

Este texto es exclusivamente un instrumento de documentación y no surte efecto jurídico. Las instituciones de la UE no asumen responsabilidad alguna por su contenido. Las versiones auténticas de los actos pertinentes, incluidos sus preámbulos, son las publicadas en el Diario Oficial de la Unión Europea, que pueden consultarse a través de EUR-Lex. Los textos oficiales son accesibles directamente mediante los enlaces integrados en este documento

► **B** **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)

(DO L 114 de 27.4.2006, p. 38)

Modificada por:

		Diario Oficial		
		nº	página	fecha
► <u>M1</u>	Directiva 2007/30/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 20 de junio de 2007	L 165	21	27.6.2007
► <u>M2</u>	Reglamento (CE) nº 1137/2008 del Parlamento Europeo y del Consejo de 22 de octubre de 2008	L 311	1	21.11.2008
► <u>M3</u>	Directiva 2013/64/UE del Consejo de 17 de diciembre de 2013	L 353	8	28.12.2013
► <u>M4</u>	Reglamento (UE) 2019/1243 del Parlamento Europeo y del Consejo de 20 de junio de 2019	L 198	241	25.7.2019

Rectificada por:

► **C1** Rectificación, DO L 43 de 18.2.2015, p. 33 (2006/25/CE)



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)

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.
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*; amplificación de luz por emisión estimulada de radiación): 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;

▼B

- 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 ($\text{W m}^{-2} \text{sr}^{-1}$);
- 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.

▼B

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.

⁽¹⁾ DO L 245 de 26.8.1992, p. 23.

▼B

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:

- a) las medidas adoptadas en aplicación de la presente Directiva;
- b) los valores límite de exposición y los riesgos potenciales asociados;
- c) 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;
- d) la forma de detectar los efectos nocivos para la salud debidos a la exposición y la forma de informar sobre ellos;
- e) las circunstancias en las que los trabajadores tienen derecho a una vigilancia de la salud;
- f) las prácticas de trabajo seguras para reducir al mínimo los riesgos derivados de la exposición;
- g) 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 las 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.

▼B

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.

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.

▼B*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.

▼M4*Artículo 10***Modificación de los anexos**

La Comisión estará facultada para adoptar actos delegados con arreglo al artículo 10 *bis* con el fin de introducir modificaciones de carácter estrictamente técnico en los anexos, para tener en cuenta la armonización técnica y la normalización relativas a la concepción, construcción, fabricación o realización de equipos o lugares de trabajo, el progreso técnico, la evolución de las normas europeas o especificaciones internacionales armonizadas y los nuevos conocimientos relacionados con la exposición de los trabajadores a las radiaciones ópticas. Esas modificaciones no darán lugar a una modificación de los valores límite de exposición establecidos en los anexos.

Cuando, en casos excepcionales y debidamente justificados que supongan riesgos inminentes, directos y graves para la salud física y la seguridad de los trabajadores y de otras personas, existan razones imperiosas de urgencia que exijan que se intervenga en un plazo muy breve, se aplicará a los actos delegados adoptados en virtud del presente artículo el procedimiento previsto en el artículo 10 *ter*.

*Artículo 10 bis***Ejercicio de la delegación**

1. Se otorgan a la Comisión los poderes para adoptar actos delegados en las condiciones establecidas en el presente artículo.
2. Los poderes para adoptar actos delegados a que se refiere el artículo 10 se otorgan a la Comisión por un período de cinco años a partir del 26 de julio de 2019. La Comisión elaborará un informe sobre la delegación de poderes a más tardar nueve meses antes de que finalice el período de cinco años. La delegación de poderes se prorrogará tácitamente por períodos de idéntica duración, excepto si el Parlamento Europeo o el Consejo se oponen a dicha prórroga a más tardar tres meses antes del final de cada período.
3. La delegación de poderes mencionada en el artículo 10 podrá ser revocada en cualquier momento por el Parlamento Europeo o por el Consejo. La decisión de revocación pondrá término a la delegación de los poderes que en ella se especifiquen. La decisión surtirá efecto el día siguiente al de su publicación en el *Diario Oficial de la Unión Europea* o en una fecha posterior indicada en ella. No afectará a la validez de los actos delegados que ya estén en vigor.
4. Antes de la adopción de un acto delegado, la Comisión consultará a los expertos designados por cada Estado miembro de conformidad con los principios establecidos en el Acuerdo interinstitucional de 13 de abril de 2016 sobre la mejora de la legislación ⁽¹⁾.

