directiva exige que los trabajadores expuestos a riesgos de radiaciones ópticas artificiales (o sus representantes) reciban información y formación. Esta disposición incluye, en particular:

Las medidas adoptadas en aplicación de la presente Directiva
Los valores límite de exposición y los riesgos potenciales asociados
Los resultados de las evaluaciones, mediciones y/o cálculos de los niveles de exposición a radiaciones ópticas artificiales efectuados de conformidad con el artículo 4 de la presente Directiva, así como las explicaciones sobre su significado y sobre los riesgos potenciales
La forma de detectar los efectos nocivos para la salud debidos a la exposición y la forma de informar sobre ellos
Las circunstancias en las que los trabajadores tienen derecho a una vigilancia de la salud
Las prácticas de trabajo seguras para reducir al mínimo los riesgos derivados de la exposición
El uso correcto de los equipos adecuados de protección personal

Se propone que el nivel de formación guarde relación con el riesgo de exposición a radiaciones ópticas artificiales. Si todas las fuentes se consideran «banales», sería conveniente informar de tal hecho a los trabajadores o sus representantes. Sin embargo, los trabajadores o sus representantes deberían saber que existen grupos de riesgo especialmente sensibles, y deberían conocer el proceso para gestionar estos grupos.

Cuando en el lugar de trabajo existan radiaciones ópticas artificiales que puedan superar el valor límite de exposición, habría que considerar la posibilidad de impartir una formación especializada y, quizás, de asignar funciones específicas a los trabajadores. Al determinar el nivel de formación requerido, el empresario debería tener en cuenta los siguientes factores:

Los conocimientos técnicos del personal y su conocimiento actual de los riesgos derivados de las radiaciones ópticas artificiales
Las evaluaciones de riesgo ya realizadas y sus conclusiones
El hecho de que los trabajadores tengan la obligación de prestar asistencia a las evaluaciones de riesgos o su revisión
Si el lugar de trabajo es estático y la evaluación formal de los riesgos ha determinado que estos son aceptables, o si el entorno de trabajo cambia con frecuencia
Si el empresario tiene acceso a conocimientos técnicos externos para ayudarle a gestionar los riesgos
Los trabajadores nuevos en el lugar de trabajo o que nunca han utilizado radiaciones ópticas artificiales

Es importante poner los riesgos en perspectiva. Por ejemplo, no se justifica imponer cursos de formación especializada para el uso de un puntero láser de clase 2. Siempre será obligatorio impartir formación a los trabajadores que utilicen productos láser de clase 3B y clase 4 y fuentes incoherentes del grupo de riesgo 3. No obstante, no es posible definir la duración concreta de un programa de formación o la forma de impartirlo. Precisamente por este motivo resulta importante la evaluación de riesgos.

En condiciones ideales, las necesidades de formación y la forma de impartirla deben definirse antes de poner en servicio la fuente de radiaciones ópticas artificiales.

9.5.5.2. Consulta

El artículo 7 de la Directiva hace referencia a las disposiciones de carácter general del artículo 11 de la Directiva 89/391/CEE:

Artículo 11**Consulta y participación de los trabajadores**

1. Los empresarios consultarán a los trabajadores y/o a sus representantes y permitirán su participación en el marco de todas las cuestiones que afecten a la seguridad y a la salud en el trabajo.

Ello implica:

- la consulta de los trabajadores,
- el derecho de los trabajadores y/o de sus representantes a formular propuestas,
- la participación equilibrada de conformidad con las legislaciones y/o los usos nacionales.

2. Los trabajadores o los representantes de los trabajadores que tengan una función específica en materia de protección de la seguridad y de la salud de los trabajadores, participarán de forma equilibrada, de conformidad con las legislaciones y/o los usos nacionales, o serán consultados previamente y a su debido tiempo por el empresario sobre:

- a) cualquier acción que pueda tener efectos sustanciales sobre la seguridad y la salud;
- b) la designación de los trabajadores prevista en el apartado 1 del artículo 7 y en el apartado 2 del artículo 8, así como sobre las actividades previstas en el apartado 1 del artículo 7;
- c) las informaciones previstas en el apartado 1 del artículo 9 y en el artículo 10;
- d) el recurso, previsto en el apartado 3 del artículo 7, en su caso, a competencias (personas o servicios) ajenas a la empresa y/o al establecimiento;
- e) la concepción y la organización de la formación prevista en el artículo 12.

3. Los representantes de los trabajadores que tengan una función específica en materia de protección de la seguridad y de la salud de los trabajadores tendrán derecho a solicitar del empresario que tome las medidas adecuadas y a presentarle propuestas en ese sentido para paliar cualquier riesgo para los trabajadores y/o eliminar las fuentes de riesgo.

4. Los trabajadores a que se hace referencia en el apartado 2 y los representantes de los trabajadores contemplados en los apartados 2 y 3 no podrán sufrir perjuicios a causa de sus respectivas actividades contempladas en los apartados 2 y 3.

5. El empresario tendrá que conceder a los representantes de los trabajadores con una función específica en materia de protección de la seguridad y de la salud de los trabajadores una dispensa laboral suficiente sin pérdida de salario y poner a su disposición los medios necesarios para que dichos representantes puedan ejercer los derechos y las funciones resultantes de la presente Directiva.

6. Los trabajadores y/o sus representantes tendrán el derecho de recurrir, de conformidad con las legislaciones y/o los usos nacionales, a la autoridad competente en materia de seguridad y de salud en el trabajo, si consideran que las medidas adoptadas y los medios utilizados por el empresario no son suficientes para garantizar la seguridad y la salud en el trabajo.

Los representantes de los trabajadores deberán tener la posibilidad de presentar sus observaciones durante las visitas y verificaciones efectuadas por la autoridad competente.

1. En el informe IEC TR 60825-14: 2004 se recomienda una formación mínima para los usuarios de productos láser.
2. La norma EN 608252: 2004 establece obligaciones adicionales para los usuarios que trabajan con sistemas de comunicaciones de fibra óptica.
3. La norma EN 60825-12: 2004 establece obligaciones adicionales para los usuarios que trabajan con sistemas de comunicaciones de espacios libres.
4. El informe técnico CLC/TR 50448: 2005 ofrece una guía para los niveles de competencia necesarios para la seguridad de los productos láser.

9.6. Equipo de protección personal

Las especificaciones de diseño del equipo deben prever la reducción de la exposición accidental a radiaciones ópticas. La exposición a las radiaciones ópticas debe reducirse en la medida de lo posible por medios razonables con elementos físicos de protección, como controles técnicos. El equipo de protección personal solo debe

utilizarse cuando los controles técnicos y administrativos sean inaplicables o incompletos.

El propósito de los equipos de protección personal es reducir las radiaciones ópticas a un nivel que no provoque efectos perjudiciales para la salud de la persona expuesta. Las lesiones que provocan las radiaciones ópticas pueden no ser visibles en el momento de la exposición. Cabe señalar que los valores límite de exposición dependen

de la longitud de onda, por lo que el grado de protección que brindan los equipos de protección personal también pueden depender de dicha longitud.

Aunque una lesión aguda de la piel resultante de la exposición a radiaciones ópticas tiene menos posibilidades de reducir la calidad de vida de la persona afectada, habría que reconocer que la probabilidad de sufrir una lesión en la piel puede ser alta, en particular en las manos y el rostro. La exposición de la piel a radiaciones ópticas inferiores a 400 nm, que pueden aumentar el riesgo de cáncer de piel, constituye un motivo especial de preocupación.

Nota importante

Los equipos de protección personal deben ser adecuados a los riesgos de que se trate y no dar lugar a un aumento de estos



Los equipos de protección personal deben ser adecuados para la condiciones del lugar de trabajo

Estos equipos deben tener en cuenta las necesidades ergonómicas y el estado de salud del trabajador

9.6.1. Protección contra otros peligros

Al seleccionar los equipos de protección personal contra la exposición a radiaciones ópticas deben tenerse en cuenta los siguientes peligros no ópticos:

- Impactos
- Penetración
- Compresión
- Peligros químicos
- Calor/frío
- Polvos nocivos
- Peligros biológicos
- Peligros eléctricos

En el siguiente cuadro se ilustran algunos ejemplos.

Equipo de protección personal	Función
Protectores oculares: gafas de seguridad, gafas aislantes, caretas, visores	Los protectores oculares deben permitir que el trabajador vea todas las partes de la zona del trabajo, pero deben limitar las radiaciones ópticas a niveles aceptables. La selección de los protectores oculares adecuados depende de numerosos factores, como la longitud de onda, la potencia o energía, la densidad óptica, la necesidad de usar gafas correctivas, la comodidad, entre otros.

Prendas y guantes de protección	Las fuentes de radiaciones ópticas pueden implicar un riesgo de incendio, por lo que puede ser necesario utilizar prendas de protección. Los equipos que generan radiaciones ultravioletas pueden constituir un peligro para la piel, por lo que esta debe cubrirse con prendas y guantes de protección adecuados. Es necesario usar guantes al trabajar con agentes químicos o biológicos. Las especificaciones de la aplicación de que se trate pueden exigir el uso de prendas o guantes de protección.
Equipos respiratorios	Durante el proceso pueden producirse humos o polvos tóxicos y perjudiciales. Puede ser necesario un equipo respiratorio para casos de emergencia.
Orejeras	El ruido de algunas aplicaciones industriales puede ser un peligro.

9.6.2. Protección de los ojos

Las radiaciones ópticas pueden provocar lesiones en los ojos si la exposición supera los valores límite de exposición (VLE). Si las demás medidas no son capaces de controlar el riesgo de una exposición de los ojos superior a los VLE aplicables, deben utilizarse los protectores oculares recomendados por el fabricante del equipo o el asesor sobre seguridad de las radiaciones ópticas diseñados específicamente para las longitudes de onda o potencias producidas.

Los protectores oculares deben llevar marcados claramente el intervalo de longitud de onda y el nivel de protección correspondiente. Esta indicación resulta especialmente importante si existen fuentes múltiples que requieran diferentes tipos de protectores oculares, como equipos láser de distinta longitud de onda que exijan un protector ocular determinado. Asimismo, se recomienda utilizar un método inequívoco y eficaz para marcar los protectores oculares de seguridad a fin de que exista un vínculo evidente con el producto para el que se ha indicado el equipo de protección personal.

El nivel de atenuación de las radiaciones ópticas que ofrece el protector ocular en la región espectral de riesgo debe ser suficiente al menos para reducir la exposición por debajo de los VLE aplicables.

La transmitancia luminosa y el color del entorno visible a través de los filtros de protección constituyen características importantes de los protectores oculares que pueden

influir sobre la capacidad del operador para llevar a cabo las operaciones necesarias sin poner en peligro la seguridad de las radiaciones no ópticas.

Los protectores oculares deben almacenarse correctamente, limpiarse a períodos regulares y ser objeto de un régimen de inspección definido.

Consideraciones para la elección de los protectores oculares

P: Nivel de protección	→ Es necesario elegir protectores con una atenuación que permita reducir por debajo del $\frac{\text{nivel de exposición}}{\text{valores límite}}$
P: ¿Transmitancia luminosa? ¿Calidad de visión?	→ Es necesario elegir protectores oculares con una transmitancia luminosa superior al 20 % Si no pueden conseguirse, debe aumentarse el nivel de iluminación Debe comprobarse que los filtros no estén rayados ni presenten dispersiones
P: Percepción de los colores del entorno de trabajo	→ Es necesario comprobar que los controles del equipo y las señales de advertencia puedan verse claramente a través de los protectores oculares
P: Reflejos excesivos	→ Conviene evitar filtros y marcos pulidos o muy brillantes
P: Si los protectores funcionan con electricidad de la red o baterías y se interrumpe el suministro eléctrico, ¿se produce un fallo de seguridad?	→ Debe elegirse un filtro que ofrezca la máxima atenuación sin electricidad

9.6.3. Protección de la piel

Las zonas de la piel que mayor riesgo corren de quedar expuestas a las radiaciones ópticas en el trabajo son las manos, el rostro, la cabeza y el cuello, pues las demás zonas generalmente están cubiertas con prendas de

trabajo. Las manos pueden protegerse con guantes con una baja transmisión de radiaciones ópticas peligrosas. El rostro puede protegerse con una careta o visor absorbente, que también puede proteger los ojos. La cabeza y el cuello pueden protegerse con cascos adecuados.



9.7. Otra información útil

Directiva 89/656/CEE del Consejo relativa a las disposiciones mínimas de seguridad y de salud para la utilización por los trabajadores en el trabajo de equipos de protección individual

9.7.1. Normas básicas

EN 165: 2005. Protección individual de los ojos. Vocabulario.

EN 166: 2002. Protección individual de los ojos. Especificaciones.

EN 167: 2002. Protección individual de los ojos. Métodos de ensayo ópticos.

EN 168: 2002. Protección individual de los ojos. Métodos de ensayo no ópticos.

9.7.2. Normas por tipo de productos

EN 169: 2002. Protección individual de los ojos. Filtros para soldadura y técnicas relacionadas. Especificaciones del coeficiente de transmisión (transmitancia) y uso recomendado.

EN 170: 2002. Protección individual de los ojos. Filtros para el ultravioleta. Especificaciones del coeficiente de transmisión (transmitancia) y uso recomendado.

EN 171: 2002. Protección individual de los ojos. Filtros para el infrarrojo. Especificaciones del coeficiente de transmisión (transmitancia) y uso recomendado.

9.7.3. Soldadura

EN 175: 1997. Protección individual. Equipos para la protección de los ojos y la cara durante la soldadura y técnicas afines.

EN 379: 2003. Protección individual del ojo. Filtros automáticos para soldadura.

EN 1598: 1997. Higiene y seguridad en el soldadura y procesos afines. Cortinas, lamas y pantallas transparentes para procesos de soldadura por arco.

9.7.4. Láser

EN 207: 1998. Protección individual de los ojos. Filtros y protectores de los ojos contra la radiación láser.

EN 208: 1998. Protección individual de los ojos. Gafas de protección para los trabajos de ajuste de láser y sistemas de láser.

9.7.5. Fuentes de luz intensa

BS 8497-1: 2008. Protectores oculares contra fuentes de luz intensa utilizadas en humanos y animales para aplicaciones cosméticas y médicas. Parte 1: Especificación de los productos.

BS 84972-1: 2008. Protectores oculares contra fuentes de luz intensa utilizadas en humanos y animales para aplicaciones cosméticas y médicas. Parte 2: Guía de uso.

10. Gestión de incidentes adversos

En el contexto de la presente guía, los incidentes adversos incluyen aquellas situaciones en las que una persona se lesiona o enferma (denominadas accidentes) o en las que evita por poco hacerlo o se producen circunstancias no deseadas (denominadas incidentes).

Cuando se utilizan rayos láser colimados, el riesgo de quedar expuesto al rayo láser generalmente es bajo, pero las consecuencias pueden ser graves. En cambio, con fuentes incoherentes de radiaciones ópticas artificiales, el riesgo de exposición es alto, pero las consecuencias pueden ser leves.

Se propone que se elaboren planes de contingencia para hacer frente a los eventos adversos previsibles por medios razonables en los que intervengan radiaciones ópticas artificiales. Su grado de detalle y complejidad dependerá del riesgo de que se trate. Es probable que el empresario

ya cuente con planes generales de contingencia, por lo que será ventajoso utilizar un planteamiento similar para las radiaciones ópticas.

Se propone que se elaboren planes de contingencia detallados para las prácticas de trabajo en que se pueda acceder a radiaciones ópticas procedentes de:

Productos láser de clase 3B

Productos láser de clase 4

Fuentes incoherentes del grupo de riesgo 3

El plan de contingencia debe tomar en consideración las acciones y responsabilidades en caso de que:

Un trabajador quede expuesto a un nivel superior al VLE

Se sospeche que un trabajador ha quedado expuesto a un nivel superior al VLE

11. Vigilancia de la salud

En el artículo 8 de la Directiva se describen las obligaciones de vigilancia de la salud que hacen referencia a las disposiciones de carácter general de la Directiva 89/391/CEE. Los pormenores de la vigilancia de la salud dependerán probablemente de las disposiciones nacionales. Por ello, la propuesta que se presenta en el presente capítulo es de carácter muy general.

Las disposiciones de este artículo deben considerarse en el contexto de más de un siglo de exposición de los trabajadores a las radiaciones ópticas artificiales. El número de efectos adversos para la salud notificados es reducido y se limita a un pequeño número de sectores en los que generalmente se han aplicado medidas de control para reducir aún más el número de incidencias.

Tras la invención del láser se publicaron recomendaciones sobre el examen rutinario de los ojos de los trabajadores que lo utilizan. Sin embargo, casi 50 años de experiencia revelan que dichos exámenes carecen de utilidad en un programa de vigilancia de la salud y que incluso pueden introducir más riesgos para el trabajador.

Un trabajador expuesto a radiaciones ópticas artificiales en el trabajo no debe ser objeto de exámenes antes de su contratación, durante el empleo y al abandonar este tan solo porque realice este tipo de trabajo. De modo similar, los exámenes de la piel pueden ser beneficiosos para los trabajadores, pero normalmente, en caso de una simple exposición rutinaria a radiaciones ópticas artificiales, no resultan necesarios.

11.1. ¿Quién debe encargarse de la vigilancia de la salud?

La vigilancia de la salud debe correr a cargo de:

- un médico,
- un profesional de la salud y la seguridad en el trabajo, o

- una autoridad médica responsable de la vigilancia de la salud en virtud de la legislación y prácticas nacionales.

11.2. Registros

Los Estados miembros son competentes para establecer disposiciones en materia de creación y puesta al día de registros individuales. Estos registros deberían incluir un resumen de los resultados de las actividades de vigilancia de la salud realizadas.

Los registros deberían asumir una forma que permita consultarlos más adelante y que tenga en cuenta su carácter confidencial.

Cada trabajador debería poder acceder a su registro previa solicitud.

11.3. Examen médico

Los trabajadores deberían ser objeto de un examen médico si se sospecha o si saben que han quedado expuestos a radiaciones ópticas artificiales superiores al valor límite de exposición.

Debe efectuarse un examen médico si se observa que un trabajador tiene una enfermedad identificable o efectos adversos para su salud que se consideren resultado de la exposición a radiaciones ópticas artificiales.

Una objeción a esta obligación es que muchos efectos adversos para la salud pueden deberse a la exposición a las radiaciones ópticas naturales. Por ello, es importante que la persona que efectúe el examen médico conozca bien los posibles efectos adversos para la salud de las fuentes de exposición a las radiaciones ópticas artificiales presentes en el lugar de trabajo.

11.4. Medidas que deben adoptarse si se supera un valor límite de exposición

Si se piensa que se han superado los valores límite de exposición o si se considera que el efecto adverso para la salud o la enfermedad identificable han sido causados por las radiaciones ópticas artificiales presentes en el lugar de trabajo, deberán adoptarse las siguientes medidas:

- Debe informarse al trabajador sobre los resultados.
- Debe informarse al trabajador y brindarle

asesoramiento sobre el seguimiento de la vigilancia de la salud.

- Debe informarse al empresario, respetando la confidencialidad de la información médica.
- El empresario deberá revisar la evaluación de riesgos.
- El empresario deberá revisar las medidas de control existentes (para lo cual puede pedir consejo a un especialista).
- El empresario deberá disponer que continúe la vigilancia de la salud necesaria.

Apéndice A. Naturaleza de las radiaciones ópticas

La luz constituye un ejemplo cotidiano de radiación óptica, y en concreto de radiación óptica artificial si es emitida por una lámpara. El término «radiación óptica» se emplea porque la luz es una forma de radiación electromagnética y porque tiene efectos en los ojos, es decir, entra en el ojo, se concentra y luego se detecta.

La luz se produce en un espectro de colores que van desde los púrpuras y azules, pasando por los verdes y amarillos hasta los anaranjados y rojos. Los colores que percibimos en la luz están determinados por las longitudes de onda presentes en el espectro luminoso. Las longitudes de onda más cortas se perciben en el extremo azul del espectro, mientras que las más largas se perciben en el extremo rojo. Es conveniente tener en cuenta que la luz consiste en una corriente de partículas carentes de masa, denominadas fotones, cada una de las cuales tiene una longitud de onda característica.

El espectro de las radiaciones electromagnéticas se extiende más allá de las longitudes de onda que podemos ver. Las radiaciones infrarrojas, las radiaciones de microondas y las ondas de radio son ejemplos de radiaciones electromagnéticas con longitudes de onda cada vez mayores. Las radiaciones ultravioletas, los rayos x y los rayos gamma tienen longitudes de onda cada vez más cortas.

La longitud de onda de una radiación electromagnética puede servir para determinar otros datos útiles acerca de ella.

Cuando las radiaciones electromagnéticas interactúan con un material pueden depositar una parte de su energía en el punto de interacción, lo que puede provocar algún efecto en dicho material; por ejemplo, la llegada de luz visible a la retina deposita suficiente energía para desencadenar una serie de reacciones bioquímicas que producen una señal que se envía al cerebro a través del nervio óptico. La cantidad de energía disponible para estas

interacciones depende tanto de la cantidad de radiación como de la cantidad de energía que tiene la radiación. La cantidad de energía de que disponen las radiaciones electromagnéticas puede relacionarse con su longitud de onda. Cuanto más corta es esta, mayor energía tiene la radiación. De este modo, la luz azul contiene más energía que la luz verde, que, a su vez, tiene más energía que la roja. Las radiaciones ultravioletas contienen más energía que cualquier longitud de onda visible.

La longitud de onda de las radiaciones determina igualmente el grado en que estas penetran en el cuerpo e interactúan con él. Por ejemplo, las radiaciones UVA se transmiten a la retina con menos eficacia que la luz verde.

Algunas partes invisibles del espectro electromagnético se incluyen en el término «radiaciones ópticas». Estas son las regiones espectrales ultravioleta e infrarroja. Aunque no pueden verse (la retina no tiene detectores para estas longitudes de onda), partes de estas regiones espectrales pueden penetrar en el ojo en menor o mayor grado. Por razones de comodidad, el espectro de radiaciones ópticas se divide, por su longitud de onda, de la siguiente manera:

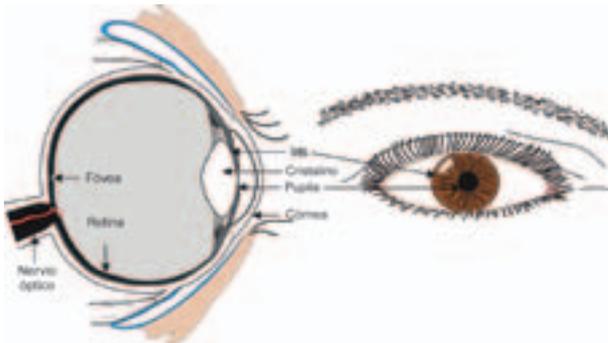
Ultravioletas «C» (UVC):	100-280 nm
Radiaciones UVB	280-315 nm
Radiaciones UVA	315-400 nm
Radiaciones visibles	380-780 nm
Radiaciones infrarrojas «A» (IRA)	780-1 400 nm
infrarrojas B (IRB)	1 400-3 000 nm
Radiaciones infrarrojas C (IRC)	3 000-1 000 000 nm (3 µm-1 mm)

La Directiva establece valores límite de exposición para la región espectral de 180 a 3 000 nm en el caso de las radiaciones ópticas incoherentes y de 180 nm a 1 mm para las radiaciones láser.

Apéndice B. Efectos biológicos de las radiaciones ópticas en los ojos y la piel

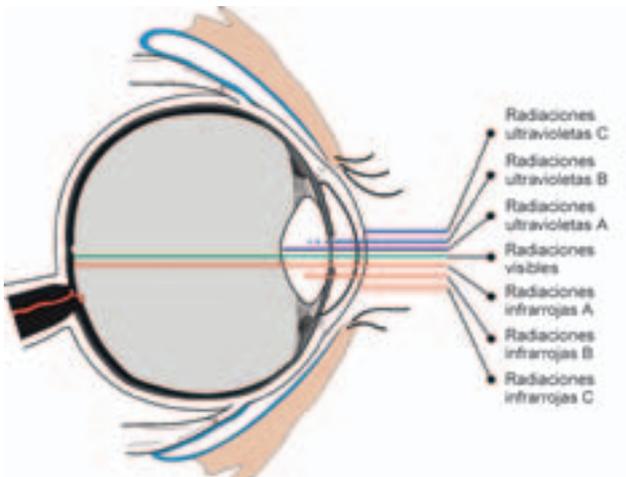
B.1. El ojo

Gráfico B.1.1. Estructura del ojo



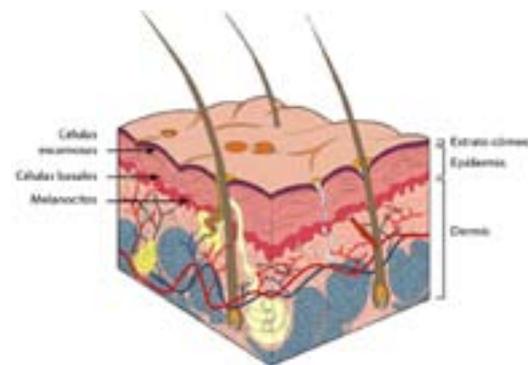
Al entrar en el ojo, la luz pasa a través de la córnea, el humor acuoso, luego a través de una abertura variable (pupila) y finalmente por el cristalino y el humor vítreo para concentrarse en la retina. El nervio óptico transporta las señales de los fotorreceptores de la retina al cerebro.

Gráfico B.1.2. Penetración de distintas longitudes de onda a través del ojo



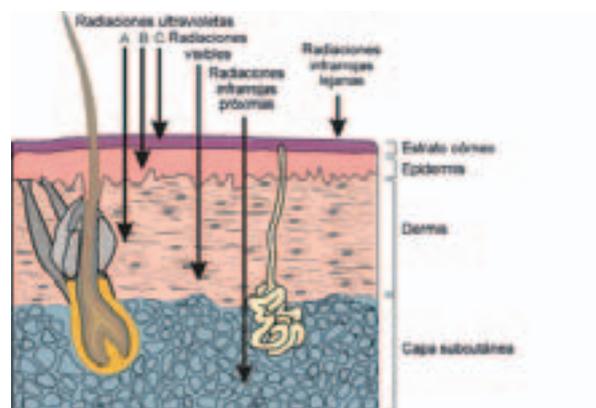
B.2. La piel

Gráfico B.2.1. Estructura de la piel



La capa exterior de la piel, la epidermis, contiene principalmente queratinocitos (células escamosas) que se producen en la capa basal y suben a la superficie para ser mudados. La dermis se compone, sobre todo, de fibras de colágeno y contiene terminaciones nerviosas, glándulas sudoríparas, folículos de pelo y vasos sanguíneos.

Gráfico B.2.2. Penetración de distintas longitudes de onda a través de la piel



B.3. Efectos biológicos de las distintas longitudes de onda en los ojos y la piel

B.3.1. Radiaciones ultravioleta C (100-280 nm), B (280-315 nm) y A (315-400 nm)

Efectos en la piel

Gran parte de las radiaciones ultravioletas (RUV) que inciden en la piel es absorbida por la epidermis, aunque la penetración aumenta considerablemente con longitudes de onda UVA.

Una exposición excesiva de corta duración a las radiaciones ultravioletas produce eritema, enrojecimiento de la piel e inflamación. Los síntomas pueden ser severos, y el efecto máximo se produce entre 8 y 24 horas después de la exposición, cediendo en tres o cuatro días, cuando se produce sequedad y descamación de la piel. A continuación puede aparecer un aumento de la pigmentación de la piel (bronceado tardío). La exposición a las radiaciones UVA puede causar, asimismo, un cambio inmediato, pero temporal, de la pigmentación de la piel (oscurecimiento inmediato de la pigmentación).

La piel de algunas personas presenta reacciones anormales a la exposición a las RUV (fotosensibilidad) debido a anomalías genéticas, metabólicas o de otro tipo, o bien a causa de la ingestión de determinados medicamentos o productos químicos o el contacto con ellos.

El efecto más grave de larga duración de las radiaciones ultravioletas es la inducción de cáncer de piel. Los cánceres de piel no melanómicos son carcinomas de las células basales y de las células escamosas. Son relativamente frecuentes en las personas de piel blanca, aunque rara vez resultan mortales. Se producen con más frecuencia en las zonas del cuerpo expuestas al sol, como el rostro y las manos, y su incidencia aumenta con la edad del sujeto. Los resultados de los estudios epidemiológicos indican que el riesgo de estos dos tipos de cáncer de piel puede estar relacionado con la exposición acumulativa a radiaciones ultravioletas, aunque existen mayores evidencias en el caso de los carcinomas de las células escamosas. Los melanomas malignos son la principal causa por cáncer de piel, aunque su incidencia es menor que la de los cánceres de piel no melanómicos. Se observa una mayor incidencia en las personas con un gran número de lunares, las

personas con piel clara, pelirrojas o rubias, y en aquellas que presentan una tendencia a formar pecas, a quemarse al sol o que no se broncean al exponerse a la luz solar. Tanto los episodios de quemaduras solares graves como de exposición crónica en el trabajo o durante actividades recreativas pueden contribuir al riesgo de desarrollar un melanoma maligno.

La exposición crónica a las RUV también puede producir elastosis (envejecimiento de la piel producido por la luz), que se caracteriza por una apariencia arrugada y curtida y pérdida de elasticidad: las longitudes de onda de las radiaciones ultravioletas son las más potentes, pues pueden penetrar en las fibras de colágeno y elastina de la dermis. Existen, además, evidencias que indican que la exposición a las RUV puede afectar a las respuestas inmunológicas.

El principal efecto beneficioso conocido de la exposición a RUV es la síntesis de la vitamina D, aunque una exposición breve al sol en la vida diaria produce suficiente vitamina D si su ingesta a través de la dieta es la adecuada.

Efectos en los ojos

Las RUV que caen sobre los ojos son absorbidas por la córnea y el cristalino. La córnea y el tejido conjuntivo absorben una gran cantidad de longitudes de onda inferiores a 300 nm. Las radiaciones UVC son absorbidas en las capas superficiales de la córnea y las UVB por la córnea y el cristalino. Las radiaciones UVA pasan a través de la córnea y son absorbidas en el cristalino.

Entre las respuestas del ojo humano a una exposición excesiva y aguda de RUV se encuentran la fotoqueratitis y la fotoconjuntivitis (inflamación de la córnea y el tejido conjuntivo, respectivamente), también conocidas por otros nombres. Los síntomas, que van desde una leve irritación, sensibilidad a la luz y lagrimeo hasta un fuerte dolor, aparecen entre 30 minutos y un día después, dependiendo de la intensidad de la exposición y normalmente desaparecen en unos cuantos días.

La exposición crónica a las radiaciones UVA y UVB puede provocar cataratas debido a los cambios en las proteínas presentes en el cristalino del ojo. Una cantidad muy reducida de radiaciones ultravioletas (menos del 1 % en el caso de las radiaciones UVA) llega a la retina debido a la absorción por los tejidos anteriores del ojo. Sin embargo, algunas personas no tienen un cristalino natural, por

haber sufrido una operación de cataratas, y, a menos que se les implante un cristalino artificial que absorba las RUV, estas pueden dañar la retina (incluso a longitudes de onda de tan solo 300 nm) al entrar en el ojo. Estos daños son resultado de radicales libres producidos por reacciones fotoquímicas que atacan las estructuras de las células de la retina. En condiciones normales, la retina está protegida de daños agudos por las respuestas involuntarias de aversión a la luz visible, pero las RUV no generan estas respuestas, y las personas que carecen de un cristalino que las absorba corren un mayor riesgo de sufrir daños en la retina si trabajan con fuentes de RUV.

La exposición crónica a RUV es un importante factor en la aparición de trastornos de la córnea y el tejido conjuntivo, como la queratopatía de la gota climática (una acumulación de depósitos de color amarillo o marrón en el tejido conjuntivo y la córnea), el pterigión ocular (una excrecencia del tejido que puede extenderse encima de la córnea) y probablemente la pinguécula (una lesión proliferante de color amarillo del tejido conjuntivo).

B.3.2. Radiaciones visibles

Efectos en la piel

Las radiaciones visibles (la luz) penetran en la piel y pueden provocar un aumento local de la temperatura suficiente para provocar quemaduras. El cuerpo se ajusta a los aumentos graduales de temperatura mediante un incremento del flujo sanguíneo (que se lleva el calor) y la transpiración. Si la irradiación no es suficiente para provocar una quemadura aguda (en 10 segundos o menos), la persona expuesta se protege mediante las respuestas naturales de aversión al calor.

En exposiciones de mayor duración, la tensión que provoca el esfuerzo térmico (aumentado por la temperatura del cuerpo) es el principal efecto adverso. Aunque la Directiva no contempla específicamente este aspecto, es necesario tener en cuenta la temperatura ambiente y la carga de trabajo.

Efectos en los ojos

Debido a que los ojos recogen y concentran radiaciones visibles, la retina corre un riesgo mayor que la piel. Mirar fijamente una fuente luminosa brillante puede provocar daños en la retina. Si se mira directamente un rayo láser,

pueden producirse graves lesiones en la vista. Una de las medidas naturales de protección es la aversión a la luz brillante (la respuesta de aversión se produce aproximadamente en 0,25 segundos, la pupila se contrae y puede reducir la irradiancia en la retina por un factor aproximado de 30, y es posible que la cabeza gire de forma involuntaria).

El aumento de la temperatura de la retina entre 10 °C y 20 °C puede dar lugar a daños irreversibles producidos por la desnaturalización de sus proteínas. Si la fuente de las radiaciones abarca una gran parte del campo visual de forma que la imagen en la retina es amplia, las células de esta situadas en la región central de la imagen no pueden desprenderse del calor rápidamente.

Las radiaciones visibles pueden causar el mismo tipo de daños producidos por reacciones fotoquímicas que las RUV (aunque, con longitudes de onda visibles, la aversión a la luz brillante puede actuar como mecanismo de protección). Este efecto es más pronunciado con longitudes de onda entre 435 y 440 nm, por lo que en ocasiones se denomina «riesgo de luz azul». La exposición crónica a altos niveles de luz ambiente visible puede ser responsable de daños inducidos por reacciones fotoquímicas en las células de la retina que tienen como resultado una mala visión nocturna y de los colores.

Cuando la radiación entra en el ojo en un rayo casi paralelo (es decir, con muy poca divergencia respecto a una fuente lejana o un láser), puede reflejarse en una superficie muy pequeña de la retina, con lo que la potencia se concentra tremendamente y produce graves daños. En teoría, este proceso de concentración podría aumentar la irradiancia en la retina 500 000 veces con respecto a la que llega al ojo. En estos casos, el brillo puede superar todas las fuentes luminosas naturales y antropogénicas. La mayoría de las lesiones provocadas por radiaciones láser son quemaduras: los láseres de pulsos de alta potencia máxima pueden producir un aumento tal de la temperatura que las células explotan literalmente.

B.3.3. Radiaciones infrarrojas A

Efectos en la piel

Las radiaciones infrarrojas A penetran varios milímetros en la piel, es decir, hasta la epidermis, y pueden producir los mismos efectos térmicos que las radiaciones visibles.

Efectos en los ojos

Al igual que las radiaciones visibles, la córnea y el cristalino concentran las radiaciones infrarrojas y las transmiten a la retina. En esta pueden provocar los mismos tipos de daños térmicos que las radiaciones visibles. Sin embargo, la retina no detecta las radiaciones infrarrojas A, por lo que las respuestas naturales de aversión no ofrecen protección. La región espectral comprendida entre 380 y 1 400 nm (radiaciones visibles e infrarrojas A) se denomina en ocasiones «región de riesgo para la retina».

La exposición crónica a las radiaciones infrarrojas A también puede provocar cataratas.

Los fotones de las radiaciones infrarrojas A no contienen energía suficiente como para poder provocar daños causados por reacciones fotoquímicas.

B.3.4. Radiaciones infrarrojas B

Efectos en la piel

Las radiaciones infrarrojas B penetran menos de un milímetro en la piel, y pueden causar los mismos efectos térmicos que las radiaciones visibles e infrarrojas A.

Efectos en los ojos

El humor acuoso absorbe grandes cantidades de radiaciones con longitudes de onda de hasta aproximadamente 1 400 nm, y las longitudes de onda mayores son atenuadas por el humor vítreo, de modo que la retina queda protegida. El calentamiento del humor acuoso y del iris puede hacer que aumente la temperatura de los

tejidos adyacentes, incluido el cristalino, que no cuenta con vasos sanguíneos, de modo que no puede controlar su temperatura. Este hecho, junto con la absorción directa de radiaciones infrarrojas B por parte del cristalino, produce cataratas, que son una importante enfermedad profesional de algunos grupos, en particular los sopladores de vidrio y los fabricantes de cadenas.

B.3.5. Radiaciones infrarrojas C

Efectos en la piel

Las radiaciones infrarrojas C penetran únicamente la capa más externa de las células muertas de la piel (estrato córneo). Los láseres de gran potencia, que pueden extirpar el estrato córneo y causar daños en los tejidos subyacentes, constituyen el peligro agudo más grave del espectro de radiaciones infrarrojas C. El mecanismo que causa los daños es predominantemente térmico, pero los láseres de alta potencia máxima pueden provocar daños mecánicos o acústicos.

Al igual que las longitudes de onda de las radiaciones visibles, infrarrojas A y B, es necesario considerar la tensión y la incomodidad que produce el calor.

Efectos en los ojos

Las radiaciones infrarrojas C son absorbidas por la córnea, de modo que su principal peligro son las quemaduras que provoquen en esta. La temperatura de las estructuras adyacentes del ojo puede aumentar debido a la conducción del calor, pero la pérdida (por evaporación y parpadeo) y aumento de este (debido a la temperatura corporal) influye sobre este proceso.

Apéndice C. Cantidades y unidades de radiación óptica artificial

Como se indica en la sección sobre la «Naturaleza de las radiaciones ópticas», los efectos de estas últimas dependen de la energía y la cantidad de las radiaciones. Existen muchas maneras de cuantificar las radiaciones ópticas, y las empleadas en la Directiva se describen brevemente a continuación.

C.1. Cantidades fundamentales

C.1.1. Longitud de onda

Se trata de la longitud de onda característica de las radiaciones ópticas. Se mide en pequeñas fracciones de metro, generalmente en nanómetros (nm), que equivalen a una millonésima de milímetro. Con longitudes de onda mayores resulta más conveniente utilizar micrómetros (μm). Un micrómetro es igual a 1 000 nanómetros.

En muchos casos, la fuente de radiaciones ópticas emite fotones de numerosas longitudes de onda.

Al escribir fórmulas, la longitud de onda se representa con el símbolo λ (lambda).

C.1.2. Energía

La energía se mide en julios (J). Esta medida puede utilizarse para indicar la energía de cada fotón (que está relacionada con su longitud de onda). Asimismo, puede utilizarse para indicar la energía que contiene una cantidad determinada de fotones, por ejemplo, un pulso láser.

La energía se representa con el símbolo Q.

C.1.3. Otras cantidades útiles

Ángulo subtendido

Ancho aparente de un objeto (generalmente de una fuente de radiaciones ópticas) visto desde algún lugar

(normalmente el punto en el que se hacen las mediciones). Se calcula dividiendo el ancho real del objeto entre la distancia al objeto. Es importante que estos dos valores se expresen en las mismas unidades. Independientemente de estas unidades, el ángulo subtendido se expresa en radianes (r).

Si el objeto se encuentra a un ángulo respecto al observador, el ángulo subtendido debe multiplicarse por el coseno de dicho ángulo.

En la Directiva, el ángulo subtendido se representa con el símbolo α (alfa).

Ángulo sólido subtendido

Se trata del equivalente tridimensional del ángulo subtendido. La superficie del objeto se divide por la distancia al cuadrado. Una vez más, el coseno del ángulo de observación puede utilizarse para corregir la observación fuera de ángulo. La unidad utilizada es el estereorradián (sr) y su símbolo ω (omega).

Divergencia del rayo

Ángulo en el que el rayo de radiaciones ópticas diverge a medida que se aleja de la fuente. Puede calcularse midiendo el ancho del rayo en dos puntos y dividiendo el cambio de ancho entre la distancia entre ambos puntos. Se mide en radianes.

C.1.4. Cantidades utilizadas en los valores límite de exposición

Potencia radiante

En este caso, la potencia se define como la tasa a la que la energía pasa a través de un lugar determinado en el espacio. Se mide en vatios (W) y 1 vatio es igual a 1 julio por segundo. Se representa con el símbolo Φ (fi).

El término «potencia» puede referirse a la potencia en un rayo definido de radiación óptica, en cuyo caso a menudo se denomina potencia CW. Por ejemplo, un láser CW con una potencia de rayo de 1 mW emite fotones con una energía total de 1 mJ por segundo.

La potencia puede utilizarse igualmente para describir un pulso de radiaciones ópticas. Por ejemplo, si un láser emite un pulso discreto que contiene 1 mJ de energía en 1 ms, la potencia del pulso es de 1 W. Si el pulso ha sido emitido en un tiempo más breve, por ejemplo, 1 μ s, la potencia es de 1 000 W.

Irradiancia

La irradiancia puede definirse como la tasa a la que la energía llega, por unidad de superficie, a un lugar determinado. De este modo depende de la potencia de las radiaciones ópticas y del área que ocupa el rayo sobre la superficie. Se calcula dividiendo la potencia por la superficie y se obtienen unidades que son múltiplos de vatios por metro cuadrado ($W m^{-2}$). Se representa con el símbolo E.

Exposición radiante

Cantidad de energía por unidad de superficie que llega a un lugar determinado. Se calcula multiplicando la irradiancia, en $W m^{-2}$, por la duración de la exposición en segundos. De esta manera, se expresa en julio por metro cuadrado ($J m^{-2}$). Se representa con el símbolo H.

