



# UNIÓN EUROPEA

EL PARLAMENTO EUROPEO

EL CONSEJO

Bruselas, 27 de enero de 2006  
(OR. en)

1992/0449 B (COD)  
C6-0001/2006

PE-CONS 3668/05

SOC 479  
CODEC 1111

## ACTOS LEGISLATIVOS Y OTROS INSTRUMENTOS

Asunto: Directiva del Parlamento Europeo y del Consejo 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 apartado 1 del artículo 16 de la Directiva 89/391/CEE)

Texto conjunto aprobado por el Comité de Conciliación contemplado en el apartado 4 del artículo 251 del Tratado.

**DIRECTIVA 2006/.../CE**  
**DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO**

**de**

**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 apartado 1 del artículo 16 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 el apartado 2 de su artículo 137,

Vista la propuesta de la Comisión<sup>1</sup>, presentada previa consulta al Comité consultivo para la seguridad y la salud en el trabajo,

Visto el dictamen del Comité Económico y Social Europeo<sup>2</sup>,

Prevía consulta al Comité de las Regiones,

De conformidad con el procedimiento establecido en el artículo 251 del Tratado<sup>3</sup>, a la vista del texto conjunto aprobado el [fecha de la carta] por el Comité de Conciliación,

---

<sup>1</sup> DO C 77 de 18.3.1993, p. 12 y DO C 230 de 19.8.1994, p. 3.

<sup>2</sup> DO C 249 de 13.9.1993, p. 28.

<sup>3</sup> 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).

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).
- (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<sup>1</sup> 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.

---

<sup>1</sup> DO C 260 de 15.10.1990, p. 167.

- (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)<sup>1</sup>. 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)<sup>2</sup>. 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)<sup>3</sup>.
- (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 sólo 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.

---

<sup>1</sup> DO L 177 de 6.7.2002, p. 13.

<sup>2</sup> DO L 42 de 15.2.2003, p. 38.

<sup>3</sup> DO L 159 de 30.4.2004, p. 1. Directiva 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 apartado 2 del artículo 6 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<sup>1</sup>, las medidas de protección colectivas tienen prioridad frente a las medidas de protección individuales.

---

<sup>1</sup> 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).

- (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 apartado 1 del artículo 16 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<sup>1</sup>.
- (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"<sup>2</sup>, 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:

---

<sup>1</sup> DO L 184 de 17.7.1999, p. 23.

<sup>2</sup> DO C 321 de 31.12.2003, p. 1.

## **SECCIÓN I**

### **DISPOSICIONES GENERALES**

#### *Artículo 1*

#### *Objeto y ámbito de aplicación*

1. La presente Directiva, que es la decimonovena Directiva específica con arreglo al apartado 1 del artículo 16 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 negativos 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 (780-1400 nm), IRB (1400-3000 nm) e IRC (3000 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;

- 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 ( $\text{W m}^{-2}$ );
- g) exposición radiante (H), la irradiancia integrada con respecto al tiempo, expresada en julios por metro cuadrado ( $\text{J m}^{-2}$ );
- 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 apartado 3 del artículo 6 y en el apartado 1 del artículo 9 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 apartado 3 del artículo 6 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 la letra a) del apartado 1 del artículo 9 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 apartado 1 del artículo 4, 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 señalizarán 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)<sup>1</sup>. 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 en ningún caso 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.

---

<sup>1</sup> DO L 245 de 26.8.1992, p. 23.

*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 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.
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 apartado 2 del artículo 137 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 apartado 2 del artículo 11.

### *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 apartado 6 del artículo 5 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...<sup>\*</sup>. 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.

---

<sup>\*</sup> 4 años después de la fecha de entrada en vigor de la presente Directiva.

*Artículo 16*  
*Destinatarios*

Los destinatarios de la presente Directiva son los Estados miembros.