⁽¹⁾ DO L 123 de 12.5.2016, p. 1.

▼M4

5. Tan pronto como la Comisión adopte un acto delegado lo notificará simultáneamente al Parlamento Europeo y al Consejo.

6. Los actos delegados adoptados en virtud del artículo 10 entrarán en vigor únicamente si, en un plazo de dos meses a partir de su notificación al Parlamento Europeo y al Consejo, ninguna de estas instituciones formula objeciones o si, antes del vencimiento de dicho plazo, ambas informan a la Comisión de que no las formularán. El plazo se prorrogará dos meses a iniciativa del Parlamento Europeo o del Consejo.

*Artículo 10 ter***Procedimiento de urgencia**

1. Los actos delegados adoptados de conformidad con el presente artículo entrarán en vigor inmediatamente y serán aplicables en tanto no se formule ninguna objeción con arreglo al apartado 2. La notificación de un acto delegado al Parlamento Europeo y al Consejo expondrá los motivos por los cuales se ha aplicado el procedimiento de urgencia.

2. Tanto el Parlamento Europeo como el Consejo podrán formular objeciones a un acto delegado, de conformidad con el procedimiento a que se refiere el artículo 10 *bis*, apartado 6. En tal caso, la Comisión derogará el acto inmediatamente tras la notificación de la decisión del Parlamento Europeo o del Consejo de formular objeciones.

▼B

SECCIÓN IV

DISPOSICIONES FINALES**▼M1****▼B***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.

▼B

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.

▼M3*Artículo 14 bis*

1. Sin perjuicio de los principios generales de protección y prevención en el ámbito de la salud y la seguridad de los trabajadores, Francia podrá no aplicar en Mayotte, como región ultraperiférica en el sentido del artículo 349 del Tratado de Funcionamiento de la Unión Europea (en lo sucesivo «Mayotte») hasta el 31 de diciembre de 2017, las disposiciones necesarias para dar cumplimiento a lo establecido en la presente Directiva en los casos en que esta aplicación precise instalaciones técnicas específicas y Mayotte no disponga de las mismas.

El párrafo primero no se aplicará a las obligaciones establecidas en el artículo 5, apartado 1, de la presente Directiva, ni a las disposiciones de la presente Directiva que reflejen los principios generales establecidos en la Directiva 89/391/CEE.

2. Todas las excepciones de lo establecido en la presente Directiva que sean consecuencia de la aplicación de medidas vigentes el 1 de enero de 2014 o de la adopción de nuevas medidas irán precedidas de una consulta de los interlocutores sociales de conformidad con la legislación y las prácticas nacionales. Estas excepciones se aplicarán con unas condiciones que, teniendo en cuenta las circunstancias específicas imperantes en Mayotte, garanticen que los riesgos resultantes para los trabajadores se reduzcan al mínimo y que los trabajadores disfruten de una vigilancia reforzada de la salud.

3. Las medidas nacionales por las que se introduzcan excepciones se examinarán cada año, previa consulta de los interlocutores sociales, y se retirarán tan pronto como dejen de existir las circunstancias que las justifican.

▼B*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.