Radiancia

La radiancia es un parámetro que se utiliza para describir el grado de concentración de un rayo de radiaciones ópticas. Puede calcularse dividiendo la irradiancia en un lugar determinado entre el ángulo sólido respecto a la fuente desde dicho lugar. Se expresa en vatios por metro cuadrado y estereorradián ($W m^{-2} sr^{-1}$). Se representa con el símbolo L.

C.1.5. Cantidades espectrales y de banda ancha

Cuando una fuente de radiaciones ópticas, como un láser, emite únicamente una longitud de onda (por ejemplo, 633 nm), las cantidades indicadas describirán, como es lógico, únicamente las emisiones de esa longitud de onda. Por ejemplo, $\Phi = 5 mW$.

Cuando se emiten varias longitudes de onda, cada longitud de onda discreta tiene sus propias cantidades. Por ejemplo, un producto láser puede emitir 3 mW a 633 nm y 1 mW a 1 523 nm. Esta es una descripción de la distribución de la potencia espectral de la fuente, que a menudo se representa con el símbolo Φ_{λ} . También puede indicarse que $\Phi = 4 mW$ para este producto láser, que es la potencia radiante total, que a su vez es un valor de banda ancha.

Los parámetros de banda ancha se calculan sumando todos los parámetros espectrales situados dentro de la región de longitud de onda de que se trate.

C.1.6. Cantidades radiométricas y efectivas

Todas las cantidades explicadas hasta ahora son cantidades radiométricas. Los parámetros radiométricos cuantifican y describen algunos aspectos de un campo de radiaciones, pero no indican necesariamente los efectos de las radiaciones sobre el organismo biológico que las recibe. Por ejemplo, una irradiancia de $1 W m^{-2}$ a 270 nm es más peligrosa para la córnea que una de $1 W m^{-2}$ a 400 nm. Cuando se requiere información sobre los efectos biológicos es necesario utilizar cantidades efectivas. Muchos de los valores límite de exposición se expresan en cantidades efectivas, ya que su finalidad es evitar un efecto biológico.

Solo existen cantidades efectivas cuando los científicos tienen una idea de la forma en que la capacidad de un efecto determinado varía con la longitud de onda. Por ejemplo, la eficacia de las radiaciones que provocan la fotoqueratitis aumenta de 250 nm a un máximo de 270 nm y a continuación desciende rápidamente a 40 nm. Cuando se conoce la eficacia espectral relativa, e menudo recibe un símbolo, como S_{λ} , B_{λ} , R_{λ} . Estos símbolos corresponden a las eficacias espectrales relativas que provocan fotoqueratitis/eritema, daños fotoquímicos en la retina y daños térmicos en la retina, respectivamente.

Los valores de eficacia espectral relativa pueden utilizarse para multiplicar una serie de parámetros radiométricos espectrales a fin de producir parámetros espectrales efectivos. A continuación, estos parámetros efectivos pueden sumarse para producir una cantidad efectiva de banda ancha, que a menudo indica un subíndice relacionado con los valores de eficacia espectral utilizados. Por

ejemplo, L_b es el símbolo que indica un valor de radiancia de banda ancha (L) que ha sido ponderado espectralmente utilizando los valores de ponderación espectral B_λ .

C.1.7. Luminancia

Un ejemplo de una cantidad biológicamente eficaz que no hemos mencionado hasta ahora es la luminancia. Aunque no se utiliza en los valores límite de exposición, resulta útil para realizar una evaluación preliminar sobre el potencial de las fuentes de luz blanca de banda ancha que provocan daños en la retina.

El símbolo de la luminancia es L_v y se mide por candelas por metro cuadrado (cd m^{-2}). El efecto biológico que describe es la iluminación vista por el ojo adaptado a la luz diurna, y está relacionado con la cantidad de iluminancia (E_v que se mide en lux), que conocen muy bien muchos técnicos en iluminación.

La relación puede describirse como $L_v = E_v/\omega$. La luminancia puede calcularse fácilmente a partir de la iluminancia de una fuente sobre una superficie, la distancia a la fuente y las dimensiones de esta última.

Apéndice D. Ejemplos descritos

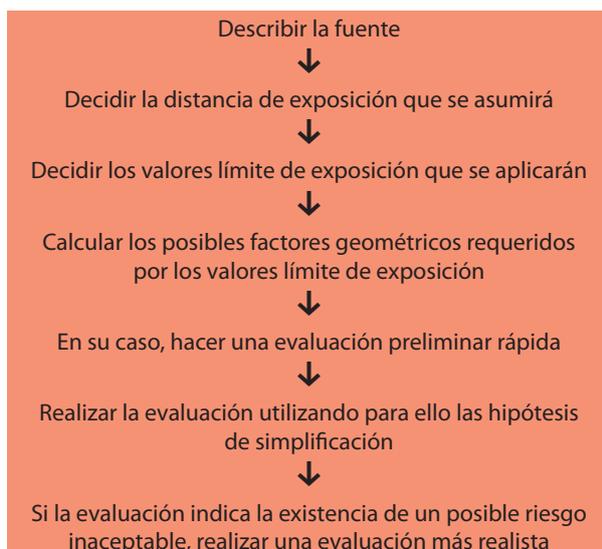
D.1. Oficina

Los siguientes ejemplos abarcan una amplia variedad de fuentes comunes de radiaciones ópticas que se encuentran en la mayoría o muchos entornos de trabajo.

Se ha utilizado un planteamiento común para evaluar el riesgo derivado de estas fuentes sencillas. Este planteamiento se expone con más detalle a continuación, y ha sido seguido de forma aproximada para cada uno de los ejemplos.

D.1.1. Explicación del método general

Este método general se basa en la norma EN 62471 (2008), pero, siempre que es posible, establece hipótesis de simplificación de carácter cautelar en lo que se refiere a los peligros para la retina. La explicación que aparece a continuación es relativamente completa, pues pretende abarcar todos los ejemplos mencionados posteriormente. La evaluación de riesgos se lleva a cabo en una serie de pasos, a saber:



En primer lugar, se describe la fuente y se enumeran sus dimensiones. Estas dimensiones son necesarias si la fuente emite en las regiones de radiaciones visibles o infrarrojas A.

Debe tomarse una decisión respecto a la distancia con la que se realizará la evaluación de riesgos; por lo general, se elige una distancia de medición realista, aunque ligeramente pesimista respecto a la distancia más cercana a la que las personas pueden aproximarse a la fuente, pero no la distancia más cercana posible.

Elección de los valores límite de exposición

¿Qué valores límite de exposición son los adecuados? Considerar la exposición más desfavorable posible, que consiste en que una persona mire fijamente la fuente durante 8 horas, y consultar la tabla 1.1 de la Directiva.

Índice	Longitud de onda (nm)	Unidades	Parte del cuerpo	Peligro	Adecuación
a	180-400 (UVA, UVB, UVC)	J m ⁻²	córnea del ojo tejido conjuntivo cristalino piel	fotoqueratitis fotoconjuntivitis cataractogénesis eritema elastosis cáncer de piel	Sí, si la fuente emite RUV
b	315-400 (UVA)	J m ⁻²	cristalino del ojo	cataractogénesis	Sí, si la fuente emite RUV
c	300-700 (Luz azul) (si $\alpha \geq 11$ mrad y $t \leq 10\ 000$ seg)	W m ⁻² sr ⁻¹	retina del ojo	fotorretinitis	No, el caso más desfavorable sería para la exposición más prolongada
d	300-700 (Luz azul) (si $\alpha \geq 11$ mrad y $t > 10\ 000$ seg)	W m ⁻² sr ⁻¹			Sí, si la fuente emite en la región visible. Este límite incluye una exposición más desfavorable de 8 horas
e	300-700 (Luz azul) (si $\alpha < 11$ mrad y $t \leq 10\ 000$ seg)	W m ⁻²			No con frecuencia, ya que las fuentes comunes generalmente son muy amplias
f	300-700 (Luz azul) (si $\alpha < 11$ mrad y $t > 10\ 000$ seg)	W m ⁻²			
g	380-1 400 (radiaciones visibles e infrarrojas A) (para $t > 10$ seg)	W m ⁻² sr ⁻¹	retina del ojo	quemadura de la retina	Sí, si la fuente emite en la región visible. Este límite incluye una exposición más desfavorable de 8 horas
h	380-1 400 (radiaciones visibles e infrarrojas A) (para t de $10\ \mu\text{s}$ a 10 seg)	W m ⁻² sr ⁻¹			No, el caso más desfavorable corresponde a la exposición más prolongada
i	380-1 400 (radiaciones visibles e infrarrojas A) (para $t < 10\ \mu\text{s}$)	W m ⁻² sr ⁻¹			
j	780-1 400 (IRA) (para $t > 10$ seg)	W m ⁻² sr ⁻¹	retina del ojo	quemadura de la retina	No con frecuencia, ya que las fuentes comunes generalmente emiten radiaciones visibles que hacen que los límites g , h e l resulten más adecuados
k	780-1 400 (IRA) (para t de $10\ \mu\text{s}$ a 10 seg)	W m ⁻² sr ⁻¹			
l	780-1 400 (IRA) (para $t < 10\ \mu\text{s}$)	W m ⁻² sr ⁻¹			
m	780-1 400 (IRA, IRB) (para $t \leq 1000$ seg)	W m ⁻²	córnea del ojo cristalino	quemadura de la córnea	
n	780-3 000 (IRA, IRB) (para $t > 1\ 000$ seg)	W m ⁻²			
o	380-3 000 (radiaciones visibles, infrarrojas A y B)	J m ⁻²	piel	quemadura	No con frecuencia, ya que solo es un problema con fuentes industriales de alta potencia térmica

De este modo, por lo general debemos procurar aplicar los valores límite de exposición **a** y **b** (si la fuente emite RUV), o los valores límite **d** y **g** (si la fuente emite radiaciones visibles e infrarrojas A).

En casos excepcionales, pueden resultar adecuados otros valores límite de exposición, por ejemplo, el valor límite **c** se utiliza si es probable que se supere el valor límite **d**, y el valor límite **h** se utiliza si es probable que se supere el límite **g**. Estas circunstancias solo pueden observarse a medida que avanza la evaluación de riesgos.

Estos valores límite de exposición implican el uso de las curvas de ponderación espectral $S(\lambda)$, $B(\lambda)$ y $R(\lambda)$. Estos factores se explican en la sección 5.2. Para su uso es necesario contar con los parámetros espectrales.

Factores geométricos

Si la fuente emite radiaciones visibles o infrarrojas, los valores límite de exposición y las cantidades radiométricas adecuadas dependerán de factores geométricos que es necesario calcular. Algunos de estos factores se definen en la Directiva y otros se explican en la norma EN 62471 (2008). Si la fuente emite únicamente RUV, todos estos factores no son pertinentes.

Los factores geométricos son:

θ (ángulo entre la perpendicular a la superficie de la fuente y la línea de visión utilizada para la medición), (véase el diagrama de la derecha)



Z (dimensiones de la fuente)

α (ángulo subtendido que genera la fuente)

C_a (factor dependiente de α)

ω (ángulo sólido subtendido que genera la fuente).

Antes de calcular estos factores, es importante observar si la fuente emite un campo espacial relativamente homogéneo o no. Si la fuente es homogénea, deberá entenderse que sus dimensiones (longitud, ancho, etc.) se refieren a toda su superficie. Si la fuente no es obviamente homogénea (como una lámpara brillante frente a un reflector de baja potencia), estas dimensiones deberán entenderse como las de la superficie más brillante únicamente. Cuando una fuente comprende

dos o más emisores idénticos, cada uno de ellos puede tratarse como una fuente independiente que aporta una cantidad proporcional de las emisiones medidas.

Para calcular Z

longitud aparente l de la fuente = longitud real $\times \cos \theta$

ancho aparente w de la fuente = ancho real $\times \cos \theta$

Z es la media de l y w

Nota:

- Si la fuente se observa perpendicularmente a su superficie, $\cos \theta = 1$
- Si la fuente es circular y se observa a un ángulo de 90° , Z es igual al diámetro

La superficie aparente A de la fuente es igual a:

La superficie real $\times \cos \theta$ (para una fuente circular), o

$l \times w$ para otras fuentes

Si la distancia a la fuente = r , y si todas las dimensiones se han medido en las mismas unidades, entonces:

$\alpha = Z/r$, en radianes (rad)

$\omega = A/r^2$ en estereorradianes (sr)

C_a se basa en α , y se utiliza exclusivamente para calcular un valor para los valores límite de exposición correspondientes al peligro térmico para la retina. Como todas estas evaluaciones se basan en las hipótesis de simplificación que se explican más abajo, no se calcula C_a

Evaluación preliminar

Según el organismo que elaboró los valores límite de exposición, la ICNIRP, no es necesario llevar a cabo una evaluación espectral completa de los peligros para la retina derivados de una fuente de iluminación general de «luz blanca» con una luminancia inferior a 10^4 cd m^{-2} , que incluye las lámparas incandescentes sin filtro, las lámparas fluorescentes y las lámparas de arco voltaico.

Este valor límite orientativo no sirve para evaluar los riesgos de las emisiones de radiaciones ultravioletas. Sin embargo, puede utilizarse para decidir si es necesario hacer o no una evaluación completa de los riesgos derivados de las emisiones visibles e infrarrojas.

Para aplicar este valor límite orientativo, la irradiancia espectral comprendida entre 380 y 760 nm puede ponderarse con la curva de eficacia del espectro fotópico de la Comisión Internacional de Iluminación (CIE), $V(\lambda)$,

y sumarse luego para calcular la irradiancia efectiva fotópica E_v . Este valor se expresa en $W m^{-2}$ y luego se multiplica por el factor de eficacia luminosa estándar de $683 lm W^{-1}$, con el que se obtiene la iluminancia en lux. La luminancia es igual a la iluminancia dividida entre ω .

Cabe señalar, sin embargo, que no es necesario hacer mediciones espectrales para encontrar la iluminancia de una luminaria, ya que cualquier «lucímetro» bien diseñado y calibrado puede determinar este valor. De este modo, la evaluación preliminar puede realizarse rápida y fácilmente.

Datos exigidos

En términos generales, es necesario encontrar datos que abarquen el espectro completo de todos los valores límite de exposición que vayan a aplicarse. En el peor de los casos, será necesario extender los datos de 180 nm a 1 400 nm.

Es posible reducir el espectro de los datos necesarios, algo que resulta obvio cuando no se aplica un valor límite de exposición determinado, ya que, si una fuente no emite RUV, solo se necesitan los datos comprendidos entre 400 y 1 400 nm.

Asimismo, es posible que se sepa que una fuente no genera emisiones en una región espectral determinada. Por ejemplo:

- Los diodos luminiscentes tienen una extensión de longitudes de onda bastante estrecha. Si se desea evaluar un diodo luminiscente verde, basta con medir únicamente entre 400 y 600 nm, aproximadamente, y suponer que los datos fuera de este intervalo son iguales a cero.
- Muy pocas fuentes emiten por debajo de 254 nm y normalmente no se encuentran en la mayoría de los lugares de trabajo.
- Muchas luminarias tienen pantallas de vidrio que evitan las emisiones inferiores a 350 nm.
- Aparte de las fuentes incandescentes, la mayoría de las fuentes comunes generan emisiones de radiaciones infrarrojas insignificantes.

En cualquier caso, una vez decidido el intervalo de los parámetros del espectro, es necesario obtenerlos (a través de mediciones u otros medios). El parámetro más útil será la irradiancia espectral. Estos parámetros pueden ponderarse con las funciones $[S(\lambda), B(\lambda), R(\lambda)]$ y posiblemente $V(\lambda)$ adecuadas para los valores límite de exposición que

se deseen utilizar. A continuación deberán sumarse los parámetros ponderados.

Hipótesis de simplificación

Estas hipótesis se utilizan para simplificar el proceso de medición y evaluación de la región espectral visible. No son necesarias si el único peligro objeto de examen procede de emisiones de RUV.

Todas las mediciones de la irradiancia espectral deben realizarse con un instrumento adecuado; para los valores límite de exposición relacionados con la retina, el instrumento debe tener un campo de visión limitado a los valores específicos de γ , dependiendo de la duración de la exposición prevista. En el caso del valor límite de exposición **d**, esta duración prevista es de 8 horas. En el caso del valor límite **g**, la duración máxima de exposición que debe considerarse es de 10 segundos, ya que el límite es constante a partir de este valor.

En la tabla 2.5 de la Directiva se indican los valores adecuados de γ :

- $\gamma = 110$ mrad para los valores límite de exposición correspondientes a los peligros fotoquímicos para la retina (es decir, el valor límite **d** para exposiciones de 10 000 segundos).
- $\gamma = 11$ mrad para los valores límite de exposición correspondientes a los peligros térmicos para la retina (es decir, el valor límite **g** para exposiciones de 10 segundos).

A primera vista, estas disposiciones relativas al campo de visión parecen requerir varias series de mediciones. Sin embargo, si la fuente real genera un ángulo subtendido mayor que γ , una medición realizada con un campo de visión no restringido permitirá detectar una mayor irradiancia, con lo que se obtendrían valores más conservadores para la evaluación de riesgos. De este modo, todos los cálculos pueden realizarse con una única serie de mediciones realizadas con un campo de visión no restringido.

A fin de calcular la radiancia a partir de los parámetros de irradiancia, esta última debe dividirse entre un ángulo sólido. Este ángulo sólido deberá ser el valor real de ω , o un valor basado en γ , el más elevado de ambos.

- En el caso del valor límite de exposición **d**, el campo de visión deberá corresponder a $g = 110$ mrad, que a su vez corresponde a un ángulo sólido de 0,01 sr.

- En el caso del valor límite de exposición g , el campo de visión deberá corresponder a $g = 11$ mrad, que a su vez corresponde a un ángulo sólido de 0,0001 sr.

Estas hipótesis de simplificación podrían arrojar resultados artificialmente altos para las fuentes no homogéneas superiores al valor límite g . Si se desea evaluar una fuente de este tipo y esta supera al parecer el valor límite de exposición, sería conveniente repetir las mediciones con el campo de visión limitado al valor adecuado de γ .

En los ejemplos siguientes, estos valores se denominan del siguiente modo:

ω = ángulo sólido subtendido que genera la fuente

$\omega_b = 0,01$ sr o ω , el valor más elevado de ambos

$\omega_r = 0,0001$ sr o ω , el valor más elevado de ambos

Comparación con los valores límite de exposición

Valor límite a
El valor límite de exposición es $H_{\text{eff}} = 30 \text{ J m}^{-2}$
Si la irradiancia efectiva E_{eff} se expresa en W m^{-2} , el tiempo máximo permisible de exposición (TEMP), expresado en segundos es igual a $30 \text{ J m}^{-2}/E_{\text{eff}}$
<i>Si este tiempo es superior a 8 horas, no existe riesgo de que el valor límite de exposición se supere a la distancia r</i>
Valor límite b
El valor límite de exposición es $H_{\text{UVA}} = 10^4 \text{ J m}^{-2}$
Si la irradiancia efectiva E_{UVA} se expresa en W m^{-2} , el tiempo máximo permisible de exposición (TEMP), expresado en segundos es igual a $10^4 \text{ J m}^{-2}/E_{\text{UVA}}$
<i>Si este tiempo es superior a 8 horas, no existe riesgo de que el valor límite de exposición se supere a la distancia r</i>
Valor límite d
El valor límite de exposición es $100 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$
<i>Si la radiancia efectiva L_{θ} es inferior al valor límite de exposición, no existe riesgo de que se supere dicho valor límite. Esto es aplicable a cualquier distancia, siempre que θ no cambie</i>
Valor límite g
El valor límite de exposición es igual a $2,8 \times 10^7/C_{\alpha}$. En este caso, C_{α} depende de α y el valor límite de exposición más restrictivo se produce cuando α es igual o superior a 100 mrad. En este caso, C_{α} es igual a 100 mrad y el valor límite de exposición es de $280\,000 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$
<i>Si la radiancia efectiva L_{θ} es inferior al valor límite de exposición, no existe riesgo de que se supere dicho valor límite. Esto es aplicable a cualquier distancia, siempre que θ no cambie</i>

En caso de que se superen los valores límite de exposición

Límite de luminancia de la ICNIRP
Si la luminancia de la fuente supera 10^4 cd m^{-2} , debe repetirse la evaluación con suficientes parámetros para permitir una comparación con los valores límite de exposición d y g
Valor límite a
Si el TEMP es inferior a 8 horas, será necesario demostrar que la ocupación personal real a la distancia r es inferior al TEMP
Valor límite b
Si el TEMP es inferior a 8 horas, será necesario demostrar que la ocupación personal real a la distancia r es inferior al TEMP. En este caso se puede excluir de la ocupación todo el tiempo transcurrido con la cabeza en dirección opuesta a la fuente
Si la fuente es muy brillante, puede suponerse que la respuesta de aversión limitará los episodios de exposición a 0,25 segundos
Valor límite d
Si L_b es superior al valor límite de exposición, deberá calcularse el TEMP. Este se basa en el valor límite de exposición c
El valor límite de exposición es $L_b \leq 10^6/t$, por lo que el TEMP (en segundos) es igual a $t_{\text{max}} \leq 10^6/L_b$. Será necesario demostrar que la ocupación personal real a lo largo de la línea de visión θ es inferior a t_{max} . En este caso se puede excluir de la ocupación todo el tiempo transcurrido con la cabeza en dirección opuesta a la fuente
Si la fuente es muy brillante, puede suponerse que la respuesta de aversión limitará los episodios de exposición a 0,25 segundos
Asimismo, puede utilizarse el valor límite e , en cuyo caso deberán utilizarse las relaciones $\alpha = Z/r$ y $L_b = E_b/\omega$ para calcular la distancia en la que α sea igual a 11 mrad. Si a esta distancia o una mayor E_b es igual o inferior a 10 mW m^{-2} , no se superarán estos valores límite de exposición a partir de este punto
Valor límite g
Si L_R es superior al valor límite de exposición, es posible que este último sea demasiado restrictivo; si el ángulo subtendido de la fuente α es inferior a 100 mrad, vuelva a calcular el valor límite de exposición
Si L_R sigue siendo superior al nuevo valor límite de exposición, deberá calcularse el TEMP. Este se basa en el valor límite de exposición h
El valor límite de exposición es $L_R \leq 5 \times 10^7 / c_\alpha t^{0.25}$, por lo que el TEMP (en segundos) es igual a $t_{\text{max}} \leq (5 \times 10^7 / c_\alpha L_R)^4$. Utilice $c_\alpha = \alpha$. Será necesario demostrar que la ocupación personal real a lo largo de la línea de visión θ es inferior a t_{max} . En este caso se puede excluir de la ocupación todo el tiempo transcurrido con la cabeza en dirección opuesta a la fuente
Si la fuente es muy brillante, puede suponerse que la respuesta de aversión limitará los episodios de exposición a 0,25 segundos

D.1.2. Formato de los ejemplos

Los ejemplos descritos a continuación se han llevado a cabo en una serie de pasos similares a los utilizados más arriba. En aquellos casos en que se ha establecido una hipótesis de simplificación, el ejemplo se describe en su totalidad, pero los pasos que no son necesarios si se aceptan las hipótesis aparecen en gris, lo que permite demostrar la aplicabilidad de las hipótesis iniciales.

Al final de este apéndice se presenta un resumen de los resultados de estos ejemplos.

D.1.3. Lámparas fluorescentes instaladas en el techo detrás de un difusor



Un conjunto de tres lámparas de iluminación general de 36 W se instala en una luminaria de techo que mide 57,5 cm x 117,5 cm. La luminaria tiene un difusor de plástico que cubre completamente las lámparas, lo que hace que la fuente sea razonablemente homogénea.

Elección de los valores límite de exposición

Este tipo de lámpara no emite cantidades importantes de radiaciones infrarrojas. Los posibles peligros se derivan de la exposición a las longitudes de onda visibles o ultravioletas. Las longitudes de onda ultravioletas son atenuadas por el difusor de plástico. Únicamente se aplica el valor límite **d**.

Factores geométricos

Los parámetros de irradiancia espectral se miden a una distancia de 100 cm de la lámpara, con el detector dirigido directamente a ella.

La fuente tiene una dimensión media de 87,5 cm.

Por consiguiente, α es igual a 0,875 rad.

La fuente tiene una superficie de 6 756 cm².

Por consiguiente, ω es igual a 0,68 sr.

Por lo tanto, ω_b es igual a 0,68 sr y ω_r es igual a 0,68 sr.

Evaluación preliminar

Se midió la irradiancia fotópica efectiva, que era 1 477 mW m⁻², lo que equivale a una iluminancia de 1 009 lux.

Por consiguiente, la luminancia de esta fuente es igual a 1 009/0,68 = 1 484 cd m⁻².

No es precisa una evaluación ulterior.

Parámetros radiométricos

Los valores de irradiancia efectiva medidos son:

Irradiancia efectiva $E_{\text{eff}} < 10 \mu\text{W m}^{-2}$

Irradiancia de radiaciones UVA, $E_{\text{UVA}} = 17 \text{ mW m}^{-2}$

Irradiancia efectiva (luz azul), $E_B = 338 \text{ mW m}^{-2}$

Irradiancia efectiva (lesión por calor), $E_R = 5 424 \text{ mW m}^{-2}$

Hipótesis de simplificación

Radiancia efectiva (luz azul),

$$L_B = 338 \text{ mW m}^{-2}/0,68 \text{ sr} = 0,5 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$$

Radiancia efectiva (lesión por calor),

$$L_R = 5 424 \text{ mW m}^{-2}/0,68 \text{ sr} = 8 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$$

Comparación con los valores límite de exposición

Valor límite a		
El valor límite de exposición es $H_{\text{eff}} = 30 \text{ J m}^{-2}$	→	$E_{\text{eff}} < 10 \mu\text{W m}^{-2}$ → El TEMP es superior a 8 horas
Valor límite b		
El valor límite de exposición es $H_{\text{UVA}} = 10^4 \text{ J m}^{-2}$	→	$E_{\text{UVA}} = 17 \text{ mW m}^{-2}$ → El TEMP es superior a 8 horas
Valor límite d		
El valor límite de exposición es $100 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$	→	$L_B = 0,5 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$ → No se supera el valor límite de exposición
Valor límite g		
El valor límite de exposición es $280 \text{ kW m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$	→	$L_R = 8 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$ → No se supera el valor límite de exposición

D.1.4. Una sola lámpara fluorescente instalada en el techo sin difusor

Una lámpara fluorescente de iluminación general de 58 W de 153 x 2 cm instalada en una luminaria de techo de 153 x 13 cm que incorpora reflectores detrás de la lámpara y abierta por la parte delantera. La fuente no es homogénea, y la lámpara es su parte más brillante.



Véase, asimismo, el ejemplo D.1.5.

Elección de los valores límite de exposición

Este tipo de lámpara no emite cantidades importantes de radiaciones infrarrojas. Los posibles peligros se derivan de la exposición a las longitudes de onda visibles o ultravioletas. Se aplican los valores límite **a**, **b** y **d**.

Factores geométricos

Los parámetros de irradiancia espectral se miden a una distancia de 100 cm de la lámpara, con el detector dirigido directamente a ella.

La lámpara tiene una dimensión media de 77,5 cm.

Por consiguiente, α es igual a 0,775 rad.

La lámpara tiene una superficie de 306 cm².

Por consiguiente, ω es igual a 0,03 sr.

ω_b es igual a 0,03 sr y ω_r es igual a 0,03 sr.

Evaluación preliminar

Se midió la radiancia fotópica efectiva, que era de 1 640 mW m⁻², lo que equivale a una iluminancia de 1 120 lux.

Por consiguiente, la luminancia de esta fuente es igual a $1\ 120/0,03 = 37\ 333$ cd m⁻².

Parece necesario realizar una evaluación ulterior de los peligros para la retina. Asimismo, deben evaluarse las RUV.

Parámetros radiométricos

Los valores de irradiancia efectiva medidos son:

Irradiancia efectiva $E_{\text{eff}} = 600$ $\mu\text{W m}^{-2}$

Irradiancia de radiaciones UVA, $E_{\text{UVA}} = 120$ mW m⁻²

Irradiancia efectiva (luz azul), $E_B = 561$ mW m⁻²

Irradiancia efectiva (lesión por calor), $E_R = 7\ 843$ mW m⁻²

Hipótesis de simplificación

Radiancia efectiva (luz azul),

$L_B = 561$ mW m⁻²/0,03 sr = 19 W m⁻² sr⁻¹.

Radiancia efectiva (lesión por calor),

$L_R = 7\ 843$ mW m⁻²/0,03 sr = 261 W m⁻² sr⁻¹.

Comparación con los valores límite de exposición

Valor límite a			
El valor límite de exposición es $H_{\text{eff}} = 30$ J m ⁻²	→	$E_{\text{eff}} = 600$ $\mu\text{W m}^{-2}$	→ El TEMP es superior a 8 horas
Valor límite b			
El valor límite de exposición es $H_{\text{UVA}} = 10^4$ J m ⁻²	→	$E_{\text{UVA}} = 120$ mW m ⁻²	→ El TEMP es superior a 8 horas
Valor límite d			
El valor límite de exposición es 100 W m ⁻² sr ⁻¹	→	$L_B = 19$ W m ⁻² sr ⁻¹	→ No se supera el valor límite de exposición
Valor límite g			
El valor límite de exposición es 280 kW m ⁻² sr ⁻¹	→	$L_R = 261$ W m ⁻² sr ⁻¹	→ No se supera el valor límite de exposición

D.1.5. Un conjunto de lámparas fluorescentes instaladas en el techo sin difusor



Cuatro lámparas fluorescentes de iluminación general de 18 W de 57 cm x 2 cm instaladas en una luminaria de techo de 57 cm x 57 cm, que incorpora reflectores detrás de cada lámpara y abierta por la parte delantera. Esta luminaria es muy parecida a la del ejemplo D.1.4, excepto en que las lámparas son de otro fabricante. La fuente es homogénea, y las cuatro lámparas son los emisores más brillantes.

Elección de los valores límite de exposición

Este tipo de lámpara no emite cantidades importantes de radiaciones infrarrojas. Los posibles peligros se derivan de la exposición a las longitudes de onda visibles o ultravioletas. Se aplican los valores límite **a, b y d**.

Factores geométricos

Los parámetros de irradiancia espectral se miden a una distancia de 100 cm de la lámpara, con el detector dirigido directamente a ella.

Cada lámpara tiene una dimensión media de 29,5 cm.

Por consiguiente, α es igual a 0,295 rad.

Cada lámpara tiene una superficie de 114 cm².

Por consiguiente, ω es igual a 0,011 sr.

ω_b es igual a 0,011 sr y ω_R es igual a 0,011 sr.

Evaluación preliminar

Se midió la radiancia fotópica efectiva, que era de 1 788 mW m⁻². Esta radiancia correspondía a las cuatro lámparas, pero como cada lámpara es una fuente visual independiente, cada una contribuye 447 mW m⁻² al total, lo que equivale a una iluminancia de 305 lux por lámpara. Por consiguiente, la luminancia de cada lámpara es igual a 305/0,011 = 28 000 cd m⁻².

Es necesario realizar una evaluación ulterior de los peligros para la retina. Asimismo, deben evaluarse las RUV.

Parámetros radiométricos

Los valores de irradiancia efectiva medidos son:

Irradiancia efectiva $E_{\text{eff}} = 1,04 \text{ mW m}^{-2}$

Irradiancia de radiaciones UVA, $E_{\text{UVA}} = 115 \text{ mW m}^{-2}$

Irradiancia efectiva (luz azul),

$E_b = 555 \text{ mW m}^{-2} = 139 \text{ mW m}^{-2}$ por lámpara.

Irradiancia efectiva (lesión por calor),

$E_R = 8 035 \text{ mW m}^{-2} = 2 009 \text{ mW m}^{-2}$ por lámpara

Hipótesis de simplificación

Radiancia efectiva (luz azul), $L_b = 139 \text{ mW m}^{-2}/0,011 \text{ sr} = 13 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$.

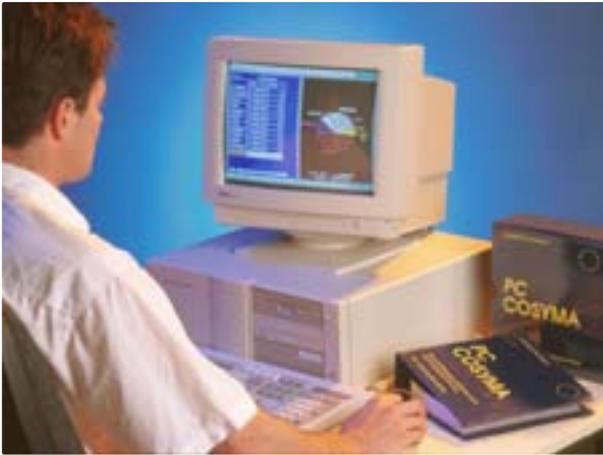
Radiancia efectiva (lesión por calor),

$L_R = 2 009 \text{ mW m}^{-2}/0,011 \text{ sr} = 183 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$

Comparación con los valores límite de exposición

Valor límite a		
El valor límite de exposición es $H_{\text{eff}} = 30 \text{ J m}^{-2}$	→	$E_{\text{eff}} = 1,04 \text{ mW m}^{-2}$
		→ El TEMP es de 8 horas Este valor se acerca al límite de exposición.
Aunque en la práctica es poco probable una exposición continua a 100 cm de distancia, dicha exposición debe tenerse en cuenta si en el entorno existen otras fuentes de RUV.		
Valor límite b		
El valor límite de exposición es $H_{\text{UVA}} = 10^4 \text{ J m}^{-2}$	→	$E_{\text{UVA}} = 115 \text{ mW m}^{-2}$
		→ El TEMP es inferior a 8 horas
Valor límite d		
El valor límite de exposición es $100 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$	→	$L_b = 13 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$
		→ No se supera el valor límite de exposición
Valor límite g		
El valor límite de exposición es $280 \text{ kW m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$	→	$L_R = 183 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$
		→ No se supera el valor límite de exposición

D.1.6. Una pantalla de tubo de rayos catódicos



Un ordenador personal de mesa que tiene una pantalla que incorpora un tubo de rayos catódicos.

Elección de los valores límite de exposición

Los tubos de rayos catódicos no emiten cantidades importantes de radiaciones ultravioletas o infrarrojas. Los posibles peligros se derivan de la exposición a las longitudes de onda visibles. Se aplica el valor límite **d**.

Factores geométricos

La pantalla mezcla tres colores primarios para producir imágenes de colores. El peor de los casos se da cuando los tres colores primarios están presentes, es decir, con una imagen blanca. Los parámetros de irradiancia espectral se

miden a una distancia de 10 cm de un rectángulo blanco homogéneo, con el detector dirigido directamente a este.

La fuente tiene una dimensión media de 17 cm.
Por consiguiente, α es igual a 1,7 rad.
La fuente tiene una superficie de 250 cm².
Por consiguiente, ω es igual a 2,5 sr.
Por lo tanto, ω_b es igual a 2,5 sr y ω_r es igual a 2,5 sr.

Evaluación preliminar

Se midió la irradiancia fotópica efectiva que era 64 mW m⁻², lo que equivale a una iluminancia de 43 lux.
Por consiguiente, la luminancia de esta fuente es igual a 43/2,5 = 17 cd m⁻².
No es precisa una evaluación ulterior.

Parámetros radiométricos

Los valores de irradiancia efectiva medidos son:
Irradiancia efectiva $E_{\text{eff}} = 130 \mu\text{W m}^{-2}$
Irradiancia de radiaciones UVA, $E_{\text{UVA}} = 8 \text{ mW m}^{-2}$
Irradiancia efectiva (luz azul), $E_B = 61 \text{ mW m}^{-2}$
Irradiancia efectiva (lesión por calor), $E_R = 716 \text{ mW m}^{-2}$

Hipótesis de simplificación

Radiancia efectiva (luz azul), $L_B = 61 \text{ mW m}^{-2}/2,5 \text{ sr} = 24 \text{ nW m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$
Radiancia efectiva (lesión por calor), $L_R = 716 \text{ mW m}^{-2}/2,5 \text{ sr} = 286 \text{ mW m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$

Comparación con los valores límite de exposición

		Valor límite a	
El valor límite de exposición es $H_{\text{eff}} = 30 \text{ J m}^{-2}$	→	$E_{\text{eff}} = 130 \mu\text{W m}^{-2}$	→ El TEMP es superior a 8 horas
		Valor límite b	
El valor límite de exposición es $H_{\text{UVA}} = 10^4 \text{ J m}^{-2}$	→	$E_{\text{UVA}} = 8 \text{ mW m}^{-2}$	→ El TEMP es superior a 8 horas
		Valor límite d	
El valor límite de exposición es $100 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$	→	$L_B = 24 \text{ mW m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$	→ No se supera el valor límite de exposición
		Valor límite g	
El valor límite de exposición es $280 \text{ kW m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$	→	$L_R = 286 \text{ mW m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$	→ No se supera el valor límite de exposición

D.1.7. Una pantalla de ordenador portátil



Una pantalla de cristal líquido de un ordenador portátil.

Elección de los valores límite de exposición

Las pantallas de cristal líquido no emiten cantidades importantes de radiaciones ultravioletas o infrarrojas. Los posibles peligros se derivan de la exposición a las longitudes de onda visibles. Se aplica el valor límite **d**.

Factores geométricos

La pantalla de cristal líquido mezcla tres colores primarios para producir imágenes de colores. El peor de los casos se da cuando los tres colores primarios están presentes, es decir, con una imagen blanca. Los parámetros de irradiancia espectral se miden a una distancia de 10 cm de un

rectángulo blanco homogéneo, con el detector dirigido directamente a este.

La fuente tiene una dimensión media de 13 cm.

Por consiguiente, α es igual a 1,3 rad.

La fuente tiene una superficie de 173 cm².

Por consiguiente, ω es igual a 1,7 sr.

Por lo tanto, ω_b es igual a 1,7 sr y ω_r es igual a 1,7 sr.

Evaluación preliminar

Se midió la radiancia fotópica efectiva, que era de 134 mW m⁻², lo que equivale a una iluminancia de 92 lux. Por consiguiente, la luminancia de esta fuente es igual a $92/1,7 = 54$ cd m⁻².

No es precisa una evaluación ulterior.

Parámetros radiométricos

Los valores de irradiancia efectiva medidos son:

Irradiancia efectiva $E_{\text{eff}} = 70 \mu\text{W m}^{-2}$

Irradiancia de radiaciones UVA, $E_{\text{UVA}} = 4 \text{ mW m}^{-2}$

Irradiancia efectiva (luz azul), $E_b = 62 \text{ mW m}^{-2}$

Irradiancia efectiva (lesión por calor), $E_r = 794 \text{ mW m}^{-2}$

Hipótesis de simplificación

Radiancia efectiva (luz azul),

$L_b = 62 \text{ mW m}^{-2}/1,7 \text{ sr} = 36 \text{ nW m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$

Radiancia efectiva (lesión por calor),

$L_r = 794 \text{ mW m}^{-2}/1,7 \text{ sr} = 467 \text{ mW m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$

Comparación con los valores límite de exposición

Valor límite a			
El valor límite de exposición es $H_{\text{eff}} = 30 \text{ J m}^{-2}$	→	$E_{\text{eff}} = 70 \mu\text{W m}^{-2}$	→ El TEMP es superior a 8 horas
Valor límite b			
El valor límite de exposición es $H_{\text{UVA}} = 10^4 \text{ J m}^{-2}$	→	$E_{\text{UVA}} = 4 \text{ mW m}^{-2}$	→ El TEMP es superior a 8 horas
Valor límite d			
El valor límite de exposición es $100 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$	→	$L_b = 36 \text{ mW m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$	→ No se supera el valor límite de exposición
Valor límite g			
El valor límite de exposición es $280 \text{ kW m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$	→	$L_r = 467 \text{ mW m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$	→ No se supera el valor límite de exposición

D.1.8. Un difusor para exteriores que incorpora una lámpara de halógenos metálicos



Una lámpara de halógenos metálicos de 70 W incorporada en una luminaria que dispone, asimismo, de un reflector trasero de 18 x 18 cm y una cubierta transparente. Va a instalarse en los parapetos de un edificio para iluminar la zona inferior. La fuente no es homogénea, pues la región más brillante es el propio arco, que es aproximadamente esférico y tiene un diámetro de 5 cm.

Elección de los valores límite de exposición

Los posibles peligros se derivan de la exposición a las longitudes de onda visibles o incluso ultravioletas. Las lámparas de halógenos metálicos producen grandes cantidades de radiaciones ultravioletas; la lámpara de este ejemplo tiene un envoltorio exterior que puede reducir las emisiones, y la luminaria tiene una cubierta que también puede reducirlas, pero aún puede emitir suficientes radiaciones UVA que pueden ser motivo de preocupación. Se aplican los valores límite **b**, **d** y **g**.

Factores geométricos

Los parámetros de irradiancia espectral se miden a una distancia de 100 cm de la lámpara, con el detector dirigido directamente a ella.

El arco tiene una dimensión media de 0,5 cm.

Por consiguiente, α es igual a 0,005 rad. Este valor es inferior a 11 mrad, por lo que el valor límite **d** puede sustituirse

por el valor límite **f** si se prevé una visualización fija de la fuente. Sin embargo, en este caso no es así, por lo que se utilizará el valor límite **d** para la evaluación. Véase la nota 2 al pie de la tabla 1.1 de la Directiva.

La fuente tiene una superficie de 0,2 cm².

Por consiguiente, ω es igual a 0,00002 sr.