Hecho en

*Por el Parlamento Europeo*  
*El Presidente*

*Por el Consejo*  
*El Presidente*

---

## 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.

$$\text{a) } H_{\text{eff}} = \int_0^t \int_{\lambda=180 \text{ nm}}^{\lambda=400 \text{ nm}} E_{\lambda}(\lambda, t) \cdot S(\lambda) \cdot d\lambda \cdot dt \quad (H_{\text{eff}} \text{ es pertinente únicamente en el intervalo de la longitud de onda entre 180 y 400 nm})$$

$$\text{b) } H_{\text{UVA}} = \int_0^t \int_{\lambda=315 \text{ nm}}^{\lambda=400 \text{ nm}} E_{\lambda}(\lambda, t) \cdot d\lambda \cdot dt \quad (H_{\text{UVA}} \text{ es pertinente únicamente en el intervalo de la longitud de onda entre 315 y 400 nm})$$

$$\text{c, d) } L_B = \int_{\lambda=300 \text{ nm}}^{\lambda=700 \text{ nm}} L_{\lambda}(\lambda) \cdot B(\lambda) \cdot d\lambda \quad (L_B \text{ es pertinente únicamente en el intervalo de la longitud de onda entre 300 y 700 nm})$$

$$\text{e, f) } E_B = \int_{\lambda=300 \text{ nm}}^{\lambda=700 \text{ nm}} E_{\lambda}(\lambda) \cdot B(\lambda) \cdot d\lambda \quad (E_B \text{ es pertinente únicamente en el intervalo de la longitud de onda entre 300 y 700 nm})$$

$$g \text{ a l) } L_R = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} L_{\lambda}(\lambda) \cdot R(\lambda) \cdot d\lambda \quad (\text{Véase la Tabla 1.1 para los valores adecuados de } \lambda_1 \text{ y } \lambda_2)$$

$$m, n) E_{IR} = \int_{\lambda=780 \text{ nm}}^{\lambda=3000 \text{ nm}} E_{\lambda}(\lambda) \cdot d\lambda \quad (E_{IR} \text{ es pertinente únicamente en el intervalo de la longitud de onda entre 780 y 3000 nm})$$

$$o) H_{piel} = \int_0^t \int_{\lambda=380 \text{ nm}}^{\lambda=3000 \text{ nm}} E_{\lambda}(\lambda, t) \cdot d\lambda \cdot dt \quad (H_{piel} \text{ es pertinente únicamente en el intervalo de la longitud de onda entre 380 y 3000 nm})$$

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:

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

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

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

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

$$g \text{ a l) } L_R = \sum_{\lambda_1}^{\lambda_2} L_{\lambda} \cdot R(\lambda) \cdot \Delta\lambda \quad (\text{Véase la Tabla 1.1 para los valores adecuados de } \lambda_1 \text{ y } \lambda_2)$$

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

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

### Notas:

$E_{\lambda}(\lambda, t)$ ,  $E_{\lambda}$  *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 [ $W m^{-2} nm^{-1}$ ]; los valores  $E_{\lambda}(\lambda, t)$  y  $E_{\lambda}$  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 [ $J m^{-2}$ ];

$E_{\text{UVA}}$	<i>irradiancia total (UVA)</i> : irradiancia calculada para el intervalo de las longitudes de onda UVA entre 315 y 400 nm, expresada en vatios por metro cuadrado [ $\text{W m}^{-2}$ ];
$H_{\text{UVA}}$	<i>exposición radiante</i> : 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 [ $\text{J m}^{-2}$ ];
$S(\lambda)$	<i>ponderación espectral</i> 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];
$t, \Delta t$	<i>tiempo, duración de la exposición</i> , expresado en segundos [s];
$\lambda$	<i>longitud de onda</i> : expresada en nanómetros [nm];
$\Delta \lambda$	<i>ancho de banda</i> : expresado en nanómetros [nm], intervalos de cálculo o de medida;
$L_{\lambda}(\lambda), L_{\lambda}$	<i>radiancia espectral de la fuente</i> , expresada en vatios por metro cuadrado por estereorradián por nanómetro [ $\text{W m}^{-2} \text{sr}^{-1} \text{nm}^{-1}$ ];
$R(\lambda)$	<i>ponderación espectral</i> 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];
$L_{\text{R}}$	<i>radiancia efectiva</i> (lesión por efecto térmico): radiancia calculada y ponderada espectralmente por $R(\lambda)$ , expresada en vatios por metro cuadrado por estereorradián [ $\text{W m}^{-2} \text{sr}^{-1}$ ];
$B(\lambda)$	<i>ponderación espectral</i> 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];
$L_{\text{B}}$	<i>radiancia efectiva (luz azul)</i> : radiancia calculada y ponderada espectralmente por $B(\lambda)$ , expresada en vatios por metro cuadrado por estereorradián [ $\text{W m}^{-2} \text{sr}^{-1}$ ];