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.

$$\text{a) } H_{\text{eff}} = \int_0^t \int_{\lambda = 180 \text{ nm}}^{\lambda = 400 \text{ nm}} E_{\lambda}(\lambda, t) \cdot S(\lambda) \cdot d\lambda \cdot dt$$

(H_{eff} es pertinente únicamente en el intervalo de la longitud de onda entre 180 y 400 nm)

$$\text{b) } H_{\text{UVA}} = \int_0^t \int_{\lambda = 315 \text{ nm}}^{\lambda = 400 \text{ nm}} E_{\lambda}(\lambda, t) \cdot d\lambda \cdot dt$$

(H_{UVA} es pertinente únicamente en el intervalo de la longitud de onda entre 315 y 400 nm)

$$\text{c, d) } L_{\text{B}} = \int_{\lambda = 300 \text{ nm}}^{\lambda = 700 \text{ nm}} L_{\lambda}(\lambda) \cdot B(\lambda) \cdot d\lambda$$

(L_{B} es pertinente únicamente en el intervalo de la longitud de onda entre 300 y 700 nm)

$$\text{e, f) } E_{\text{B}} = \int_{\lambda = 300 \text{ nm}}^{\lambda = 700 \text{ nm}} E_{\lambda}(\lambda) \cdot B(\lambda) \cdot d\lambda$$

(E_{B} es pertinente únicamente en el intervalo de la longitud de onda entre 300 y 700 nm)

$$\text{g a l) } L_{\text{R}} = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} L_{\lambda}(\lambda) \cdot R(\lambda) \cdot d\lambda$$

(véase la tabla 1.1 para los valores adecuados de λ_1 y λ_2)

$$\text{m, n) } E_{\text{IR}} = \int_{\lambda = 780 \text{ nm}}^{\lambda = 3000 \text{ nm}} E_{\lambda}(\lambda) \cdot d\lambda$$

(E_{IR} es pertinente únicamente en el intervalo de la longitud de onda entre 780 y 3 000 nm)

$$\text{o) } H_{\text{piel}} = \int_0^t \int_{\lambda = 380 \text{ nm}}^{\lambda = 3000 \text{ nm}} E_{\lambda}(\lambda, t) \cdot d\lambda \cdot dt$$

(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:

$$\text{a) } E_{\text{eff}} = \sum_{\lambda = 180 \text{ nm}}^{\lambda = 400 \text{ nm}} E_{\lambda} \cdot S(\lambda) \cdot \Delta\lambda \quad \text{y } H_{\text{eff}} = E_{\text{eff}} \cdot \Delta t$$

$$\text{b) } E_{\text{UVA}} = \sum_{\lambda = 315 \text{ nm}}^{\lambda = 400 \text{ nm}} E_{\lambda} \cdot \Delta\lambda \quad \text{y } H_{\text{UVA}} = E_{\text{UVA}} \cdot \Delta t$$

$$\text{c) d) } L_{\text{B}} = \sum_{\lambda = 300 \text{ nm}}^{\lambda = 700 \text{ nm}} L_{\lambda} \cdot B(\lambda) \cdot \Delta\lambda$$

▼ B

$$e) f) \quad E_B = \sum_{\lambda = 300 \text{ nm}}^{\lambda = 700 \text{ nm}} E_\lambda \cdot B(\lambda) \cdot \Delta\lambda$$

$$g) a) l) \quad L_R = \sum_{\lambda_1}^{\lambda_2} L_\lambda \cdot R(\lambda) \cdot \Delta\lambda$$

(véase la tabla 1.1 para los valores adecuados de λ_1 y λ_2)

$$m) n) \quad E_{IR} = \sum_{\lambda = 780 \text{ nm}}^{\lambda = 3000 \text{ nm}} E_\lambda \cdot \Delta\lambda$$

$$o) \quad E_{\text{piel}} = \sum_{\lambda = 380 \text{ nm}}^{\lambda = 3000 \text{ nm}} E_\lambda \cdot \Delta\lambda \quad \text{y} \quad H_{\text{piel}} = E_{\text{piel}} \cdot \Delta t$$

Notas:

E_λ (λ , 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_λ (λ , 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 (λ), 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 (λ), 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 (λ) «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_λ (λ), 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 (λ) «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 (λ), expresada en vatios por metro cuadrado por estereorradián [$\text{W m}^{-2} \text{sr}^{-1}$];