Por lo tanto, ω_b es igual a 0,01 sr y ω_r es igual a 0,0001 sr.

Evaluación preliminar

Se midió la radiancia fotópica efectiva, que era de 4 369 mW m⁻², lo que equivale a una iluminancia de 2 984 lux.

Por consiguiente, la luminancia de esta fuente es igual a 2 984/0,00002 = 149 000 000 cd m⁻².

Es necesario realizar una evaluación ulterior de los peligros para la retina, así como evaluar los posibles peligros de las RUV.

Parámetros radiométricos

Los valores de irradiancia efectiva medidos son:

$$\text{Irradiancia efectiva } E_{\text{eff}} = 110 \mu\text{W m}^{-2}$$

$$\text{Irradiancia de radiaciones UVA, } E_{\text{UVA}} = 915 \text{ mW m}^{-2}$$

$$\text{Irradiancia efectiva (luz azul), } E_B = 2 329 \text{ mW m}^{-2}$$

$$\text{Irradiancia efectiva (lesión por calor),}$$

$$E_R = 30 172 \text{ mW m}^{-2}$$

Hipótesis de simplificación

Radiancia efectiva (luz azul),

$$L_B = 2 329 \text{ mW m}^{-2}/0,01 \text{ sr} = 233 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$$

Radiancia efectiva (lesión por calor),

$$L_R = 30 172 \text{ mW m}^{-2}/0,0001 \text{ sr} = 302 \text{ kW m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$$

Comparación con los valores límite de exposición

Valor límite a		
El valor límite de exposición es $H_{\text{eff}} = 30 \text{ J m}^{-2}$	→	$E_{\text{eff}} = 110 \mu\text{W m}^{-2}$ → El TEMP es superior a 8 horas
Valor límite b		
El valor límite de exposición es $H_{\text{UVA}} = 10^4 \text{ J m}^{-2}$	→	$E_{\text{UVA}} = 915 \text{ mW m}^{-2}$ → El TEMP es de 3 horas
No obstante, el intenso brillo de la lámpara puede limitar cada episodio de exposición a unos 0,25 segundos.		
Valor límite d		
El valor límite de exposición es $100 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$	→	$L_b = 233 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$ → Se supera el valor límite de exposición
Por consiguiente deberá utilizarse el valor límite c para calcular el TEMP.		
Valor límite c		
El valor límite de exposición es igual a $L_b < 10^6/t \text{ W m}^{-2}$	→	$t_{\text{max}} = 10^6/L_b$ → El TEMP de esta fuente es de aproximadamente 70 minutos
No obstante, el intenso brillo de la lámpara puede limitar cada episodio de exposición a unos 0,25 segundos.		
Nota: Si prevé una visualización fija, el valor t_{max} basado en el valor límite e = $100/E_b$ es de aproximadamente 40 segundos		
Valor límite g		
El valor límite de exposición es $280 \text{ kW m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$	→	$L_R = 302 \text{ kW m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$ → El valor límite de exposición se supera sobre la base de la hipótesis de simplificación según la cual α es superior a 0,1 rad
Si volvemos a calcular el valor límite sobre la base del valor α real (= 5 mrad), un valor límite de exposición más realista sería $5\,600 \text{ kW m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$, en cuyo caso no se superaría este.		

D.1.9. Un difusor para exteriores que incorpora una lámpara fluorescente compacta



Una lámpara fluorescente compacta de 26 de 3x13 cm incorporada en una luminaria que tiene un reflector trasero sin pulir y una cubierta transparente. Va a instalarse en los parapetos de un edificio para iluminar la zona inferior. La lámpara es el mayor emisor de esta fuente no homogénea.

Elección de los valores límite de exposición

Este tipo de lámpara no emite cantidades importantes de radiaciones infrarrojas. Los posibles peligros se derivan de la exposición a las longitudes de onda visibles o ultravioletas. Las longitudes de onda ultravioletas son atenuadas por el difusor de plástico. Se aplica el valor límite **d**.

Factores geométricos

Los parámetros de irradiancia espectral se miden a una distancia de 100 cm de la lámpara, con el detector dirigido directamente a ella.

La fuente tiene una dimensión media de 8 cm.

Por consiguiente, α es igual a 0,08 rad.

La fuente tiene una superficie de 39 cm².

Por consiguiente, ω es igual a 0,0039 sr.

Por lo tanto, ω_b es igual a 0,01 sr y ω_r es igual a 0,0039 sr.

Evaluación preliminar

Se midió la radiancia fotópica efectiva, que era de 366 mW m⁻², lo que equivale a una iluminancia de 250 lux. Por consiguiente, la luminancia de esta fuente es igual a 250/0,0039 = 64 000 cd m⁻².

Es necesario realizar una evaluación ulterior de los peligros para la retina.

Parámetros radiométricos

Los valores de irradiancia efectiva medidos son:

Irradiancia efectiva $E_{\text{eff}} = 10 \mu\text{W m}^{-2}$

Irradiancia de radiaciones UVA, $E_{\text{UVA}} = 2 \text{ mW m}^{-2}$

Irradiancia efectiva (luz azul), $E_B = 149 \text{ mW m}^{-2}$

Irradiancia efectiva (lesión por calor), $E_R = 1\,962 \text{ mW m}^{-2}$

Hipótesis de simplificación

Radiancia efectiva (luz azul),

$L_B = 149 \text{ mW m}^{-2}/0,01 \text{ sr} = 15 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$

Radiancia efectiva (lesión por calor),

$L_R = 1\,962 \text{ mW m}^{-2}/0,0039 \text{ sr} = 503 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$

Comparación con los valores límite de exposición

Valor límite a			
El valor límite de exposición es $H_{\text{eff}} = 30 \text{ J m}^{-2}$	→	$E_{\text{eff}} = 10 \mu\text{W m}^{-2}$	→ El TEMP es superior a 8 horas
Valor límite b			
El valor límite de exposición es $H_{\text{UVA}} = 10^4 \text{ J m}^{-2}$	→	$E_{\text{UVA}} = 2 \text{ mW m}^{-2}$	→ El TEMP es superior a 8 horas
Valor límite d			
El valor límite de exposición es $100 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$	→	$L_B = 15 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$	→ No se supera el valor límite de exposición
Valor límite g			
El valor límite de exposición es $280 \text{ kW m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$	→	$L_R = 503 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$	→ No se supera el valor límite de exposición

D.1.10. Una trampa electrónica para insectos



Las trampas electrónicas para insectos a menudo utilizan lámparas de descarga de mercurio de baja presión que emiten radiaciones UVA y partes azules del espectro para atraer a los insectos hacia una rejilla bajo alta tensión. La trampa de este ejemplo consume 25 W e incorpora dos lámparas, cada una de 26 x 1 cm, instaladas con una separación de 10 cm sobre una placa horizontal.

Elección de los valores límite de exposición

Las trampas para insectos deben ser conformes a la norma para productos EN 603352-59, que establece que la irradiancia UVR_{eff} a 1 m de distancia deberá ser $\leq 1 \text{ mW m}^{-2}$. Por consiguiente, no es necesario considerar el valor límite **a**, sino que se sigue aplicando el **b**. Como no se trata de una fuente de luz blanca, no procede utilizar la luminancia como medida de control. Sin embargo, las trampas para insectos producen muy poco estímulo visual, por lo que no es necesario tener en cuenta los peligros para la retina.

Comparación con los valores límite de exposición

Valor límite a			
El valor límite de exposición es $H_{eff} = 30 \text{ J m}^{-2}$	→	$E_{eff} = 10 \text{ } \mu\text{W m}^{-2}$	→ El TEMP es superior a 8 horas
Valor límite b			
El valor límite de exposición es $H_{UVA} = 10^4 \text{ J m}^{-2}$	→	$E_{UVA} = 34 \text{ mW m}^{-2}$	→ El TEMP es superior a 8 horas
Valor límite d			
El valor límite de exposición es $100 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$	→	$L_B = 0,85 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$	→ No se supera el valor límite de exposición
Valor límite g			
El valor límite de exposición es $280 \text{ kW m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$	→	$L_R = 33 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$	→ No se supera el valor límite de exposición

Factores geométricos

Los parámetros de irradiancia espectral se miden a una distancia de 100 cm de la trampa para insectos. Como la trampa se encuentra instalada en una pared, se mide aproximadamente a la altura de la cabeza. Por consiguiente, el detector debe dirigirse hacia la trampa en un ángulo aproximado de 30° respecto a la horizontal. Como las lámparas de la trampa tienen una sección transversal circular, aún es posible suponer que pueden verse en un ángulo de 90° respecto a sus superficies.

Cada lámpara tiene una dimensión media de 13,5 cm.

Por consiguiente, α es igual a 0,135 rad.

Cada lámpara tiene una superficie aparente de 26 cm².

Por consiguiente, ω es igual a 0,0026 sr.

Por lo tanto, ω_B es igual a 0,01 sr y ω_R es igual a 0,0026 sr.

Parámetros radiométricos

Los valores de irradiancia efectiva medidos son:

Irradiancia efectiva $E_{eff} = 10 \text{ } \mu\text{W m}^{-2}$

Irradiancia de radiaciones UVA, $E_{UVA} = 34 \text{ mW m}^{-2}$

Irradiancia efectiva (luz azul),
 $E_B = 17 \text{ mW m}^{-2} = 8,5 \text{ mW m}^{-2}$ por lámpara.

Irradiancia efectiva (lesión por calor),
 $E_R = 172 \text{ mW m}^{-2} = 86 \text{ mW m}^{-2}$ por lámpara

Hipótesis de simplificación

Radiancia efectiva (luz azul),
 $L_B = 8,5 \text{ mW m}^{-2} / 0,01 \text{ sr} = 0,85 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$

Radiancia efectiva (lesión por calor),
 $L_R = 86 \text{ mW m}^{-2} / 0,0026 \text{ sr} = 33 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$

D.1.11. Reflector instalado en el techo



Reflector instalado en el techo que incorpora una lámpara halógena de tungsteno de 50 W en una luminaria precintada con un reflector dicróico y una cubierta de vidrio en su parte delantera. La luminaria precintada tiene un diámetro de 4 cm. Encendida, la fuente parece homogénea.

Elección de los valores límite de exposición

El posible peligro se deriva de la exposición a longitudes de ondas visibles (las lámparas halógenas de tungsteno producen algunas radiaciones ultravioletas, pero la de este ejemplo tiene una cubierta en la parte delantera que reduce las emisiones). Se aplican los valores límite **d** y **g**.

Factores geométricos

Los parámetros de irradiancia espectral se miden a una distancia de 100 cm de la lámpara, con el detector dirigido directamente a ella.

La fuente tiene una dimensión media de 4 cm.

Por consiguiente, α es igual a 0,04 rad.

La fuente tiene una superficie de 13 cm².

Por consiguiente, ω es igual a 0,001 sr.

Por lo tanto, ω_b es igual a 0,01 sr y ω_r es igual a 0,001 sr.

Evaluación preliminar

Se midió la radiancia fotópica efectiva, que era de 484 mW m⁻², lo que equivale a una iluminancia de 331 lux. Por consiguiente, la luminancia de esta fuente es igual a 331/0,001 = 331 000 cd m⁻².

Es necesario realizar una evaluación ulterior de los peligros para la retina.

Parámetros radiométricos

Los valores de irradiancia efectiva medidos son:

Irradiancia efectiva $E_{\text{eff}} = 30 \mu\text{W m}^{-2}$

Irradiancia de radiaciones UVA, $E_{\text{UVA}} = 12 \text{ mW m}^{-2}$

Irradiancia efectiva (luz azul), $E_B = 129 \text{ mW m}^{-2}$

Irradiancia efectiva (lesión por calor), $E_R = 2 998 \text{ mW m}^{-2}$

Hipótesis de simplificación

Radiancia efectiva (luz azul),

$L_B = 129 \text{ mW m}^{-2}/0,01 \text{ sr} = 12,9 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$

Radiancia efectiva (lesión por calor),

$L_R = 2 998 \text{ mW m}^{-2}/0,001 \text{ sr} = 2 998 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$

Comparación con los valores límite de exposición

Valor límite a			
El valor límite de exposición es $H_{\text{eff}} = 30 \text{ J m}^{-2}$	→	$E_{\text{eff}} = 30 \mu\text{W m}^{-2}$	→ El TEMP es superior a 8 horas
Valor límite b			
El valor límite de exposición es $H_{\text{UVA}} = 10^4 \text{ J m}^{-2}$	→	$E_{\text{UVA}} = 12 \text{ mW m}^{-2}$	→ El TEMP es superior a 8 horas
Valor límite d			
El valor límite de exposición es $100 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$	→	$L_B = 12,9 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$	→ No se supera el valor límite de exposición
Valor límite g			
El valor límite de exposición es $280 \text{ kW m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$	→	$L_R = 2 998 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$	→ No se supera el valor límite de exposición

D.1.12. Luz para tareas instalada en un escritorio



Una luz para tareas instalada en un escritorio que incorpora una lámpara estándar de tungsteno en una luminaria abierta por la parte delantera. La luminaria tiene un diámetro de 17 cm. La lámpara de 60 W tiene un acabado difuso y un diámetro de 5,5 cm. La fuente no es homogénea y la lámpara tiene una mayor emisión que el reflector.

Elección de los valores límite de exposición

El posible peligro se deriva de la exposición a longitudes de onda visibles (los filamentos de tungsteno producen algunas emisiones ultravioletas, pero el recinto de vidrio actúa como filtro). Se aplican los valores límite **d** y **g**.

Factores geométricos

Los parámetros de irradiancia espectral se miden a una distancia de 50 cm de la lámpara, con el detector dirigido directamente a ella.

La fuente tiene una dimensión media de 5,5 cm.

Por consiguiente, α es igual a 0,11 rad.

La fuente tiene una superficie de 24 cm².

Por consiguiente, ω es igual a 0,0096 sr.

Por lo tanto, ω_b es igual a 0,01 sr y ω_r es igual a 0,0096 sr.

Evaluación preliminar

Se midió la radiancia fotópica efectiva, que era de 522 mW m⁻², lo que equivale a una iluminancia de 357 lux. Por consiguiente, la luminancia de esta fuente es igual a 357/0,006 = 37 188 cd m⁻².

Es necesario realizar una evaluación ulterior de los peligros para la retina.

Parámetros radiométricos

Los valores de irradiancia efectiva medidos son:

$$\text{Irradiancia efectiva } E_{\text{eff}} = 50 \mu\text{W m}^{-2}$$

$$\text{Irradiancia de radiaciones UVA, } E_{\text{UVA}} = 18 \text{ mW m}^{-2}$$

$$\text{Irradiancia efectiva (luz azul), } E_b = 92 \text{ mW m}^{-2}$$

$$\text{Irradiancia efectiva (lesión por calor), } E_r = 4 815 \text{ mW m}^{-2}$$

Hipótesis de simplificación

Radiancia efectiva (luz azul),

$$L_b = 92 \text{ mW m}^{-2}/0,1 \text{ sr} = 0,92 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$$

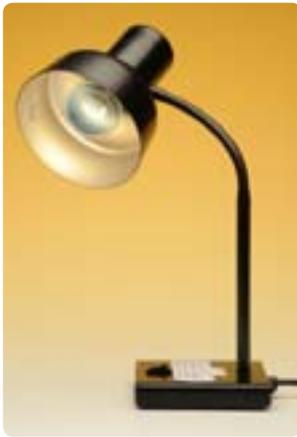
Radiancia efectiva (lesión por calor),

$$L_r = 4 815 \text{ mW m}^{-2}/0,0096 \text{ sr} = 501 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$$

Comparación con los valores límite de exposición

Valor límite a			
El valor límite de exposición es $H_{\text{eff}} = 30 \text{ J m}^{-2}$	→	$E_{\text{eff}} = 50 \mu\text{W m}^{-2}$	→ El TEMP es superior a 8 horas
Valor límite b			
El valor límite de exposición es $H_{\text{UVA}} = 10^4 \text{ J m}^{-2}$	→	$E_{\text{UVA}} = 18 \text{ mW m}^{-2}$	→ El TEMP es superior a 8 horas
Valor límite d			
El valor límite de exposición es $100 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$	→	$L_b = 0,92 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$	→ No se supera el valor límite de exposición
Valor límite g			
El valor límite de exposición es $280 \text{ kW m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$	→	$L_r = 501 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$	→ No se supera el valor límite de exposición

D.1.13. Luz para tareas de «espectro diurno» instalada en un escritorio



Una luz para tareas instalada en un escritorio que incorpora una lámpara estándar de tungsteno en una luminaria abierta por la parte delantera. La lámpara está teñida para emular las propiedades cromáticas de la luz natural diurna, pero no tiene un acabado que difunda la luz. La luminaria tiene un diámetro de

14 cm. La fuente no es homogénea. Cuando la lámpara está encendida, su filamento se distingue claramente. Resulta difícil describir las dimensiones del filamento, pero su longitud es aproximadamente de 3 cm y su diámetro es de 0,5 mm.

Elección de los valores límite de exposición

El posible peligro se deriva de la exposición a longitudes de onda visibles (los filamentos de tungsteno producen algunas emisiones ultravioletas, pero el recinto de vidrio actúa como filtro). Se aplican los valores límite **d** y **g**.

Factores geométricos

Los parámetros de irradiancia espectral se miden a una distancia de 50 cm de la lámpara, con el detector dirigido directamente a ella.

El filamento tiene una dimensión media de 1,5 cm.

Por consiguiente, α es igual a 0,03 rad.

El filamento tiene una superficie de 0,15 cm².

Por consiguiente, ω es igual a 0,00006 sr.

Por lo tanto, ω_b es igual a 0,01 sr y ω_r es igual a 0,0001 sr.

Evaluación preliminar

Se midió la radiancia fotópica efectiva, que era de 559 mW m⁻², lo que equivale a una iluminancia de 383 lux. Por consiguiente, la luminancia de esta fuente es igual a $382/0,00006 = 6\,000\,000$ cd m⁻².

Es necesario realizar una evaluación ulterior de los peligros para la retina.

Parámetros radiométricos

Los valores de irradiancia efectiva medidos son:

$$\text{Irradiancia efectiva } E_{\text{eff}} = 110 \mu\text{W m}^{-2}$$

$$\text{Irradiancia de radiaciones UVA, } E_{\text{UVA}} = 26 \text{ mW m}^{-2}$$

$$\text{Irradiancia efectiva (luz azul), } E_B = 138 \text{ mW m}^{-2}$$

$$\text{Irradiancia efectiva (lesión por calor),}$$

$$E_R = 5\,172 \text{ mW m}^{-2}$$

Hipótesis de simplificación

Radiancia efectiva (luz azul),

$$L_B = 138 \text{ mW m}^{-2}/0,01 \text{ sr} = 14 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$$

Radiancia efectiva (lesión por calor),

$$L_R = 5\,172 \text{ mW m}^{-2}/0,0001 \text{ sr} = 52 \text{ kW m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$$

Comparación con los valores límite de exposición

Valor límite a			
El valor límite de exposición es $H_{\text{eff}} = 30 \text{ J m}^{-2}$	→	$E_{\text{eff}} = 110 \mu\text{W m}^{-2}$	→ El TEMP es superior a 8 horas
Valor límite b			
El valor límite de exposición es $H_{\text{UVA}} = 10^4 \text{ J m}^{-2}$	→	$E_{\text{UVA}} = 26 \text{ mW m}^{-2}$	→ El TEMP es superior a 8 horas
Valor límite d			
El valor límite de exposición es $100 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$	→	$L_B = 14 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$	→ No se supera el valor límite de exposición
Valor límite g			
El valor límite de exposición es $280 \text{ kW m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$	→	$L_R = 52 \text{ kW m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$	→ No se supera el valor límite de exposición

D.1.14. Una fotocopidora



Una fotocopidora que incorpora una fuente de luz de exploración en forma de dos franjas iluminadas. Estas franjas tienen una longitud de 21 cm y están instaladas a una distancia de 1,5 cm entre sí, que pueden verse a la izquierda de la cubierta de vidrio de la fotocopidora en el gráfico de la derecha. Cada franja iluminada tiene un ancho de 3 mm.

Elección de los valores límite de exposición

El posible peligro se deriva de la exposición a longitudes de onda visibles (la cubierta de vidrio debería reducir las emisiones ultravioletas). Se aplican los valores límite **d** y **g**.

Factores geométricos

Los parámetros de irradiancia espectral se miden a una distancia de 30 cm de la cubierta de vidrio. La distancia entre la cubierta de vidrio y la fuente de radiaciones ópticas es insignificante. Las mediciones se hacen dirigiendo el detector directamente a la fuente, lo que resulta

una suposición pesimista, pues la exposición humana probablemente se produce en un ángulo.

Cada fuente tiene una dimensión media de 10,7 cm.

Por consiguiente, α es igual a 0,36 rad.

Cada fuente tiene una superficie de 6,3 cm².

Por consiguiente, ω es igual a 0,007 sr.

Por lo tanto, ω_b es igual a 0,01 sr y ω_r es igual a 0,007 sr.

Evaluación preliminar

Se midió la radiancia fotópica efectiva, que era de 197 mW m⁻². Esta radiancia correspondía a las dos franjas, pero, como cada franja es una fuente visual independiente, cada una contribuye 98,5 mW m⁻² al total, lo que equivale a una iluminancia de 67 lux por lámpara.

Por consiguiente, la luminancia de esta fuente es igual a $67/0,007 = 9\,643$ cd m⁻².

No es precisa una evaluación ulterior.

Parámetros radiométricos

Los valores de irradiancia efectiva medidos son:

Irradiancia efectiva $E_{\text{eff}} = 10 \mu\text{W m}^{-2}$

Irradiancia de radiaciones UVA, $E_{\text{UVA}} = 22 \text{ mW m}^{-2}$

Irradiancia efectiva (luz azul),
 $E_B = 124 \text{ mW m}^{-2} = 62 \text{ mW m}^{-2}$ por franja

Irradiancia efectiva (lesión por calor),
 $E_R = 1\,606 \text{ mW m}^{-2} = 803 \text{ mW m}^{-2}$ por franja

Hipótesis de simplificación

Radiancia efectiva (luz azul),
 $L_B = 62 \text{ mW m}^{-2}/0,01 \text{ sr} = 6,2 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$

Radiancia efectiva (lesión por calor),
 $L_R = 803 \text{ mW m}^{-2}/0,007 \text{ sr} = 115 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$

Comparación con los valores límite de exposición

		Valor límite a	
El valor límite de exposición es $H_{\text{eff}} = 30 \text{ J m}^{-2}$	→	$E_{\text{eff}} = 10 \mu\text{W m}^{-2}$	→ El TEMP es superior a 8 horas
		Valor límite b	
El valor límite de exposición es $H_{\text{UVA}} = 10^4 \text{ J m}^{-2}$	→	$E_{\text{UVA}} = 22 \text{ mW m}^{-2}$	→ El TEMP es superior a 8 horas
		Valor límite d	
El valor límite de exposición es $100 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$	→	$L_B = 6,2 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$	→ No se supera el valor límite de exposición
		Valor límite g	
El valor límite de exposición es $280 \text{ kW m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$	→	$L_R = 115 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$	→ No se supera el valor límite de exposición

D.1.15. Proyector digital de datos de mesa



Un proyector de datos de 150 W con una lente frontal de proyección de 4,7 cm de diámetro.

Véase, asimismo, el ejemplo D.1.16.

El proyector crea imágenes mediante la mezcla de tres colores. El peor de los supuestos se da cuando están presentes todos los colores, es decir, cuando se proyecta una imagen blanca. Se puede utilizar un paquete de software de gráficos para crear una imagen en blanco. La irradiancia espectral se mide a una distancia de 200 cm del proyector, con el proyector enfocado para producir una imagen nítida del menor tamaño posible a dicha distancia. La lente del proyector tiene un diámetro aparente de 4 cm. Sin embargo, durante su uso, la lente no aparece iluminada de forma homogénea. La principal zona iluminada tiene aproximadamente 3 cm de ancho.

Elección de los valores límite de exposición

Este tipo de fuentes no emiten cantidades considerables de radiaciones ultravioletas o infrarrojas, de modo que el posible peligro se deriva de la exposición a longitudes de onda visibles. Se aplican los valores límite de exposición **d** y **g**.

Factores geométricos

Los tres colores primarios se mezclan para producir imágenes de colores. El peor de los casos se da cuando los tres colores primarios están presentes, es decir, con una

imagen blanca. Los parámetros de irradiancia espectral se miden a una distancia de 200 cm de la lámpara, con el detector dirigido directamente a ella.

La fuente tiene una dimensión media de 3 cm.

Por consiguiente, α es igual a 0,02 rad.

La fuente tiene una superficie de 7 cm².

Por consiguiente, ω es igual a 0,0001 sr.

Por lo tanto, ω_B es igual a 0,01 sr y ω_R es igual a 0,0001 sr.

Evaluación preliminar

Se midió la radiancia fotópica efectiva, que era de 2 984 mW m⁻², lo que equivale a una iluminancia de 2 038 lux.

Por consiguiente, la luminancia de esta fuente es igual a 2 038/0,0001 = 20 000 000 cd m⁻².

Es necesario realizar una evaluación ulterior de los peligros para la retina.

Parámetros radiométricos

Los valores de irradiancia efectiva medidos son:

Irradiancia efectiva $E_{\text{eff}} = 30 \mu\text{W m}^{-2}$

Irradiancia de radiaciones UVA, $E_{\text{UVA}} = 1,0 \text{ mW m}^{-2}$

Irradiancia efectiva (luz azul), $E_B = 2 237 \text{ mW m}^{-2}$

Irradiancia efectiva (lesión por calor), $E_R = 24 988 \text{ mW m}^{-2}$

Hipótesis de simplificación

Radiancia efectiva (luz azul),

$L_B = 2 237 \text{ mW m}^{-2}/0,01 \text{ msr} = 224 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$

Radiancia efectiva (lesión por calor),

$L_R = 24 988 \text{ mW m}^{-2}/0,0001 \text{ msr} = 250 \text{ kW m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$

Comparación con los valores límite de exposición

Valor límite a			
El valor límite de exposición es $H_{\text{eff}} = 30 \text{ J m}^{-2}$	→	$E_{\text{eff}} = 30 \mu\text{W m}^{-2}$	→ El TEMP es superior a 8 horas
Valor límite b			
El valor límite de exposición es $H_{\text{UVA}} = 10^4 \text{ J m}^{-2}$	→	$E_{\text{UVA}} = 1 \text{ mW m}^{-2}$	→ El TEMP es superior a 8 horas
Valor límite d			
El valor límite de exposición es $100 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$	→	$L_b = 224 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$	→ Se supera el valor límite de exposición
Por consiguiente deberá utilizarse el valor límite c para calcular el TEMP.			
Valor límite c			
El valor límite de exposición es igual a $L_b < 10^6/t \text{ W m}^{-2}$	→	$t_{\text{max}} = 10^6/L_b$	→ El TEMP de esta fuente es de aproximadamente 70 minutos
No obstante, el intenso brillo de esta fuente puede limitar cada episodio de exposición a unos 0,25 segundos.			
Valor límite g			
El valor límite de exposición es $280 \text{ kW m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$	→	$L_R = 250 \text{ kW m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$	→ No se supera el valor límite de exposición

D.1.16. Proyector digital de datos portátil



Un proyector de datos de 180 W con una lente frontal de proyección de 3,5 cm de diámetro. Véase, asimismo, el ejemplo D.1.15.

El proyector crea imágenes mediante la mezcla de tres colores. El peor de los supuestos se da cuando están presentes todos los colores, es decir, cuando se proyecta una imagen blanca. Se puede utilizar un paquete de software de gráficos para crear una imagen en blanco. La irradiancia espectral se mide a una distancia de 200 cm del proyector, con el proyector enfocado para producir una imagen nítida del menor tamaño posible a dicha distancia. La lente del proyector tiene un diámetro de 3,5 cm y parece homogénea cuando está en uso.

Elección de los valores límite de exposición

Este tipo de fuentes no emiten cantidades considerables de radiaciones ultravioletas o infrarrojas, de modo que el posible peligro se deriva de la exposición a longitudes de onda visibles. Se aplican los valores límite de exposición **d** y **g**.

Factores geométricos

Los tres colores primarios se mezclan para producir imágenes de colores. El peor de los casos se da cuando los tres colores primarios están presentes, es decir, con una imagen blanca. Los parámetros de irradiancia espectral se miden a una distancia de 200 cm de la lámpara, con el detector dirigido directamente a ella.

La fuente tiene una dimensión media de 3,5 cm.

Por consiguiente, α es igual a 0,02 rad.

La fuente tiene una superficie de 9,6 cm².

Por consiguiente, ω es igual a 0,0002 sr.

Por lo tanto, ω_b es igual a 0,01 sr y ω_r es igual a 0,0002 sr.

Evaluación preliminar

Se midió la radiancia fotópica efectiva, que era de 681 mW m⁻², lo que equivale a una iluminancia de 465 lux. Por consiguiente, la luminancia de esta fuente es igual a 465/0,0002 = 2 325 000 cd m⁻².

Es necesario realizar una evaluación ulterior de los peligros para la retina.

Parámetros radiométricos

Los valores de irradiancia efectiva medidos son:

Irradiancia efectiva $E_{\text{eff}} = >10 \mu\text{W m}^{-2}$

Irradiancia de radiaciones UVA, $E_{\text{UVA}} = 0,5 \text{ mW m}^{-2}$

Irradiancia efectiva (luz azul), $E_b = 440 \text{ mW m}^{-2}$

Irradiancia efectiva (lesión por calor), $E_r = 5 333 \text{ mW m}^{-2}$

Hipótesis de simplificación

Radiancia efectiva (luz azul),

$L_b = 440 \text{ mW m}^{-2}/0,01 \text{ msr} = 44 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$

Radiancia efectiva (lesión por calor),

$L_r = 5 333 \text{ mW m}^{-2}/0,0002 \text{ msr} = 27 \text{ kW m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$

Comparación con los valores límite de exposición

Valor límite a			
El valor límite de exposición es $H_{\text{eff}} = 30 \text{ J m}^{-2}$	→	$E_{\text{eff}} = 30 \mu\text{W m}^{-2}$	→ El TEMP es superior a 8 horas
Valor límite b			
El valor límite de exposición es $H_{\text{UVA}} = 10^4 \text{ J m}^{-2}$	→	$E_{\text{UVA}} = 1 \text{ mW m}^{-2}$	→ El TEMP es superior a 8 horas
Valor límite d			
El valor límite de exposición es $100 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$	→	$L_b = 44 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$	→ No se supera el valor límite de exposición
Valor límite g			
El valor límite de exposición es $280 \text{ kW m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$	→	$L_r = 27 \text{ kW m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$	→ No se supera el valor límite de exposición

D.1.17. Pizarra digital interactiva



Una pizarra digital interactiva instalada en la pared de 113 x 65 cm.

Elección de los valores límite de exposición

Este tipo de fuentes no emiten cantidades considerables de radiaciones ultravioletas o infrarrojas, de modo que el posible peligro se deriva de la exposición a longitudes de onda visibles. Se aplica el valor límite **d**.

Factores geométricos

La pizarra interactiva mezcla tres colores primarios para producir imágenes de colores. El peor de los casos se da cuando los tres colores primarios están presentes, es decir, con una imagen blanca. Los parámetros de irradiancia espectral se miden a una distancia de 200 cm de la fuente, con el detector dirigido directamente a ella.

La fuente tiene una dimensión media de 89 cm.
Por consiguiente, α es igual a 0,45 rad.
La fuente tiene una superficie de 7 345 cm².
Por consiguiente, ω es igual a 0,18 sr.
Por lo tanto, ω_b es igual a 0,18 sr y ω_r es igual a 0,18 sr.

Evaluación preliminar

Se midió la radiancia fotópica efectiva, que era de 11 mW m⁻², lo que equivale a una iluminancia de 8 lux.
Por consiguiente, la luminancia de esta fuente es igual a $8/0,18 = 44$ cd m⁻².
No es precisa una evaluación ulterior.

Parámetros radiométricos

Los valores de irradiancia efectiva medidos son:
Irradiancia efectiva $E_{\text{eff}} < 10 \mu\text{W m}^{-2}$
Irradiancia de radiaciones UVA, $E_{\text{UVA}} = 250 \mu\text{W m}^{-2}$
Irradiancia efectiva (luz azul), $E_b = 10 \text{mW m}^{-2}$
Irradiancia efectiva (lesión por calor), $E_r = 112 \text{mW m}^{-2}$

Hipótesis de simplificación

Radiancia efectiva (luz azul), $L_b = 10 \text{mW m}^{-2}/0,18 \text{sr} = 56 \text{nW m}^{-2} \text{sr}^{-1}$
Radiancia efectiva (lesión por calor), $L_r = 112 \text{mW m}^{-2}/0,18 \text{sr} = 0,6 \text{W m}^{-2} \text{sr}^{-1}$

Comparación con los valores límite de exposición

Valor límite a			
El valor límite de exposición es $H_{\text{eff}} = 30 \text{J m}^{-2}$	→	$E_{\text{eff}} < 10 \mu\text{W m}^{-2}$	→ El TEMP es superior a 8 horas
Valor límite b			
El valor límite de exposición es $H_{\text{UVA}} = 10^4 \text{J m}^{-2}$	→	$E_{\text{UVA}} = 250 \mu\text{W m}^{-2}$	→ El TEMP es superior a 8 horas
Valor límite d			
El valor límite de exposición es $100 \text{W m}^{-2} \text{sr}^{-1}$	→	$L_b = 56 \text{mW m}^{-2} \text{sr}^{-1}$	→ No se supera el valor límite de exposición
Valor límite g			
El valor límite de exposición es $280 \text{kW m}^{-2} \text{sr}^{-1}$	→	$L_r = 0,6 \text{W m}^{-2} \text{sr}^{-1}$	→ No se supera el valor límite de exposición

D.1.18. Lámpara fluorescente compacta empotrada en el techo



Dos lámparas fluorescentes compactas de 26 W de 2 cm x 13 cm instaladas en una luminaria con la parte delantera abierta empotradas en el techo. La luminaria incorpora un reflector

en su parte posterior y tiene un diámetro de 17 cm. El reflector es de alta calidad y la fuente parece casi homogénea. Se evalúa como si no lo fuera, para obtener una evaluación conservadora.

Elección de los valores límite de exposición

Este tipo de lámpara no emite cantidades importantes de radiaciones infrarrojas. Los posibles peligros se derivan de la exposición a las longitudes de onda visibles o ultravioletas. Se aplican los valores límite **a, b y d**.

Factores geométricos

Los parámetros de irradiancia espectral se miden a una distancia de 100 cm de la lámpara, con el detector dirigido directamente a ella.

Cada lámpara tiene una dimensión media de 7,5 cm.

Por consiguiente, α es igual a 0,075 rad.

Cada lámpara tiene una superficie de 26 cm².

Por consiguiente, ω es igual a 0,0026 sr.

Por lo tanto, ω_b es igual a 0,01 sr y ω_a es igual a 0,0026 sr.

Evaluación preliminar

Se midió la radiancia fotópica efectiva, que era de 1 558 mW m⁻². Esta radiancia correspondía a las dos lámparas, pero como cada lámpara es una fuente visual independiente, cada una contribuye 779 mW m⁻² al total, lo que equivale a una iluminancia de 532 lux por lámpara. Por consiguiente, la luminancia de cada lámpara es igual a $532/0,0026 = 204\ 615$ cd m⁻².

Es necesario realizar una evaluación ulterior de los peligros para la retina. Asimismo deben evaluarse las RUV.

Parámetros radiométricos

Los valores de irradiancia efectiva medidos son:

Irradiancia efectiva $E_{\text{eff}} = 40 \mu\text{W m}^{-2}$

Irradiancia de radiaciones UVA, $E_{\text{UVA}} = 55 \text{ mW m}^{-2}$

Irradiancia efectiva (luz azul),

$E_b = 321 \text{ mW m}^{-2} = 161 \text{ mW m}^{-2}$ por lámpara

Irradiancia efectiva (lesión por calor),

$E_r = 5\ 580 \text{ mW m}^{-2} = 2\ 790 \text{ mW m}^{-2}$ por lámpara

Hipótesis de simplificación

Radiancia efectiva (luz azul),

$L_b = 161 \text{ mW m}^{-2}/0,01 \text{ sr} = 16 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$

Radiancia efectiva (lesión por calor),

$L_r = 2\ 790 \text{ mW m}^{-2}/0,0026 \text{ sr} = 1\ 073 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$

Comparación con los valores límite de exposición

Valor límite a			
El valor límite de exposición es $H_{\text{eff}} = 30 \text{ J m}^{-2}$	→	$E_{\text{eff}} = 40 \mu\text{W m}^{-2}$	→ El TEMP es superior a 8 horas
Valor límite b			
El valor límite de exposición es $H_{\text{UVA}} = 10^4 \text{ J m}^{-2}$	→	$E_{\text{UVA}} = 55 \text{ mW m}^{-2}$	→ El TEMP es superior a 8 horas
Valor límite d			
El valor límite de exposición es $100 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$	→	$L_b = 16 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$	→ No se supera el valor límite de exposición
Valor límite g			
El valor límite de exposición es $280 \text{ kW m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$	→	$L_r = 1\ 073 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$	→ No se supera el valor límite de exposición

D.1.19. Indicador de diodos luminiscentes

En un tablero de ordenador se utilizan diodos luminiscentes de color verde como indicadores luminosos. Cada diodo es una fuente independiente que mide 1 x 4 mm.



Elección de los valores límite de exposición

Los diodos luminiscentes emiten una banda estrecha de longitudes de onda; como esta banda es verde, no se emiten radiaciones ultravioletas ni infrarrojas. Únicamente se aplica el valor límite **d**.

Factores geométricos

Los parámetros de irradiancia espectral se miden a una distancia de 5 mm del diodo luminiscente, con el detector dirigido directamente a ella.

La luminaria tiene una dimensión media de 2,5 mm.

Por consiguiente, α es igual a 0,5 rad.

La luminaria tiene una superficie de 4 cm².

Por consiguiente, ω es igual a 0,16 sr.

Por lo tanto, ω_b es igual a 0,16 sr y ω_r es igual a 0,16 sr.

Evaluación preliminar

Se midió la radiancia fotópica efectiva, que era de 30 mW m⁻², lo que equivale a una iluminancia de 20 lux.

Por consiguiente, la luminancia de esta fuente es igual a $20/0,16 = 125$ cd m⁻².

No es precisa una evaluación ulterior.

Datos exigidos

Los valores de irradiancia efectiva medidos son:

Irradiancia efectiva $E_{\text{eff}} < 10 \mu\text{W m}^{-2}$

Irradiancia de radiaciones UVA, $E_{\text{UVA}} = 40 \mu\text{W m}^{-2}$

Irradiancia efectiva (luz azul), $E_B = 190 \mu\text{W m}^{-2}$

Irradiancia efectiva (lesión por calor), $E_R = 35 \text{mW m}^{-2}$

Hipótesis de simplificación

Radiancia efectiva (luz azul),

$L_B = 190 \mu\text{W m}^{-2}/0,16 \text{sr} = 1,2 \text{nW m}^{-2} \text{sr}^{-1}$

Radiancia efectiva (lesión por calor),

$L_R = 35 \text{mW m}^{-2}/0,16 \text{sr} = 0,22 \text{W m}^{-2} \text{sr}^{-1}$

Comparación con los valores límite de exposición

Valor límite a			
El valor límite de exposición es $H_{\text{eff}} = 30 \text{J m}^{-2}$	→	$E_{\text{eff}} < 10 \mu\text{W m}^{-2}$	→ El TEMP es superior a 8 horas
Valor límite b			
El valor límite de exposición es $H_{\text{UVA}} = 10^4 \text{J m}^{-2}$	→	$E_{\text{UVA}} = 40 \mu\text{W m}^{-2}$	→ El TEMP es superior a 8 horas
Valor límite d			
El valor límite de exposición es $100 \text{W m}^{-2} \text{sr}^{-1}$	→	$L_B = 1,2 \text{mW m}^{-2} \text{sr}^{-1}$	→ No se supera el valor límite de exposición
Valor límite g			
El valor límite de exposición es $280 \text{kW m}^{-2} \text{sr}^{-1}$	→	$L_R = 0,22 \text{W m}^{-2} \text{sr}^{-1}$	→ No se supera el valor límite de exposición

D.1.20. Asistente digital personal

Asistente digital personal (PDA) con una pantalla de 5 cm x 3,5 cm.



Elección de los valores límite de exposición

Los PDA no emiten cantidades importantes de radiaciones ultravioletas o infrarrojas. Los posibles peligros se derivan de la exposición a las longitudes de onda visibles. Se aplica el valor límite **d**.

Factores geométricos

La pantalla mezcla tres colores primarios para producir imágenes de colores. El peor de los casos se da cuando los tres colores primarios están presentes, es decir, con una

imagen blanca. Los parámetros de irradiancia espectral se miden a una distancia de 2 cm de una pantalla lo más blanca que sea posible, con el detector dirigido directamente a ella.

La fuente tiene una dimensión media de 4,25 cm.

Por consiguiente, α es igual a 2,1 rad.

La fuente tiene una superficie de 17,5 cm².

Por consiguiente, ω es igual a 4,4 sr.

Por lo tanto, ω_b es igual a 4,4 sr y ω_r es igual a 4,4 sr.

Evaluación preliminar

Se midió la radiancia fotópica efectiva, que era de 47 mW m⁻², lo que equivale a una iluminancia de 32 lux.

Por consiguiente, la luminancia de esta fuente es igual a $32/4,4 = 7,3$ cd m⁻².

No es precisa una evaluación ulterior.