$E_B$	<i>irradiancia efectiva (luz azul)</i> : irradiancia calculada y ponderada espectralmente por $B(\lambda)$ , expresada en vatios por metro cuadrado [ $W\ m^{-2}$ ];
$E_{IR}$	<i>irradiancia total (lesión por efecto térmico)</i> : irradiancia calculada para el intervalo de las longitudes de onda de infrarrojos entre 780 nm y 3000 nm, expresada en vatios por metro cuadrado [ $W\ m^{-2}$ ];
$E_{piel}$	<i>irradiancia total (visible, IRA e IRB)</i> : irradiancia calculada para el intervalo de las longitudes de onda visibles e infrarrojos entre 380 nm y 3000 nm, expresada en vatios por metro cuadrado [ $W\ m^{-2}$ ];
$H_{piel}$	<i>exposición radiante</i> , 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 3000 nm, expresada en julios por metro cuadrado [ $J\ m^{-2}$ ];
$\alpha$	<i>ángulo subtendido</i> : 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	$[\text{J m}^{-2}]$		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 nota 1	$L_B = \frac{10^6}{t}$ para $t \leq 10000 \text{ s}$	$L_B: [\text{W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}]$ t: [segundos]	para $\alpha \geq 11 \text{ mrad}$	ojos retina	fotorretinitis
d.	300-700 (Luz azul) véase nota 1	$L_B = 100$ para $t > 10000 \text{ s}$	$[\text{W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}]$			
e.	300-700 (Luz azul) véase nota 1	$E_B = \frac{100}{t}$ para $t \leq 10000 \text{ s}$	$E_B: [\text{W m}^{-2}]$ t: [segundos]	para $\alpha < 11 \text{ mrad}$ véase nota 2		
f.	300-700 (Luz azul) véase nota 1	$E_B = 0,01$ para $t > 10000 \text{ s}$	$[\text{W m}^{-2}]$			
g.	380-1400 (Visible e IRA)	$L_R = \frac{2,8 \times 10^7}{C_a}$ para $t > 10 \text{ s}$	$[\text{W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}]$	$C_a = 1,7$ para $\alpha \leq 1,7 \text{ mrad}$ $C_a = \alpha$ para $1,7 \leq \alpha \leq 100 \text{ mrad}$ $C_a = 100$ para $\alpha > 100 \text{ mrad}$ $\lambda_1 = 380; \lambda_2 = 1400$	ojos retina	quemadura de la retina
h.	380-1400 (Visible e IRA)	$L_R = \frac{5 \times 10^7}{C_a t^{0.25}}$ para $10 \mu\text{s} \leq t \leq 10 \text{ s}$	$L_R: [\text{W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}]$ t: [segundos]			
i.	380-1400 (Visible e IRA)	$L_R = \frac{8,89 \times 10^8}{C_a}$ para $t < 10 \mu\text{s}$	$[\text{W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}]$			