▼ B

$B(\lambda)$	«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 milirradiaes (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	$[\text{J m}^{-2}]$		ojos córnea conjuntiva cristalino piel	fotoqueratitis conjuntivitis cataratas eritema elastosis cáncer de piel
b.	315 — 400 (UVA)	$H_{\text{UVA}} = 10^4$ Valor diario: 8 horas	$[\text{J m}^{-2}]$		ojos cristalino	cataractogénesis
c.	300 — 700 (luz azul) véase la nota 1	$L_B = \frac{10^6}{t}$ para $t \leq 10\,000$ s	$L_B: [\text{W m}^{-2} \text{sr}^{-1}]$ t: [segundos]	para $\alpha \geq 11$ mrad		
d.	300 — 700 (luz azul) véase la nota 1	$L_B = 100$ para $t > 10\,000$ s	$[\text{W m}^{-2} \text{sr}^{-1}]$			
e.	300 — 700 (luz azul) véase la nota 1	$E_B = \frac{100}{t}$ para $t \leq 10\,000$ s	$E_B: [\text{W m}^{-2}]$ t: [segundos]	para $\alpha < 11$ mrad véase la nota 2	ojos retina	fotorretinitis
f.	300 — 700 (luz azul) véase la nota 1	$E_B = 0,01$ $t > 10\,000$ s	$[\text{W m}^{-2}]$			

▼ **B**

Orden	Longitud de onda nm	Valores límite de exposición	Unidades	Observación	Partes del cuerpo	Riesgo
g.	380 — 1 400 (visible e IRA)	$L_R = \frac{2,8 \cdot 10^7}{C_\alpha}$ para $t > 10$ s	[W m ⁻² sr ⁻¹]	$C_\alpha = 1,7$ para $\alpha \leq 1,7$ mrad $C_\alpha = \alpha$ para $1,7 \leq \alpha \leq 100$ mrad $C_\alpha = 100$ para $\alpha > 100$ mrad $\lambda_1 = 380; \lambda_2 = 1 400$	ojos retina	quemadura de la retina
h.	380 — 1 400 (visible e IRA)	$L_R = \frac{5 \cdot 10^7}{C_\alpha t^{0,25}}$ para $10 \mu\text{s} \leq t \leq 10$ s	L_R : [W m ⁻² sr ⁻¹] t: [segundos]			
i.	380 — 1 400 (visible e IRA)	$L_R = \frac{8,89 \cdot 10^8}{C_\alpha}$ para $t < 10 \mu\text{s}$	[W m ⁻² sr ⁻¹]			
j.	780 — 1 400 (IRA)	$L_R = \frac{6 \cdot 10^6}{C_\alpha}$ para $t > 10$ s	[W m ⁻² sr ⁻¹]	$C_\alpha = 11$ para $\alpha \leq 11$ mrad $C_\alpha = \alpha$ para $11 \leq \alpha \leq 100$ mrad $C_\alpha = 100$ para $\alpha > 100$ mrad (tamaño del campo visual: 11 mrad) $\lambda_1 = 780; \lambda_2 = 1 400$	ojos retina	quemadura de la retina
k.	780 — 1 400 (IRA)	$L_R = \frac{5 \cdot 10^7}{C_\alpha t^{0,25}}$ para $10 \mu\text{s} \leq t \leq 10$ s	L_R : [W m ⁻² sr ⁻¹] t: [segundos]			
l.	780 — 1 400 (IRA)	$L_R = \frac{8,89 \cdot 10^8}{C_\alpha}$ para $t < 10 \mu\text{s}$	[W m ⁻² sr ⁻¹]			
m.	780 — 3 000 (IRA e IRB)	► C1 $E_{IR} = 18 000 t^{-0,75}$ ◀ para $t \leq 1 000$ s	E: [W m ⁻²] t: [segundos]		ojos córnea cristalino	quemadura de la córnea cataratas
n.	780 — 3 000 (IRA e IRB)	$E_{IR} = 100$ para $t > 1 000$ s	[W m ⁻²]			

▼ **B**

Orden	Longitud de onda nm	Valores límite de exposición	Unidades	Observación	Partes del cuerpo	Riesgo
o.	380 — 3 000 (Visible, IRA e IRB)	$H_{\text{piel}} = 20\,000 t^{0.25}$ 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: $t_{\text{max}} = 100/E_B$ 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	0,8656	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		