Datos exigidos

Los valores de irradiancia efectiva medidos son:

Irradiancia efectiva $E_{\text{eff}} < 10 \mu\text{W m}^{-2}$

Irradiancia de radiaciones UVA, $E_{\text{UVA}} = 30 \mu\text{W m}^{-2}$

Irradiancia efectiva (luz azul), $E_b = 27 \text{ mW m}^{-2}$

Irradiancia efectiva (lesión por calor), $E_r = 330 \text{ mW m}^{-2}$

Hipótesis de simplificación

Radiancia efectiva (luz azul),

$L_b = 27 \text{ mW m}^{-2}/4,4 \text{ sr} = 6 \text{ nW m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$

Radiancia efectiva (lesión por calor),

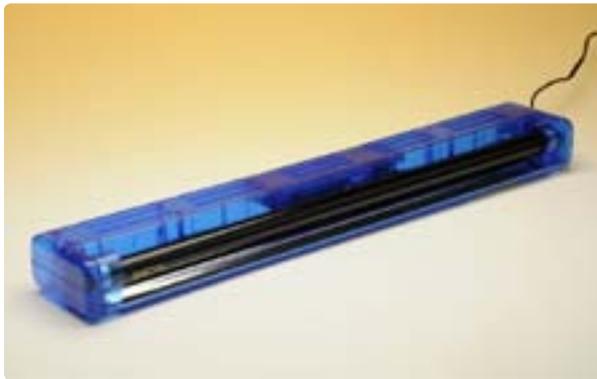
$L_r = 330 \text{ mW m}^{-2}/4,4 \text{ sr} = 75 \text{ mW m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$

Comparación con los valores límite de exposición

Valor límite a			
El valor límite de exposición es $H_{\text{eff}} = 30 \text{ J m}^{-2}$	→	$E_{\text{eff}} < 10 \mu\text{W m}^{-2}$	→ El TEMP es superior a 8 horas
Valor límite b			
El valor límite de exposición es $H_{\text{UVA}} = 10^4 \text{ J m}^{-2}$	→	$E_{\text{UVA}} = 30 \mu\text{W m}^{-2}$	→ El TEMP es superior a 8 horas
Valor límite d			
El valor límite de exposición es $100 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$	→	$L_b = 6 \text{ mW m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$	→ No se supera el valor límite de exposición
Valor límite g			
El valor límite de exposición es $280 \text{ kW m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$	→	$L_r = 75 \text{ mW m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$	→ No se supera el valor límite de exposición

D.1.21. Luz negra de radiaciones UVA

Las luces de radiaciones UVA a menudo son lámparas de descarga de mercurio de baja presión que emiten estas radiaciones con muy pocas emisiones visibles. Se utilizan para inducir fluorescencia para diversos fines (pruebas no destructivas, detección de falsificaciones y marcas registradas, efectos recreativos). La de este ejemplo incorpora una lámpara de 20 W de 55 x 2,5 cm. La lámpara está instalada en un listón abierto (es decir, sin cubierta de vidrio plástico sobre la lámpara).



Elección de los valores límite de exposición

Esta fuente es similar a la de una lámpara fluorescente, pero en lugar de radiaciones visibles emite radiaciones UVA. Por ello, no es necesario tener en cuenta los peligros

para la retina, y se aplican los valores límite **a** y **b**. La evaluación de luminancia no es pertinente, pues no se trata de una fuente de luz blanca.

Factores geométricos

Los parámetros de irradiancia espectral se miden a una distancia de 50 cm de la lámpara.

La lámpara tiene una dimensión media de 29 cm.

Por consiguiente, α es igual a 0,575 rad.

Cada lámpara tiene una superficie aparente de 138 cm².

Por consiguiente, ω es igual a 0,055 sr.

Por lo tanto, ω_b es igual a 0,055 sr y ω_R es igual a 0,055 sr

Parámetros radiométricos

Los valores de irradiancia efectiva medidos son:

Irradiancia efectiva $E_{\text{eff}} = 30 \mu\text{W m}^{-2}$

Irradiancia de radiaciones UVA, $E_{\text{UVA}} = 176 \text{ mW m}^{-2}$

Irradiancia efectiva (luz azul), $E_b = 3 \text{ mW m}^{-2}$

Irradiancia efectiva (lesión por calor), $E_R = 14 \text{ mW m}^{-2}$

Hipótesis de simplificación

Radiancia efectiva (luz azul),

$L_b = 3 \text{ mW m}^{-2}/0,055 \text{ sr} = 55 \text{ nW m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$

Radiancia efectiva (lesión por calor),

$L_R = 14 \text{ mW m}^{-2}/0,055 \text{ sr} = 255 \text{ mW m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$

Comparación con los valores límite de exposición

Valor límite a			
El valor límite de exposición es $H_{\text{eff}} = 30 \text{ J m}^{-2}$	→	$E_{\text{eff}} = 30 \mu\text{W m}^{-2}$	→ El TEMP es superior a 8 horas
Valor límite b			
El valor límite de exposición es $H_{\text{UVA}} = 10^4 \text{ J m}^{-2}$	→	$E_{\text{UVA}} = 176 \text{ mW m}^{-2}$	→ El TEMP es superior a 8 horas
Valor límite d			
El valor límite de exposición es $100 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$	→	$L_b = 55 \text{ mW m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$	→ No se supera el valor límite de exposición
Valor límite g			
El valor límite de exposición es $280 \text{ kW m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$	→	$L_R = 255 \text{ mW m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$	→ No se supera el valor límite de exposición

D.1.22. Farola de alumbrado público con lámpara de halonuros metálicos



Una farola de alumbrado público que incorpora una lámpara de halonuros metálicos de 150 W en una caja rodeada por celosías de color metálico plateado. Las celosías están hacia abajo y tienen una distancia de 2,5 cm entre sí. La lámpara propiamente dicha es de 1 x 2 cm, y está instalada dentro de un recinto secundario de 8 x 5 cm. Toda la luminaria está encerrada a su vez en una caja cilíndrica de plástico resistente a la intemperie. La fuente no es homogénea y la región más brillante es la bombilla interior de la lámpara. Es posible ver directamente la lámpara al mirar hacia arriba entre las celosías con el ángulo adecuado.

Elección de los valores límite de exposición

Los posibles peligros se derivan de la exposición a las longitudes de onda visibles o incluso ultravioletas. Las lámparas de halonuros metálicos producen grandes cantidades de radiaciones ultravioletas; la lámpara de este ejemplo tiene un envoltorio exterior que puede reducir las emisiones, y la luminaria tiene una cubierta que también puede reducirlas, pero aún puede emitir suficientes radiaciones UVA que pueden ser motivo de preocupación. Se aplican los valores límite **b, d y g**.

Factores geométricos

Debido a que la caja de la lámpara se instala encima de un poste de farola, la hipótesis de exposición más

desfavorable (es decir, mirar directamente a través de las celosías) solo es posible a una distancia de unos 7 m. Sin embargo, los parámetros de irradiancia espectral se miden a una distancia de 100 cm de la lámpara, con el detector dirigido hacia arriba entre las celosías.

El arco tiene una dimensión media de 1,5 cm.

Por consiguiente, α es igual a 0,015 rad.

La fuente tiene una superficie de 2 cm².

Por consiguiente, ω es igual a 0,0002 sr.

Por lo tanto, ω_b es igual a 0,01 sr y ω_r es igual a 0,0002 sr.

Evaluación preliminar

Se midió la radiancia fotópica efectiva, que era de 327 mW m⁻², lo que equivale a una iluminancia de 223 lux. Por consiguiente, la luminancia de esta fuente es igual a 223/0,0002 = 1 115 000 cd m⁻².

Es necesario realizar una evaluación ulterior de los peligros para la retina, así como evaluar los posibles peligros de las RUV.

Parámetros radiométricos

Los valores de irradiancia efectiva medidos son:

$$\text{Irradiancia efectiva } E_{\text{eff}} = 7 \mu\text{W m}^{-2}$$

$$\text{Irradiancia de radiaciones UVA, } E_{\text{UVA}} = 29 \text{ mW m}^{-2}$$

$$\text{Irradiancia efectiva (luz azul), } E_b = 86 \text{ mW m}^{-2}$$

$$\text{Irradiancia efectiva (lesión por calor),}$$

$$E_r = 1\,323 \text{ mW m}^{-2}$$

Hipótesis de simplificación

$$\text{Radiancia efectiva (luz azul),}$$

$$L_b = 86 \text{ mW m}^{-2}/0,01 \text{ sr} = 8,6 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$$

$$\text{Radiancia efectiva (lesión por calor),}$$

$$L_r = 1\,323 \text{ mW m}^{-2}/0,0002 \text{ sr} = 6,7 \text{ kW m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$$

Comparación con los valores límite de exposición

Valor límite a			
El valor límite de exposición es $H_{\text{eff}} = 30 \text{ J m}^{-2}$	→	$E_{\text{eff}} = 7 \mu\text{W m}^{-2}$	→ El TEMP es superior a 8 horas
Valor límite b			
El valor límite de exposición es $H_{\text{UVA}} = 10^4 \text{ J m}^{-2}$	→	$E_{\text{UVA}} = 29 \text{ mW m}^{-2}$	→ El TEMP es superior a 8 horas
Valor límite d			
El valor límite de exposición es $100 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$	→	$L_{\text{b}} = 8,6 \text{ mW m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$	→ No se supera el valor límite de exposición
Valor límite g			
El valor límite de exposición es $280 \text{ kW m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$	→	$L_{\text{R}} = 6,7 \text{ kW m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$	→ No se supera el valor límite de exposición

D.1.23. Resumen de los datos de los ejemplos

Los datos que se presentan en los 18 ejemplos precedentes pueden compararse con los valores límite de exposición dividiendo la radiancia efectiva o la exposición

radiante durante 8 horas entre el valor de exposición correspondiente. Estos valores se presentan a continuación; los valores < 1 % de los valores límite de exposición no se exponen con mayor detalle. Los valores > 1 aparecen en rojo.

Fuente	Distancia	Valor de riesgo (relación entre emisiones y valor límite de exposición)				
		Luminancia	RUV efectiva (valor límite a)	Radiación UVA (valor límite b)	Riesgo de luz azul (valor límite d)	Peligro de daños en la retina (valor límite g)
Lámparas fluorescentes para espacios (con difusores)	100 cm	0,15	<0,01	0,05	0,01	<0,01
Lámpara fluorescente para espacios (sin difusor)	100 cm	3,7	0,58	0,35	0,19	<0,01
Cuatro lámparas fluorescentes para espacios (sin difusor)	100 cm	2,8	1,0	0,33	0,13	<0,01
Pantalla de tubo de rayos catódicos	10 cm	<0,01	0,12	0,02	<0,01	<0,1
Pantalla de ordenador portátil	10 cm	<0,01	0,07	0,01	<0,01	<0,01
Difusor de haleonuros metálicos	100 cm	15 000	0,1	2,6	2,3	1,08
Difusor fluorescente compacto	100 cm	6,4	0,01	<0,01	0,15	<0,01
Trampa para insectos	100 cm	n/d	0,01	0,10	<0,01	<0,1
Reflector halógeno de tungsteno	100 cm	33,1	0,03	0,04	0,13	0,01
Luz para tareas	50 cm	3,7	0,05	0,05	<0,01	<0,01
Luz para tareas (espectro diurno)	50 cm	600	0,11	0,08	0,14	0,19
Fotocopiadora	30 cm	0,96	0,01	0,06	0,06	<0,01
Proyector de mesa	200 cm	2 000	0,03	<0,01	2,2	0,89
Proyector portátil	200 cm	233	<0,01	<0,01	0,44	0,10
Pizarra blanca interactiva	200 cm	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Lámparas fluorescentes compactas para espacios	100 cm	20	0,04	0,16	0,16	<0,01
Diodos luminiscentes indicadores	0,5 cm	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Asistente digital personal (PDA)	2 cm	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Luz negra de radiaciones UVA	50 cm	n/d	0,03	0,51	<0,01	<0,01
Farola de alumbrado público	100 cm	112	<0,01	0,08	0,09	0,02

En el cuadro se muestra que, en todos los casos en que la luminancia de la fuente era inferior a 10^4 cd m⁻², no se superan ninguno de los valores límite de exposición para la retina (**d** y **g**). Incluso cuando la luminancia de la fuente supera 10^4 cd m⁻² se demostró posteriormente que la fuente no representa un peligro para la retina.

De las fuentes examinadas, únicamente el difusor de haleonuros metálicos y el proyecto de mesa tenían posibilidades de superar los valores límite de exposición. En la mayoría de los casos se habían establecido valores límite para proteger la retina, y los cálculos posteriores (véanse los distintos ejemplos) indican

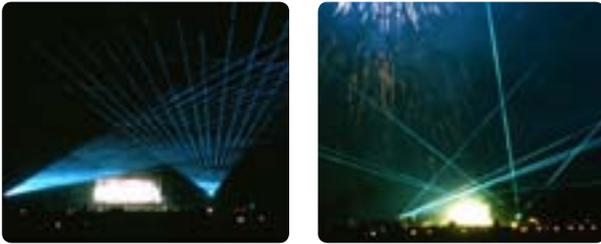
que es poco probable que se superen estos valores límite debido a las respuestas de aversión y a las condiciones excesivamente conservadoras de la evaluación original. Esto no significa que estas fuentes deban tratarse con precaución, ya que es posible que no se produzcan las respuestas de aversión. Si una fuente se encuentra en el campo visual periférico, es posible que no se generen las respuestas de aversión, lo que podría hacer que se superen los valores límite de exposición.

Aquí se han examinado dos luminarias de techo muy similares con la parte delantera abierta. Cabe señalar que, a niveles de iluminación entre 1 100 y 1 200 lux,

una luminaria se aproximó al valor límite para las RUV efectivas y la otra no. Esta diferencia se debe a que las lámparas fluorescentes son de distintos fabricantes e indica que lámparas aparentemente similares pueden tener niveles muy diferentes de emisiones no deseadas.

Asimismo, en la comparación de los dos proyectores de datos examinados se muestran diferentes niveles de emisión procedentes de fuentes similares. A pesar de tener menos potencia, el proyector de mesa parece (de acuerdo con las hipótesis relativas a la superficie de la fuente) más peligroso que el portátil.

D.2. Espectáculo láser



Desde los años setenta se utilizan láseres en los espectáculos para acompañar actuaciones musicales en directo y la reproducción de música. El principal motivo de preocupación es la exposición del público a radiaciones láser superiores a los valores límite de exposición. Sin embargo, la Directiva solo contempla la exposición de los trabajadores. En este ejemplo se examina la instalación y rendimiento de un espectáculo láser en un evento temporal. No obstante, los principios son aplicables a cualquier espectáculo láser.

D.2.1. Peligros y personas expuestas

El único peligro considerado en este ejemplo es el rayo láser. Otros peligros pueden plantear un mayor riesgo de sufrir lesiones o incluso muerte.

Un gran número de espectáculos láser utilizan productos láser de clase 4. Por definición, su potencia radiante es superior a 500 mW. Si se supone una única exposición ocular accidental al rayo láser, el valor límite de exposición (VLE) puede determinarse a partir de la tabla 2.2 del anexo II de la Directiva.

El VLE es igual a $18 t^{0,75} \text{ J m}^{-2}$ para las longitudes de onda comprendidas entre 400 y 700 nm. Si se sustituye el valor de t por 0,25 segundos, el VLE es de $6,36 \text{ J m}^{-2}$. Puesto que es probable que el rayo láser se emita de forma continua, resulta conveniente convertir esta exposición radiante en irradiancia dividiéndola por la duración de la exposición (0,25 segundos). De este modo se obtiene un VLE expresado en términos de irradiancia de $25,4 \text{ W m}^{-2}$.

La abertura límite para la exposición ocular a rayos láser visibles es de 7 mm. Por consiguiente, es posible determinar la potencia máxima permisible en esta abertura de 7 mm para garantizar que no se supere el VLE. Esta potencia se calcula multiplicando el VLE por la superficie de la abertura de 7 mm. Se supone que la abertura es circular, de modo que su superficie es igual a $3,85 \times 10^{-5} \text{ m}^2$. Si se

multiplica $25,4 \text{ W m}^{-2}$ por $3,85 \times 10^{-5} \text{ m}^2$, se obtiene un resultado aproximado de 0,001 W o 1 mW.



Si el diámetro del rayo láser es de 7 mm o menos, el VLE se superará por un factor de al menos 500, es decir, el número de mW por encima de 1 mW.

Esta evaluación indica que el rayo no debe dirigirse a los ojos de los trabajadores, a menos que tenga una divergencia suficiente para reducir la irradiancia a un valor inferior a $25,4 \text{ W m}^{-2}$.

A continuación se presenta una lista de los trabajadores que pueden correr riesgo durante una parte del ciclo de vida de la instalación láser. Solo se han tenido en cuenta aquellas fases del ciclo de vida en que se emite el rayo láser.

Alineación del rayo
Técnicos de la instalación láser
Operador del equipo láser
Otros técnicos de la instalación
Personal de seguridad
Personal del local
Espectáculo láser
Operador del equipo láser
Técnicos de luz y sonido
Intérpretes
Personal de seguridad
Personal del local
Proveedores

Los espectáculos láser rara vez utilizan rayos láser estáticos. Las pautas de exploración se generan moviendo el rayo láser, por lo general con espejos instalados en galvanómetros ortogonales controlados por ordenador. No obstante, muchas pautas de exploración exigen que se explore en varias ocasiones el mismo lugar, de modo que el ojo de una persona puede recibir una ráfaga de pulsos láser cuando la pauta pasa por su rostro.

Si utiliza un láser de pulsos, la evaluación deberá considerar si el VLE puede ser superado por una exposición a un solo pulso de radiaciones láser en los lugares accesibles, así como por una serie de pulsos.

D.2.2. Evaluación de riesgos y asignación de prioridades a los mismos

La evaluación de la exposición potencial respecto al VLE demuestra que es probable que se supere este último. En el caso de un láser de 500 mW también es posible determinar el tiempo necesario para que resulten eficaces las posibles medidas de control. En el informe técnico IEC TR 60825-3 se propone tomar en consideración el tiempo transcurrido desde el momento en que se produce un fallo hasta que surte efecto la medida de control.

Suponiendo que el rayo tiene una potencia de 500 mW, la irradiancia será igual a $0,5 \text{ W}/3,85 \times 10^{-5} \text{ m}^2$, es decir, aproximadamente $13\,000 \text{ W m}^{-2}$. Como los VLE se expresan en términos de exposición radiante (J m^{-2}) para las duraciones inferiores a 10 segundos, la irradiancia puede convertirse en exposición radiante multiplicándola por la duración de la exposición, es decir $13\,000 \times t \text{ J m}^{-2}$.

El valor de t se determina resolviendo cada uno de los VLE como función de tiempo hasta que t se sitúe en el intervalo de validez del VLE correspondiente. Este valor es igual a $3,8 \times 10^{-7}$ segundos utilizando el VLE igual a $5 \times 10^{-3} \text{ J m}^{-2}$ dentro del intervalo de tiempo de 10^{-9} a $1,8 \times 10^{-5}$ segundos.



En el caso de un láser CW de 500 mW, cualquier medida de control destinada a que no se supere el VLE para los ojos deberá surtir efecto en $0,38 \mu\text{s}$.

Esta conclusión indica que la más alta prioridad es evitar las exposiciones al rayo láser.

D.2.3. Adopción y aplicación de medidas preventivas

Puesto que el rayo láser representa un riesgo importante de lesión, es importante minimizar los riesgos para los ojos. No obstante, el rayo láser tiene que ser visible, ya sea dentro del volumen de aire o bien como reflejo en una pantalla, para producir los efectos recreativos deseados.

Por consiguiente, para gestionar el riesgo deberá evitarse que los trabajadores se encuentren en las trayectorias del rayo. A continuación se presentan algunas maneras de gestionar este riesgo.

Impartir a los operadores de los equipos láser y el personal auxiliar la formación adecuada.

Reducir el número de personas presentes durante la alineación al mínimo posible.

Dirigir todos los rayos a zonas no ocupadas.

Instalar y fijar los equipos láser y dispositivos auxiliares, incluidos los espejos de reflexión, para asegurarse de que no se muevan durante el espectáculo.

Bloquear las trayectorias del rayo con pantallas físicas a fin de que no llegue a las zonas ocupadas. Solo deberán utilizarse pantallas de software si están certificadas con arreglo a las normas críticas de seguridad aplicables.

Los operadores deberán estar en condiciones de seguir todas las trayectorias del rayo y de interrumpir las emisiones en caso necesario.

En exteriores debe tenerse en cuenta la seguridad del tráfico aéreo. Es posible que se apliquen normativas nacionales.

D.2.4. Seguimiento y revisión

El personal debe hacer seguir de forma permanente las trayectorias del rayo láser durante la alineación y el espectáculo, y estar preparado para tomar medidas correctivas en caso necesario. Si se trata de una instalación permanente, será necesario revisar periódicamente la evaluación y probablemente contar con listas de comprobación para antes de los espectáculos.

D.2.5. Conclusión

Si el espectáculo se diseña para que los trabajadores no queden expuestos al rayo láser, se pueden evitar las detalladas, complejas y prolongadas evaluaciones respecto a los VLE. La combinación de la formación de los trabajadores y del uso de medidas directas de control debería garantizar que no se superen los VLE para los trabajadores.

D.3. Aplicaciones médicas de radiaciones ópticas

En medicina se utilizan fuentes de radiaciones ópticas artificiales para una amplia variedad de fines. Algunas de ellas, como las utilizadas en el ámbito de la iluminación, los equipos de visualización (véase la imagen), los indicadores luminosos, la fotografía, los análisis de laboratorio y las luces de vehículos, se encuentran con frecuencia en otros entornos y se exponen en otras partes de la presente guía. En el caso de estas fuentes, no existen motivos para que las exposiciones presenten diferencias sustanciales respecto a las de otros entornos de carácter más general, siempre que no hayan sido modificadas y no se utilicen de una forma sumamente distinta.



Uso de pantallas de visualización en radiografía.

No obstante, se han desarrollado numerosas fuentes especializadas específicamente para aplicaciones médicas, como las siguientes:

Alumbrado de tareas visuales	Fuentes terapéuticas
Luces de quirófanos	Fuentes ultravioletas para fototerapia
Luces para salas de parto	Fuentes de luz azul para fototerapia
Reflectores	Fuentes fotodinámicas para terapia
Pantallas de examen de radiografías	Equipos láser de fisioterapia
Luces de diagnóstico	Equipos quirúrgicos láser
Transiluminadores fetales	Equipos láser para oftalmología
Lámparas de hendidura y otros instrumentos oftalmológicos	Fuentes de pulsos de luz intensa
Dispositivos láser de diagnóstico, como exploradores de retina	Fuentes para pruebas especializadas
Lámparas de Woods	Simuladores solares

D.3.1. Alumbrado de tareas visuales

Las luces más potentes de la categoría de alumbrado de tareas visuales son normalmente las luces de quirófanos. En el cuadro D.3.1 se presentan algunos ejemplos de evaluaciones de diversas luces de quirófano, en las que puede verse que una de las unidades evaluadas presenta un riesgo de luz azul si se mira directamente la fuente.



Ejemplos de luces de quirófano.

Cuadro D.3.1. Evaluación de luces de quirófano suponiendo la visión directa de la fuente (*)

Fuente	Peligro de radiaciones UVB	Peligro de radiaciones UVA	Riesgo de luz azul	Otros peligros de las radiaciones ópticas
Hanalux 3210	Ninguno	Ninguno	Puede producirse tras 30 minutos de visión directa	Ninguno
Hanalux Oslo	Ninguno	Por debajo del valor límite de exposición con una exposición de 8 horas	Puede producirse tras 30 minutos de visión directa	Ninguno
Hanalux 3004	Ninguno	Ninguno	<20 % del VLE	Ninguno
Martin ML702HX	Ninguno	Ninguno	<20 % del VLE	Ninguno
Martin ML502HX	Ninguno	Ninguno	<20 % del VLE	Ninguno
Martin ML 1001	Ninguno	Ninguno	<20 % del VLE	Ninguno
(*) Los datos de las evaluaciones son cortesía del Departamento de Física Médica del Guy's & Thomas' NHS Foundation Trust, Londres.				

Cabe señalar que las luces se utilizan para alumbrar desde arriba, por lo que es muy poco probable que alguien mire directamente la fuente a corta distancia. Además, las luces son brillantes y la visión directa de ellas durante largos períodos resultaría incómoda. Por ello, en la práctica, las exposiciones son muy inferiores a las que se evalúan en el cuadro D.3.1 y tienen pocas probabilidades de resultar peligrosas.

Otros tipos de alumbrado de tareas visuales específicas del sector médico son los reflectores utilizados para iluminar exámenes y las luces de las salas de parto. Estos tipos de luces plantean los mismos riesgos que las hipótesis de exposición de las luces de quirófano. Ambas son fuentes direccionales utilizadas para iluminación local, y es improbable que alguien permanezca mirando la fuente durante períodos prolongados. Por lo general, tanto los reflectores como las luces de salas de parto tienen potencias más bajas que las luces de quirófano, por lo que no cabe esperar que constituyan un peligro.



Ejemplos de luces de salas de parto.

En la práctica médica se utilizan con frecuencia dispositivos visuales de aumento iluminados que ofrecen una

fuente de iluminación localizada junto con una amplia lente de aumento, como se ilustra en la imagen que aparece a continuación.



Ejemplo de dispositivo de aumento iluminado, en este caso un iluminador Luxo Wave Plus.

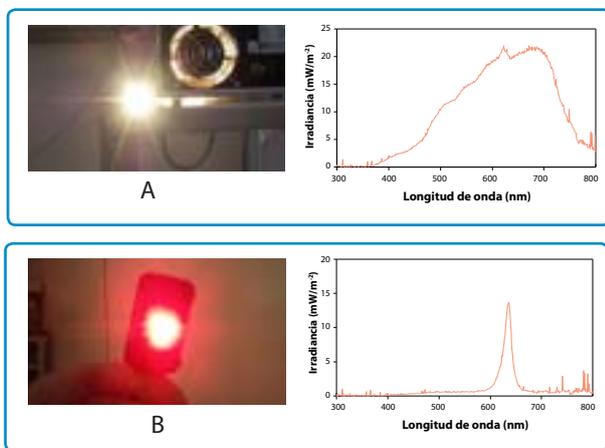
Una evaluación efectuada por el Departamento de Física Médica del Guy's & Thomas' NHS Foundation Trust indica que el iluminador Luxo Wave Plus genera emisiones en las regiones ultravioleta y visible del espectro. Sin embargo, una exposición continua a corta distancia no superaría el VLE para las radiaciones UVB. Aunque produce una gran cantidad de emisiones de luz azul, estas no superarían un 1 % del VLE aplicable. No se observaron peligros térmicos o derivados de las radiaciones UVA importantes. Es probable que otros dispositivos similares presenten un riesgo igualmente bajo.

Las pantallas de observación de radiografías ofrecen una iluminación difusa de una intensidad relativamente baja. Las evaluaciones realizadas por el Departamento de Física Médica del Guy's & Thomas' NHS Foundation Trust indican que la visión directa a corta distancia, que es probable, habida cuenta de la forma en que se usa este tipo de

fuentes, provocaría una exposición a luz azul equivalente a menos del 5 % del valor límite de exposición. No se observaron peligros importantes derivados de radiaciones UVB y UVA o mecanismos térmicos.

D.3.2. Luces de diagnóstico

Los transiluminadores fetales se utilizan a menudo en las unidades de cuidado de fetos para visualizar estructuras internas como dispositivo auxiliar para diagnóstico o para la identificación de vasos sanguíneos. Por consiguiente, estas fuentes normalmente iluminan pequeños volúmenes, pero tienen que ser suficientemente intensas para atravesar los tejidos y poderse ver en el lado de salida.



Imágenes de transiluminadores fetales junto con los espectros de salida medidos. (A) Neonate 100. (B) Wee Sight™.

El espectro de salida del transiluminador Neonate 100 muestra una amplia emisión en todo el intervalo visible, así como algunas emisiones en los intervalos de radiaciones UVA e infrarrojas A. La evaluación muestra que, incluso con una exposición a corta distancia, las emisiones ultravioletas no constituyen un peligro (cuadro D3.2). Sin embargo, genera importantes emisiones de luz azul que podrían constituir un peligro con exposiciones de una duración superior a 10 minutos. Como puede verse en la fotografía que aparece más arriba, la fuente es extremadamente brillante, por lo que cabe esperar que la respuesta normal de aversión limite cada exposición a 0,25 segundos. Estas exposiciones se acumularían a lo largo de la jornada de trabajo, pero este dispositivo se utiliza con muy poca frecuencia, de modo que, incluso con hipótesis pesimistas, la suma de las exposiciones acumuladas sería inferior al 5 % del VLE. En vista de las fuertes emisiones en toda la región visible y cerca de la región infrarroja, también es necesario evaluar los peligros térmicos para la retina. No obstante, la respuesta de aversión limitará estos peligros, que no superarían el 2 % del VLE, incluso con una visión fija prolongada de la fuente, algo que resultaría sumamente incómodo. El dispositivo Wee Sight™ tiene un espectro de emisión relativamente estrecho que es característico de las fuentes de diodos luminiscentes y, como se preveía, no representa un peligro para los ojos.

Cuadro D.3.2. Evaluación de transiluminadores fetales (*)

Fuente	Peligro de radiaciones UVB	Peligro de radiaciones UVA	Riesgo de luz azul	Peligros térmicos
Neonate 100	Ninguno	Ninguno	<5 % del VLE	~2 % del VLE
Wee Sight™	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno

(*) Parámetros facilitados por cortesía del Departamento de Protección Radiológica del Royal Berkshire NHS Foundation Trust, Reading (Reino Unido).

Las lámparas de hendidura y otros instrumentos de oftalmología que incorporan estas lámparas están destinados para su uso en exámenes oftalmológicos y, por consiguiente, deberían representar un peligro mínimo. Por otra parte, se concentran principalmente en una sola dirección y, por ende, es poco probable que den lugar a importantes exposiciones profesionales accidentales. De manera similar, los instrumentos de diagnóstico oftalmológico recientes, como los exploradores de retina,

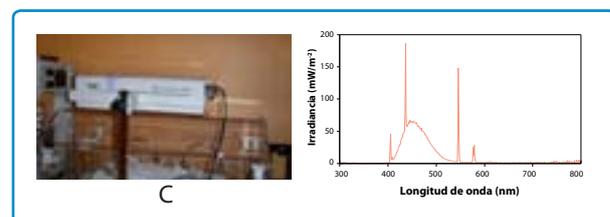
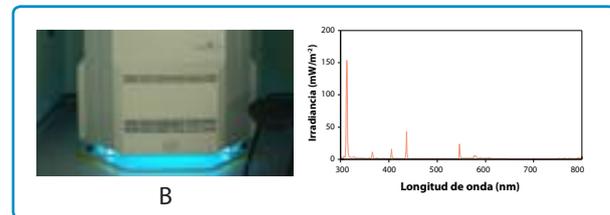
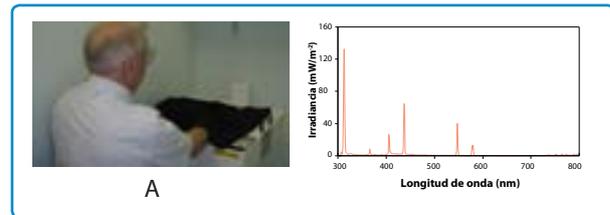
pueden incorporar fuentes láser, pero han sido evaluados para exposiciones deliberadas y por lo general son dispositivos de clase 1. Por lo tanto, el riesgo de que el personal sufra exposiciones peligrosas debería ser mínimo.

Las lámparas de Woods pueden utilizarse para hacer diagnósticos y generalmente son lámparas de mercurio que incorporan un filtro de vidrio de Woods para eliminar tanto las radiaciones ultravioletas de corta longitud de

onda como las emisiones visibles. Por ello cabe esperar que representen un peligro derivado de las radiaciones UVA y, dependiendo de la eficacia del filtro, también pueden presentar un peligro derivado de las radiaciones UVB. Una evaluación realizada por el Departamento de Física Médica del Guy's & Thomas' NHS Foundation Trust indica que la exposición directa a la potencia de salida de una lámpara de Woods durante más de 50 minutos hace que se supere el VLE para las radiaciones UVA. Esta misma evaluación muestra que serían necesarias más de 7,5 horas para superar el VLE para las radiaciones UVB, en tanto que los peligros derivados de las otras radiaciones ópticas son mínimos. Las lámparas de Woods se utilizan para hacer exámenes, por lo que la combinación de la formación de los operadores y el uso de protectores oculares personales debería limitar la exposición directa a la fuente y a las radiaciones UVA de dispersión. Habida cuenta de que el VLE para las radiaciones UVB solo se supera tras una prolongada exposición a las emisiones directas, es poco probable que estas radiaciones representen un peligro importante.

D.3.3. Fuentes terapéuticas

En los tratamientos de fototerapia se utiliza una amplia gama de fuentes. En particular se utilizan fuentes ultravioletas de fototerapia para el tratamiento de los trastornos de la piel, mientras que las fuentes de luz azul para fototerapia se utilizan a menudo para el tratamiento de la hiperbilirrubinemia en los recién nacidos, ya que hasta un 60 % de ellos puede sufrir esta enfermedad.



Imágenes de dispositivos de fototerapia junto con los espectros de salida medidos. (A) Waldmann UV 7001 UVB. (B) Waldmann UV 181 BL. (C) Dräger PhotoTherapy 4000.

Los espectros que se presentan más arriba muestran que las fuentes ultravioletas de fototerapia (ejemplos A y B) normalmente generan grandes emisiones en la región ultravioleta del espectro y también pueden emitir radiaciones visibles, sobre todo cerca del extremo azul. Como cabía esperar, la evaluación de los peligros (cuadro D.3.3) indica que los principales peligros que plantean estas unidades se derivan de las radiaciones UVA y UVB. En el ejemplo C se muestra el espectro de una fuente de luz azul para fototerapia y, como se esperaba, esta genera una gran cantidad de emisiones en la región azul del espectro visible, pero apenas emite radiaciones en la región ultravioleta o la región próxima a la infrarroja.

Cuadro D.3.3. Evaluación de fuentes para fototerapia

Fuente	Peligro de radiaciones UVB	Peligro de radiaciones UVA	Riesgo de luz azul	Otros peligros de las radiaciones ópticas
Waldmann UV 7001 UVB (*)	Puede producirse en más o menos 5 horas	Por debajo del valor límite de exposición	Por debajo del valor límite de exposición	Ninguno
Waldmann TL01 UV5000 (†)	Puede producirse en más o menos 7,5 horas	Por debajo del valor límite de exposición	Ninguno	Ninguno
Waldmann UV6 UV5001BL (†)	Puede producirse en más o menos 4 horas	Por debajo del valor límite de exposición	Ninguno	Ninguno
Waldmann UV 181 BL (*)	Por debajo del valor límite de exposición	Por debajo del valor límite de exposición	Por debajo del valor límite de exposición	Ninguno
Waldmann UV 7001 UVA (†)	Ninguno	Puede producirse en más o menos 5 horas	Por debajo del valor límite de exposición	Ninguno
Sellamed UVA1 24000 (†)	Ninguno	Puede producirse en más o menos 45 minutos	Por debajo del valor límite de exposición	Ninguno
Draeger 4000 (*) (†)	Ninguno	Por debajo del valor límite de exposición	Por debajo del valor límite de exposición	Ninguno
(*)	Parámetros facilitados por cortesía del Departamento de Protección Radiológica del Royal Berkshire NHS Foundation Trust, Reading.			
(†)	Los datos de las evaluaciones son cortesía del Departamento de Física Médica del Guy's & Thomas' NHS Foundation Trust, Londres (Reino Unido).			

Los gabinetes de fototerapia con radiaciones ultravioletas más utilizados no permiten acceder a las emisiones directas mientras el equipo está en funcionamiento. Sin embargo, pueden producirse fugas (véase el ejemplo A más arriba) que pueden constituir un problema para el personal. En particular, la necesidad de un flujo de aire y de minimizar la sensación de claustrofobia que algunos pacientes tienen en estos gabinetes hace que a menudo la parte superior de estos esté abierta, lo que puede provocar una dispersión importante de radiaciones ultravioletas desde el techo. Por lo general, este peligro es relativamente bajo, ya que es poco probable que el personal se encuentre cerca del gabinete durante todo el tiempo que funciona este último. No obstante, existe un riesgo de que la exposición acumulativa a las radiaciones ultravioleta provoque efectos a largo plazo, riesgo que puede minimizarse mediante el uso de controles técnicos directos como salas de tratamiento designadas, cortinas alrededor del gabinete y mandos a distancia en las estaciones de trabajo de los supervisores. En el ejemplo (A) que se presenta más arriba, el uso de una cortina alrededor del gabinete aumentó el tiempo necesario para alcanzar el VLE correspondiente a las radiaciones UVB de 5 a casi 13 horas. Algunos otros dispositivos de fototerapia, como la unidad para exposición de manos y pies que figura en el ejemplo (B), exigen un alto grado de control de los procedimientos

para minimizar la exposición del personal. En este caso, el personal coloca toallas negras sobre la unidad cuando está en uso para reducir la dispersión de radiaciones ultravioletas en el entorno. A su vez, este control puede complementarse con la colocación de la unidad en un cubículo provisto de cortinas. En ocasiones, el personal hospitalario necesita poder acceder de cerca al equipo operativo para controlar su calidad. Es posible que deban utilizar caretas protectoras contra las radiaciones ultravioletas, así como guantes y vestimenta apropiados, como parte de las medidas de control. Cuando se dependa en gran medida de procedimientos de control, estos deberán estar claramente documentados.

Las unidades de fototerapia con luz azul se colocan sobre las cunas de los recién nacidos, generalmente a una altura de 30 cm. De este modo, el personal no tiene que ver directamente la fuente y, en todo caso, el personal vigila a los bebés durante 10 minutos cada hora, de modo que las exposiciones se reducen aún más. Incluso con turnos de 12 horas en algunas unidades, el resultado seguirá siendo una exposición por debajo del 1 % del VLE.

En las terapias fotodinámicas se usan radiaciones ópticas para producir reacciones fotoquímicas y en ellas a menudo se realiza un tratamiento previo con un fotosensibilizador

químico. Por lo general, las longitudes de onda ultravioletas a menudo resultan muy eficaces para activar los fotosensibilizadores, pero no se utilizan con frecuencia debido a su baja penetración en los tejidos. Cabe esperar que la exposición tenga un efecto mucho menor en el personal, que no recibe el fotosensibilizador, aunque habría que adoptar los controles adecuados para que sea así.



Imágenes de fuentes de terapia fotodinámica.
(A) UV-X. (B) Akitilite CL128.

Cuadro D.3.4. Evaluación de fuentes de terapia fotodinámica

Fuente	Peligro de radiaciones UVB	Peligro de radiaciones UVA	Riesgo de luz azul	Peligros térmicos
UV-X	Por debajo del valor límite de exposición	Por debajo del valor límite de exposición	Ninguno	Ninguno
Lámpara Akitilite CL128 (*)	Ninguno	Ninguno	<3 % del VLE	Ninguno
(*) Los datos de las evaluaciones son cortesía del Departamento de Física Médica del Guy's & Thomas' NHS Foundation Trust, Londres (Reino Unido).				

La evaluación que se presenta en el cuadro D.3.4 ilustra que, tal como se esperaba, las fuentes de terapia fotodinámica parecen representar muy poco peligro en ausencia de un agente fotosensibilizador.

En fisioterapia se pueden utilizar productos láser de clase 3B para aplicar energía directamente a los tejidos lesionados. Estos productos representan un peligro para los ojos (normalmente peligros térmicos para la retina), pero generalmente presentan una gran divergencia y, por consiguiente, resultan peligrosos a distancias relativamente cortas. Este riesgo se gestiona normalmente mediante procedimientos (uso de cubículos provistos de cortinas, señalización y formación del personal) y el uso de protectores oculares contra las radiaciones láser.

Los equipos quirúrgicos láser se utilizan ampliamente en una serie de procedimientos, y normalmente son dispositivos de clase 4 que representan importantes peligros para los ojos y la piel. Una vez más, los riesgos se gestionan normalmente mediante procedimientos y el uso de equipo de protección personal. En algunos casos, el rayo puede salir a través de una fibra introducida en el cuerpo a través de un endoscopio. En estos casos, el riesgo se reduce considerablemente mientras no se rompa la

fibra. En oftalmología también se utilizan ampliamente equipos láser, generalmente de clase 3B o clase 4. Al igual que en otros usos médicos de los láseres, los peligros para los ojos y, en su caso, para la piel se controlan mediante procedimientos de control y el uso de equipos de protección personal.

Debido a la posibilidad de que los reflejos retornen a la fibra de visualización de un endoscopio, deben colocarse filtros adecuados o bien debe verse el endoscopio por medio de una cámara.

En los tratamientos de la piel se utilizan muy frecuentemente fuentes luminosas de pulsos de gran intensidad. Estos dispositivos utilizan generalmente una lámpara de destellos de xenón con un filtro adicional para eliminar las longitudes de onda corta de la región ultravioleta del espectro. Debido a su elevada potencia máxima, estos dispositivos pueden plantear peligros térmicos para los ojos y la piel. Este riesgo se gestiona normalmente mediante procedimientos de control para evitar que el personal quede expuesto a la salida directa, y mediante el uso de protectores oculares personales. Asimismo, estos dispositivos pueden representar un riesgo de luz, dependiendo de la calidad del filtro.

D.3.4. Fuentes para pruebas especializadas



Imagen de un simulador solar.