Orden	Longitud de onda nm	Valores límite de exposición	Unidades	Observación	Partes del cuerpo	Riesgo
j.	780-1400 (IRA)	$L_R = \frac{6 \times 10^6}{C_\alpha}$ 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) $\lambda_1 = 780$ ; $\lambda_2 = 1400$	ojos retina	quemadura de la retina
k.	780-1400 (IRA)	$L_R = \frac{5 \times 10^7}{C_\alpha t^{0.25}}$ para $10 \mu s \leq t \leq 10$ s	$L_R$ : $[W m^{-2} sr^{-1}]$ t: [segundos]			
l.	780-1400 (IRA)	$L_R = \frac{8,89 \times 10^8}{C_\alpha}$ para $t < 10 \mu s$	$[W m^{-2} sr^{-1}]$			
m.	780-3000 (IRA e IRB)	$E_{IR} = 18000 t^{0.75}$ para $t \leq 1000$ s	E: $[W m^{-2}]$ t: [segundos]		ojos córnea cristalino	quemadura de la córnea cataratas
n.	780-3000 (IRA e IRB)	$E_{IR} = 100$ para $t > 1000$ s	$[W m^{-2}]$			
o.	380-3000 (Visible, IRA e IRB)	$H_{piel} = 2000 t^{0.25}$ 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 formula:  $t_{max} = 100 / E_B$  con  $E_B$  en  $W m^{-2}$ . Debido a los movimientos oculares durante las funciones visuales normales este valor no es superior a 100s.

Tabla 1.2: S ( $\lambda$ ) [sin dimensiones], 180 nm a 400 nm

$\lambda$ en nm	S ( $\lambda$ )	$\lambda$ en nm	S ( $\lambda$ )	$\lambda$ en nm	S ( $\lambda$ )	$\lambda$ en nm	S ( $\lambda$ )	$\lambda$ en nm	S ( $\lambda$ )
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 ( $\lambda$ ), R ( $\lambda$ ) [sin dimensiones], 380 nm a 1400 nm

$\lambda$ en nm	B ( $\lambda$ )	R ( $\lambda$ )
$300 \leq \lambda < 380$	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
$1\,150 < \lambda \leq 1\,200$	—	$0,2 \cdot 10^{0,02 \cdot (1150 - \lambda)}$
$1\,200 < \lambda \leq 1\,400$	—	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 [m<sup>2</sup>];*

$E(t), E$	<i>irradiancia o densidad de potencia</i> : la potencia radiante por unidad de área que incide sobre una superficie, expresada en general en vatios por metro cuadrado [ $\text{W m}^{-2}$ ]. Los valores $E(t)$ , $E$ proceden de mediciones o puede facilitarlos el fabricante del equipo;
$H$	<i>exposición radiante</i> : la integral con respecto al tiempo de la irradiancia, expresada en julios por metro cuadrado [ $\text{J m}^{-2}$ ];
$t$	<i>tiempo</i> : duración de la exposición, expresada en segundos [s];
$\lambda$	<i>longitud de onda</i> , expresada en nanómetros [nm];
$\gamma$	<i>ángulo del cono límite del campo visual de medición</i> , expresado en miliradianes [mrad];
$\gamma_m$	<i>campo visual de medición</i> , expresado en miliradianes [mrad];
$\alpha$	<i>ángulo subtendido</i> de una fuente, expresado en miliradianes [mrad];  <i>abertura límite</i> : la superficie circular sobre la que se calculan los promedios de la irradiancia y la exposición radiante;
$G$	<i>radiancia integrada</i> : 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 [ $\text{J m}^{-2} \text{sr}^{-1}$ ].