▼B

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)
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

▼ B

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.

$$E = \frac{dP}{dA} [\text{W m}^{-2}]$$

$$H = \int_0^t E(t) \cdot dt [\text{J m}^{-2}]$$

Notas:

dP	«potencia» expresada en vatios [W];
dA	«superficie» expresada en metros cuadrados [m ²];
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»: <i>duración de la exposición</i> , 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]; «abertura 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]		Apertura	Duración [s]								
			10 ⁻¹³ - 10 ⁻¹¹	10 ⁻¹¹ - 10 ⁻⁹	10 ⁻⁹ - 10 ⁻⁷	10 ⁻⁷ - 1,8 · 10 ⁻⁵	1,8 · 10 ⁻⁵ - 5 · 10 ⁻⁵	5 · 10 ⁻⁵ - 10 ⁻³	10 ⁻³ - 10 ¹		
UVC	180 - 280	1 mm para t < 0,3 s, 1,5 · t ^{0,375} para 0,3 < t < 10 s	$E = 3 \cdot 10^{10} \cdot [W m^{-2}]$ Véase nota ^c								
UVB	280 - 302									H = 30 [J m ⁻²]	
	303									H = 40 [J m ⁻²]	si t < 2,6 · 10 ⁻⁹ entonces H = 5,6 · 10 ³ t ^{0,25} [J m ⁻²], véase la nota ^d
	304									H = 60 [J m ⁻²]	si t < 1,3 · 10 ⁻⁸ entonces H = 5,6 · 10 ³ t ^{0,25} [J m ⁻²], véase la nota ^d
	305									H = 100 [J m ⁻²]	si t < 1,0 · 10 ⁻⁷ entonces H = 5,6 · 10 ³ t ^{0,25} [J m ⁻²], véase la nota ^d
	306									H = 160 [J m ⁻²]	si t < 6,7 · 10 ⁻⁷ entonces H = 5,6 · 10 ³ t ^{0,25} [J m ⁻²], véase la nota ^d
	307									H = 250 [J m ⁻²]	si t < 4,0 · 10 ⁻⁶ entonces H = 5,6 · 10 ³ t ^{0,25} [J m ⁻²], véase la nota ^d
	308									H = 400 [J m ⁻²]	si t < 2,6 · 10 ⁻⁵ entonces H = 5,6 · 10 ³ t ^{0,25} [J m ⁻²], véase la nota ^d
	309									H = 630 [J m ⁻²]	si t < 1,6 · 10 ⁻⁴ entonces H = 5,6 · 10 ³ t ^{0,25} [J m ⁻²], véase la nota ^d
	310									H = 10 ³ [J m ⁻²]	si t < 1,0 · 10 ⁻³ entonces H = 5,6 · 10 ³ t ^{0,25} [J m ⁻²], véase la nota ^d
	311									H = 1,6 · 10 ³ [J m ⁻²]	si t < 6,7 · 10 ⁻³ entonces H = 5,6 · 10 ³ t ^{0,25} [J m ⁻²], véase la nota ^d
312	H = 2,5 · 10 ³ [J m ⁻²]									si t < 4,0 · 10 ⁻² entonces H = 5,6 · 10 ³ t ^{0,25} [J m ⁻²], véase la nota ^d	
313	H = 4,0 · 10 ³ [J m ⁻²]									si t < 2,6 · 10 ⁻¹ entonces H = 5,6 · 10 ³ t ^{0,25} [J m ⁻²], véase la nota ^d	
314	H = 6,3 · 10 ³ [J m ⁻²]									si t < 1,6 · 10 ⁰ entonces H = 5,6 · 10 ³ t ^{0,25} [J m ⁻²], véase la nota ^d	
UVA	315 - 400	H = 5,6 · 10 ³ t ^{0,25} [J m ⁻²]									
Visible e IRA	400 - 700	H = 1,5 · 10 ⁻⁴ C _E [J m ⁻²]	H = 2,7 · 10 ⁴ t ^{0,75} C _E [J m ⁻²]	H = 5 · 10 ⁻³ C _E [J m ⁻²]		H = 18 · t ^{0,75} C _E [J m ⁻²]					
	700 - 1 050	H = 1,5 · 10 ⁻⁴ C _A C _E [J m ⁻²]	H = 2,7 · 10 ⁴ t ^{0,75} C _A C _E [J m ⁻²]	H = 5 · 10 ⁻³ C _A C _E [J m ⁻²]		H = 18 · t ^{0,75} C _A C _E [J m ⁻²]					
	1 050 - 1 400	H = 1,5 · 10 ⁻³ C _C C _E [J m ⁻²]	H = 2,7 · 10 ⁵ t ^{0,75} C _C C _E [J m ⁻²]	H = 5 · 10 ⁻² C _C C _E [J m ⁻²]		H = 90 · t ^{0,75} C _C C _E [J m ⁻²]					
IRB e	1 400 - 1 500	E = 10 ¹² [W m ⁻²]	Véase nota ^c	H = 10 ³ [J m ⁻²]		H = 5,6 · 10 ³ t ^{0,25} [J m ⁻²]					
	1 500 - 1 800	E = 10 ¹³ [W m ⁻²]	Véase nota ^c	H = 10 ⁴ [J m ⁻²]							
IRC	1 800 - 2 600	E = 10 ¹² [W m ⁻²]	Véase nota ^c	H = 10 ³ [J m ⁻²]		H = 5,6 · 10 ³ · t ^{0,25} [J m ⁻²]					
	2 600 - 10 ⁶	E = 10 ¹¹ [W m ⁻²]	Véase nota ^c	H = 100 [J m ⁻²]	H = 5,6 · 10 ³ · t ^{0,25} [J m ⁻²]						