En algunas disciplinas médicas se pueden utilizar diversas fuentes más especializadas para el diagnóstico y la investigación. Por lo general, es probable que estas fuentes deban evaluarse caso por caso. En el ejemplo del cuadro D.3.5 se ilustra que, con fuentes de banda ancha, como un simulador solar, puede ser necesario evaluar una serie de posibles peligros derivados de las radiaciones ópticas.

Cuadro D.3.5. Evaluación de un simulador solar (*)

Fuente	Peligro de radiaciones UVB	Peligro de radiaciones UVA	Riesgo de luz azul	Otros peligros de las radiaciones ópticas
Simulador solar Oriel 81292: exposición directa	Puede producirse en más o menos 6 minutos	Puede producirse en más o menos 3 minutos	Por debajo del valor límite de exposición	Ninguno
Simulador solar Oriel 81292: reflejado por el cuerpo	Por debajo del valor límite de exposición	Por debajo del valor límite de exposición	Por debajo del valor límite de exposición	Ninguno

(*) Los datos de las evaluaciones son cortesía del Departamento de Física Médica del Guy's & Thomas' NHS Foundation Trust, Londres (Reino Unido).

Por lo general, no se prevé que el alumbrado para tareas visuales y la iluminación de diagnóstico que se emplean en la práctica médica representen un peligro importante si se usan normalmente.

Las fuentes terapéuticas pueden resultar peligrosas en algunos casos. Muchas de estas fuentes pueden dar lugar a exposiciones en las regiones de riesgo ultravioletas y de luz azul que se acumulan durante la jornada de trabajo y pueden provocar efectos adversos para la salud a largo plazo. Por ello, a la hora de evaluar las exposiciones es importante asumir hipótesis de exposición realistas y combinarlas con un examen de las pautas de trabajo a fin de evaluar la exposición total. Si se identifican riesgos importantes, estos deben controlarse mediante la restricción de acceso a las emisiones, cada vez que sea posible. Si es necesario adoptar procedimientos de control, estos deben ser eficaces y registrarse por escrito.

D.4. Conducción de vehículos durante el trabajo

Las personas pueden quedar expuestas a radiaciones ópticas procedentes de vehículos durante su trabajo en los siguientes casos:

- Al conducir.
- Al trabajar junto a carreteras, como los policías de tráfico y los trabajadores que construyen o reparan carreteras.
- Al dar mantenimiento y reparar vehículos en talleres.



Como se mostrará más adelante, los primeros dos ejemplos presentan un nivel banal de exposición, por lo que no es necesario comprometer la visibilidad y la seguridad vial para reducir la exposición. La posible exposición a radiaciones ópticas por encima de los valores límite de exposición durante el mantenimiento y reparación de vehículos puede gestionarse mediante procedimientos de trabajo y reglamentos locales adecuados.

Se evaluaron cuatro vehículos para determinar el nivel de exposición a las radiaciones ópticas:



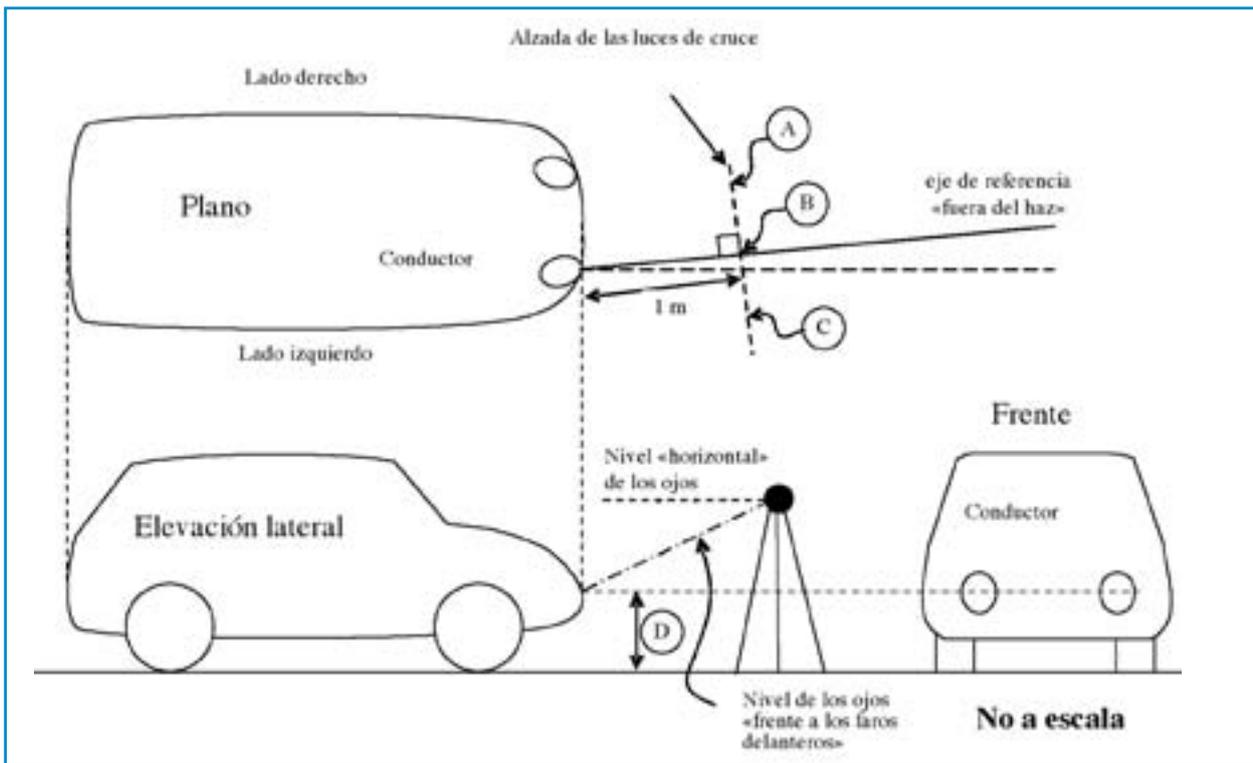
- Un Mazda RX8 de alta potencia con faros de xenón.
- Un automóvil familiar Mercedes A180 de tamaño mediano.
- Un Fiat 500 compacto.
- Un minibús LDV.

Las condiciones de evaluación se eligieron para representar el supuesto más desfavorable de exposición profesional; véanse el cuadro D.4.6 y el gráfico D.4.1.

Cuadro D.4.6. Condiciones de evaluación de las luces de los vehículos

	Posición respecto a la lámpara		Distancia	Situaciones en las que las personas pueden quedar expuestas
Luces de cruce y altas	Nivel de la lámpara: visión directa del haz de luz		0,5, 1, 2 y 3 m	Mantenimiento y reparación: vehículo sobre plataforma elevada Al conducir
	Nivel de los ojos	Ver la lámpara	1 m	Mantenimiento y reparación: vehículo a nivel de suelo Trabajadores de carreteras, policía de tráfico
Ver en dirección horizontal				
Indicadores de frenos, marcha atrás y luces de niebla	Nivel de la lámpara: visión directa del haz de luz		0,5 m	Al conducir Mantenimiento y reparación Trabajadores de carreteras, policía de tráfico

Gráfico D.4.1. Diagrama esquemático de las mediciones de luces de vehículos



Se utilizaron las mediciones de la irradiancia espectral y las configuraciones específicas de las lámparas del vehículo para evaluar los peligros derivados de las radiaciones ópticas y compararlos con los valores límite de exposición (VLE).

Cuadro D.4.7. Resumen de los peligros derivados de las radiaciones ópticas de las luces del vehículo

Peligro	RX8	A180	F500	LDV
Radiaciones UVB	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno
Radiaciones UVA	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno
Luz azul	Puede producirse: para más información, véase el cuadro D.4.8	Puede producirse: para más información, véanse los cuadros D.4.8 y D.4.9	Puede producirse: para más información, véase el cuadro D.4.8	Puede producirse: para más información, véase el cuadro D.4.8
Quemadura de la retina	<30 % del VLE	<10 % del VLE	<3 % del VLE	<2 % del VLE

Cuadro D.4.8. Riesgo de luz azul derivado de los faros delanteros del vehículo

Tiempo necesario para superar el VLE a la luz azul	RX8	A180	F500	LDV
Nivel de la lámpara: visión directa del haz de luz	~ 3 min	~ 5 min	~ 30 min	~ 1 h
Nivel de los ojos: directamente al haz de luz	~ 2 h	~ 8 h	>8 h	>8 h
Nivel de los ojos: visión horizontal	>8 h	>8 h	>8 h	>8 h

Cuadro D.4.9. Niveles de riesgo de luz azul de las luces del Mercedes A180

Luces del vehículo	Tiempo necesario para superar el VLE a la luz azul		Riesgo de exposición excesiva
Faros delanteros, nivel de las lámparas: 1 m, visión directa del haz de luz. Posición B en el gráfico D.4.1	Luces de cruce	~ 45 min	Poco probable, la respuesta de aversión a las luces muy brillantes debería evitar la visión directa al haz de luz. Deben adoptarse procedimientos de trabajo para minimizar la exposición innecesaria
	Luces altas	~ 15 min	
Faros delanteros, nivel de las lámparas: 1 m, visión directa del haz de luz. Posiciones A y C = 0,5 m en el gráfico D.4.1	Luces de cruce	>8 h	Ninguno
	Luces altas	>8 h	
Faros delanteros, nivel de los ojos: 1 m, visión directa de la lámpara	Luces de cruce	>8 h	Ninguno
	Luces altas	>8 h	
Faros delanteros, nivel de los ojos: 1 m, visión horizontal	Luces de cruce	>8 h	Ninguno
	Luces altas	>8 h	
Luces de niebla	>8 h		Ninguno
Luces de freno	>8 h		Ninguno
Indicadores luminosos	>8 h		Ninguno
Luces de marcha atrás	>8 h		Ninguno

La visión directa del haz de luz a nivel de los faros delanteros puede constituir un riesgo de luz azul y representar un riesgo de exposición excesiva. Sin embargo, es poco probable que se produzca una exposición excesiva por las siguientes razones:

- La respuesta de aversión a las luces muy brillantes debería evitar la visión directa al haz de luz durante un período prolongado.
- El nivel de peligro se reduce rápidamente al apartar la vista del centro del haz de luz.
- El nivel de peligro se reduce considerablemente a nivel de los ojos.



Nota importante

No se prevé que las luces de los vehículos representen un peligro derivado de las radiaciones ultravioletas si el vidrio delantero o los filtros están intactos. Sin embargo, trabajar con luces de vehículos desprovistas del vidrio delantero o con un vidrio delantero dañado puede aumentar el riesgo de exposición a radiaciones ultravioletas. Es necesario adoptar procedimientos de trabajo para evitar la exposición a luces de vehículos con el vidrio delantero o los filtros dañados.

La modificación de los faros delanteros o de sus lentes puede cambiar los niveles de peligro.

Aunque el riesgo de exposición excesiva producido por la visión directa del haz de luz de los faros delanteros es bajo, deben adoptarse, cada vez que sea posible, procedimientos de trabajo para minimizar la exposición innecesaria.

No se prevé que las luces de los vehículos representen un riesgo de exposición excesiva a las radiaciones ópticas para los usuarios de las carreteras, incluidos los conductores, los policías de tráfico y los trabajadores que construyen o reparan carreteras. Sin embargo, algunas operaciones que requieren una visión directa durante períodos prolongados de los faros delanteros a nivel de la lámpara constituyen un bajo riesgo de luz azul.

D.5. Aplicaciones militares

Los militares hacen un amplio uso de fuentes de radiaciones ópticas artificiales. Durante las operaciones de combate, los comandantes tienen que tomar decisiones sobre el coste y los beneficios de las acciones, y comparar el reducido riesgo de sufrir lesiones si se superan los valores límites de exposición con el riesgo de sufrir heridas graves o morir debido a otros peligros. Por lo tanto, esta sección solamente abordará las orientaciones no relacionadas con el combate, incluida la formación.

Entre los usos militares de las radiaciones ópticas artificiales se encuentran:

Los reflectores
El alumbrado de aeródromos militares
Los sistemas de comunicaciones por rayos infrarrojos
Los iluminadores infrarrojos de blancos
Los indicadores láser de blancos
Los simuladores de armamentos
Las medidas de defensa contra rayos infrarrojos
Las bengalas de magnesio
Las radiaciones ópticas de las explosiones



La mayoría de estas aplicaciones utilizan radiaciones ópticas artificiales en entornos abiertos y generalmente en exteriores, por lo que es poco probable que el recurso de confinar las radiaciones ópticas como principal medida de control resulte adecuado. Se hace gran énfasis en la formación, pues el personal militar es formado para obedecer instrucciones y órdenes.

Al realizar la evaluación de riesgos prevista en el artículo 4 de la Directiva, es necesario tener en cuenta a los trabajadores de las fuerzas armadas y de otro tipo. No siempre se puede garantizar que los posibles niveles de exposición se sitúen por debajo de los valores límite de exposición. Por consiguiente, uno de los enfoques que se utiliza en este sector es la metodología probabilística de evaluación del riesgo (MPER). Esta se puede utilizar para cuantificar las «probabilidades», como se exige en el artículo 4. Pueden adoptarse diversos valores como parte de la MPER. Sin embargo, un evento con una probabilidad de 10^{-8} se considera aceptable, incluso para un evento adverso que, en caso de suceder, podría tener consecuencias catastróficas.

Un evento con una probabilidad inferior a 10^{-8} no se considera «probable».

El uso de la MPER es complejo y requiere conocimientos técnicos especializados. Sin embargo, la ventaja que presenta para los militares es que permite utilizar radiaciones ópticas artificiales en situaciones que podrían no considerarse aceptables con una evaluación menos rigurosa.

D.6. Calentadores radiantes de gas suspendidos del techo

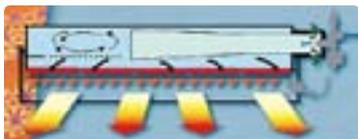
Estas evaluaciones se presentan por cortesía de la Asociación Europea ELVHIS.



Las personas pueden quedar expuestas a radiaciones ópticas procedentes de calentadores de gas suspendidos del techo que se emplean en un gran número de entornos para calentar:

- naves industriales,
- edificios públicos,
- naves de logística,
- estaciones de bomberos,
- salas de exhibición,
- instalaciones deportivas bajo techo,
- terrazas de restaurantes y bares, y muchos otros.

De acuerdo con las especificaciones de sus fabricantes, estos calentadores se instalan a una altura mínima por encima de los trabajadores para que estos no tengan una línea de visión directa hacia ellos.



Calentador radiante de gas suspendido del techo (de tipo luminoso).

El intervalo de temperaturas en la superficie de los calentadores radiantes de gas de tipo luminoso oscila entre 700 °C y 1 000 °C, que corresponden a la longitud de onda λ_{\max} comprendida entre 2 275 nm y 2 980 nm, de la ley de Wien:

$$\lambda_{\max} = \frac{hc}{4,965 \cdot kT} = \frac{2,898 \cdot 10^{-3}}{T} \text{ [m} \cdot \text{°K]}$$

Lo que, como recomienda la AICVF, arroja una emisión de: $E_{\text{IR}} [\text{W} \cdot \text{m}^{-2}] = 0,71 \times \alpha_k \times f_p \times \eta_r \times P_u / d^2$

donde:

α_k es el factor de absorción en seres humanos

f_p es del factor de dirección

η_r es el factor de eficiencia radiante

P_u es la capacidad del calentador

d es la distancia entre el cuerpo humano y el calentador

Los valores máximos son (hipótesis más desfavorable para el fabricante SBM):

$$\alpha_k = 0,97$$

$$f_p = 0,10$$

$$\eta_r = 0,65$$

$$P_u = 27\,000 \text{ W}$$

La hipótesis más desfavorable para la distancia d entre el cuerpo humano y el calentador, la capacidad del calentador P y el ángulo máximo de inclinación I de 35°, se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$d = h_i - 1 \text{ donde } h_i = \left[\left(\sqrt{\frac{P_u}{540}} - 0,5 \right) \times \cos I \right] + 2$$

y equivale a $d = 6,4 \text{ m}$

La hipótesis de exposición más desfavorable corresponde a $E_{\text{IR max}} = 29,1 \approx 30 \text{ W m}^{-2}$

Los valores límite de exposición para longitudes de onda comprendidas entre 780 y 3 000 nm con una duración superior a 1 000 segundos es:

$$E_{\text{IR}} = 100 \text{ W m}^{-2}$$

No se prevé que los calentadores radiantes de gas de tipo luminoso presenten un riesgo de exposición excesiva a radiaciones ópticas, por lo que podrían considerarse fuentes banales, ya que la hipótesis más desfavorable de exposición previsible de dichos calentadores se sitúa muy por debajo de los valores límite de exposición aplicables.

Más información

AICVF: Association des Ingénieurs en Climatique, Ventilation et Froid, Francia.

ELVHIS: Association Européenne Principale des Fabricants de Panneaux Radiants Lumineux a Gaz.

Recommandation 012006; «Chauffage: déperditions de base», basada en la norma EN 12831, marzo de 2004: sistemas de calefacción en edificios; métodos de cálculo de la carga calorífera nominal.

SBM International – 3 Cottages de la Norge – 21490 Clenay, Francia.

D.7. Equipos láser para tratamiento de materiales

Los equipos láser se utilizan en una amplia gama de aplicaciones, a las que se denomina con el término genérico de tratamiento de materiales. En el presente ejemplo se examina un equipo láser para cortar metal, pero los principios son los mismos para la soldadura, el taladrado y el marcaje.

Supondremos que la potencia o energía radiante por pulso del equipo láser equivale a un sistema de clase 4. En tal caso, cualquier exposición accidental al rayo láser —ya sea en los ojos o la piel— puede tener por resultado una lesión grave.



Muchos miles de equipos láser de este tipo se utilizan diariamente en toda Europa. Esta evaluación solo tiene en cuenta el rayo láser. Otros peligros pueden plantear un mayor riesgo de sufrir lesiones o de muerte.

D.7.1. Identificación de los peligros y de los trabajadores expuestos

Los trabajadores pueden quedar expuestos a radiaciones láser en distintos períodos del ciclo de vida de un equipo láser para tratamiento de materiales:

Puesta en servicio
Funcionamiento normal
Mantenimiento
Inspección técnica

Las operaciones realizadas durante algunas partes del ciclo de vida pueden ser realizadas por trabajadores de otras empresas, como un proveedor o una empresa de mantenimiento. No obstante, es necesario determinar los riesgos que estas operaciones plantean para los trabajadores presentes.

Debido a la naturaleza de los rayos láser utilizados, el rayo directo siempre superará el VLE a corta distancia. No obstante, en ocasiones es necesario evaluar las dispersiones del rayo.

Si la pieza de trabajo es de tamaño muy grande, por ejemplo, en la industria de construcción naval, la distancia nominal de riesgo ocular puede ser menor que el tamaño de dicha pieza.

D.7.2. Evaluación de riesgos y asignación de prioridades a los mismos

La evaluación más sencilla consiste en suponer que el rayo láser siempre superará el VLE y, en consecuencia, restringir el acceso al rayo. Otros peligros asociados con el proceso pueden indicar, asimismo, que es necesario confinar dicho proceso. Algunos de estos peligros pueden representar un riesgo mayor que el rayo láser para los trabajadores.

Puede ser necesario evaluar la irradiancia o exposición radiante del rayo láser para determinar las posibles medidas de protección. La hipótesis más desfavorable consiste en suponer que un rayo colimado del equipo láser incide en el punto objeto de examen.

D.7.3. Decisión sobre las medidas preventivas

Las decisiones relativas a las medidas preventivas deben tomar en consideración el grado de protección necesaria y las disposiciones que deben cumplir los trabajadores para llevar a cabo sus actividades de trabajo específicas. Las medidas de protección que impidan las actividades de trabajo no tendrán éxito.

Cabe señalar, además, que no es absolutamente necesario construir un recinto en torno a toda la instalación de tratamiento de materiales. Un recinto puede ser necesario únicamente en torno a la unidad de tratamiento.

El objetivo deberá ser poder llevar a cabo todas las actividades de trabajo, incluido el mantenimiento y la inspección técnica, sin tener que utilizar equipo de protección personal. En caso de ser necesario observar el proceso, pueden instalarse mirillas provistas de filtros o dispositivos de observación remota, como cámaras.

Al adoptar una decisión sobre las medidas de protección, puede ser necesario evaluar las radiaciones ópticas que se generan como parte del proceso. Estas radiaciones pueden corresponder a una parte del espectro óptico distinta del rayo láser incidente, y es probable que sean incoherentes.

D.8. Industrias térmicas

Agradecemos la asistencia del Sr. M. Brose, de la Sección de Radiaciones Ópticas del Departamento de Electrotecnia de la Asociación de Profesionales en Sistemas Eléctricos y Mecánicos de la Industria Textil de Alemania, para la realización de estas evaluaciones.

D.8.1. Tratamiento de metales



(Saarstahl AG, Völklingen, Alemania).

Saarstahl AG se especializa en la producción de varillas de cable, barras de acero y productos semiacabados de diversas calidades. Sus instalaciones de Völklingen incluyen plantas siderúrgicas, plantas laminadoras y fraguado a partir de lingotes de hasta 200 toneladas.

La seguridad en materia de radiaciones ópticas es una parte fundamental de la gestión de seguridad de la empresa.



Aunque la emisión de niveles altamente peligrosos de radiaciones ópticas (sobre todo infrarrojas) es inherente a la producción y transformación de acero, las medidas de control aplicadas minimizan el acceso de las personas a las radiaciones ópticas peligrosas y garantizan condiciones de trabajo seguras. Entre estas medidas cabe mencionar las siguientes:

- control y seguimiento a distancia del proceso de producción para reducir al mínimo la exposición de personas a niveles peligrosos de radiaciones ópticas,
- procedimientos de trabajo para restringir a 15 minutos las operaciones en entornos calientes, con un cambio obligatorio de actividad,
- se prevé un seguimiento a distancia de la temperatura corporal de los trabajadores, para evitar el sobrecalentamiento,

- amplia formación profesional y de seguridad del personal,
- equipos de protección personal de cuerpo entero cuando el proceso de producción hace necesario el acceso,
- aportaciones de la vigilancia médica a la evaluación de riesgos,
- participación de los representantes de los trabajadores en la gestión de la salud y seguridad en el trabajo.

D.8.2. Fábricas de vidrio

El procesamiento y soplado de vidrio emite niveles peligrosos de radiaciones ópticas, sobre todo en las regiones espectrales ultravioleta e infrarroja. La manipulación manual hace necesario que las personas se acerquen a la fuente de las emisiones peligrosas; por ejemplo, a los hornos.



Debido a que los niveles de las emisiones accesibles para los trabajadores generalmente superan los valores límite de exposición, es necesaria una evaluación de riesgos para controlar debidamente los peligros derivados de las radiaciones ópticas. En este caso se pueden superar los valores límite correspondientes a varios peligros derivados de estas radiaciones, por lo que es necesario aplicar las condiciones más restrictivas que sea posible.

La evaluación de riesgos deberá tener en cuenta los siguientes aspectos:

- las emisiones de los equipos, como los hornos adicionales, situados cerca del trabajador; por ejemplo, cerca de sus manos y rostro,
- la duración prevista de la exposición durante el turno de trabajo; los valores límite de radiaciones ultravioletas son acumulativos para un período de 8 horas,
- la atenuación que brindan las pantallas y el equipo de protección personal.

Los valores límites de exposición a radiaciones ultravioleta son acumulativos. Si pueden superarse estos valores, es necesario restringir el acceso a las personas reduciendo ya sea el nivel de emisión (pantallas, protectores oculares, protección para las manos) o bien la duración de la exposición (tiempo máximo permisible).

Si el equipo viene acompañado de protectores oculares es necesario volver a evaluar su idoneidad en caso de que se utilicen hornos adicionales o de que se introduzcan nuevos procedimientos de trabajo.

Si el equipo emite radiaciones correspondientes a la región ultravioleta B (180-400 nm), a las que se apliquen valores límite de exposición tanto de la piel como de los ojos, deberá evaluarse igualmente la exposición de las manos. Si no es posible utilizar guantes de protección o estos pueden causar problemas secundarios de seguridad, deberá limitarse el tiempo de exposición.

D.8.3. Información adicional

BGFE • Informationen für die Glasbearbeitung mit Brennern — SD 53.

D.9. Fotografía con *flash*

Las fuentes de radiaciones ópticas artificiales constituyen una parte esencial de los estudios profesionales de fotografía. Se utilizan para iluminar espacios o lugares determinados, como fondo y para la toma de fotografías con *flash*.

En este caso deben tenerse en cuenta dos exposiciones profesionales:

- la del fotógrafo,
- la de la persona fotografiada (por ejemplo, una modelo).



Un estudio profesional de fotografía puede incluir:



- fuentes de iluminación difusa,
- proyectores de destellos,
- *flashes* para cámaras profesionales,
- *flashes* para cámaras para uso doméstico.

Cuadro D.9.1. Hipótesis de exposición más desfavorable para una exposición directa simultánea al rayo

	Fuentes de iluminación difusa	Proyectores de destellos	Flashes para cámaras profesionales	Flashes para cámaras para uso doméstico
Fotógrafo	√	√	-	-
Modelo	√	√	√	√

Se utilizaron la irradiancia espectral y las características temporales (duración del destello) de cada fuente a una serie de distancias para evaluar el nivel de exposición más desfavorable y compararlo con los valores límite de exposición aplicables.

Los límites para la exposición más desfavorable correspondientes a las radiaciones ultravioletas y a la luz azul son acumulativas para un período de exposición de 8 horas, pudiéndose sumar las de distintas fuentes, y se expresan mediante el número de tomas fotográficas (destellos o iluminación) necesarias para superar el valor límite de exposición aplicable.

El peligro térmico para la retina no cambia si el tiempo de exposición supera 10 segundos y se limita a un ángulo de visión de 100 mrad; en la evaluación de este peligro se toma en consideración un único destello de una sola fuente.

El nivel de riesgo de los valores límites para las radiaciones ultravioletas, UVA e infrarrojas de todas las fuentes sometidas a prueba resultó insignificante.

Cuadro D.9.2. Niveles de riesgo más desfavorables de fuentes fotográficas de destellos

	Fuentes de iluminación difusa	Proyectores de destellos	Flashes para cámaras profesionales	Flashes para cámaras para uso doméstico
Número de destellos necesario para superar el VLE a luz azul	>10 ⁷	>10 ⁶	>20 000	>13 000
Porcentaje del VLE de peligro térmico para la retina correspondiente a un solo destello	< 0,03 %	<1 %	<1 %	<1 %

No se prevé que la fotografía represente un riesgo real de exposición excesiva a radiaciones ópticas para el fotógrafo o la persona fotografiada, ya que el número de destellos necesario para superar el VLE a la luz azul es de varios miles en el supuesto más desfavorable de exposición simultánea al rayo de fuentes múltiples.

Apéndice E. Disposiciones de otras Directivas europeas

Las Directivas europeas son resultado de una decisión colectiva mutuamente vinculante de los Estados miembros que actúan a través de los ministros de su gobierno nacional (en el seno del Consejo de la Unión Europea) y las diputadas y diputados (al Parlamento). Ambos órganos deben aprobar la Directiva en términos idénticos. Una Directiva establece objetivos acordados para los Estados miembros, pero permite flexibilidad en cuanto a los medios para alcanzarlos. La forma en que cada Estado miembro aplica una Directiva depende de su estructura jurídica y puede variar. En la práctica, la Unión Europea aprueba Directivas para todos los Estados miembros e indica una fecha límite de transposición por parte de los Estados miembros.

En 1989, se publicó la Directiva 89/391/CEE, «relativa a la aplicación de medidas para promover la mejora de la seguridad y de la salud de los trabajadores en el trabajo». Esta Directiva se refiere a la gestión de la salud y la seguridad en el trabajo, y sus obligaciones adoptan la forma de principios aplicables a dicha gestión. En vista del amplio ámbito de aplicación de esta Directiva, no es posible resumirla en un espacio tan breve, de modo que es necesario leer toda la Directiva o las normas que la transponen a la legislación del Estado miembro en que opera el empresario interesado. La Directiva establece la obligación de llevar a cabo evaluaciones de riesgo con arreglo a una serie de principios generales.

La Directiva 89/391/CEE se denomina igualmente «Directiva marco» debido a que uno de sus artículos prevé la adopción de Directivas sectoriales que traten sobre la gestión de la salud y la seguridad en determinados ámbitos o peligros; estas Directivas sectoriales

deben cumplir de forma coherente los principios de la Directiva marco.

La Directiva 2006/25/CE, «relativa a las radiaciones ópticas artificiales», es una de las Directivas que se deriva de la Directiva marco 89/391/CEE. Otras Directivas aplicables son la Directiva 89/654/CEE relativa a las disposiciones mínimas de seguridad y de salud en los lugares de trabajo («Directiva relativa a los lugares de trabajo»), y la Directiva 89/655/CEE relativa a las disposiciones mínimas de seguridad y de salud para la utilización por los trabajadores en el trabajo de los equipos de trabajo («Directiva relativa a la utilización de los equipos de trabajo»).

La Directiva relativa a la utilización del equipo de trabajo ha sido modificada por la Directiva 95/63/CE (también «relativa a las disposiciones mínimas de seguridad y de salud para la utilización por los trabajadores en el trabajo de los equipos de trabajo»).

A fin de satisfacer sus obligaciones jurídicas en relación con las radiaciones ópticas artificiales, los empresarios deben cumplir al menos las disposiciones de las cuatro Directivas antes mencionadas. Sin embargo, la legislación nacional de cada Estado miembro puede imponer obligaciones adicionales que trasciendan las establecidas en las Directivas.

Por consiguiente, para cumplir las disposiciones de la Directiva relativa a las radiaciones ópticas artificiales, los empresarios deben recordar que tienen otras obligaciones en materia de gestión de la salud y seguridad relacionadas con las radiaciones ópticas:

Directiva marco	Directiva relativa a los lugares de trabajo	Directiva relativa a la utilización del equipo (modificada)
<p>Evitar los riesgos cuando sea posible.</p> <p>Evaluar los riesgos que no se pueden evitar.</p> <p>Combatir los riesgos en su origen.</p> <p>Adaptar las prácticas de trabajo a la persona.</p> <p>Adaptar las prácticas de trabajo a la evolución de la técnica.</p> <p>Sustituir lo peligroso por lo que entraña poco o ningún peligro.</p> <p>Planificar una política general de prevención coherente que integre en ella la técnica, la organización, las condiciones de trabajo y las relaciones sociales.</p> <p>Adoptar medidas que antepongan la protección colectiva a la individual.</p> <p>Dar las debidas instrucciones a los trabajadores.</p>	<p>Realizar el mantenimiento técnico de las instalaciones y subsanar las deficiencias lo más rápido posible.</p> <p>Llevar a cabo el mantenimiento periódico y el control de las instalaciones de seguridad.</p> <p>Informar a los trabajadores (o a sus representantes) de las medidas que vayan a adoptarse en lo que se refiere a la seguridad y la salud en los lugares de trabajo.</p> <p>Iluminar correctamente el lugar de trabajo, ya sea interior o exterior, para el bien de la salud y seguridad de los trabajadores.</p> <p>Utilizar iluminación artificial si la natural no es suficiente.</p>	<p>Reservar el uso de equipos que entrañen riesgos específicos para la salud de los trabajadores encargados de utilizarlos.</p> <p>Únicamente las personas designadas deben realizar los trabajos de reparación, transformación y conservación.</p> <p>Formar correctamente a los trabajadores en utilización de los equipos.</p> <p>Los controles cruciales para la seguridad deben mostrarse claramente.</p> <p>Situar los controles fuera de las zonas peligrosas.</p> <p>El operario debe poder ver que nadie se encuentra en la zona peligrosa o debe emitirse una señal de advertencia cuando el equipo entra en una fase peligrosa.</p> <p>Los fallos del sistema de accionamiento no deben conducir a una situación peligrosa.</p> <p>El equipo solo debe ponerse en marcha mediante una acción voluntaria sobre un sistema de accionamiento.</p> <p>El equipo solo debe ponerse en marcha tras una parada mediante una acción voluntaria sobre un sistema de accionamiento.</p> <p>El equipo debe estar provisto de un sistema de accionamiento que permita su parada total en condiciones de seguridad.</p> <p>Las zonas de trabajo en el equipo deben estar debidamente iluminadas.</p> <p>Las advertencias deben ser inequívocas, claramente perceptibles y fáciles de comprender.</p> <p>Los trabajos de mantenimiento deben poderse efectuar en condiciones de seguridad.</p> <p>El equipo debe llevar las advertencias o señalizaciones indispensables para garantizar la seguridad de los trabajadores.</p> <p>Cuando la seguridad de uso dependa de las condiciones de la instalación, el equipo debe inspeccionarse tras su montaje y antes de su puesta en servicio.</p> <p>Los equipos expuestos a condiciones que provoquen su deterioro deben inspeccionarse periódicamente, y los resultados deben registrarse.</p>

Otras cinco Directivas guardan alguna relación con la seguridad del trabajo con radiaciones ópticas artificiales. Todas ellas se refieren al suministro de equipos que puedan producir radiaciones ópticas o destinados a mitigar los efectos de estas últimas. Así pues, estas Directivas son de interés principalmente para los fabricantes y proveedores de equipos, y no tanto para el empresario.

No obstante, el empresario debe conocer la existencia de estas Directivas y que cualquier planta o equipo de producción o protección que se comercialice en el mercado europeo debe cumplirlas. Dos de estas Directivas estipulan que el proveedor debe facilitar al usuario información detallada sobre la naturaleza de las radiaciones, medios para proteger a los usuarios, medios para

evitar su uso incorrecto y medios para eliminar los riesgos inherentes durante la instalación.

Estas Directivas relativas a los proveedores son:

- La Directiva 2006/42/CE relativa a las máquinas («Directiva sobre maquinaria»).
- La Directiva 2006/95/CE relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre el material eléctrico destinado a utilizarse con determinados límites de tensión («Directiva sobre baja tensión»).
- La Directiva 89/686/CEE sobre aproximación de las legislaciones de los Estados miembros relativas a los equipos de protección individual («Directiva sobre equipos de protección individual»).
- La Directiva 93/42/CEE relativa a los productos sanitarios («Directiva sobre productos sanitarios»).
- La Directiva 98/79/CE sobre productos sanitarios para diagnóstico *in vitro* («Directiva sobre diagnóstico *in vitro*»).

A continuación se resumen algunas de las disposiciones importantes de estas Directivas:

Directiva sobre maquinaria	Directiva sobre baja tensión	Directiva sobre equipos de protección individual	Directivas sobre productos sanitarios y sobre diagnóstico <i>in vitro</i>
<p>La maquinaria debe suministrarse con alumbrado incorporado suficiente para permitir su uso en condiciones de seguridad.</p> <p>Las emisiones no deseadas deben eliminarse o reducirse a niveles que no afecten a las personas.</p> <p>Las emisiones debidas al funcionamiento durante el ajuste, operación y limpieza deben limitarse a niveles que no tengan efectos adversos en las personas.</p> <p>Si la máquina incorpora equipos láser, no deben producirse emisiones accidentales.</p> <p>Los equipos láser deben instalarse de tal modo que ni las emisiones por difusión o reflexión ni las radiaciones secundarias perjudiquen a la salud.</p> <p>Los equipos ópticos utilizados para la observación o el reglaje de equipos láser deben ser tales que no den lugar a riesgo alguno para la salud.</p> <p>Si se han utilizado características de diseño para cumplir lo dispuesto más arriba, deberán indicarse las normas aplicables.</p>	<p>La Directiva sobre baja tensión se aplica a todos los equipos de trabajo que funcionen con una tensión nominal comprendida entre 50 y 1 000 V en corriente alterna, o entre 75 y 1 500 V en corriente continua. Establece que estos equipos no deben producir radiaciones que impliquen peligro.</p>	<p>Los equipos de protección individual (EPI) deben proteger al usuario sin perjudicar la salud o seguridad de otras personas.</p> <p>La mayor parte de las radiaciones que puedan ser perjudiciales deben absorberse o reflejarse sin afectar excesivamente la visión del usuario.</p> <p>Los EPI deben seleccionarse de tal modo que los ojos del usuario no sufran en ningún caso una exposición superior al valor límite de exposición máxima admisible.</p> <p>Las lentes de los EPI no deben deteriorarse debido a la exposición a las radiaciones contra las que deben proteger en condiciones de uso previsible.</p>	<p>Los productos deben diseñarse para reducir la exposición de pacientes, usuarios y otras personas.</p> <p>El usuario debe poder controlar el nivel de las emisiones.</p> <p>Los productos deben dotarse de indicadores visuales o alarmas sonoras de emisiones.</p> <p>Las instrucciones de utilización deben incluir información detallada sobre la naturaleza de la radiación, medios de protección del usuario, formas de evitar manipulaciones incorrectas y de eliminar los riesgos derivados de la instalación.</p>

Apéndice F. Normativas nacionales de los Estados miembros por las que se transpone la Directiva 2006/25/CE (a 10 diciembre de 2010) y orientaciones

País	Legislación vigente	Orientaciones vigentes
Austria	<p>Oö. Landes- und Gemeinde-Dienstrechtsänderungsgesetz 2007 [Landesgesetzblatt (LGBl), 25/07/2007, 56/2007]</p> <p>Verordnung der Landesregierung über den Schutz der Landes- und Gemeindebediensteten vor der Gefährdung durch künstliche optische Strahlung [Landesgesetzblatt (LGBl), 18/02/2010, 4/2010]</p> <p>Landesgesetz, mit dem das Oö. Gemeinde-Dienstrechts- und Gehaltsgesetz 2002, das Oö. Gemeindebedienstetengesetz 2001; das Oö. Statutgemeinden-Beamtengesetz 2002, das Oö. Gemeindebediensteten-Schutzgesetz 1999, das Oö. Gemeinde-Gehaltsgesetz 2002, das Oö. Landesbeamtengesetz 1993 und das Oö. Landes-Vertragsbedienstetengesetz geändert werden (Oö. Gemeinde- und Landes-Dienstrechtsänderungsgesetz 2008) [Landesgesetzblatt (LGBl), 29/08/2008, 73/2008].</p> <p>Verordnung der Wiener Landesregierung, mit der die Verordnung der Wiener Landesregierung über den Schutz der in Dienststellen der Gemeinde Wien beschäftigten Bediensteten vor der Einwirkung durch optische Strahlung erlassen und die Verordnung der Wiener Landesregierung über die Gesundheitsüberwachung am Arbeitsplatz in Dienststellen der Gemeinde Wien geändert wird [Landesgesetzblatt (LGBl), 51/2010, 24/09/2010]</p> <p>Verordnung der Oö. Landesregierung, mit der die Verordnung über den Schutz der Dienstnehmerinnen und Dienstnehmer in der Land- und Forstwirtschaft vor der Einwirkung durch künstliche optische Strahlung (Oö. VOPST-LF) erlassen wird und mit der die Verordnung über die Gesundheitsüberwachung in der Land- und Forstwirtschaft und die Verordnung über Beschäftigungsverbote und -beschränkungen für Jugendliche in land- und forstwirtschaftlichen Betrieben geändert werden [Landesgesetzblatt (LGBl), 65/2010, 30/09/2010]</p> <p>Gesetz, mit dem die Dienstordnung 1994 (28. Novelle zur Dienstordnung 1994), die Besoldungsordnung 1994 (36. Novelle zur Besoldungsordnung 1994), die Vertragsbedienstetenordnung 1995 (32. Novelle zur Vertragsbedienstetenordnung 1995), die Pensionsordnung 1995 (20. Novelle zur Pensionsordnung 1995), das Ruhe- und Versorgungsgesetz 1995 (9. Novelle zum Ruhe- und Versorgungsgesetz 1995), das Unfallfürsorgegesetz 1967 (17. Novelle zum Unfallfürsorgegesetz 1967), das Wiener Bedienstetenschutzgesetz 1998 (5. Novelle zum Wiener Bedienstetenschutzgesetz 1998), das Wiener Personalvertretungsgesetz (16. Novelle zum Wiener Personalvertretungsgesetz), das Wiener Bezügegesetz 1995 (10. Novelle zum Wiener Bezügegesetz 1995), das Wiener Verwaltungssenaat-Dienstrechtsgesetz 1995 (11. Novelle zum Wiener Verwaltungssenaat-Dienstrechtsgesetz 1995) und das Gesetz über den Unabhängigen Verwaltungssenaat Wien (8. Novelle zum Gesetz über den Unabhängigen Verwaltungssenaat Wien) geändert werden und das Wiener Eltern-Karenzurlaubsgesetz aufgehoben wird [Landesgesetzblatt (LGBl), 42/2010, 17/09/2010]</p> <p>Verordnung der Salzburger Landesregierung vom 1. Juli 2010 über Schutzvorschriften vor Gefährdung durch künstliche optische Strahlung (S.koS-V) [Landesgesetzblatt (LGBl), 55/2010, 06/08/2010]</p> <p>Verordnung des Bundesministers für Arbeit, Soziales und Konsumentenschutz, mit der die Verordnung über den Schutz der Arbeitnehmer/innen vor der Einwirkung durch optische Strahlung (Verordnung optische Strahlung – VOPST) erlassen wird und mit der die Verordnung über die Gesundheitsüberwachung am Arbeitsplatz und die Verordnung über Beschäftigungsverbote und -beschränkungen für Jugendliche geändert werden [Bundesgesetzblatt für die Republik Österreich (BGBl.), II Nr. 221/2010, 08/07/2010]</p>	<p>Sicherheitsinformation der Allgemeinen Unfallversicherungsanstalt: Sicherheit Kompakt:</p> <p>M 014 UV-Strahlenbelastung am Arbeitsplatz</p> <p>M 080 Grundlagen der Lasersicherheit</p>
Bélgica	<p>FEDERALE OVERHEIDSDIENST WERKGELEGENHEID, ARBEID EN SOCIAAL OVERLEG - 22 APRIL 2010. - Koninklijk besluit betreffende de bescherming van de gezondheid en de veiligheid van de werknemers tegen de risico's van kunstmatige optische straling op het werk [Moniteur Belge, 06/05/2010, 25349-25386].</p>	