Tabla 2.1: Riesgos derivados de las radiaciones

Longitud de onda [nm] $\lambda$	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 <sup>6</sup>	IRC	ojos	Lesiones térmicas	2.2
1 400-10 <sup>6</sup>	IRB, IRC	ojos	Lesiones térmicas	2.3
1 400-10 <sup>6</sup>	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 <sup>a</sup> [nm]		Apertura	Duración [s]						
			10 <sup>-13</sup> - 10 <sup>-11</sup>	10 <sup>-11</sup> - 10 <sup>-9</sup>	10 <sup>-9</sup> - 10 <sup>-7</sup>	10 <sup>-7</sup> - 1,8 · 10 <sup>-5</sup>	1,8 · 10 <sup>-5</sup> - 5 · 10 <sup>-5</sup>	5 · 10 <sup>-5</sup> - 10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-3</sup> – 10 <sup>1</sup>
UVC	180 - 280	1 mm para t<0,3 s; 1,5 · t <sup>0,375</sup> para 0,3<t<10 s	E = 3 · 10 <sup>10</sup> · [W m <sup>-2</sup> ] Véase nota <sup>c</sup>		H = 30 [J m <sup>-2</sup> ]				
UVB	280 - 302				H = 40 [J m <sup>-2</sup> ]	si t < 2,6 · 10 <sup>-9</sup> entonces H = 5,6 · 10 <sup>3</sup> t <sup>0,25</sup> [J m <sup>-2</sup> ], véase nota <sup>d</sup>			
	303				H = 60 [J m <sup>-2</sup> ]	si t < 1,3 · 10 <sup>-8</sup> entonces H = 5,6 · 10 <sup>3</sup> t <sup>0,25</sup> [J m <sup>-2</sup> ], véase nota <sup>d</sup>			
	304				H = 100 [J m <sup>-2</sup> ]	si t < 1,0 · 10 <sup>-7</sup> entonces H = 5,6 · 10 <sup>3</sup> t <sup>0,25</sup> [J m <sup>-2</sup> ], véase nota <sup>d</sup>			
	305				H = 160 [J m <sup>-2</sup> ]	si t < 6,7 · 10 <sup>-7</sup> entonces H = 5,6 · 10 <sup>3</sup> t <sup>0,25</sup> [J m <sup>-2</sup> ], véase nota <sup>d</sup>			
	306				H = 250 [J m <sup>-2</sup> ]	si t < 4,0 · 10 <sup>-6</sup> entonces H = 5,6 · 10 <sup>3</sup> t <sup>0,25</sup> [J m <sup>-2</sup> ], véase nota <sup>d</sup>			
	307				H = 400 [J m <sup>-2</sup> ]	si t < 2,6 · 10 <sup>-5</sup> entonces H = 5,6 · 10 <sup>3</sup> t <sup>0,25</sup> [J m <sup>-2</sup> ], véase nota <sup>d</sup>			
	308				H = 630 [J m <sup>-2</sup> ]	si t < 1,6 · 10 <sup>-4</sup> entonces H = 5,6 · 10 <sup>3</sup> t <sup>0,25</sup> [J m <sup>-2</sup> ], véase nota <sup>d</sup>			
	309				H = 10 <sup>3</sup> [J m <sup>-2</sup> ]	si t < 1,0 · 10 <sup>-3</sup> entonces H = 5,6 · 10 <sup>3</sup> t <sup>0,25</sup> [J m <sup>-2</sup> ], véase nota <sup>d</sup>			
	310				H = 1,6 · 10 <sup>3</sup> [J m <sup>-2</sup> ]	si t < 6,7 · 10 <sup>-3</sup> entonces H = 5,6 · 10 <sup>3</sup> t <sup>0,25</sup> [J m <sup>-2</sup> ], véase nota <sup>d</sup>			