a Si aparecen dos límites para la longitud de onda del láser, se aplicará el más restrictivo.
 b Cuando 1 400 ≤ λ < 10⁵ nm: diámetro de apertura = 1 mm para t ≤ 0,3 s y 1,5 t^{0,375} mm para 0,3 s < t < 10 s; cuando 10⁵ ≤ λ < 10⁶ nm: diámetro de apertura = 11 mm.
 c Habida cuenta de la falta de datos para estas duraciones de los pulsos, la ICNIRP recomienda la utilización de límites de irradiancia para 1 ns.
 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_{min} (enumerados en la tabla 2.6) deberán sumarse y el valor tiempo resultante deberá sustituirse por t en la fórmula: 5,6 · 10³ t^{0,25}.

Tabla 2.3

Valores límite de exposición de los ojos al láser — Exposiciones de mayor duración ≥ 10 s

Longitud de onda ^a [nm]		Apertura	Duración		
			10 ¹ - 10 ²	10 ² - 10 ⁴	10 ⁴ - 3 · 10 ⁴
UVC	180 - 280	3,5 mm	H = 30 [J m ⁻²]		
UVB	280 - 302				
	303				
	304				
	305				
	306				
	307				
	308				
	309				
	310				
	311				
312					
313					
314					
UVA	315 - 400	H = 10 ⁴ [J m ⁻²]			
Visible 400 - 700	400 - 600 Fotoquímica ^b Lesión de la retina	7 mm	H = 100 C _B [J m ⁻²] (γ = 11 mrad) ^d	E = 1 C _B [W m ⁻²]; (γ = 1,1 t ^{0,5} mrad) ^d	
	400 - 700 Térmica ^b Lesión de la retina		si α < 1,5 mrad si α > 1,5 mrad y t ≤ T ₂ si α > 1,5 mrad y t > T ₂	entonces E = 10 [W m ⁻²] entonces H = 18 C _E t ^{0,75} [J m ⁻²] entonces E = 18 C _E T ₂ ^{-0,25} [W m ⁻²]	
IRA	700 - 1 400	7 mm	si α < 1,5 mrad si α > 1,5 mrad y t ≤ T ₂ si α > 1,5 mrad y t > T ₂	entonces E = 10 C _A C _E [W m ⁻²] entonces H = 18 C _A C _E t ^{0,75} [J m ⁻²] entonces E = 18 C _A C _E T ₂ ^{-0,25} [W m ⁻²] (no deberá exceder de 1 000 W m ⁻²)	
IRB e IRC	1 400 - 10 ⁶	ver ^c	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 subtendan un ángulo igual o inferior a 1,5 mrad, los dos límites E para la radiación visible entre 400 nm y 600 nm se reducen a los límites térmicos para 10s ≤ t < T₁ y a los límites fotoquímicos para exposiciones mayores. Para T₁ y T₂ véase la tabla 2.5. El valor límite fotoquímico correspondiente al riesgo de lesión de la retina también puede expresarse como una radiancia integrada en el tiempo G = 10⁶ C_B [J m⁻² sr⁻¹] para t > 10 s hasta t = 10 000 s y L = 100 C_B [W m⁻² sr⁻¹] para t > 10 000 s. Para medir G y L, γ_m 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 nombres de la longitud de onda tiene por único objeto facilitar una mejor visión de conjunto al usuario. (La notación G la utiliza el CEN; la notación L_e, la CIE; y la notación L_p, la CEI y el CENELEC.)