País	Legislación vigente	Orientaciones vigentes
Bulgaria	<p>Наредба № 5 от 11 юни 2010 г. за минималните изисквания за осигуряване на здравето и безопасността на работещите при рискове, свързани с експозиция на изкуствени оптични лъчения [Държавен вестник, 49, 29/06/2010, 00035-00048]</p> <p>Кодекс на труда [Държавен вестник, 15, 23/02/2010]</p> <p>Закон за здравословни и безопасни условия на труд [Държавен вестник, 12, 12/02/2010]</p> <p>Наредба № 7 от 23.09.1999 г. за минималните изисквания за здравословни и безопасни условия на труд на работните места и при използване на работното оборудване [Държавен вестник, 40, 18/04/2008]</p>	
Chipe	<p>Οι Περί Ασφάλειας και Υγείας στην Εργασία (Τεχνική Οπτική Ακτινοβολία) Κανονισμοί του 2010 [Cyprus Gazette, 4433, 11/06/2010, 01473-01493]</p>	
República Checa	<p>Zákon č. 370/2002 Sb., o změně a zrušení některých zákonů v souvislosti s ukončením činnosti okresních úřadů [Sbírka zákonů CR, 18/07/2002].</p> <p>Zákon č. 20/1966 Sb., o péči o zdraví lidu [Sbírka zákonů CR, 30/03/1966].</p> <p>Zákon č. 111/2007 Sb., kterým se mění zákon č. 20/1966 Sb., o péči o zdraví lidu, ve znění pozdějších předpisů a některé další zákony [Sbírka zákonů CR, 15/05/2007].</p> <p>Zákon č. 309/2006 Sb., kterým se upravují další požadavky bezpečnosti a ochrany zdraví při práci v pracovněprávních vztazích a o zajištění bezpečnosti a ochrany zdraví při činnosti nebo poskytování služeb mimo pracovněprávní vztahy (zákon o zajištění dalších podmínek bezpečnosti a ochrany zdraví při práci) [Sbírka zákonů CR, 22/06/2006].</p> <p>Nařízení vlády č. 106/2010 Sb., kterým se mění nařízení vlády č. 1/2008 Sb., o ochraně zdraví před neionizujícím zářením [Sbírka zákonů CR, 19/04/2010].</p> <p>Zákon č. 14/1997 Sb., kterým se mění a doplňuje zákon č. 20/1966 Sb., o péči o zdraví lidu, ve znění pozdějších předpisů, a zákon České národní rady č. 36/1975 Sb., o pokutách za porušování právních předpisů o vytváření a ochraně zdravotních životních podmínek, ve znění zákona České národní rady č. 137/1982 Sb. [Sbírka zákonů CR, 24/02/1997].</p> <p>Zákon České národní rady č. 548/1991 Sb., kterým se mění a doplňuje zákon č. 20/1966 Sb., o péči o zdraví lidu, ve znění zákona České národní rady č. 210/1990 Sb. a zákona České národní rady č. 425/1990 Sb. [Sbírka zákonů CR, 30/12/1991].</p> <p>Nařízení vlády č. 1/2008 Sb., o ochraně zdraví před neionizujícím zářením [Sbírka zákonů CR, 09/01/2008].</p> <p>Zákon č. 392/2005 Sb., kterým se mění zákon č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a některé další zákony [Sbírka zákonů CR, 27/09/2005].</p> <p>Zákon č. 274/2003 Sb., kterým se mění některé zákony na úseku ochrany veřejného zdraví [Sbírka zákonů CR, 27/08/2003].</p> <p>Zákon č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů [Sbírka zákonů CR, 11/08/2000].</p> <p>Zákon č. 262/2006 Sb., zákoník práce [Sbírka zákonů CR, 07/06/2006].</p> <p>Zákon č. 48/1997 Sb., o veřejném zdravotním pojištění a o změně a doplnění některých souvisejících zákonů [Sbírka zákonů CR, 07/03/1997].</p> <p>Zákon č. 362/2007, kterým se mění zákon č. 262/2006 Sb., zákoník práce, ve znění pozdějších předpisů, a další související zákony [Sbírka zákonů CR, 28/12/2007].</p>	<p>Directriz nº 61 para el trabajo con equipos láser.</p> <p>Cartel UV Zareni (advertencia sobre los peligros de las radiaciones ultravioletas)</p> <p>Directrices de la ICNIRP</p>
Dinamarca	<p>Bekendtgørelse om beskyttelse mod udsættelse for kunstigt optisk stråling i forbindelse med arbejdet [Lovtidende A, 29/05/2010].</p> <p>Bekendtgørelse om beskyttelse mod risici ved udsættelse for kunstigt optisk stråling på offshoreanlæg m.v. [Lovtidende A, 21/04/2010].</p>	<p>La Ley danesa sobre el entorno de trabajo pretende establecer un «entorno de trabajo seguro y saludable». En la administración de esta ley se utilizan como directrices las recomendaciones de la ICNIRP sobre radiaciones ópticas, junto con las normas europeas correspondientes (por ejemplo, EN 60825 y EN 207/208).</p>
Estonia	<p>TÖÖTERVISHOIU JA TÖÖOHUTUSE SEADUSE MUUTMISE SEADUS [Elektroniline Riigi Teataja, RTI, 16.01.2007, 3, 11].</p> <p>Töötervishoiu ja tööohutuse nõuded tehnikulist optilistest kiirgusest mõjutatud töökohakonnas, tehniku optilise kiirguse piirnormid ja kiirguse mõõtmise kord¹ [Elektroniline Riigi Teataja, RTI, 22.04.2010, 16, 84].</p>	

País	Legislación vigente	Orientaciones vigentes
Finlandia	Valtionuoston asetus työntekijöiden suojelemiseksi optiselle säteilylle altistumisesta aiheutuvalta vaarolta / Statsrådets förordning om skydd av arbetstagare mot risker som uppstår vid exponering för optisk strålning [Suomen Saaduskokoulma (SK), 05/03/2010, 007/03-00720, 14/6/2010]	
Francia	Décret no 2010-750 du 2 juillet 2010 relatif à la protection des travailleurs contre les risques dus aux rayonnements optiques artificiels [Journal Officiel de la République Française (JORF), 04/07/2010]	
Alemania	Verordnung zur Umsetzung der Richtlinie 2006/25/EG zum Schutz der Arbeitnehmer vor Gefährdungen durch künstliche optische Strahlung und zur Änderung von Arbeitschutzverordnungen vom 19. Juli 2010 [Bundesgesetzblatt Teil 1 (BGBl.), 38, 26/07/2010, 00960-00967]	<p>Información 5006 de la BGI: «Valores límite de exposición a radiaciones ópticas artificiales» Directriz sobre radiaciones no ionizantes: «Radiaciones láser» Directriz sobre radiaciones no ionizantes: «Radiaciones ultravioletas de fuentes artificiales» Directriz sobre radiaciones no ionizantes: «Radiaciones visibles e infrarrojas» Los métodos de evaluación de riesgos derivados de las radiaciones ópticas de fuentes artificiales se describen en los siguientes documentos: Reglamento sobre prevención de accidentes BGV B2: «Radiaciones láser» DIN EN 60825-1: 2008. Seguridad de los productos láser. Parte 1: Clasificación de los equipos, requisitos y guía del usuario. DIN EN 14255-1: 2005: «Medición y evaluación de exposiciones de personas a radiación óptica incoherente. Parte 1: Radiación ultravioleta emitida por fuentes artificiales en el lugar de trabajo» IEC 62471: 2006: «Seguridad fotobiológica de lámparas y del sistema de lámparas» DIN EN 12198 – 1: 2000. Seguridad de las máquinas — Evaluación y reducción de los riesgos debidos a las radiaciones emitidas por las máquinas — Parte 1: Principios generales Directriz sobre radiaciones no ionizantes: «Radiaciones ultravioletas de fuentes artificiales» BGR 107: Normas de seguridad para secadores de máquinas de impresión y procesamiento de papel Los métodos de reducción de los riesgos derivados de las radiaciones ópticas de fuentes artificiales se describen en los siguientes documentos: Reglamento sobre prevención de accidentes BGV B2: «Radiaciones láser» Información 5006 de la BGI: «Valores límite de exposición a radiaciones ópticas artificiales» Información 5007 de la BGI: Dispositivos láser para espectáculos y proyecciones DIN EN 12198 – 3: 2002. «Seguridad de las máquinas. Evaluación y reducción de los riesgos debidos a las radiaciones emitidas por las máquinas. Parte 3: Reducción de radiaciones mediante atenuación o apantallamiento» Directriz sobre radiaciones no ionizantes: «Radiaciones láser» Directriz sobre radiaciones no ionizantes: «Radiaciones ultravioletas de fuentes artificiales» Los métodos de reducción de riesgos a nivel sectorial se describen igualmente en los siguientes documentos: Reglamento de prevención de accidentes BGV D.1: «Soldadura, corte y métodos conexos» «Secado con radiaciones ultravioleta», Asociación Profesional de las Artes Gráficas y la Transformación del Papel Merkblatt über Betrachtungsplätze für die fluoreszierende Prüfung mit dem Magnetpulver- und Eindringverfahren – Ausrüstung und Schutzmaßnahmen bei Arbeiten mit UV-Strahlung Information BGI 5092 Auswahl von Laser-Schutzbrillen und Laser-Justierbrillen Information BGI 5031 Umgang mit Lichtwellenleiter-Kommunikations-Systemen (LWKS) Folletos y volantes: Folleto del Instituto Federal de Seguridad y Salud en el Trabajo: «Damit nichts ins Auge geht... — Schutz vor Laserstrahlung» Volante del Instituto Federal de Seguridad y Salud en el Trabajo: «Ceguera momentánea. Protección contra las radiaciones ópticas» Volante del Instituto Federal de Seguridad y Salud en el Trabajo: «Equipos láser de mano para tratamiento de materiales»</p>
Grecia	Ελάχιστες προδιαγραφές υγείας και ασφάλειας όσον αφορά στην έκθεση των εργαζομένων σε κινδύνους προερχόμενους από φυσικούς παράγοντες (τεχνητή οπτική ακτινοβολία), σε συμμόρφωση με την οδηγία 2006/25/ΕΚ [Εφημερίδα της Κυβερνήσεως (ΦΕΚ) (Τεύχος Α), 145, 01/09/2010, 03075-03094]	

País	Legislación vigente	Orientaciones vigentes
<p>Hungría</p>	<p>1991. évi XI. törvény az Állami Népegészségügyi és Tisztiorvosi Szolgálatról [Magyar Közlöny, 00753-00759]. 2/1998. (I. 16.) MüM rendelet a munkahelyen alkalmazandó biztonsági és egészségvédelmi jelezésekről [Magyar Közlöny, 16/01/1998, 174-192, 2]. A Kormány 218/1999. (XII. 28.) Korm. rendelete az egyes szabálysértésekről [Magyar Közlöny, 28/12/1999, 08942-08968, 1999/125]. Az egészségügyi miniszter 22/2010. (V. 7.) EüM rendelete a munkavállalókat érő mester-séges optikai sugárzás expozícióra vonatkozó minimális egészségi és biztonsági követel-ményekről [Magyar Közlöny, 14597-14614]. 1997. évi XLVII. Törvény az egészségügyi és a hozzájuk kapcsolódó személyes adatok keze-léséről és védelméről [Magyar Közlöny, 05/06/1997, 03518-03528, 1997/49]. 2009. évi CLIV. Törvény az egyes egészségügyi tárgyú törvények módosításáról [Magyar Közlöny, 47035-47090]. 1993. évi XCIII. tv. a munkavédelemről [Magyar Közlöny, 03/11/1993, 9942-9953, 160]. 33/1998. (VI. 24.) NM rendelet a munkaköri, szakmai, illetve személyi higiénés alkalmasság orvosi vizsgálatáról és véleményezéséről [Magyar Közlöny, 24/06/1998, 4489-4516, 54].</p>	<p>Las normas europeas son aplicables igualmente en Hungría, a saber: IEC 60825-1, 2, -4, -12, IEC 60335227 IEC 60601222 EN 12198-1 EN 14255-1, 2, 4</p>
<p>Irlanda</p>	<p>SAFETY, HEALTH AND WELFARE AT WORK (GENERAL APPLICATION) (AMENDMENT) REGU-LATIONS 2010 [Iris Oifigiúil, 04/05/2010, 00628-00629, 176 of 2010].</p>	<p>Directrices de la ICNIRP</p>
<p>Italia</p>		

País	Legislación vigente	Orientaciones vigentes
Malta	L.N. 250 of 2010 OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY AUTHORITY ACT (Cap. 424) Work Place (Minimum Health and Safety Requirements for the Protection of Workers from Risks resulting from Exposure to Artificial Optical Radiation) Regulations, 2010 [The Malta government gazette, 30/04/2010, 02403-02450, 185886].	Optische straling in arbeidsituaties
Países Bajos	Besluit van 1 februari 2010 tot wijziging van het Arbeidsomstandighedenbesluit, houdende regels met betrekking tot de blootstelling van werknemers aan de risico's van kunstmatige optische straling [Staatsblad (Bulletin des Lois et des Décrets royaux), 09/03/2010, 00001-00021, Stb. 2010, 103].	
Polonia	Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Społecznej z dnia 27 maja 2010 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy pracach związanych z ekspozycją na promieniowanie optyczne [Dziennik Ustaw, 2010/100/643, 09/06/2010] Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Społecznej z dnia 29 lipca 2010 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy [Dziennik Ustaw, 2010/141/950, 06/08/2010]	Algunas publicaciones sobre los métodos y directrices para la evaluación de los riesgos profesionales abarcan las radiaciones ópticas, a saber: «Evaluación de riesgos en el lugar de trabajo. Parte 1: Base metodológica». ed. M.W.Zawieska, CIOP-PIB, Varsovia 2004 (3ª edición). «Evaluación de riesgos en el lugar de trabajo. Parte 2. STER asistida por ordenador». ed. M.W.Zawieska, CIOP, Varsovia 2000. «Riesgos en el lugar de trabajo: Base metodológica de evaluación». ed. M.W.Zawieska, CIOP-PIB Varsovia, 2007.
Portugal	Assembleia da República – Estabelece as prescrições mínimas para protecção dos trabalhadores contra os riscos para a saúde e a segurança devidos à exposição, durante o trabalho, a radiações ópticas de fontes artificiais, transpondo a Directiva n.º 2006/25/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 5 de Abril [Diário da República, 168, 30/08/2010, 03770-03782] Assembleia da República – Rectifica a Lei n.º 25/2010, de 30 de Agosto, que estabelece as prescrições mínimas para protecção dos trabalhadores contra os riscos para a saúde e a segurança devidos à exposição, durante o trabalho, a radiações ópticas de fontes artificiais, transpondo a Directiva n.º 2006/25/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 5 de Abril, publicada no Diário da República, 1.ª série, n.º 168, de 30 de Agosto de 2010 [Diário da República I, 209, 27/10/2010, 04849-04859]	
Rumanía	Hotărârea Guvernului privind cerințele minime de securitate și sănătate în muncă referitoare la expunerea lucrătorilor la riscuri generate de radiațiile optice artificiale [Monitorul Oficial al României, 427, 25/06/2010, 00002-00015]	
Eslovaquia	Zákon č. 355/2007 Z. z. o ochrane, podpore a rozvoji verejného zdravia a o zmene a doplnení niektorých zákonov [Zbierka zákonov SR, 31/07/2007, 154]. Nariadenie vlády Slovenskej republiky č. 410/2007 Z. z. o minimálnych zdravotných a bezpečnostných požiadavkách na ochranu zamestnancov pred rizikami súvisiacimi s expozíciou umelému optickému žiareniu [Zbierka zákonov SR, 01/09/2007, 178].	
Eslovenia	Uredba o varovanju delavcev pred tveganji zaradi izpostavljenosti umetnim optičnim sevanjem [Uradni list RS, 34/2010, 30/04/2010, 04892-04909]	

País	Legislación vigente	Orientaciones vigentes
España	<p>Real Decreto 486/2010, de 23 de abril, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a radiaciones ópticas artificiales [Boletín Oficial del Estado (B.O.E), 24/04/2010, 36103-36120, 99/2010].</p> <p>Corrección de errores del Real Decreto 486/2010, de 23 de abril, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a radiaciones ópticas artificiales [Boletín Oficial del Estado (B.O.E), 06/05/2010, 40171-40171, 110/2010].</p>	<p>NORMAS</p> <p>UNE-CR 13464: 1999 «Guía para la selección, utilización y mantenimiento de los protectores oculares y faciales de uso profesional».</p> <p>UNE EN 166: 2002 «Protección individual del ojo. Requisitos».</p> <p>UNE EN 169: 2003 «Protección individual de los ojos. Filtros para soldadura y técnicas relacionadas. Especificaciones del coeficiente de transmisión (transmitancia) y uso recomendado».</p> <p>UNE EN 170: 2003 «Protección individual de los ojos. Filtros para el ultravioleta. Especificaciones del coeficiente de transmisión (transmitancia) y uso recomendado».</p> <p>UNE EN 207 «Filtros y protectores de los ojos contra la radiación láser (gafas de protección láser)». (Esta norma tiene ampliaciones y modificaciones).</p> <p>UNE EN 208 «Gafas de protección para los trabajos de ajuste de láser y sistemas láser (gafas de ajuste láser)». (Esta norma tiene ampliaciones y modificaciones).</p> <p>UNE-EN 60825 «Seguridad de los productos láser». (Esta norma tiene varias partes y numerosas correcciones).</p> <p>UNE-EN 14255 Medición y evaluación de la exposición de las personas a la radiación óptica incoherente. (Esta norma tiene varias partes).</p> <p>CARTELES</p> <p>La Directiva 2006/25/CE sobre exposición laboral a radiaciones ópticas artificiales.</p> <p>Metodología para evaluar la exposición a las radiaciones ópticas en el lugar de trabajo.</p> <p>Spectralímit: una aplicación para evaluar la exposición a las radiaciones ultravioletas y visibles en el lugar de trabajo.</p> <p>OTROS DOCUMENTOS DE INFORMACIÓN</p> <p>NTP 755: «Radiaciones ópticas: Metodología de evaluación de la exposición laboral».</p> <p>NTP 654: Láseres: nueva clasificación del riesgo (UNE EN 60825-1/A2: 2002).</p> <p>NTP 261: Láseres: riesgos en su utilización.</p> <p>FDN-17: Selección de pantallas faciales y gafas de protección.</p> <p>FDN23: Comercialización de las pantallas de protección para soldadores.</p> <p>Guías orientativas para la selección y utilización de EPI. Protectores oculares y faciales.</p> <p>CD R. Prevención de los riesgos laborales. Curso avanzado de formación para realizar funciones de nivel superior. Versión 2.</p> <p>Algunas cuestiones sobre seguridad láser.</p> <p>Evaluación de las condiciones de trabajo en la pequeña y mediana empresa.</p> <p>Riesgos por radiaciones ópticas procedentes de fuentes luminosas.</p> <p>La exposición laboral a radiaciones ópticas.</p>
Suecia Reino Unido	<p>Arbetsmiljöverkets föreskrifter om artificiell optisk strålning (AFS 2009:7). [Arbetsmiljöverkets författningssamling (AFS), 10/11/2009, 2009:7].</p> <p>The Control of Artificial Optical Radiation at Work Regulations 2010 [Her Majesty's Stationery Office (HMSO), 06/04/2010, GB SI 2010 No. 1140]</p> <p>The Control of Artificial Optical Radiation at Work Regulations (Northern Ireland) 2010 [Her Majesty's Stationery Office (HMSO), SR of NI 2010 No. 180]</p> <p>Factories (Protection of Workers from Physical Agents) (Artificial Optical Radiation) Regulations 2010 [Gibraltar Gazette, 3801, 29/07/2010]</p>	<p>MHRA DB2008(03) Linii directe care privind utilizarea în condiții de securitate a laserelor, sistemelor cu sursă de lumină intensă și LED-urilor în practicle medicale, chirurgicale, dentare și estetice</p> <p>HSG95 Securitatea radițiilor laser utilizate în scopuri de afșare</p>

Apéndice G. Normas europeas e internacionales

Existen diversas normas europeas que hacen referencia a productos que emiten radiaciones ópticas, caracterizan dichas emisiones y contemplan medidas de protección. Asimismo, existen varias normas internacionales de la Organización Internacional de Normalización (ISO), la Comisión Electrotécnica Internacional (CEI) y la Comisión Internacional de Iluminación (CIE) que no se han publicado en forma de normas europeas. Un tercer grupo son los documentos de orientación publicados a nivel internacional que no han adoptado todos los Estados miembros.

La inclusión de un documento en este apéndice no implica necesariamente que los empresarios deban obtenerlo y leerlo. Sin embargo, algunos documentos pueden ayudar a los empresarios en sus evaluaciones y gestión de riesgos.

G.1. Normas europeas

EN 165: 2005. Protección individual de los ojos. Vocabulario.

EN 166: 2002. Protección individual de los ojos. Especificaciones.

EN 167: 2002. Protección individual de los ojos. Métodos de ensayo ópticos.

EN 168: 2002. Protección individual de los ojos. Métodos de ensayo no ópticos.

EN 169: 2002. Protección individual de los ojos — Filtros para soldadura y técnicas relacionadas. Especificaciones del coeficiente de transmisión (transmitancia) y uso recomendado.

EN 170: 2002. Protección individual de los ojos. Filtros para el ultravioleta. Especificaciones del coeficiente de transmisión (transmitancia) y uso recomendado.

EN 171: 2002. Protección individual de los ojos. Filtros para el infrarrojo. Especificaciones del coeficiente de transmisión (transmitancia) y uso recomendado.

EN 175: 1997. Protección individual. Equipos para la protección de los ojos y la cara durante la soldadura y técnicas afines.

EN 207: 1998. Protección individual de los ojos. Filtros y protectores de los ojos contra la radiación láser.

EN 208: 1998. Protección individual de los ojos. Gafas de protección para los trabajos de ajuste de láser y sistemas de láser.

EN 349: 1993. Seguridad de las máquinas. Distancias mínimas para evitar el aplastamiento de partes del cuerpo humano.

EN 379: 2003. Protección individual del ojo. Filtros automáticos para soldadura.

EN 953: 1997. Seguridad de las máquinas. Protectores. Prescripciones generales para el diseño y la fabricación de protectores fijos y móviles.

EN 1088: 1995. Dispositivos de enclavamiento asociados a resguardos.

EN 1598: 1997. Higiene y seguridad en el soldadura y procesos afines. Cortinas, lamas y pantallas transparentes para procesos de soldadura por arco.

EN ISO 11145: 2001. Óptica e instrumentos ópticos. Láseres y equipos relacionados. Vocabulario y símbolos.

EN ISO 11146-1: 2005. Láseres y equipos relacionados. Métodos de ensayo para anchuras del haz láser, ángulos de divergencia y factor de propagación del haz. Parte 1: Haces estigmáticos y astigmáticos simples.

- EN ISO 111462: 2005. Láseres y equipos relacionados. Métodos de ensayo para anchuras del haz láser, ángulos de divergencia y factor de propagación del haz. Parte 2: Haces astigmáticos en general.
- EN ISO 11149: 1997. Óptica e instrumentos ópticos. Láseres y equipos relacionados. Conectores de fibra óptica para aplicaciones del láser distintas de las telecomunicaciones.
- EN ISO 11151-1: 2000. Láseres y equipos asociados a los láseres. Componentes ópticos normalizados. Parte 1: Componentes para los intervalos espectrales UV, visible e infrarrojo próximo.
- EN ISO 111512: 2000. Láseres y equipos asociados a los láseres. Componentes ópticos normalizados. Parte 1: Componentes para el intervalo espectral infrarrojo.
- EN ISO 11252: 2004. Láser y equipos relacionados con láser. Dispositivo láser. Requisitos mínimos para la documentación.
- EN ISO 11254-3: 2006. Láseres y equipos asociados a los láseres. Determinación del umbral de daño producido por láser sobre superficies ópticas. Parte 3: Evaluación de la capacidad para manejar la potencia (energía) láser.
- EN ISO 11551: 2003. Óptica e instrumentos ópticos. Láseres y equipos asociados a los láseres. Métodos de ensayo del factor de absorción de los componentes ópticos para láseres.
- EN ISO 11553-1: 2005. Seguridad de las máquinas. Máquinas de procesamiento láser. Requisitos generales de seguridad.
- EN ISO 11553-2: 2007. Seguridad de las máquinas. Máquinas de procesamiento láser. Parte 2: Requisitos de seguridad para dispositivos manuales de procesamiento láser.
- EN ISO 11554: 2006. Óptica y fotónica. Láseres y equipos relacionados con los láseres. Métodos de ensayo para la potencia, la energía y las características temporales de un haz láser.
- EN ISO 11670: 2003. Láseres y equipos asociados a los láseres. Métodos de ensayo de los parámetros del haz láser. Estabilidad posicional del haz.
- EN ISO 11810-1: 2005. Láseres y equipos relacionados con los láseres. Método de ensayo y clasificación para la resistencia al láser de paños quirúrgicos y/o cubiertas protectoras del paciente. Parte 1: Ignición primaria y penetración.
- EN ISO 11810-2: 2007. Láseres y equipos relacionados con los láseres. Método de ensayo y clasificación para la resistencia al láser de paños quirúrgicos y/o cubiertas protectoras de los pacientes. Parte 2: Ignición secundaria.
- EN ISO 11990: 2003. Óptica e instrumentos ópticos. Láseres y equipos asociados a los láseres. Determinación de la resistencia al láser de los tubos traqueales.
- EN ISO 12005: 2003. Láseres y equipos asociados a los láseres. Métodos de ensayo de los parámetros del haz láser. Polarización.
- EN ISO 12100-1: 2003. Seguridad de las máquinas. Conceptos básicos, principios generales para el diseño. Parte 1: Terminología básica, metodología.
- EN ISO 121002-1: 2003. Seguridad de las máquinas. Conceptos básicos, principios generales para el diseño. Parte 2: Principios técnicos.
- EN 12254: 1998. Pantallas para puestos de trabajo con láseres. Requisitos de seguridad y ensayos.
- EN ISO 13694: 2001. Óptica e instrumentos ópticos. Láseres y equipos relacionados. Métodos de ensayo de la distribución de densidad de potencia [energía] del haz láser.
- EN ISO 13695: 2004. Óptica y fotónica. Láseres y equipos asociados a los láseres. Métodos de ensayo para las características espectrales de los láseres.
- EN ISO 13697: 2006. Óptica y fotónica. Láseres y equipos asociados a los láseres. Métodos de ensayo para la reflectancia especular y la transmitancia regular de los componentes ópticos de un láser.
- EN ISO 13857: 2008. Seguridad de las máquinas. Distancias de seguridad para prevenir el atrapamiento en los miembros superiores e inferiores.
- EN ISO 14121-1: 2007. Seguridad de las máquinas. Evaluación del riesgo. Parte 1: Principios.

EN 14255-1: 2005. «Medición y evaluación de exposiciones de personas a radiación óptica incoherente. Parte 1: Radiación ultravioleta emitida por fuentes artificiales en el lugar de trabajo».

EN 14255-2: 2005. Medición y evaluación de exposiciones de personas a radiación óptica incoherente. Parte 2: Radiaciones visibles e infrarrojas emitidas por fuentes artificiales en el lugar de trabajo.

EN 14255-4: 2007. Medición y evaluación de la exposición de las personas a la radiación óptica incoherente. Parte 4: Terminología y magnitudes usadas en mediciones de exposición a radiación ultravioleta, visible e infrarroja.

EN ISO 14408: 2005. Tubos traqueales para cirugía con láser. Requisitos para el marcado y la información que acompaña al producto.

EN ISO 15367-1: 2003. Láseres y equipos asociados a los láseres. Métodos de ensayo para la determinación de la forma del frente de onda de un haz láser. Parte 1: Terminología y aspectos fundamentales.

EN ISO 15367-2: 2005. Láseres y equipos asociados a los láseres. Métodos de ensayo para la determinación de la forma del frente de onda de un haz láser. Sensores Schack-Hartmann.

EN ISO 17526: 2003. Óptica e instrumentos ópticos. Láseres y equipos relacionados. Tiempo de vida de los láseres.

EN ISO 22827-1: 2005. Ensayos de aceptación para equipos de soldadura por láser de Nd:YAG. Equipos con transmisión por fibra óptica. Parte 1: Sistema láser.

EN ISO 22827-2: 2005. Ensayos de aceptación para equipos de soldadura por láser de Nd:YAG. Equipos con transmisión por fibra óptica. Parte 2: Mecanismos de posicionamiento.

EN 60601-2-22: 1997. Equipos electromédicos. Parte 2: Requisitos particulares de seguridad para equipos láser terapéuticos y de diagnóstico.

EN 60825-1: 2007. Seguridad de los productos láser. Parte 1: Clasificación de los equipos y requisitos.

EN 60825-2: 2004. Seguridad de los productos láser. Parte 2: Seguridad de los sistemas de comunicación por fibra óptica.

EN 60825-4: 2006. Seguridad de los productos láser. Parte 4: Sistemas de protección frente a la radiación láser.

EN 60825-12: 2004. Seguridad de los productos láser. Parte 12: Seguridad de sistemas de comunicación ópticos de espacio libre usados para la transmisión de información.

EN 61040: 1993. Detectores, instrumentos y equipos para medir la potencia y energía de las radiaciones láser.

G.2. Guías europeas

CLC/TR 50488: 2005. Guía para los niveles de competencia necesarios para la seguridad de los productos láser.

G.3. Documentos de la ISO, la CEI y la CIE

ISO 11146-3: 2004. Láseres y equipo relacionado con el láser. Métodos de prueba para anchuras de rayo láser, ángulos de divergencia y proporciones de propagación de rayo. Parte 3: Clasificación de rayo láser intrínseca y geométrica, propagación y detalles de métodos de prueba.

ISO TR 11991: 1995. Guía de la vía aérea durante cirugía de láser de vía aérea superior.

ISO/TR 22588: 2005. Óptica e instrumentos ópticos. Láseres y equipos asociados a los láseres. Medición y evaluación de los efectos inducidos por la absorción en los componentes ópticos de láseres.

IEC/TR 60825-3: 2008. Seguridad de los productos láser. Parte 3. Guía para pantallas y espectáculos láser.

IEC TR 60825-5: 2003. Seguridad de los productos láser. Parte 5: Lista de comprobación del fabricante para IEC 60825-1.

IEC/TR 60825-8: 2006. Seguridad de los productos láser. Parte 8: Directrices para el uso seguro de haces láser en humanos.

IEC/TR 60825-13: 2006. Seguridad de los productos láser. Parte 13. Mediciones para la clasificación de los productos láser.

IEC TR 60825-14: 2004. Seguridad de los productos láser. Parte 14: Guía del usuario.

EN 62471: 2006. Seguridad fotobiológica de las lámparas y de los aparatos que utilizan lámparas.

CIE S 004-2001. Colores de las señales luminosas.

ISO 16508/CIE S006.1/E-1999. Norma conjunta de la ISO y la CIE: Luces de tráfico de carretera. Propiedades fotométricas de señales de ventana circular de 200 mm.

ISO 17166/CIE S007/E-1999. Norma conjunta de la ISO y la CIE: Espectro de acción de referencia de para el eritema inducido por la radiación UV en la piel humana.

ISO 8995-1: 2002(E)/CIE S 008/E: 2001. Norma conjunta de la ISO y la CIE: Iluminación de sitios de trabajo. Parte 1: De interior [incluye el corrigiendo técnico ISO 8995:2002/ Cor. 1:2005(E)].

CIE S 009/D: 2002. Seguridad fotobiológica de las lámparas y sistemas de lámparas.

ISO 23539: 2005(E)/CIE S 010/E: 2004. Norma conjunta de la ISO y la CIE: Fotometría: Sistema de fotometría física de la CIE.

ISO 23603: 2005(E)/CIE S 012/E: 2004. Norma conjunta de la ISO y la CIE: Método estándar de evaluar la calidad espectral de simuladores de luz del día para apreciación visual y medida de color.

CIE S 015: 2005. Iluminación de sitios de trabajo exteriores.

ISO 8995-3: 2006(E)/CIE S 016/E: 2005. Norma conjunta de la ISO y la CIE: Iluminación de sitios de trabajo. Parte 3: Iluminación de exigencias para seguridad y seguridad de sitios de trabajo.

ISO 28077: 2006(E)/CIE S 019/E: 2006. Norma conjunta de la ISO y la CIE: Fotocarcinogénesis. Espectro de acción (cánceres de piel de no melanoma).

ISO 30061: 2007(E)/CIE S 020/E: 2007. Iluminación de la emergencia.

Apéndice H. Fotosensibilidad

H.1. ¿Qué es la fotosensibilidad?

Las reacciones químicas desencadenadas por las radiaciones visibles y ultravioletas son procesos naturales que resultan indispensables para la supervivencia de los organismos vivos. Se denominan, asimismo, reacciones fotoquímicas, pues la energía primero debe ser absorbida por una molécula o una célula viva para producir en ella un estado de excitación a fin de generar la reacción.

En condiciones normales, el efecto neto es positivo y el cuerpo no sufre daños, en este caso en particular, en la piel.

Sin embargo, la absorción, ingestión o inhalación de determinadas sustancias pueden amplificar en varios órdenes de magnitud sus efectos y producir daños reales similares a una quemadura aguda. Estas sustancias se denominan comúnmente «fotosensibilizadores».

En ocasiones pueden aparecer efectos adversos casi inmediatamente (como quemaduras de sol, ampollas y picores).

Las consecuencias a largo plazo de la exposición repetida al estar en contacto con agentes fotosensibilizadores pueden aumentar en algunos casos el riesgo de convertirse en enfermedades crónicas (por ejemplo, aceleración del envejecimiento de la piel o cáncer de piel).

La mayoría de los fotosensibilizadores absorben el intervalo de radiaciones UVB y en menor medida las radiaciones UVB y las visibles. Pueden encontrarse en cualquier parte del medio ambiente.

En la vida diaria: en determinados medicamentos, como reguladores cardíacos o medicamentos contra la hipertensión, en algunas sustancias de las hortalizas, en las sustancias para la protección de la madera, como el carbonilo, en las plantas de jardín, los perfumes y los cosméticos.

En los entornos de trabajo: sustancias colorantes, plaguicidas, tintas de impresión, aditivos alimentarios para animales.

En entornos médicos; fototerapia, sustancias antibacterianas, tranquilizantes, diuréticos, tratamientos de infecciones.

Estas listas no son exhaustivas. Además, los fotosensibilizadores que se utilizan en la vida cotidiana o para uso médico pueden tener efectos, como es lógico, sobre la sensibilidad de las personas a la exposición en el lugar de trabajo.

Los efectos adversos dependen del tipo y de la cantidad de la sustancia fotosensibilizante absorbida, ingerida o inhalada, de la intensidad y la duración de la exposición, y de la estructura genética (por ejemplo, el tipo de piel) de cada persona.

H.2. Aspectos relacionados o no con el trabajo

Así pues, los efectos adversos derivados de la exposición a radiaciones ultravioletas o invisibles en presencia de agentes fotosensibilizadores pueden afectar a cualquier persona y tener su origen en actividades laborales o no laborales.

Asimismo, el principal factor que contribuye a estos efectos es la radiación natural que produce el sol.

Como los efectos adversos debidos a las radiaciones naturales no forman parte del ámbito de aplicación de la Directiva, la presente información solo hace referencia a estas radiaciones naturales.

H.3. ¿Qué debe hacer el empresario?

La Directiva exige que los empresarios lleven a cabo una evaluación de los peligros y riesgos derivados de la exposición a radiaciones ópticas artificiales.

La obligación de informar al personal sobre todos los riesgos potenciales forma parte de las responsabilidades del empresario. Es indispensable informar sobre los posibles peligros y riesgos de los agentes fotosensibilizadores.

H.4. ¿Qué debe hacer en caso de que su trabajo implique la exposición a fuentes de radiaciones ópticas artificiales y a sustancias fotosensibilizadoras?

Cuando el empresario realiza una evaluación de riesgos, puede ignorar algunas situaciones, como el hecho de que un trabajador siga un tratamiento médico con medicamentos «fotosensibilizadores», utilice productos «fotosensibilizadores» al realizar reformas en casa o emplee sustancias químicas «fotosensibilizadoras» al practicar alguna de sus aficiones (pinturas, tintas, pegamentos), etc.

Al iniciar un tratamiento con medicamentos específicos, pero «fotosensibilizadores», el médico normalmente advertirá acerca de los posibles efectos adversos de la exposición a la luz solar. En ocasiones se prohíbe expresamente dicha exposición. En tal situación, resulta recomendable evitar una exposición excesiva a fuentes de luz o de radiaciones ultravioletas artificiales (y naturales) durante el trabajo. ¡Lea siempre el prospecto del medicamento! Le recomendamos vivamente que informe a su empleador personalmente o a través de los canales o procedimientos existentes en su país.

Si observa un efecto adverso en la piel, acuda al médico sin demora. Si sospecha que es de origen laboral, dígaselo al médico. Si este sospecha una causa laboral, le recomendamos vivamente que informe a su empleador personalmente o a través de los canales o procedimientos existentes en su país. Solo de este modo podrán hacerse las adaptaciones necesarias a sus condiciones de trabajo.

Apéndice I. Recursos

I.1. Internet

Estas listas no pretenden ser exhaustivas; asimismo no se aprueba ni se recomienda implícitamente el contenido de los sitios externos.