	311				H = 2,5 · 10 <sup>3</sup> [J m <sup>-2</sup> ]	si t < 4,0 · 10 <sup>-2</sup> entonces H = 5,6 · 10 <sup>3</sup> t <sup>0,25</sup> [J m <sup>-2</sup> ], véase nota <sup>d</sup>			
	312				H = 4,0 · 10 <sup>3</sup> [J m <sup>-2</sup> ]	si t < 2,6 · 10 <sup>-1</sup> entonces H = 5,6 · 10 <sup>3</sup> t <sup>0,25</sup> [J m <sup>-2</sup> ], véase nota <sup>d</sup>			
	313				H = 6,3 · 10 <sup>3</sup> [J m <sup>-2</sup> ]	si t < 1,6 · 10 <sup>0</sup> entonces H = 5,6 · 10 <sup>3</sup> t <sup>0,25</sup> [J m <sup>-2</sup> ], véase nota <sup>d</sup>			
	314								
UVA	315 - 400				H = 5,6 · 10 <sup>3</sup> t <sup>0,25</sup> [J m <sup>-2</sup> ]				
Visible e IRA	400 - 700	7 mm	H = 1,5 · 10 <sup>-4</sup> C <sub>E</sub> [J m <sup>-2</sup> ]	H = 2,7 · 10 <sup>4</sup> t <sup>0,75</sup> C <sub>E</sub> [J m <sup>-2</sup> ]	H = 5 · 10 <sup>-3</sup> C <sub>E</sub> [J m <sup>-2</sup> ]		H = 18 · t <sup>0,75</sup> C <sub>E</sub> [J m <sup>-2</sup> ]		
	700 - 1 050		H=1,5 · 10 <sup>-4</sup> C <sub>A</sub> C <sub>E</sub> [J m <sup>-2</sup> ]	H=2,7 · 10 <sup>4</sup> t <sup>0,75</sup> C <sub>A</sub> C <sub>E</sub> [J m <sup>-2</sup> ]	H = 5 · 10 <sup>-3</sup> C <sub>A</sub> C <sub>E</sub> [J m <sup>-2</sup> ]		H = 18 · t <sup>0,75</sup> C <sub>A</sub> C <sub>E</sub> [J m <sup>-2</sup> ]		
	1 050- 1 400		H=1,5 · 10 <sup>-3</sup> C <sub>C</sub> C <sub>E</sub> [J m <sup>-2</sup> ]	H=2,7 · 10 <sup>5</sup> t <sup>0,75</sup> C <sub>C</sub> C <sub>E</sub> [J m <sup>-2</sup> ]	H = 5 · 10 <sup>-2</sup> C <sub>C</sub> C <sub>E</sub> [J m <sup>-2</sup> ]		H = 90 · t <sup>0,75</sup> C <sub>C</sub> C <sub>E</sub> [J m <sup>-2</sup> ]		
IRB e IRC	1 400 - 1 500	Véase nota <sup>b</sup>	E = 10 <sup>12</sup> [W m <sup>-2</sup> ] Véase nota <sup>c</sup>		H = 10 <sup>3</sup> [J m <sup>-2</sup> ]			H=5,6 · 10 <sup>3</sup> · t <sup>0,25</sup> [J m <sup>-2</sup> ]	
	1 500 - 1 800		E = 10 <sup>13</sup> [W m <sup>-2</sup> ] Véase nota <sup>c</sup>		H = 10 <sup>4</sup> [J m <sup>-2</sup> ]				
	1 800 - 2 600		E = 10 <sup>12</sup> [W m <sup>-2</sup> ] Véase nota <sup>c</sup>		H = 10 <sup>3</sup> [J m <sup>-2</sup> ]			H=5,6 · 10 <sup>3</sup> · t <sup>0,25</sup> [J m <sup>-2</sup> ]	
	2 600 - 10 <sup>6</sup>		E = 10 <sup>11</sup> [W m <sup>-2</sup> ] Véase nota <sup>c</sup>		H=100 [J m <sup>-2</sup> ]	H = 5,6 · 10 <sup>3</sup> · t <sup>0,25</sup> [J m <sup>-2</sup> ]			