c Para longitudes de onda entre 1400 y 10³ nm: diámetro de apertura = 3,5 mm; para longitudes de onda entre 10³ y 10⁶ nm: diámetro de apertura = 11 mm.
d Para medir el valor de exposición, la consideración de γ se define de la siguiente manera: Si α (ángulo subtendido de una fuente) > γ (ángulo cónico límite, indicado entre corchetes en la columna correspondiente) entonces al campo visual de medición γ_m debería dársele el valor de γ. (Si se emplea un campo visual de medición mayor, el riesgo resulta sobrevalorado.)
Si α < γ, entonces el tamaño del campo visual de medición γ_m deberá ser suficientemente amplio para incluir la fuente en su totalidad, pero no está limitado de otro modo y podría ser mayor que γ.

Tabla 2.4:

Valores límite de exposición de la piel al láser

Longitud de onda ^a [nm]		Apertura	Duración [s]					
			< 10 ⁻⁹	10 ⁻⁹ - 10 ⁻⁷	10 ⁻⁷ - 10 ⁻³	10 ⁻³ - 10 ¹	10 ¹ - 10 ³	10 ³ - 3 · 10 ⁴
UV (A, B, C)	180 - 400	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	400 - 700	3,5 mm	$E = 2 \cdot 10^{11} \text{ [W m}^{-2}\text{]}$	$H = 200 C_A \text{ [J m}^{-2}\text{]}$	$H = 1.1 \cdot 10^4 C_A t^{0,25} \text{ [J m}^{-2}\text{]}$	$E = 2 \cdot 10^3 C_A \text{ [W m}^{-2}\text{]}$		
	700 - 1 400		$E = 2 \cdot 10^{11} C_A \text{ [W m}^{-2}\text{]}$					
IRB e IRC	1 400 - 1 500	3,5 mm	$E = 10^{12} \text{ [W m}^{-2}\text{]}$	La misma que los límites de exposición para los ojos				
	1 500 - 1 800		$E = 10^{13} \text{ [W m}^{-2}\text{]}$					
	1 800 - 2 600		$E = 10^{12} \text{ [W m}^{-2}\text{]}$					
	2 600 - 10 ⁶		$E = 10^{11} \text{ [W m}^{-2}\text{]}$					

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	$t \leq 100$	$\gamma = 11 \text{ [mrad]}$
	$100 < t < 10^4$	$\gamma = 1,1 t^{0,5} \text{ [mrad]}$
	$t > 10^4$	$\gamma = 110 \text{ [mrad]}$

▼ B

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 μ s)
	$1\ 050 < \lambda \leq 1\ 400$	$T_{\min} = 50 \cdot 10^{-6}$ s (= 50 μ s)
	$1\ 400 < \lambda \leq 1\ 500$	$T_{\min} = 10^{-3}$ 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)