I.2. Recursos de asesoramiento y normativos

Unión Europea

País	Organización	Sitio web
Austria	AUVA	www.auva.at
Bélgica	Institut pour la Prévention, la Protection et le Bien-être au Travail	www.prevent.be/net/net01.nsf
Chipre	Ημερίδα με θέμα: Ασφαλής Πρόσδεση Φορτίων	www.cyssha.org.cy
República Checa	Instituto Nacional de Salud Pública de la República Checa	www.czu.cz
	Centrum bezpečnosti práce a požární ochrany	www.civop.cz
Dinamarca	Autoridad Danesa para el Entorno de Trabajo	www.at.dk
Estonia	Tööinspektsioon	www.ti.ee
Finlandia	Työterveyslaitos	www.occuphealth.fi
Francia	Agence Française de Sécurité Sanitaire de l'Environnement et du Travail	www.afsset.fr
Alemania	Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin	www.baua.de
	Berufsgenossenschaft Elektro Textil Feinmechanik	www.bgetf.de
Grecia	Instituto Griego de Salud y Seguridad en el Trabajo	www.elinyae.gr
Hungría	Fundación Pública para la Investigación sobre Seguridad en el Trabajo	http://www.mvkepvisele.hu/
Irlanda	Autoridad de Salud y Seguridad	www.HSA.ie
Italia	Instituto Nacional de Seguridad y Prevención en el Trabajo	www.ispesl.it
Letonia	Instituto de Salud Laboral y Medioambiental	home.parks.lv/ioeh
Luxemburgo	Inspection du Travail et des Mines	www.itm.lu/itm
Malta	Autoridad de Salud y Seguridad en el Trabajo	www.ohsa.org.mt
Países Bajos	TNO Trabajo y Empleo	www.arbeid.tno.nl
Polonia	Instituto Central de Protección del Trabajo	http://www.ciop.pl
Portugal	Autoridade para as Condições do Trabalho	www.act.gov.pt
Rumanía	Instituto de Salud Pública	www.pub-health-iasi.ro
Eslovaquia	Autoridad de Salud Pública de la República Eslovaca	www.uvzsr.sk
Eslovenia	Ministerio de Trabajo, Familia y Asuntos Sociales	www.mddsz.gov.si
España	Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo	www.insht.es/portal/site/Insht
	Asociación para la Prevención de Accidentes Laborales	www.apa.es
Suecia	Agencia Sueca de Protección Radiológica	www.ssi.se
Reino Unido	Agencia para la Protección de la Salud	www.hpa.org.uk
	Junta de Salud y Seguridad	www.hse.gov.uk

Internacionales

Organización	Sitio web
Comisión Internacional sobre Protección contra las Radiaciones no Ionizantes	www.icnirp.de
Comisión Internacional de Iluminación	www.cie.co.at
Organización Mundial de la Salud	www.who.int
Conferencia estadounidense de Higienistas Industriales Gubernamentales	www.acgih.org
Confederación Europea de Sindicatos	www.etuc.org hesa.etui-rehs.org
European Public Health Alliance	www.ephah.org/r/64
Agencia Europea para la Seguridad y la Salud en el Trabajo	osha.europa.eu/
Comisión Internacional de Medicina del Trabajo	www.icohweb.org

Resto del mundo

País	Organización	Sitio web
Estados Unidos	Centro de Dispositivos y Salud Radiológica de la Administración de Alimentación y Medicamentos de los Estados Unidos	www.fda.gov/cdrh/
Estados Unidos	Base de Datos Médicos sobre Accidentes de la Administración de Alimentación y Medicamentos de los Estados Unidos	http://www.accessdata.fda.gov/scripts/cdrh/cfdocs/cfmaude/search.cfm
Estados Unidos	Centro del Ejército de los Estados Unidos para la Promoción de la Salud y la Medicina Preventiva, Programa de radiaciones láser y ópticas	chppm-www.apgea.army.mil/laser/laser.html
Australia	Agencia Australiana de Protección Radiológica y Seguridad Nuclear	www.arpansa.gov.au

I.3. Organismos de normalización

Organización	Sitio web
Comisión Electrotécnica Internacional	www.iec.ch
Comité Europeo de Normalización Electrotécnica	www.cenelec.eu
Comité Europeo de Normalización	www.cen.eu
Organización Internacional de Normalización	www.iso.org
Instituto Nacional de Normalización de los Estados Unidos (American National Standards Institute)	www.ansi.org
US Laser Safety Standards	www.z136.org

I.4. Asociaciones y directorios en Internet

Organización	Sitio web
Sociedad Óptica Europea	www.myeos.org
Sociedad Internacional de Ingeniería Óptica (SPIE)	www.spie.org
Sociedad Americana de Óptica	www.osa.org
Instituto Americano del Láser	www.laserinstitute.org
Asociación de Usuarios de Equipos Láser	www.ailu.org.uk
Instituto de Física	www.iop.org
Instituto de Física e Ingeniería Médica	www.ipem.org.uk
Asociación Británica de Equipos Láser para Uso Médico	www.bmla.co.uk
Asociación Europea de Fabricantes de Calentadores Radiantes Luminosos de Gas	www.elvhis.com

I.5. Publicaciones periódicas

www.optics.org

Opto & Laser Europe

www.health-physics.com

Health Physics journal

www.oxfordjournals.org/our_journals/rpd/about.html

Search for abstracts from laser related publications in
Radiation Protection Dosimetry

lfw.pennnet.com/home.cfm

Laser Focus World monthly US optics magazine

www.photonics.com

Photonics Spectra, Europhotonics and BioPhotonics

scitation.aip.org/jla/

Journal of Laser Applications

www.springerlink.com/content/1435-604X/

Lasers in Medical Science journal

fibers.org/fibresystems/schedule/fse.cfm

Fibre Systems Europe Journal

www.laserist.org/Laserist/

The Laserist Journal of the International Laser Display
Association

www.ledsmagazine.com

Electronic magazine covering the application of LEDs

www.ils-digital.com

Industrial Laser Solutions magazine

www.rp-photonics.com/encyclopedia.html

On-line encyclopaedia covering a range of laser and
optical subjects

I.6. CD, DVD y otros recursos

Recurso	Proveedor	Comentarios
Limits CD	Centros Austriacos de Investigación	Un sistema de formación interactivo (en inglés y alemán) sobre seguridad de las radiaciones láser en la industria y la investigación. El CD incluye un vídeo de 30 minutos que pasa revista a los nueve capítulos del CD. Los capítulos también pueden verse por separado del vídeo. Incluye una sección de examen (de respuestas múltiples) y un glosario.
LIA – Mastering Light – Laser Safety — DVD	LIA	Describe aplicaciones, tipos de láser, peligros de las radiaciones láser, medidas de control, señales y etiquetas, almacenamiento de protectores oculares, etc., y presenta datos sobre la antigua clasificación de equipos láser.
Laser Safety in Higher Education on DVD	Universidad de Southampton	Describe la relación entre las radiaciones láser y el cuerpo, medidas de seguridad, filtros de densidad neutra, etc., e incluye datos sobre la antigua clasificación de equipos láser.
LIA – CLSOs' Best Practices in Laser Safety on CD	LIA	Libro y CD. El CD incluye presentaciones PowerPoint de los capítulos 5.2.1.1 y 5.2.1.3. El libro está destinado para ser utilizado como herramienta para desarrollar programas de seguridad para productos láser.
Prevention of Labour Risks on CD	INSHT	Curso avanzado de formación para realizar funciones de nivel superior. Versión 2
Guide to Laser Safety	Laservision	Folleto (en inglés y alemán). Se centra especialmente en los protectores oculares y filtros de seguridad para radiaciones láser.
Laser-Augenschutz Filter-Select	BGETF	Base de datos interactiva Access sobre protectores oculares para radiaciones láser.

Apéndice J. Glosario

Distancia de riesgo

Distancia mínima a la fuente a la cual la irradiancia/radiancia desciende por debajo del valor límite de exposición (VLE) correspondiente.

Distancia de riesgo ocular

Distancia a la cual la irradiancia del rayo o la exposición radiante equivalen al VLE ocular correspondiente.

Distancia de riesgo para la piel

Distancia a la que la irradiancia supera el valor límite de exposición de la piel correspondiente a 8 horas.

Unidad: m

Exposición radiante

Cociente resultante de dividir la energía radiante dQ que incide en un elemento de la superficie que contiene el punto durante un período determinado entre la superficie dA de dicho elemento.

$$H = \frac{dQ}{dA}$$

O bien, la totalidad de la irradiancia E en un punto determinado durante un período determinado Δt

$$H = \int_{\Delta t} E \cdot dt$$

Unidad SI: $J \cdot m^{-2}$

Función de ponderación de los riesgos derivados de las radiaciones ultravioleta

Función de ponderación del espectro destinada a la protección de la salud, que refleja los efectos agudos combinados de las radiaciones ultravioletas en los ojos y la piel.

Función de ponderación del riesgo de luz azul

Función de ponderación del espectro que refleja los efectos fotoquímicos de las radiaciones ultravioletas y visibles en la retina.

Símbolo: $B(\lambda)$

Unidad SI: sin dimensiones

Función de ponderación del riesgo térmico para la retina

Función de ponderación del espectro que refleja los efectos térmicos de las radiaciones visibles e infrarrojas en la retina.

Símbolo: $R(\lambda)$

Unidad SI: sin dimensiones

Iluminancia (E_v)

(en un punto de la superficie)

Cociente resultante de dividir el flujo luminoso $d\Phi_v$ que incide en un elemento de la superficie que contiene el punto entre la superficie dA de dicho elemento.

$$E_v = \frac{d\Phi_v}{dA}$$

Unidad: lux (lx)

Irradiancia

(en un punto de la superficie)

Cociente resultante de dividir el flujo radiante $d\Phi_v$ que incide en un elemento de la superficie que contiene el punto entre la superficie dA de dicho elemento, es decir,

$$E = \frac{d\Phi}{dA}$$

Unidad SI: $W \cdot m^{-2}$

Luminancia

Cantidad definida mediante la fórmula

$$L_v = \frac{d\Phi_v}{dA \cdot \cos\theta \cdot d\Omega}$$

donde:

$d\Phi_v$ es el flujo luminoso transmitido por un rayo elemental que pasa a través del punto determinado y se propaga en el ángulo sólido $d\Omega$ que contiene la dirección determinada;

dA es la superficie de una sección de ese rayo que contiene el punto determinado;
 θ es el ángulo entre el ángulo normal de esa sección y la dirección del rayo.

Símbolo: L_v

Unidad: $\text{cd}\cdot\text{m}^{-2}$

Radiación incoherente

Toda radiación óptica distinta de una radiación láser.

Radiación infrarroja (IR)

Radiación óptica cuya longitud de onda es mayor que las de las radiaciones visibles.

El intervalo de radiaciones infrarrojas, entre 780 nm y 10^6 nm, se suele dividir en:

Radiaciones infrarrojas A (de 780 nm a 1 400 nm)

Radiaciones infrarrojas B (de 1 400 nm a 3 000 nm)

Radiaciones infrarrojas C (de 3 000 nm a 10^6 nm).

Radiación óptica

Radiación electromagnética de una longitud de onda entre la región de transición a rayos X (longitud de onda aproximada de 1 nm) y la región de transición a ondas de radio (longitud de onda aproximada de 10^6 nm).

Radiación ultravioleta (UV)

Radiación óptica cuya longitud de onda es menor que la de la radiación visible.

El intervalo de radiación ultravioleta, entre 100 nm y 400 nm, se suele dividir en:

Radiación UVA, de 315 a 400 nm

Radiación UVB, de 280 a 315 nm

Radiación UVC, de 100 a 280 nm

El oxígeno del aire absorbe grandes cantidades de radiaciones ultravioletas con una longitud de onda inferior a 180 nm (radiaciones ultravioletas de vacío).

Radiación visible

Cualquier radiación óptica capaz de provocar directamente una sensación visual.

Nota: No existen límites precisos para el intervalo espectral de las radiaciones visibles, ya que estas dependen de la cantidad de potencia radiante que llega a la retina y de la sensibilidad del observador. El límite inferior generalmente aceptado se sitúa entre 360 y 400 nm, y el superior entre 760 y 830 nm.

Radiancia

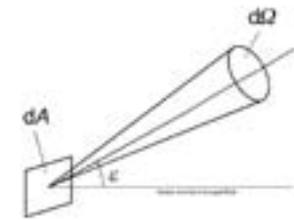
(en una dirección determinada en un punto determinado de una superficie real o teórica)

Cantidad definida mediante la fórmula

$$L = \frac{d\Phi}{dA \cdot \cos\theta \cdot d\Omega}$$

donde:

$d\Phi_v$ es la potencia radiante (flux) transmitida por un rayo elemental que pasa a través del punto determinado y se propaga en el ángulo sólido $d\Omega$ que contiene la dirección determinada;



Definición esquemática de radiancia.

dA es la superficie de una sección de ese rayo que contiene el punto determinado;

θ es el ángulo entre el ángulo normal de esa sección y la dirección del rayo.

Símbolo: L

Unidad SI: $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$

Región de riesgo para la retina

Región espectral comprendida entre 380 y 1 400 nm (radiaciones visibles e infrarrojas A), en la que los medios oculares normales transmiten radiaciones ópticas a la retina.

Respuesta de aversión voluntaria o involuntaria

Cierre del párpado, movimiento de los ojos, estrechamiento de la pupila o movimiento de la cabeza para evitar una exposición a un estímulo de radiaciones ópticas.

Riesgo de luz azul

Posible lesión en la retina producida por reacciones fotoquímicas resultante de la exposición a radiaciones ópticas de una longitud de onda comprendida entre 300 nm y 700 nm.

Riesgo derivado de las radiaciones ultravioletas

Posibilidad de sufrir efectos adversos agudos y crónicos en la piel y los ojos como resultado de la exposición a radiaciones ópticas de una longitud de onda comprendida entre 180 y 400 nm.

Riesgo térmico para la retina

Posibilidad de sufrir una lesión en los ojos como resultado de la exposición a radiaciones ópticas de una longitud de onda comprendida entre 380 y 1 400 nm.

Valor límite de exposición (VLE)

Nivel máximo de exposición de los ojos o la piel con el que no se prevén efectos biológicos adversos.

Apéndice K. Bibliografía

K.1. Historia de los láseres

How the Laser Happened — Adventures of a Scientist, Charles H. Townes, Oxford University Press, 1999.

The Laser Odyssey, Theodore Maiman, Laser Press, 2000.

The History of the Laser, M. Bertolotti, Institute of Physics Publishing, 2005.

Beam: The Race to Make the Laser, Jeff Hecht, Oxford University Press, 2005.

Laser: The Inventor, the Nobel Laureate, and the Thirty-Year Patent War, Nick Taylor, iUniverse.com, 2007.

K.2. Equipos láser para uso médico

Medical Lasers and their Safe Use, D. Sliney and S. Trokel, Springer-Verlag, New York, 1993.

Laser-Tissue Interactions — Fundamentals and Applications, Markolf H. Niemz, Springer, 2004.

K.3. Seguridad de las radiaciones ópticas y láser

Safety with Lasers and Other Optical Sources, D. Sliney and M. Wolbarsht, Plenum, New York, 1980.

Practical Laser Safety, D.C. Winburn, Marcel Dekker Inc., New York, 1985.

The Use of Lasers in the Workplace: A Practical Guide, International Labour Office, Geneva, 1993.

Laser Safety, Roy Henderson and Karl Schulmeister, Institute of Physics Publishing, 2003.

Laser Safety Management, Ken Barat, CRC Press/Taylor & Francis, 2006.

Schutz vor optischer Strahlung, Ernst Sutter, VDE Verlag GmbH, 2002.

K.4. Tecnología y teoría de los rayos láser

Introduction to Laser Technology, Breck Hitz, J.J. Ewing & Jeff Hecht, IEEE Press, 2001.

Handbook of Laser Technology and Applications

- Volume 1: Principles
- Volume 2: Laser Design and Laser Systems
- Volume 3: Applications

Colin Webb and Julian Jones, Editors, Institute of Physics Publishing, 2004.

Principles of Lasers and Optics, William S.C. Chang, Cambridge University Press, 2005.

Field Guide to Lasers, Rüdiger Paschotta, SPIE Press, 2008.

K.5. Directrices y declaraciones

Guidelines on limits of exposure to ultraviolet radiation of wavelengths between 180 nm and 400 nm (Incoherent Optical Radiation), *Health Physics* 87 (2): pp. 171–186, 2004.

Revision of the Guidelines on limits of exposure to laser radiation of wavelengths between 400 nm and 1.4 μm , *Health Physics* 79 (4): pp. 431–440, 2000.

Guidelines on limits of exposure to broadband incoherent optical radiation (0.38 to 3 μm), *Health Physics* 73 (3): pp. 539–554, 1997.

Guidelines on UV radiation exposure limits, *Health Physics* 71 (6): p. 978, 1996.

Guidelines on limits of exposure to laser radiation of wavelengths between 180 nm and 1 mm, *Health Physics* 71 (5): pp. 804–819, 1996.

Proposed Change to the IRPA 1985 Guidelines on limits of exposure to ultraviolet radiation, *Health Physics* 56 (6): pp. 971–972, 1989.

Guidelines on Limits of exposure to ultraviolet radiation of wavelengths between 180 nm and 400 nm (Incoherent Optical Radiation), *Health Physics* 49 (2): pp. 331–340, 1985.

ICNIRP Statement on far infrared radiation exposure, *Health Physics* 91(6), pp. 630–645, 2006.

Adjustment of guidelines for exposure of the eye to optical radiation from ocular instruments: statement from a task group of the International Commission on Non-ionising Radiation Protection, Sliney, D., Aron-Rosa, D., DeLori, F., Fankhouser, F., Landry, R., Mainster, M., Marshall, J., Rassow, B., Stuck, B., Trokel, S., West, T., and Wolfe, M., *Applied Optics* 44 (11): pp. 2162–2176, 2005.

- Health issues of ultraviolet tanning appliances used for cosmetic purposes, *Health Physics* 84 (1): 119–127, 2004.
- Light-emitting diodes (LEDS) and laser diodes: Implications for hazard assessment, *Health Physics* 78 (6): pp. 744–752, 2000.
- Laser pointers, *Health Physics* 77 (2): pp. 218–220, 1999.
- Health issues of ultraviolet 'A' sunbeds used for cosmetic purposes, *Health Physics* 61 (2): pp. 285–288, 1991.
- Fluorescent lighting and malignant melanoma, *Health Physics* 58 (1): pp. 111–112, 1990.
- UV exposure guidance: a balanced approach between health risks and health benefits of UV and Vitamin D, Proceedings of an International Workshop, *Progress in Biophysics and Molecular Biology*, Vol 92, Number 1, September 2006. ISSN 0079-6107.
- Ultraviolet radiation exposure, measurement and protection, Proceedings of an international workshop, NRPB, Chilton, UK, 18–20 October, 1999, McKinlay, A.F., Repacholi, M.H., (eds.), Nuclear Technology Publishing, *Radiation Protection Dosimetry*, Vol 91, pp. 1–3, 1999. ISBN 1870965655.
- Measurements of Optical Radiation Hazards*, A reference book based on presentations given by health and safety experts on optical radiation hazards, Gaithersburg, Maryland, USA, September 1–3, 1998, Munich: ICNIRP/CIE-Publications, 1999. ISBN 978-3-9804789-5-3.
- Protecting workers from UV radiation, Munich: International Commission on Non-Ionising Radiation Protection, International Labour Organisation, World Health Organisation, 2007. ISBN 978-3-934994-07-2.
- Documents of the NRPB: Volume 13, No. 1, 2002, Health effects from ultraviolet radiation: Report of an advisory group on non-ionising radiation, Health Protection Agency. ISBN 0-85951-475-7.
- Documents of the NRPB: Volume 13, No. 3, 2002, Advice on Protection Against Ultraviolet Radiation, Health Protection Agency. ISBN 0-85951-498-6.

Apéndice L. Texto de la Directiva 2006/25/CE

L 114/38

ES

Diario Oficial de la Unión Europea

27.4.2006

DIRECTIVA 2006/25/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO

de 5 de abril de 2006

sobre las disposiciones mínimas de seguridad y de salud relativas a la exposición de los trabajadores a riesgos derivados de los agentes físicos (radiaciones ópticas artificiales) (decimonovena Directiva específica con arreglo al artículo 16, apartado 1, de la Directiva 89/391/CEE)

EL PARLAMENTO EUROPEO Y EL CONSEJO DE LA UNIÓN EUROPEA,

Visto el Tratado constitutivo de la Comunidad Europea y, en particular, su artículo 137, apartado 2,

Vista la propuesta de la Comisión ⁽¹⁾, presentada previa consulta al Comité consultivo para la seguridad y la salud en el trabajo,

Visto el dictamen del Comité Económico y Social Europeo ⁽²⁾,

Previa consulta al Comité de las Regiones,

De conformidad con el procedimiento establecido en el artículo 251 del Tratado ⁽³⁾, a la vista del texto conjunto aprobado el 31 de enero de 2006 por el Comité de conciliación,

Considerando lo siguiente:

(1) De conformidad con el Tratado, el Consejo puede adoptar, mediante directivas, disposiciones mínimas destinadas a fomentar la mejora, en concreto, del entorno de trabajo, para garantizar un mayor nivel de protección de la salud y la seguridad de los trabajadores. Tales directivas deben evitar el establecimiento de trabas de carácter administrativo, financiero y jurídico que obstaculicen la creación y el desarrollo de pequeñas y medianas empresas (PYME).

⁽¹⁾ DO C 77 de 18.3.1993, p. 12, y DO C 230 de 19.8.1994, p. 3.

⁽²⁾ DO C 249 de 13.9.1993, p. 28.

⁽³⁾ Dictamen del Parlamento Europeo de 20 de abril de 1994 (DO C 128 de 9.5.1994, p. 146), confirmado el 16 de septiembre de 1999 (DO C 54 de 25.2.2000, p. 75), Posición Común del Consejo de 18 de abril de 2005 (DO C 172 E de 12.7.2005, p. 26) y Posición del Parlamento Europeo de 16 de noviembre de 2005 (no publicada aún en el Diario Oficial). Resolución legislativa del Parlamento Europeo de 14 de febrero de 2006 (aún no publicada en el Diario Oficial) y Decisión del Consejo de 23 de febrero de 2006.

(2) La Comunicación de la Comisión sobre su programa de acción para la aplicación de la Carta Comunitaria de los Derechos Sociales Fundamentales de los Trabajadores prevé el establecimiento de disposiciones mínimas de salud y de seguridad relativas a la exposición de los trabajadores a los riesgos derivados de los agentes físicos. En septiembre de 1990, el Parlamento Europeo adoptó una Resolución sobre este programa de acción ⁽⁴⁾ en la que se invita a la Comisión, entre otras cosas, a elaborar una directiva específica en el ámbito de los riesgos relacionados con el ruido y las vibraciones y con cualquier otro agente físico en el lugar de trabajo.

(3) En una primera fase, el Parlamento Europeo y el Consejo adoptaron la Directiva 2002/44/CE, de 25 de junio de 2002, sobre las disposiciones mínimas de seguridad y de salud relativas a la exposición de los trabajadores a los riesgos derivados de los agentes físicos (vibraciones) (decimosexta Directiva específica con arreglo al apartado 1 del artículo 16 de la Directiva 89/391/CEE) ⁽⁵⁾. Más adelante, el 6 de febrero de 2003, el Parlamento Europeo y el Consejo adoptaron la Directiva 2003/10/CE, sobre las disposiciones mínimas de seguridad y de salud relativas a la exposición de los trabajadores a los riesgos derivados de los agentes físicos (ruido) (decimoséptima Directiva específica con arreglo al apartado 1 del artículo 16 de la Directiva 89/391/CEE) ⁽⁶⁾. Posteriormente, el 29 de abril de 2004, el Parlamento Europeo y el Consejo adoptaron la Directiva 2004/40/CE, sobre las disposiciones mínimas de seguridad y de salud relativas a la exposición de los trabajadores a los riesgos derivados de los agentes físicos (campos electromagnéticos) (decimooctava Directiva específica con arreglo al apartado 1 del artículo 16 de la Directiva 89/391/CEE) ⁽⁷⁾.

(4) Actualmente, se considera necesario establecer medidas que protejan a los trabajadores de los riesgos asociados a las radiaciones ópticas, debido a sus efectos en la salud y la seguridad de los trabajadores, en particular las lesiones en los ojos y en la piel. Estas medidas tienen como finalidad no solo garantizar la salud y la seguridad de cada trabajador por separado, sino también crear para el conjunto de los trabajadores de la Comunidad una base mínima de protección que evite posibles distorsiones de la competencia.

(5) Uno de los objetivos de la presente Directiva es la detección precoz de efectos nocivos para la salud derivados de la exposición a las radiaciones ópticas.

⁽⁴⁾ DO C 260 de 15.10.1990, p. 167.

⁽⁵⁾ DO L 177 de 6.7.2002, p. 13.

⁽⁶⁾ DO L 42 de 15.2.2003, p. 38.

⁽⁷⁾ DO L 159 de 30.4.2004, p. 1. Versión corregida en el DO L 184 de 24.5.2004, p. 1.

- (6) La presente Directiva establece unas disposiciones mínimas, lo que permite a los Estados miembros la opción de mantener o adoptar disposiciones más estrictas para la protección de los trabajadores, en particular fijando valores inferiores de exposición. La aplicación de la presente Directiva no ha de servir para justificar deterioro alguno en la situación existente en cada Estado miembro.
- (7) Un sistema de protección contra los peligros derivados de la radiación óptica debe limitarse a definir, sin detalles inútiles, los objetivos que se deben alcanzar, los principios que han de respetarse y las magnitudes fundamentales que han de aplicarse para permitir a los Estados miembros aplicar las disposiciones mínimas de forma equivalente.
- (8) El nivel de la exposición a la radiación óptica se puede reducir de manera más eficaz mediante la aplicación de medidas preventivas en la concepción de los puestos de trabajo, así como concediendo prioridad, en la elección de los equipos, procedimientos y métodos de trabajo, a la reducción de los riesgos en su origen. Por lo tanto, las disposiciones relativas a los equipos y métodos de trabajo contribuyen a la protección de los trabajadores que los utilizan. Con arreglo a los principios generales de prevención que establece el artículo 6, apartado 2, de la Directiva 89/391/CEE del Consejo, de 12 de junio de 1989, relativa a la aplicación de medidas para promover la mejora de la seguridad y de la salud de los trabajadores en el trabajo ⁽¹⁾, las medidas de protección colectivas tienen prioridad frente a las medidas de protección individuales.
- (9) Los empresarios deben adaptarse al progreso técnico y a los conocimientos científicos en materia de riesgos derivados de la exposición a la radiación óptica, a fin de mejorar la seguridad y la protección de la salud de los trabajadores.
- (10) Dado que la presente Directiva es una directiva específica con arreglo al artículo 16, apartado 1, de la Directiva 89/391/CEE, esta última se aplica a la exposición de los trabajadores a la radiación óptica, sin perjuicio de las disposiciones más rigurosas o específicas de la presente Directiva.
- (11) La presente Directiva constituye un elemento concreto en el marco de la realización de la dimensión social del mercado interior.
- (12) Para promover los principios de mejora de la actividad normativa y asegurar un nivel elevado de protección, un acercamiento complementario consiste en velar para que los productos elaborados por los fabricantes de fuentes de radiación óptica y equipos conexos sean conformes a las normas armonizadas elaboradas para proteger la seguridad y la salud de los usuarios contra los riesgos inherentes a dichos productos; por consiguiente, no es necesario que los empresarios repitan las mediciones o los cálculos ya realizados por el fabricante para determinar la conformidad con las disposiciones esenciales de seguridad de esos equipos que se especifican en las directivas comunitarias aplicables, siempre y cuando dichos equipos hayan sido objeto de un mantenimiento adecuado y periódico.
- (13) Las medidas necesarias para la ejecución de la presente Directiva deben aprobarse con arreglo a la Decisión 1999/468/CE del Consejo, de 28 de junio de 1999, por la que se establecen los procedimientos para el ejercicio de las competencias de ejecución atribuidas a la Comisión ⁽²⁾.
- (14) La observancia de los valores límite de exposición debe proporcionar un elevado nivel de protección contra los efectos para la salud que pueden derivarse de la exposición a la radiación óptica.
- (15) La Comisión debe elaborar una guía práctica que ayude a los empresarios, y especialmente a los directivos de las PYME, a comprender mejor las disposiciones técnicas de la presente Directiva. La Comisión debe intentar concluir lo antes posible dicha guía con el fin de facilitar la adopción por los Estados miembros de las medidas necesarias para la aplicación de la presente Directiva.
- (16) De conformidad con el punto 34 del Acuerdo interinstitucional «Legislar mejor» ⁽³⁾, se alienta a los Estados miembros a establecer, en su propio interés y en el de la Comunidad, sus propios cuadros, que muestren, en la medida de lo posible, la concordancia entre la presente Directiva y las medidas de incorporación al Derecho nacional, y a hacerlos públicos.

HAN ADOPTADO LA PRESENTE DIRECTIVA:

SECCIÓN I

DISPOSICIONES GENERALES

Artículo 1

Objeto y ámbito de aplicación

1. La presente Directiva, que es la decimonovena Directiva específica con arreglo al artículo 16, apartado 1, de la Directiva 89/391/CEE, establece las disposiciones mínimas en materia de protección de los trabajadores contra los riesgos para su salud y su seguridad derivados o que puedan derivarse de la exposición a radiaciones ópticas artificiales durante su trabajo.
2. La presente Directiva se refiere al riesgo para la salud y la seguridad de los trabajadores debido a los efectos nocivos en los ojos y en la piel causados por la exposición a radiaciones ópticas artificiales.

⁽¹⁾ DO L 183 de 29.6.1989, p. 1. Directiva modificada por el Reglamento (CE) n° 1882/2003 del Parlamento Europeo y del Consejo (DO L 284 de 31.10.2003, p. 1).

⁽²⁾ DO L 184 de 17.7.1999, p. 23.

⁽³⁾ DO C 321 de 31.12.2003, p. 1.

3. La Directiva 89/391/CEE se aplicará plenamente al conjunto del ámbito a que se refiere el apartado 1, sin perjuicio de disposiciones más rigurosas o específicas contenidas en la presente Directiva.

Artículo 2

Definiciones

A efectos de la presente Directiva, se entenderá por:

a) «radiación óptica»: toda radiación electromagnética cuya longitud de onda esté comprendida entre 100 nm y 1 mm. El espectro de la radiación óptica se divide en radiación ultravioleta, radiación visible y radiación infrarroja:

i) «radiación ultravioleta»: la radiación óptica de longitud de onda comprendida entre 100 y 400 nm. La región ultravioleta se divide en UVA (315-400 nm), UVB (280-315 nm) y UVC (100-280 nm),

ii) «radiación visible»: la radiación óptica de longitud de onda comprendida entre 380 nm y 780 nm,

iii) «radiación infrarroja»: la radiación óptica de longitud de onda comprendida entre 780 nm y 1 mm. La región infrarroja se divide en IRA (780-1 400 nm), IRB ((1 400-3 000 nm) e IRC ((3 000 nm-1 mm);

b) «láser» (*light amplification by stimulated emission of radiation*): todo dispositivo susceptible de producir o amplificar la radiación electromagnética en el intervalo de la longitud de onda de la radiación óptica, principalmente mediante el proceso de emisión estimulada controlada;

c) «radiación láser»: la radiación óptica procedente de un láser;

d) «radiación incoherente»: toda radiación óptica distinta de una radiación láser;

e) «valores límite de exposición»: los límites de la exposición a la radiación óptica basados directamente en los efectos sobre la salud comprobados y en consideraciones biológicas. El cumplimiento de estos límites garantizará que los trabajadores expuestos a fuentes artificiales de radiación óptica estén protegidos contra todos los efectos nocivos para la salud que se conocen;

f) «irradiancia (E) o densidad de potencia»: la potencia radiante que incide, por unidad de área, sobre una superficie, expresada en vatios por metro cuadrado ($W m^{-2}$);

g) «exposición radiante (H)»: la irradiancia integrada con respecto al tiempo, expresada en julios por metro cuadrado ($J m^{-2}$);

h) «radiancia (L)»: el flujo radiante o la potencia radiante emitida por unidad de ángulo sólido y por unidad de área, expresada en vatios por metro cuadrado por estereorradián ($W m^{-2} sr^{-1}$);

i) «nivel»: la combinación de irradiancia, exposición radiante y radiancia a la que esté expuesto un trabajador.

Artículo 3

Valores límite de exposición

1. En el anexo I se fijan los valores límite de exposición para la radiación incoherente distinta de la emitida por las fuentes naturales de radiación óptica.

2. En el anexo II se fijan los valores límite de exposición para la radiación láser.

SECCIÓN II

OBLIGACIONES DE LOS EMPRESARIOS

Artículo 4

Determinación de la exposición y evaluación de los riesgos

1. En cumplimiento de las obligaciones establecidas en el artículo 6, apartado 3, y en el artículo 9, apartado 1, de la Directiva 89/391/CEE, en el caso de que los trabajadores estén expuestos a fuentes artificiales de radiación óptica, el empresario deberá evaluar y, en caso necesario, medir y/o calcular los niveles de exposición a la radiación óptica a que estén expuestos los trabajadores, de manera que puedan definirse y ponerse en práctica las medidas necesarias para reducir la exposición a los límites aplicables. La metodología aplicada en la evaluación, la medición y/o los cálculos se ajustará a las normas de la Comisión Electrotécnica Internacional (CEI) para la radiación láser y a las recomendaciones de la Comisión Internacional de Iluminación (CIE) y del Comité Europeo de Normalización (CEN) para la radiación incoherente. Cuando se presenten situaciones de exposición para las que esas normas y recomendaciones no son aplicables, y hasta que se disponga de normas y recomendaciones adecuadas de la UE, las evaluaciones, mediciones y/o cálculos se efectuarán según los criterios de orden científico establecidos a nivel nacional o internacional. En ambos tipos de situación de exposición, la evaluación podrá tener en cuenta los datos facilitados por los fabricantes de equipos, cuando éstos estén sujetos a las directivas comunitarias pertinentes.

2. La evaluación, la medición y/o el cálculo mencionados en el apartado 1 serán programados y efectuados por los servicios o personas competentes con la periodicidad adecuada, teniendo en cuenta, en especial, las disposiciones de los artículos 7 y 11 de la Directiva 89/391/CEE relativas a las competencias necesarias de personas o servicios y a la consulta y participación de los trabajadores. Los datos obtenidos de las evaluaciones, incluidos los obtenidos de la medición y/o el cálculo del nivel de exposición mencionados en el apartado 1, se conservarán en una forma adecuada que permita su consulta posterior.

3. En virtud de lo dispuesto en el artículo 6, apartado 3, de la Directiva 89/391/CEE, el empresario, al evaluar los riesgos, concederá particular atención a los siguientes aspectos:

- a) el nivel, el intervalo de longitudes de onda y la duración de la exposición a fuentes artificiales de radiación óptica;
- b) los valores límite de exposición mencionados en el artículo 3 de la presente Directiva;
- c) los posibles efectos en la salud y la seguridad de los trabajadores pertenecientes a grupos de riesgo particularmente sensibles;
- d) los posibles efectos en la salud y la seguridad de los trabajadores, resultantes de las interacciones, en el lugar de trabajo, entre la radiación óptica y las sustancias químicas fotosensibilizantes;
- e) los posibles efectos indirectos, como el deslumbramiento temporal, la explosión o el incendio;
- f) la existencia de equipos sustitutivos concebidos para reducir los niveles de exposición a radiaciones ópticas artificiales;
- g) la información pertinente obtenida de la vigilancia de la salud, incluida la información publicada, en la medida en que sea posible;
- h) las fuentes de exposición múltiples a radiaciones ópticas artificiales;
- i) la clasificación de un láser con arreglo a la norma correspondiente de la CEI y, en lo que respecta a las fuentes artificiales susceptibles de ocasionar lesiones similares a las provocadas por un láser de clase 3B o 4, cualquier clasificación análoga;
- j) la información facilitada por los fabricantes de fuentes de radiación óptica y equipos de trabajo relacionados de conformidad con las directivas comunitarias aplicables.

4. El empresario deberá disponer de una evaluación de los riesgos, de conformidad con el artículo 9, apartado 1, letra a), de la Directiva 89/391/CEE, y determinar las medidas que deban adoptarse de conformidad con los artículos 5 y 6 de la presente Directiva. La evaluación de riesgos deberá consignarse en el soporte apropiado, con arreglo a los usos y a la legislación nacionales, y podrá incluir una justificación del empresario de que la naturaleza y el alcance de los riesgos relacionados con la radiación óptica hacen innecesaria una evaluación más detallada de los mismos. La evaluación de riesgos se actualizará de forma periódica, en particular si se han producido cambios significativos que pudieran dejarla desfasada, o siempre que los resultados de la vigilancia de la salud pongan de manifiesto su necesidad.

Artículo 5

Disposiciones encaminadas a evitar o reducir riesgos

1. Teniendo en cuenta los avances técnicos y la disponibilidad de medidas de control del riesgo en su origen, los riesgos derivados de la exposición a radiaciones ópticas artificiales deberán eliminarse o reducirse al mínimo.

La reducción de los riesgos derivados de la exposición a radiaciones ópticas artificiales se basará en los principios generales de prevención que se establecen en la Directiva 89/391/CEE.

2. Cuando en la evaluación de riesgos para los trabajadores expuestos a fuentes artificiales de radiación óptica, realizada de conformidad con el artículo 4, apartado 1, se haya detectado cualquier posibilidad de que se superen los valores límite de exposición, el empresario elaborará y aplicará un plan de acción que incluirá medidas técnicas y/u organizativas destinadas a impedir que la exposición supere los valores límite de exposición, teniendo particularmente en cuenta:

- a) otros métodos de trabajo que reduzcan el riesgo derivado de la radiación óptica;
- b) la elección de equipos que generen menos radiación óptica, teniendo en cuenta el trabajo al que se destinan;
- c) medidas técnicas para reducir la emisión de radiación óptica, incluido, cuando sea necesario, el uso de sistemas de cerramiento, el blindaje o mecanismos similares de protección de la salud;
- d) programas adecuados de mantenimiento del equipo de trabajo, los lugares de trabajo y los puestos de trabajo;
- e) la concepción y disposición de los lugares y puestos de trabajo;
- f) la limitación de la duración y del nivel de la exposición;
- g) la disponibilidad de equipo adecuado de protección personal;
- h) las instrucciones del fabricante del equipo, cuando esté cubierto por una Directiva comunitaria pertinente.

3. A tenor de la evaluación del riesgo mencionada en el artículo 4, los lugares de trabajo en que los trabajadores puedan estar expuestos a niveles de radiación óptica de fuentes artificiales que superen los valores límite de exposición se señalarán adecuadamente de conformidad con lo dispuesto en la Directiva 92/58/CEE del Consejo, de 24 de junio de 1992, relativa a las disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y de salud en el trabajo (novena Directiva particular con arreglo a lo dispuesto en el apartado 1 del artículo 16 de la Directiva 89/391/CEE) ⁽¹⁾. Asimismo, cuando sea posible desde el punto de vista técnico y exista el riesgo de que se superen los valores límite de exposición, se identificarán esos lugares y se limitará el acceso a los mismos.

4. La exposición de los trabajadores no deberá superar los valores límite de exposición. En cualquier caso, si, a pesar de las medidas adoptadas por el empresario para cumplir lo dispuesto en la presente Directiva con respecto a las fuentes artificiales de radiación óptica, se superasen los valores límite de exposición, el empresario actuará inmediatamente para reducir la exposición por debajo de dichos valores límite, determinará las causas por las que se han superado esos valores límite y adaptará en consecuencia las medidas de protección y prevención para impedir que se vuelvan a superar.

5. De conformidad con lo dispuesto en el artículo 15 de la Directiva 89/391/CEE, el empresario adaptará las medidas mencionadas en el presente artículo a las necesidades de los trabajadores pertenecientes a grupos de riesgo particularmente sensibles.

Artículo 6

Información y formación de los trabajadores

Sin perjuicio de lo dispuesto en los artículos 10 y 12 de la Directiva 89/391/CEE, el empresario velará por que los trabajadores que se vean expuestos en el lugar de trabajo a los riesgos derivados de las radiaciones ópticas artificiales y/o sus representantes reciban la información y formación necesarias sobre el resultado de la evaluación de riesgos prevista en el artículo 4 de la presente Directiva, en particular sobre:

- las medidas adoptadas en aplicación de la presente Directiva;
- los valores límite de exposición y los riesgos potenciales asociados;
- los resultados de las evaluaciones, mediciones y/o cálculos de los niveles de exposición a radiaciones ópticas artificiales efectuados de conformidad con el artículo 4 de la presente Directiva, así como las explicaciones sobre su significado y sobre los riesgos potenciales;
- la forma de detectar los efectos nocivos para la salud debidos a la exposición y la forma de informar sobre ellos;

- las circunstancias en las que los trabajadores tienen derecho a una vigilancia de la salud;
- las prácticas de trabajo seguras para reducir al mínimo los riesgos derivados de la exposición;
- el uso correcto de los equipos adecuados de protección personal.

Artículo 7

Consulta y participación de los trabajadores

La consulta y la participación de los trabajadores y/o de sus representantes sobre las cuestiones contempladas en la presente Directiva se realizarán de conformidad con el artículo 11 de la Directiva 89/391/CEE.

SECCIÓN III

DISPOSICIONES VARIAS

Artículo 8

Vigilancia de la salud

1. A efectos de la prevención y detección precoz de cualquier efecto nocivo para la salud, así como de la prevención de cualquier riesgo a largo plazo para la salud y de cualquier riesgo de enfermedad crónica que se deriven de la exposición a las radiaciones ópticas, los Estados miembros adoptarán disposiciones para garantizar una adecuada vigilancia de la salud de los trabajadores de conformidad con el artículo 14 de la Directiva 89/391/CEE.

2. Los Estados miembros garantizarán que la vigilancia de la salud corra a cargo de un médico, un especialista de medicina del trabajo o una autoridad sanitaria competente en materia de vigilancia de la salud de conformidad con la legislación y la práctica nacionales.

3. Los Estados miembros adoptarán las medidas necesarias para que se establezcan y se mantengan al día historiales médicos individuales para cada trabajador sujeto a la vigilancia de la salud que contempla el apartado 1. Los historiales médicos contendrán el resumen de los resultados de la vigilancia de la salud realizada. Se mantendrán de forma adecuada para que puedan consultarse posteriormente teniendo en cuenta el respeto a la confidencialidad de los datos. A petición de la autoridad competente le serán facilitadas copias de los historiales pertinentes, teniendo en cuenta el respeto a la confidencialidad de los datos. En función de lo que consideren adecuado los Estados miembros, el empresario adoptará las medidas oportunas para garantizar al médico, al especialista de medicina del trabajo o a la autoridad sanitaria competente en materia de vigilancia de la salud el acceso a los resultados de la evaluación de los riesgos a que se refiere el artículo 4, cuando tales resultados puedan ser útiles para la vigilancia de la salud. Cada trabajador, previa petición, tendrá acceso a su historial médico personal.

(1) DO L 245 de 26.8.1992, p. 23.

4. En todo caso, cuando se detecte una exposición que supere los valores límite, el trabajador o los trabajadores afectados tendrán la posibilidad de someterse a un examen médico de acuerdo con la legislación y la práctica nacionales. Este examen médico se efectuará igualmente cuando, como resultado de la vigilancia de la salud, se establezca que un trabajador padece una enfermedad o efecto nocivo para la salud identificable, que a juicio de un médico o un especialista de medicina del trabajo sea consecuencia de la exposición a radiaciones ópticas artificiales en el trabajo. En ambos casos, si se superan los valores límite o se identifican efectos nocivos para la salud (incluidas enfermedades):

- a) el médico o persona cualificada informarán al trabajador de los resultados que le afecten personalmente. En particular, será informado y asesorado con relación a cualquier medida de vigilancia de la salud a la que sea conveniente someterse tras el cese de la exposición;
- b) se informará al empresario de cualquier resultado significativo de la vigilancia de la salud, teniendo en cuenta el respeto a la confidencialidad de los datos médicos;
- c) el empresario:

- revisará la evaluación del riesgo efectuada con arreglo al artículo 4,
- revisará las medidas establecidas para eliminar o reducir los riesgos con arreglo al artículo 5,
- tendrá en cuenta las recomendaciones de los especialistas de medicina del trabajo, de otras personas cualificadas o de la autoridad competente al aplicar las medidas necesarias para eliminar o reducir el riesgo con arreglo al artículo 5, y
- dispondrá lo necesario para que se lleve a cabo una vigilancia continuada de la salud y el examen del estado de salud de todos los demás trabajadores que hayan sufrido una exposición similar. En estos casos, el médico o el especialista de medicina del trabajo competentes o la autoridad competente podrán proponer que las personas expuestas se sometan a un examen médico.

Artículo 9

Sanciones

Los Estados miembros establecerán sanciones adecuadas que se aplicarán en caso de infracción de la legislación nacional adoptada en virtud de la presente Directiva. Las sanciones deberán ser eficaces, proporcionadas y disuasorias.