a Si aparecen dos límites para la longitud de onda del láser, se aplicará el más restrictivo.

b Cuando  $1\,400 \leq \lambda < 10^5$  nm: diámetro de apertura = 1 mm para  $t \leq 0,3$  s y  $1,5 t^{0,375}$  mm para  $0,3 < t < 10$  s; cuando  $10^5 \leq \lambda < 10^6$  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:  $5,6 \cdot 10^3 t^{0,25}$ .

**Tabla 2.3** Valores límite de exposición de los ojos al láser Exposiciones de mayor duración  $\geq 10$  s

Longitud de onda <sup>a</sup> [nm]		Apertura	Duración		
			$10^1 - 10^2$	$10^2 - 10^4$	$10^4 - 3 \cdot 10^4$
UVC	180 - 280	3,5 mm	$H = 30 \text{ [J m}^{-2}\text{]}$		
UVB	280 - 302		$H = 40 \text{ [J m}^{-2}\text{]}$		
	303		$H = 60 \text{ [J m}^{-2}\text{]}$		
	304		$H = 100 \text{ [J m}^{-2}\text{]}$		
	305		$H = 160 \text{ [J m}^{-2}\text{]}$		
	306		$H = 250 \text{ [J m}^{-2}\text{]}$		
	307		$H = 400 \text{ [J m}^{-2}\text{]}$		
	308		$H = 630 \text{ [J m}^{-2}\text{]}$		
	309		$H = 1,0 \cdot 10^3 \text{ [J m}^{-2}\text{]}$		
	310		$H = 1,6 \cdot 10^3 \text{ [J m}^{-2}\text{]}$		
	311		$H = 2,5 \cdot 10^3 \text{ [J m}^{-2}\text{]}$		
	312		$H = 4,0 \cdot 10^3 \text{ [J m}^{-2}\text{]}$		
	313		$H = 6,3 \cdot 10^3 \text{ [J m}^{-2}\text{]}$		
	314		$H = 10^4 \text{ [J m}^{-2}\text{]}$		
UVA	315 - 400		$H = 10^4 \text{ [J m}^{-2}\text{]}$		
Visible 400 - 700	400 - 600 Fotoquímica <sup>b</sup> Lesión de la retina	7 mm	$H = 100 C_B \text{ [J m}^{-2}\text{]}$ ( $\gamma = 11 \text{ mrad}$ ) <sup>d</sup>	$E = 1 C_B \text{ [W m}^{-2}\text{]}; (\gamma = 1,1 t^{0,5} \text{ mrad})^d$	$E = 1 C_B \text{ [W m}^{-2}\text{]}$ ( $\gamma = 110 \text{ mrad}$ ) <sup>d</sup>
	400 - 700 Térmica <sup>b</sup> Lesión de la retina		si $\alpha < 1,5 \text{ mrad}$ entonces $E = 10 \text{ [W m}^{-2}\text{]}$ si $\alpha > 1,5 \text{ mrad}$ y $t \leq T_2$ entonces $H = 18 C_E t^{0,75} \text{ [J m}^{-2}\text{]}$ si $\alpha > 1,5 \text{ mrad}$ y $t > T_2$ entonces $E = 18 C_E T_2^{-0,25} \text{ [W m}^{-2}\text{]}$		
IRA	700 - 1 400	7 mm	si $\alpha < 1,5 \text{ mrad}$ entonces $E = 10 C_A C_C \text{ [W m}^{-2}\text{]}$ si $\alpha > 1,5 \text{ mrad}$ y $t \leq T_2$ entonces $H = 18 C_A C_C C_E t^{0,75} \text{ [J m}^{-2}\text{]}$ si $\alpha > 1,5 \text{ mrad}$ y $t > T_2$ entonces $E = 18 C_A C_C C_E T_2^{-0,25} \text{ [W m}^{-2}\text{]}$ (no deberá exceder de $1000 \text{ W m}^{-2}$ )		
IRB e IRC	$1\,400 - 10^6$	ver <sup>e</sup>	$E = 1000 \text{ [W m}^{-2}\text{]}$		



- a Si aparecen dos límites para la longitud de onda u otra característica del láser, se aplicará el más restrictivo.
- b En el caso de fuentes pequeñas que subtiendan 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  $10s \leq t < T_1$  y a los límites fotoquímicos para exposiciones mayores. Para  $T_1$  y  $T_2$  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  $G = 10^6 C_B [J m^{-2} sr^{-1}]$  para  $t > 10s$  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,  $\gamma_m$  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  $L_t$ , la CIE; y la notación  $L_p$ , la CEI y el CENELEC.)
- c Para longitudes de onda entre 1400 y  $10^5$  nm: diámetro de apertura = 3,5 mm; para longitudes de onda entre  $10^5$  y  $10^6$  nm: diámetro de apertura = 11 mm.
- d Para medir el valor de exposición, la consideración de  $\gamma$  se define de la siguiente manera: Si  $\alpha$  (ángulo subtendido de una fuente)  $> \gamma$  (ángulo cónico límite, indicado entre corchetes en la columna correspondiente) entonces al campo visual de medición  $\gamma_m$  debería dársele el valor de  $\gamma$ . (Si se emplea un campo visual de medición mayor, el riesgo resulta sobrevalorado).  
Si  $\alpha < \gamma$ , entonces el tamaño del campo visual de medición  $\gamma_m$  deberá ser suficientemente amplio para incluir la fuente en su totalidad, pero no está limitado de otro modo y podría ser mayor que  $\gamma$ .