Artículo 10

Modificaciones técnicas

1. El Consejo y el Parlamento Europeo adoptarán las modificaciones de los valores límite de exposición establecidos en los anexos, de conformidad con el procedimiento contemplado en el artículo 137, apartado 2, del Tratado.
2. Las modificaciones de los anexos de carácter estrictamente técnico, en función:
 - a) de la adopción de directivas en materia de armonización técnica y de normalización relativas a la concepción, construcción, fabricación o realización de equipos y/o de lugares de trabajo;
 - b) del progreso técnico, la evolución de las normas o especificaciones europeas o internacionales armonizadas más pertinentes y los nuevos conocimientos científicos sobre la exposición a la radiación óptica en el trabajo,

se adoptarán de conformidad con el procedimiento contemplado en el artículo 11, apartado 2.

Artículo 11

Comité

1. La Comisión estará asistida por el Comité a que se refiere el artículo 17 de la Directiva 89/391/CEE.
 2. En los casos en que se haga referencia al presente apartado, serán de aplicación los artículos 5 y 7 de la Decisión 1999/468/CE, observando lo dispuesto en su artículo 8.
- El plazo contemplado en el artículo 5, apartado 6, de la Decisión 1999/468/CE queda fijado en tres meses.
3. El Comité aprobará su reglamento interno.

SECCIÓN IV

DISPOSICIONES FINALES

Artículo 12

Informes

Los Estados miembros presentarán cada cinco años a la Comisión un informe sobre la ejecución práctica de la presente Directiva, indicando los puntos de vista de los interlocutores sociales.

Cada cinco años, la Comisión informará al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité consultivo para la seguridad y la salud en el trabajo del contenido de dichos informes, de su evaluación de dichos informes, de los progresos en el ámbito en cuestión y de cualquier acción que resulte justificada a la luz de los nuevos conocimientos científicos.

Artículo 13

Guía práctica

Para facilitar la aplicación de la presente Directiva, la Comisión elaborará una guía práctica sobre las disposiciones de los artículos 4 y 5 y de los anexos I y II.

Artículo 14

Incorporación al Derecho nacional

1. Los Estados miembros pondrán en vigor las disposiciones legales, reglamentarias y administrativas necesarias para dar cumplimiento a lo establecido en la presente Directiva a más tardar el 27 de mayo de 2010. Informarán de ello inmediatamente a la Comisión.

Cuando los Estados miembros adopten dichas disposiciones, éstas incluirán una referencia a la presente Directiva o irán acompañadas de dicha referencia en su publicación oficial. Los Estados miembros establecerán las modalidades de la mencionada referencia.

2. Los Estados miembros comunicarán a la Comisión el texto de las disposiciones de Derecho interno ya adoptadas o que adopten en el ámbito regulado por la presente Directiva.

Artículo 15

Entrada en vigor

La presente Directiva entrará en vigor el día de su publicación en el *Diario Oficial de la Unión Europea*.

Artículo 16

Destinatarios

Los destinatarios de la presente Directiva son los Estados miembros.

Hecho en Estrasburgo, el 5 de abril de 2006.

Por el Parlamento Europeo

El Presidente

J. BORRELL FONTELLES

Por el Consejo

El Presidente

H. WINKLER

ANEXO I

Radiaciones ópticas incoherentes

Los valores de exposición a las radiaciones ópticas que son pertinentes desde un punto de vista biofísico pueden determinarse mediante las fórmulas recogidas a continuación. Las fórmulas que deben utilizarse dependen del intervalo de radiaciones que emite la fuente y los resultados deberán compararse con los correspondientes valores límite de exposición indicados en la tabla 1.1. A una determinada fuente de radiación óptica pueden corresponder varios valores de exposición con sus correspondientes límites de exposición.

Las letras a) a o) se refieren a las filas de la tabla 1.1.

a)
$$H_{\text{eff}} = \int_0^t \int_{\lambda = 180 \text{ nm}}^{\lambda = 400 \text{ nm}} E_{\lambda}(\lambda, t) \cdot S(\lambda) \cdot d\lambda \cdot dt$$
 (H_{eff} es pertinente únicamente en el intervalo de la longitud de onda entre 180 y 400 nm)

b)
$$H_{\text{UVA}} = \int_0^t \int_{\lambda = 315 \text{ nm}}^{\lambda = 400 \text{ nm}} E_{\lambda}(\lambda, t) \cdot d\lambda \cdot dt$$
 (H_{UVA} es pertinente únicamente en el intervalo de la longitud de onda entre 315 y 400 nm)

c, d)
$$L_{\text{B}} = \int_{\lambda = 300 \text{ nm}}^{\lambda = 700 \text{ nm}} L_{\lambda}(\lambda) \cdot B(\lambda) \cdot d\lambda$$
 (L_{B} es pertinente únicamente en el intervalo de la longitud de onda entre 300 y 700 nm)

e, f)
$$E_{\text{B}} = \int_{\lambda = 300 \text{ nm}}^{\lambda = 700 \text{ nm}} E_{\lambda}(\lambda) \cdot B(\lambda) \cdot d\lambda$$
 (E_{B} es pertinente únicamente en el intervalo de la longitud de onda entre 300 y 700 nm)

g a l)
$$L_{\text{R}} = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} L_{\lambda}(\lambda) \cdot R(\lambda) \cdot d\lambda$$
 (véase la tabla 1.1 para los valores adecuados de λ_1 y λ_2)

m, n)
$$E_{\text{IR}} = \int_{\lambda = 780 \text{ nm}}^{\lambda = 3000 \text{ nm}} E_{\lambda}(\lambda) \cdot d\lambda$$
 (E_{IR} es pertinente únicamente en el intervalo de la longitud de onda entre 780 y 3 000 nm)

o)
$$H_{\text{piel}} = \int_0^t \int_{\lambda = 380 \text{ nm}}^{\lambda = 3000 \text{ nm}} E_{\lambda}(\lambda, t) \cdot d\lambda \cdot dt$$
 (H_{piel} es pertinente únicamente en el intervalo de la longitud de onda entre 380 y 3 000 nm)

A efectos de la presente Directiva, las fórmulas mencionadas anteriormente pueden sustituirse por las siguientes expresiones y el uso de los valores discretos establecidos en las siguientes tablas:

a)
$$E_{\text{eff}} = \sum_{\lambda = 180 \text{ nm}}^{\lambda = 400 \text{ nm}} E_{\lambda} \cdot S(\lambda) \cdot \Delta\lambda$$
 y $H_{\text{eff}} = E_{\text{eff}} \cdot \Delta t$

b)
$$E_{\text{UVA}} = \sum_{\lambda = 315 \text{ nm}}^{\lambda = 400 \text{ nm}} E_{\lambda} \cdot \Delta\lambda$$
 y $H_{\text{UVA}} = E_{\text{UVA}} \cdot \Delta t$

c) d)
$$L_{\text{B}} = \sum_{\lambda = 300 \text{ nm}}^{\lambda = 700 \text{ nm}} L_{\lambda} \cdot B(\lambda) \cdot \Delta\lambda$$

e) f)
$$E_{\text{B}} = \sum_{\lambda = 300 \text{ nm}}^{\lambda = 700 \text{ nm}} E_{\lambda} \cdot B(\lambda) \cdot \Delta\lambda$$

g) a) l)
$$L_{\text{R}} = \sum_{\lambda_1}^{\lambda_2} L_{\lambda} \cdot R(\lambda) \cdot \Delta\lambda$$
 (véase la tabla 1.1 para los valores adecuados de λ_1 y λ_2)

m) n)
$$E_{\text{IR}} = \sum_{\lambda = 780 \text{ nm}}^{\lambda = 3000 \text{ nm}} E_{\lambda} \cdot \Delta\lambda$$

$$o) \quad E_{\text{piel}} = \sum_{\lambda=380 \text{ nm}}^{\lambda=3000 \text{ nm}} E_{\lambda} \cdot \Delta\lambda \quad \text{y} \quad H_{\text{piel}} = E_{\text{piel}} \cdot \Delta t$$

Notas:

- $E_{\lambda}(\lambda, t)$, E_{λ} «irradiancia espectral o densidad de potencia espectral»: la potencia radiante que incide, por unidad de área, sobre una superficie, expresada en vatios por metro cuadrado por nanómetro [$\text{W m}^{-2} \text{nm}^{-1}$]; los valores $E_{\lambda}(\lambda, t)$ y E_{λ} proceden de mediciones o puede facilitarlos el fabricante del equipo;
- E_{eff} «irradiancia efectiva (rango de las radiaciones UV)»: irradiancia calculada para el intervalo de las longitudes de onda UV entre 180 y 400 nm, ponderada espectralmente por $S(\lambda)$, y expresada en vatios por metro cuadrado [W m^{-2}];
- H «exposición radiante»: la irradiancia integrada con respecto al tiempo, expresada en julios por metro cuadrado [J m^{-2}];
- H_{eff} «exposición radiante efectiva»: exposición radiante ponderada espectralmente por $S(\lambda)$, expresada en julios por metro cuadrado [J m^{-2}];
- E_{UVA} «irradiancia total (UVA)»: irradiancia calculada para el intervalo de las longitudes de onda UVA entre 315 y 400 nm, expresada en vatios por metro cuadrado [W m^{-2}];
- H_{UVA} «exposición radiante»: la integral o la suma de la irradiancia con respecto al tiempo y a la longitud de onda calculada para el intervalo de las longitudes de onda UVA comprendido entre 315 y 400 nm, expresada en julios por metro cuadrado [J m^{-2}];
- $S(\lambda)$ «ponderación espectral» que tiene en cuenta la relación entre la longitud de onda y los efectos para la salud de la radiación UV sobre los ojos y la piel (tabla 1.2) [sin dimensiones];
- t , Δt «tiempo»: duración de la exposición, expresado en segundos [s];
- λ «longitud de onda»: expresada en nanómetros [nm];
- $\Delta \lambda$ «ancho de banda»: expresado en nanómetros [nm], intervalos de cálculo o de medida;
- $L_{\lambda}(\lambda)$, L_{λ} «radiancia espectral de la fuente»: expresada en vatios por metro cuadrado por estereorradián por nanómetro [$\text{W m}^{-2} \text{sr}^{-1} \text{nm}^{-1}$];
- $R(\lambda)$ «ponderación espectral» que tiene en cuenta la relación entre la longitud de onda y las lesiones en los ojos por efecto térmico provocado por la radiación visible y IRA (tabla 1.3) [sin dimensiones];
- L_{R} «radiancia efectiva (lesión por efecto térmico)»: radiancia calculada y ponderada espectralmente por $R(\lambda)$, expresada en vatios por metro cuadrado por estereorradián [$\text{W m}^{-2} \text{sr}^{-1}$];
- $B(\lambda)$ «ponderación espectral» que tiene en cuenta la relación entre la longitud de onda y la lesión fotoquímica causada en los ojos por la radiación de luz azul (tabla 1.3) [sin dimensiones];
- L_{B} «radiancia efectiva (luz azul)»: radiancia calculada y ponderada espectralmente por $B(\lambda)$, expresada en vatios por metro cuadrado por estereorradián [$\text{W m}^{-2} \text{sr}^{-1}$];
- E_{B} «irradiancia efectiva (luz azul)»: irradiancia calculada y ponderada espectralmente por $B(\lambda)$, expresada en vatios por metro cuadrado [W m^{-2}];
- E_{IR} «irradiancia total (lesión por efecto térmico)»: irradiancia calculada para el intervalo de las longitudes de onda de infrarrojos entre 780 nm y 3 000 nm, expresada en vatios por metro cuadrado [W m^{-2}];
- E_{piel} «irradiancia total (visible, IRA e IRB)»: irradiancia calculada para el intervalo de las longitudes de onda visibles e infrarrojos entre 380 nm y 3 000 nm, expresada en vatios por metro cuadrado [W m^{-2}];
- H_{piel} «exposición radiante», la integral o la suma de la irradiancia con respecto al tiempo y a la longitud de onda calculada para el intervalo de longitudes de onda visibles e infrarrojos entre 380 y 3 000 nm, expresada en julios por metro cuadrado [J m^{-2}];
- α «ángulo subtendido»: el ángulo subtendido por una fuente aparente, percibido en un punto del espacio, expresado en miliradianes (mrad). La fuente aparente es el objeto real o virtual que forma la imagen retiniana lo más pequeña posible.

Tabla 1.1:
Valores límite de exposición para las radiaciones ópticas incoherentes

Orden	Longitud de onda nm	Valores límite de exposición	Unidades	Observación	Partes del cuerpo	Riesgo
a.	180 — 400 (UVA, UVB y UVC)	$H_{\text{eff}} = 30$ Valor diario: 8 horas	[J m ⁻²]		ojos córnea onjuntiva cristalino piel	fotoqueratitis conjuntivitis cataratas eritema elastosis cáncer de piel
b.	315 — 400 (UVA)	$H_{\text{UVA}} = 10^4$ Valor diario: 8 horas	[J m ⁻²]		ojos cristalino	cataractogénesis
c.	300 — 700 (luz azul) véase la nota 1	$L_B = \frac{10^6}{t}$ para $t \leq 10\,000$ s	$L_B: [W\ m^{-2}\ sr^{-1}]$ t: [segundos]	para $\alpha \geq 11$ mrad		
			[W m ⁻² sr ⁻¹]			
e.	300 — 700 (luz azul) véase la nota 1	$E_B = \frac{100}{t}$ para $t \leq 10\,000$ s	$E_B: [W\ m^{-2}]$ t: [segundos]	para $\alpha < 11$ mrad véase la nota 2	ojos retina	fotorretinitis
			[W m ⁻²]			
f.	300 — 700 (luz azul) véase la nota 1	$E_B = 0,01$ t > 10 000 s	[W m ⁻²]			

Orden	Longitud de onda nm	Valores límite de exposición	Unidades	Observación	Partes del cuerpo	Riesgo		
g.	380 — 1 400 (visible e IRA)	$L_R = \frac{2,8 \cdot 10^7}{C_a}$ para $t > 10$ s	[W m ⁻² sr ⁻¹]	C _a = 1,7 para α ≤ 1,7 mrad C _a = α para 1,7 ≤ α ≤ 100 mrad C _a = 100 para α > 100 mrad λ ₁ = 380; λ ₂ = 1 400	ojos retina	quemadura de la retina		
							$L_R = \frac{5 \cdot 10^7}{C_a t^{0,25}}$ para 10 μs ≤ t ≤ 10 s	[W m ⁻² sr ⁻¹] t: [segundos]
j.	780 — 1 400 (IRA)	$L_R = \frac{6 \cdot 10^6}{C_a}$ para t > 10 s	[W m ⁻² sr ⁻¹]	C _a = 11 para α ≤ 11 mrad C _a = α para 11 ≤ α ≤ 100 mrad C _a = 100 para α > 100 mrad (tamaño del campo visual: 11 mrad) λ ₁ = 780; λ ₂ = 1 400	ojos retina	quemadura de la retina		
							$L_R = \frac{5 \cdot 10^7}{C_a t^{0,25}}$ para 10 μs ≤ t ≤ 10 s	[W m ⁻² sr ⁻¹] t: [segundos]
l.	780 — 1 400 (IRA)	$E_{IR} = 18\,000 t^{0,75}$ para t ≤ 1 000 s	E: [W m ⁻²] t: [segundos]		ojos córnea cristalino	quemadura de la córnea cataratas		
							$E_{IR} = 100$ para t > 1 000 s	[W m ⁻²]
m.	780 — 3 000 (IRA e IRB)	$E_{IR} = 18\,000 t^{0,75}$ para t ≤ 1 000 s	E: [W m ⁻²] t: [segundos]		ojos córnea cristalino	quemadura de la córnea cataratas		
							$E_{IR} = 100$ para t > 1 000 s	[W m ⁻²]
n.	780 — 3 000 (IRA e IRB)	$E_{IR} = 18\,000 t^{0,75}$ para t ≤ 1 000 s	E: [W m ⁻²] t: [segundos]		ojos córnea cristalino	quemadura de la córnea cataratas		
							$E_{IR} = 100$ para t > 1 000 s	[W m ⁻²]

Orden	Longitud de onda nm	Valores límite de exposición	Unidades	Observación	Partes del cuerpo	Riesgo
o.	380 — 3 000 (Visible, IRA e IRB)	$H_{piel} = 20\,000 t^{0.25}$ para $t < 10$ s	H: $J\ m^{-2}$ t: [segundos]		piel	quemadura

Nota 1: El intervalo de 300 a 700 nm comprende parte de los rayos UVB, todos los UVA y la mayor parte de las radiaciones visibles; no obstante al riesgo asociado se suele denominar riesgo «de luz azul». En sentido estricto, la luz azul corresponde únicamente al intervalo de 400 a 490 nm aproximadamente.

Nota 2: Para fijar la mirada sobre fuentes muy pequeñas con un ángulo subtendido < 11 mrad, L_B puede convertirse a E_B . Por lo general, esto se aplica únicamente en el caso de instrumentos oftalmológicos o al ojo estabilizado durante la anestesia. El tiempo máximo de «mirada fija» se calcula mediante la fórmula: $t_{max} = 100/E_B$ con E_B en $W\ m^{-2}$. Debido a los movimientos oculares durante las funciones visuales normales este valor no es superior a 100 s.

Tabla 1.2:

S (λ) [sin dimensiones], 180 nm a 400 nm

λ en nm	S (λ)	λ en nm	S (λ)	λ en nm	S (λ)	λ en nm	S (λ)	λ en nm	S (λ)
180	0,0120	228	0,1737	276	0,9434	324	0,000520	372	0,000086
181	0,0126	229	0,1819	277	0,9272	325	0,000500	373	0,000083
182	0,0132	230	0,1900	278	0,9112	326	0,000479	374	0,000080
183	0,0138	231	0,1995	279	0,8954	327	0,000459	375	0,000077
184	0,0144	232	0,2089	280	0,8800	328	0,000440	376	0,000074
185	0,0151	233	0,2188	281	0,8568	329	0,000425	377	0,000072
186	0,0158	234	0,2292	282	0,8342	330	0,000410	378	0,000069
187	0,0166	235	0,2400	283	0,8122	331	0,000396	379	0,000066
188	0,0173	236	0,2510	284	0,7908	332	0,000383	380	0,000064
189	0,0181	237	0,2624	285	0,7700	333	0,000370	381	0,000062
190	0,0190	238	0,2744	286	0,7420	334	0,000355	382	0,000059
191	0,0199	239	0,2869	287	0,7151	335	0,000340	383	0,000057
192	0,0208	240	0,3000	288	0,6891	336	0,000327	384	0,000055
193	0,0218	241	0,3111	289	0,6641	337	0,000315	385	0,000053
194	0,0228	242	0,3227	290	0,6400	338	0,000303	386	0,000051
195	0,0239	243	0,3347	291	0,6186	339	0,000291	387	0,000049
196	0,0250	244	0,3471	292	0,5980	340	0,000280	388	0,000047
197	0,0262	245	0,3600	293	0,5780	341	0,000271	389	0,000046
198	0,0274	246	0,3730	294	0,5587	342	0,000263	390	0,000044
199	0,0287	247	0,3865	295	0,5400	343	0,000255	391	0,000042
200	0,0300	248	0,4005	296	0,4984	344	0,000248	392	0,000041
201	0,0334	249	0,4150	297	0,4600	345	0,000240	393	0,000039
202	0,0371	250	0,4300	298	0,3989	346	0,000231	394	0,000037
203	0,0412	251	0,4465	299	0,3459	347	0,000223	395	0,000036
204	0,0459	252	0,4637	300	0,3000	348	0,000215	396	0,000035
205	0,0510	253	0,4815	301	0,2210	349	0,000207	397	0,000033
206	0,0551	254	0,5000	302	0,1629	350	0,000200	398	0,000032
207	0,0595	255	0,5200	303	0,1200	351	0,000191	399	0,000031
208	0,0643	256	0,5437	304	0,0849	352	0,000183	400	0,000030
209	0,0694	257	0,5685	305	0,0600	353	0,000175		
210	0,0750	258	0,5945	306	0,0454	354	0,000167		
211	0,0786	259	0,6216	307	0,0344	355	0,000160		
212	0,0824	260	0,6500	308	0,0260	356	0,000153		
213	0,0864	261	0,6792	309	0,0197	357	0,000147		
214	0,0906	262	0,7098	310	0,0150	358	0,000141		
215	0,0950	263	0,7417	311	0,0111	359	0,000136		
216	0,0995	264	0,7751	312	0,0081	360	0,000130		
217	0,1043	265	0,8100	313	0,0060	361	0,000126		
218	0,1093	266	0,8449	314	0,0042	362	0,000122		
219	0,1145	267	0,8812	315	0,0030	363	0,000118		
220	0,1200	268	0,9192	316	0,0024	364	0,000114		
221	0,1257	269	0,9587	317	0,0020	365	0,000110		
222	0,1316	270	1,0000	318	0,0016	366	0,000106		
223	0,1378	271	0,9919	319	0,0012	367	0,000103		
224	0,1444	272	0,9838	320	0,0010	368	0,000099		
225	0,1500	273	0,9758	321	0,000819	369	0,000096		
226	0,1583	274	0,9679	322	0,000670	370	0,000093		
227	0,1658	275	0,9600	323	0,000540	371	0,000090		

Tabla 1.3:

B (λ), R (λ) [sin dimensiones], 380 nm a 1 400 nm

λ en nm	B (λ)	R (λ)
$300 \leq \lambda < 380$	0,01	—
380	0,01	0,1
385	0,013	0,13
390	0,025	0,25
395	0,05	0,5
400	0,1	1
405	0,2	2
410	0,4	4
415	0,8	8
420	0,9	9
425	0,95	9,5
430	0,98	9,8
435	1	10
440	1	10
445	0,97	9,7
450	0,94	9,4
455	0,9	9
460	0,8	8
465	0,7	7
470	0,62	6,2
475	0,55	5,5
480	0,45	4,5
485	0,32	3,2
490	0,22	2,2
495	0,16	1,6
500	0,1	1
$500 < \lambda \leq 600$	$10^{0,02 \cdot (450 - \lambda)}$	1
$600 < \lambda \leq 700$	0,001	1
$700 < \lambda \leq 1\ 050$	—	$10^{0,002 \cdot (700 - \lambda)}$
$1\ 050 < \lambda \leq 1\ 150$	—	0,2
$1\ 150 < \lambda \leq 1\ 200$	—	$0,2 \cdot 10^{0,02 \cdot (1\ 150 - \lambda)}$
$1\ 200 < \lambda \leq 1\ 400$	—	0,02

ANEXO II

Radiaciones ópticas láser

Los valores de exposición a las radiaciones ópticas que son pertinentes desde un punto de vista biofísico pueden determinarse mediante las fórmulas recogidas a continuación. Las fórmulas que deben utilizarse dependen de la longitud de onda y de la duración de la radiación emitida por la fuente, y los resultados deben compararse con los correspondientes valores límite de exposición indicados en las tablas 2.2 a 2.4. A una determinada fuente de radiación óptica láser pueden corresponder varios valores de exposición con sus correspondientes límites de exposición.

Los coeficientes empleados como herramientas de cálculo en las tablas 2.2 a 2.4 figuran en la lista de la tabla 2.5 y las correcciones aplicables para exposiciones repetidas en la tabla 2.6.

$$E = \frac{dP}{dA} \text{ [W m}^{-2}\text{]}$$

$$H = \int_0^t E(t) \cdot dt \text{ [J m}^{-2}\text{]}$$

Notas:

dP «potencia» expresada en vatios [W];

dA «superficie» expresada en metros cuadrados [m²];

E (t), E «irradiancia o densidad de potencia»: la potencia radiante por unidad de área que incide sobre una superficie, expresada en general en vatios por metro cuadrado [W m⁻²]. Los valores E(t), E proceden de mediciones o puede facilitarlos el fabricante del equipo;

H «exposición radiante»: la integral con respecto al tiempo de la irradiancia, expresada en julios por metro cuadrado [J m⁻²];

t «tiempo»: *duración de la exposición*, expresada en segundos [s];

λ «longitud de onda», expresada en nanómetros [nm];

γ «ángulo del cono límite del campo visual de medición», expresado en miliradianes [mrad];

γ_m «campo visual de medición», expresado en miliradianes [mrad];

α «ángulo subtendido» de una fuente, expresado en miliradianes [mrad];

«apertura límite»: la superficie circular sobre la que se calculan los promedios de la irradiancia y la exposición radiante;

G «radiancia integrada»: la integral de la radiancia con respecto a un tiempo de exposición determinado, expresada como energía radiante por unidad de área de la superficie radiante y por unidad de ángulo sólido de emisión, en julios por metro cuadrado por estereorradián [J m⁻² sr⁻¹].

Tabla 2.1

Riesgos derivados de las radiaciones

Longitud de onda [nm] λ	Intervalo de radiación	Órgano afectado	Riesgo	Tabla indicativa de los valores límite de exposición
180 — 400	UV	ojos	Lesiones fotoquímicas y lesiones térmicas	2.2, 2.3
180 — 400	UV	piel	Eritema	2.4
400 — 700	visible	ojos	Lesiones de la retina	2.2
400 — 600	visible	ojos	Lesiones fotoquímicas	2.3
400 — 700	visible	piel	Lesiones térmicas	2.4
700 — 1 400	IRA	ojos	Lesiones térmicas	2.2, 2.3
700 — 1 400	IRA	piel	Lesiones térmicas	2.4
1 400 — 2 600	IRB	ojos	Lesiones térmicas	2.2
2 600 — 10 ⁶	IRC	ojos	Lesiones térmicas	2.2
1 400 — 10 ⁶	IRB, IRC	ojos	Lesiones térmicas	2.3
1 400 — 10 ⁶	IRB, IRC	piel	Lesiones térmicas	2.4

Tabla 2.2
Valores límite de exposición de los ojos al láser — Exposiciones de corta duración < 10 s

Longitud de onda ^a [nm]	Agencia	10 ¹¹ - 10 ¹¹	10 ¹¹ - 10 ¹¹	10 ¹¹ - 10 ¹¹	Duración [s]		
					10 ¹¹ - 10 ¹¹	1,8 · 10 ¹¹ - 5 · 10 ¹¹	5 · 10 ¹¹ - 10 ¹²
UVC	180 - 280						
	280 - 302						
	303						
	304						
	305						
	306						
	307						
	308						
	309						
	310						
UVB	311						
	312						
	313						
	314						
	315 - 400						
	400 - 700						
Visible e IRA	700 - 1 050						
	1 050 - 1 400						
	1 400 - 1 500						
	1 500 - 1 800						
IRB e	1 800 - 2 600						
	2 600 - 10 ⁵						

^a Si aparecen dos líneas para la longitud de onda del láser, se aplicará el más restrictivo.
^b Cuando 1,4075 Å-10⁵ nm: diámetro de apertura = 1 mm para 1 a 0,1 y 1,5 t^{0,75} mm para 0,1 s < t < 10 s cuando 10⁵ Å-10⁶ nm: diámetro de apertura = 11 mm.
^c Hubiera cuanta de la tabla de datos para estas duraciones de los pulsos, lo ICNIR recomienda la utilización de límites de irradiación de límites de irradiancia para 1 ms.
^d La tabla expresa valores para un pulso único láser. En caso de pulsos múltiples láser, las duraciones del pulso láser de los pulsos producidos en un intervalo T_{int} (enumerados en la tabla 2.6) deberán sumarse y el valor resultante deberá sustituirse por t en la fórmula: 5,6 · 10¹¹ t^{0,75}.

Tabla 2.3
Valores límite de exposición de los ojos al láser — Exposiciones de mayor duración ≥ 10 s

Longitud de onda λ [nm]	Apertura	Duración	
		$10^3 - 10^4$	$10^4 - 3 \cdot 10^5$
UVV 180 - 280 280 - 302 303 304 305 306 307 308 309 310 311 312 313 314	$\lambda \leq 300$ nm	H = 30 [J m ⁻²]	
		H = 40 [J m ⁻²]	
		H = 60 [J m ⁻²]	
		H = 100 [J m ⁻²]	
		H = 160 [J m ⁻²]	
		H = 250 [J m ⁻²]	
		H = 400 [J m ⁻²]	
		H = 630 [J m ⁻²]	
		H = 1,0 · 10 ³ [J m ⁻²]	
		H = 1,6 · 10 ³ [J m ⁻²]	
		H = 2,5 · 10 ³ [J m ⁻²]	
H = 4,0 · 10 ³ [J m ⁻²]			
H = 6,3 · 10 ³ [J m ⁻²]			
H = 10 ⁴ [J m ⁻²]			
UVB 315 - 400 400 - 600 Fototóxicidad ^a Lesión de la retina	7 mm	H = 100 C ₀ [J m ⁻²] (N = 1,1 mrad) ^b	E = 1 C ₀ [W m ⁻²]; (N = 1,1 rad) mrad ^b
		si $\alpha < 1,5$ mrad entonces E = 10 [W m ⁻²]	entonces E = 10 [W m ⁻²]
		si $\alpha > 1,5$ mrad y $t \leq T_1$ entonces H = 18 C ₀ t ^{0,75} [J m ⁻²] si $\alpha > 1,5$ mrad y $t > T_2$ entonces E = 18 C ₀ T ₂ ^{0,75} [W m ⁻²]	entonces H = 18 C ₀ t ^{0,75} [J m ⁻²] entonces E = 18 C ₀ T ₂ ^{0,75} [W m ⁻²]
IRA 700 - 1 400	7 mm	si $\alpha < 1,5$ mrad entonces E = 10 C ₀ C _c [W m ⁻²]	entonces E = 10 C ₀ C _c [W m ⁻²]
		si $\alpha > 1,5$ mrad y $t \leq T_2$ entonces H = 18 C ₀ C _c t ^{0,75} [J m ⁻²]	entonces H = 18 C ₀ C _c t ^{0,75} [J m ⁻²]
		si $\alpha > 1,5$ mrad y $t > T_2$ entonces E = 18 C ₀ C _c T ₂ ^{0,75} [W m ⁻²]	entonces E = 18 C ₀ C _c T ₂ ^{0,75} [W m ⁻²] (no deberá exceder de 1 000 W m ⁻²)
IRB e IRCC 1 400 - 10 ⁶	7 mm	E = 1 000 [W m ⁻²]	

a Si aparecen dos límites para la longitud de onda u otra característica del láser, se aplicará el más restrictivo.
 b En el caso de fuentes pequeñas que subtenden un ángulo igual o inferior a 1,5 mrad, los dos límites F para la radiación visible entre 400 nm y 600 nm se reducen a los límites mínimos para 1000 s, y a los límites fototóxicos para exposiciones más largas. Para T₁, T₂ véase la tabla 2.3. El valor límite fototóxico correspondiente al riesgo de lesión de la retina también puede expresarse como una radiación integrada en el tiempo G = 10³ C₀ [m⁻² s] para t > 10 y la tasa t = 10 000 y L = 100 C₀ [W m⁻² s] para t > 10 000 s. Para medir G y L, Y₀ debe emplearse como campo visual para el cálculo de los promedios. La frontera oficial entre la radiación visible e infrarroja es de 780 nm, como lo define la CIE. La columna que contiene los números de la longitud de onda tiene por ancho objeto estándar una motor: violación de oscilación del oscilador. (La notación G, la altura del CEN; la notación L, la CIE; y la notación L₀, la CIE y el CENELEC.)
 c Para longitudes de onda entre 1 600 y 10⁶ nm, el diámetro de apertura = 3,5 mm; para longitudes de onda entre 10³ y 10⁶ nm, el diámetro de apertura = 11 mm.
 d Para medir el valor de exposición, la corrección de Y₀ se define de la siguiente manera: Si α (ángulo subtendido de una fuente) > α_0 (ángulo crítico límite, limitado en la columna correspondiente) entonces el campo visual de medición Y₀ deberá dirigirse al valor α_0 . Si se emplea un campo visual de medición mayor, el riesgo resultará sobrevalorado.
 Si $\alpha < \alpha_0$, entonces el tamaño del campo visual de medición Y₀ deberá ser suficientemente amplio para incluir a fuente en su totalidad, pero no está limitado de otro modo y podría ser mayor que α_0 .

Tabla 2.4:

Valores límite de exposición de la piel al láser

Longitud de onda ^a [nm]	Apertura	Duración [s]					
		$< 10^2$	$10^2 \cdot 10^3$	$10^3 \cdot 10^4$	$10^4 \cdot 10^5$	$10^5 \cdot 3 \cdot 10^6$	
UV (A, B, C)	3,5 mm	$E = 3 \cdot 10^{10} \text{ [W m}^{-2}\text{]}$	La misma que los límites de exposición para los ojos				
Visible e IRA	1,5 mm	$E = 2 \cdot 10^{17} \text{ [W m}^{-2}\text{]}$	$H = 200 C_a$ [J m ⁻²]	$H = 1,1 \cdot 10^4 C_a t^{0,25}$ [J m ⁻²]	$E = 2 \cdot 10^5 C_a$ [W m ⁻²]	La misma que los límites de exposición para los ojos	
		$E = 2 \cdot 10^{17} C_a \text{ [W m}^{-2}\text{]}$					
IRB e IRC	1,5 mm	$E = 10^{17} \text{ [W m}^{-2}\text{]}$				La misma que los límites de exposición para los ojos	
		$E = 10^{17} \text{ [W m}^{-2}\text{]}$					
		$E = 10^{17} \text{ [W m}^{-2}\text{]}$					
		$E = 10^{17} \text{ [W m}^{-2}\text{]}$					

a Si aparecen dos límites para la longitud de onda u otra característica del láser, se aplicará el más restrictivo.

Tabla 2.5

Factores de corrección y otros parámetros de cálculo aplicados

Parámetro que utiliza la ICNIRP	Intervalo espectral válido (nm)	Valor
C_A	$\lambda < 700$	$C_A = 1,0$
	700 — 1 050	$C_A = 10^{0,002(\lambda - 700)}$
	1 050 — 1 400	$C_A = 5,0$
C_B	400 — 450	$C_B = 1,0$
	450 — 700	$C_B = 10^{0,02(\lambda - 450)}$
C_C	700 — 1 150	$C_C = 1,0$
	1 150 — 1 200	$C_C = 10^{0,018(\lambda - 1 150)}$
	1 200 — 1 400	$C_C = 8,0$
T_1	$\lambda < 450$	$T_1 = 10 \text{ s}$
	450 — 500	$T_1 = 10 \cdot [10^{0,02(\lambda - 450)}] \text{ s}$
	$\lambda > 500$	$T_1 = 100 \text{ s}$
Parámetro que utiliza la ICNIRP	Válido para el efecto biológico	Valor
α_{\min}	Todos los efectos térmicos	$\alpha_{\min} = 1,5 \text{ mrad}$
Parámetro que utiliza la ICNIRP	Intervalo de ángulos válidos (mrad)	Valor
C_E	$\alpha < \alpha_{\min}$	$C_E = 1,0$
	$\alpha_{\min} < \alpha < 100$	$C_E = \alpha/\alpha_{\min}$
	$\alpha > 100$	$C_E = \alpha^2/(\alpha_{\min} \cdot \alpha_{\max}) \text{ mrad}$ with $\alpha_{\max} = 100 \text{ mrad}$
T_2	$\alpha < 1,5$	$T_2 = 10 \text{ s}$
	$1,5 < \alpha < 100$	$T_2 = 10 \cdot [10^{(\alpha - 1,5) / 98,5}] \text{ s}$
	$\alpha > 100$	$T_2 = 100 \text{ s}$

Parámetro que utiliza la ICNIRP	Intervalo de tiempos de exposición válidos (s)	Valor
γ	$t \leq 100$	$\gamma = 11$ [mrad]
	$100 < t < 10^4$	$\gamma = 1,1 t^{0,5}$ [mrad]
	$t > 10^4$	$\gamma = 110$ [mrad]

Tabla 2.6

Corrección para las exposiciones reiteradas

Cada una de las tres reglas generales siguientes debería aplicarse a todas las exposiciones reiteradas que se produzcan por una utilización repetitiva de sistemas de láser de pulsos o de barrido:

- 1) la exposición a cualquier pulso único de un tren de pulsos no deberá superar el valor límite de exposición para un pulso único de esa duración;
- 2) la exposición a cualquier grupo de pulsos (o subgrupo de pulsos de un tren) durante un tiempo t no deberá superar el valor límite de exposición para el tiempo t ;
- 3) la exposición de cualquier pulso único dentro de un grupo de pulsos no deberá superar el valor límite de exposición para un pulso único multiplicado por el factor de corrección térmico acumulativo $C_p = N^{-0,25}$, en el que N representa el número de pulsos. Esta regla solo se aplica a los límites de exposición con objeto de evitar las lesiones térmicas, cuando todos los pulsos producidos en menos de T_{\min} se consideran como un pulso único.

Parámetro	Intervalo espectral válido (nm)	Valor
T_{\min}	$315 < \lambda \leq 400$	$T_{\min} = 10^{-9}$ s (= 1 ns)
	$400 < \lambda \leq 1\ 050$	$T_{\min} = 18 \cdot 10^{-6}$ s (= 18 μs)
	$1\ 050 < \lambda \leq 1\ 400$	$T_{\min} = 50 \cdot 10^{-6}$ s (= 50 μs)
	$1\ 400 < \lambda \leq 1\ 500$	$T_{\min} = 10^{-3}$ s (= 1 ms)
	$1\ 500 < \lambda \leq 1\ 800$	$T_{\min} = 10$ s
	$1\ 800 < \lambda \leq 2\ 600$	$T_{\min} = 10^{-3}$ s (= 1 ms)
	$2\ 600 < \lambda \leq 10^6$	$T_{\min} = 10^{-7}$ s (= 100 ns)

DECLARACIÓN DEL CONSEJO

Declaración del Consejo sobre el uso del término *penalties* (sanciones) en la versión inglesa de los instrumentos jurídicos de la Comunidad Europea

A juicio del Consejo, cuando se utiliza el término *penalties* en la versión inglesa de los instrumentos jurídicos de la Comunidad Europea, se usa en sentido general y no solo hace referencia a sanciones de Derecho penal específicas, sino que también puede incluir sanciones administrativas y financieras, o de otro tipo. Cuando un acto comunitario obliga a los Estados miembros a establecer *penalties*, a ellos corresponde decidir el tipo apropiado de sanción que se ajuste a la jurisprudencia del Tribunal de Justicia Europeo.

En la base de datos de terminología comunitaria, figuran las siguientes traducciones del término *penalty* a otras lenguas:

En checo, *sankce*; en español, *sanciones*; en danés, *sanktioner*; en alemán, *Sanktionen*; en estonio, *sanktsioonid*; en francés, *sanctions*; en griego, *κυρώσεις*; en húngaro, *jogkövetkezmények*; en italiano, *sanzioni*; en letón, *sankcijas*; en lituano, *sankcijos*; en maltés, *penali*; en neerlandés, *sancties*; en polaco, *sankcje*; en portugués, *sanções*; en esloveno, *kazni*; en eslovaco, *sankcie*; en finés, *seuraamukset* y, en sueco, *sanktioner*.

Si, en las versiones inglesas revisadas de instrumentos jurídicos en las que se ha utilizado anteriormente el término *sanctions*, este se sustituye por *penalties*, ello no constituye una diferencia sustancial.

Comisión Europea

**Guía no vinculante sobre buenas prácticas para la aplicación de la Directiva 2006/25/CE
(Radiaciones ópticas artificiales)**

Luxemburgo: Oficina de Publicaciones de la Unión Europea

2011 — 153 pp. — 21 × 29,7 cm

ISBN 978-92-79-19807-6

doi:10.2767/3040

La mayoría de los lugares de trabajo presenta fuentes de radiaciones ópticas artificiales y la Directiva 2006/25/CE establece las disposiciones mínimas de seguridad y de salud relativas a la exposición de los trabajadores a dichas fuentes. La *Guía no vinculante sobre buenas prácticas para la aplicación de la Directiva 2006/25/CE* de la Comisión Europea señala aplicaciones que plantean riesgos mínimos y ofrece orientación sobre otras. Establece una metodología de evaluación y presenta medidas para la reducción de los peligros y la detección de efectos nocivos para la salud.

La presente publicación se encuentra disponible en formato impreso en inglés, francés y alemán, y en formato electrónico en el resto de lenguas oficiales de la UE. También hay disponible un CD con versiones en 22 lenguas (Número de catálogo: KE-32-11-704-1X-Z, ISBN 978-92-79-19829-8).

CÓMO OBTENER LAS PUBLICACIONES DE LA UNIÓN EUROPEA

Publicaciones gratuitas

- A través de EU Bookshop (<http://bookshop.europa.eu>).
- En las representaciones o delegaciones de la Unión Europea. Para ponerse en contacto con ellas, consulte el sitio <http://ec.europa.eu> o envíe un fax al número +352 2929-42758.

Publicaciones de pago

- A través de EU Bookshop (<http://bookshop.europa.eu>).

Suscripciones de pago (por ejemplo, a las series anuales del *Diario Oficial de la Unión Europea* o a las recopilaciones de la jurisprudencia del Tribunal de Justicia de la Unión Europea)

- A través de los distribuidores comerciales de la Oficina de Publicaciones de la Unión Europea (http://publications.europa.eu/others/agents/index_es.htm).

¿Le interesan las publicaciones de la Dirección General de Empleo,
Asuntos Sociales e Inclusión?

En caso afirmativo, puede descargarlas u obtener
una suscripción gratuita en

[**http://ec.europa.eu/social/publications**](http://ec.europa.eu/social/publications)

También deseamos invitarle a registrarse para recibir gratuitamente
el boletín electrónico de la Europa social en

[**http://ec.europa.eu/social/e-newsletter**](http://ec.europa.eu/social/e-newsletter)

[**http://ec.europa.eu/social/**](http://ec.europa.eu/social/)



[**www.facebook.com/socialeurope**](http://www.facebook.com/socialeurope)



Oficina de Publicaciones

ISBN 978-92-79-19807-6



9 789279 198076