**Tabla 2.4:** Valores límite de exposición de la piel al láser

Longitud de onda <sup>a</sup> [nm]		Apertura	Duración [s]					
			$< 10^{-9}$	$10^{-9} - 10^{-7}$	$10^{-7} - 10^{-3}$	$10^{-3} - 10^1$	$10^1 - 10^3$	$10^3 - 3 \cdot 10^4$
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	$E = 2 \cdot 10^{11} \text{ [W m}^{-2}\text{]}$	$H=200 C_A$	$H = 1.1 \cdot 10^4 C_A t^{0,25}$		$E = 2 \cdot 10^3 C_A \text{ [W m}^{-2}\text{]}$	
	700-1 400		$E = 2 \cdot 10^{11} C_A \text{ [W m}^{-2}\text{]}$	$\text{[J m}^{-2}\text{]}$	$\text{[J m}^{-2}\text{]}$			
IRB e IRC	1 400-1 500		$E = 10^{12} \text{ [W m}^{-2}\text{]}$	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 <sup>6</sup>		$E = 10^{11} \text{ [W m}^{-2}\text{]}$					

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	$C_C = 10^{0,018(\lambda - 1150)}$
	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
$\alpha_{\min}$	todos los efectos térmicos	$\alpha_{\min} = 1,5 \text{ mrad}$
Parámetro que utiliza la ICNIRP	Intervalo de ángulos válidos (mrad)	Valor
$C_E$	$\alpha < \alpha_{\min}$	$C_E = 1,0$
	$\alpha_{\min} < \alpha < 100$	$C_E = \alpha / \alpha_{\min}$
	$\alpha > 100$	$C_E = \alpha^2 / (\alpha_{\min} \cdot \alpha_{\max}) \text{ mrad}$ siendo $\alpha_{\max} = 100 \text{ mrad}$
$T_2$	$\alpha < 1,5$	$T_2 = 10 \text{ s}$
	$1,5 < \alpha < 100$	$T_2 = 10 \cdot [10^{(\alpha - 1,5) / 98,5}] \text{ s}$
	$\alpha > 100$	$T_2 = 100 \text{ s}$
Parámetro que utiliza la ICNIRP	Intervalo de tiempos de exposición válidos (s)	Valor
$\gamma$	$t \leq 100$	$\gamma = 11 \text{ [mrad]}$
	$100 < t < 10^4$	$\gamma = 1,1 t^{0,5} \text{ [mrad]}$
	$t > 10^4$	$\gamma = 110 \text{ [mrad]}$

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 sólo 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
$T_{\min}$	$315 < \lambda \leq 400$	$T_{\min} = 10^{-9} \text{ s}$ (= 1 ns)
	$400 < \lambda \leq 1\,050$	$T_{\min} = 18 \cdot 10^{-6} \text{ s}$ (= 18 $\mu\text{s}$ )
	$1\,050 < \lambda \leq 1\,400$	$T_{\min} = 50 \cdot 10^{-6} \text{ s}$ (= 50 $\mu\text{s}$ )
	$1\,400 < \lambda \leq 1\,500$	$T_{\min} = 10^{-3} \text{ s}$ (= 1 ms)
	$1\,500 < \lambda \leq 1\,800$	$T_{\min} = 10 \text{ s}$
	$1\,800 < \lambda \leq 2\,600$	$T_{\min} = 10^{-3} \text{ s}$ (= 1 ms)
	$2\,600 < \lambda \leq 10^6$	$T_{\min} = 10^{-7} \text{ s}$ (= 100 ns)