

## **TEMA 57**

### **REAL DECRETO 486/2010, DE 23 DE ABRIL, SOBRE LA PROTECCIÓN DE LA SALUD Y LA SEGURIDAD DE LOS TRABAJADORES CONTRA LOS RIESGOS RELACIONADOS CON LA EXPOSICIÓN A RADIACIONES ÓPTICAS ARTIFICIALES. GUÍA TÉCNICA PARA LA EVALUACIÓN Y PREVENCIÓN DE RIESGOS RELACIONADOS CON LA EXPOSICIÓN A RADIACIONES ÓPTICAS ARTIFICIALES EN LOS LUGARES DE TRABAJO**

Las radiaciones ópticas toman su nombre del latín "*opticus*" cuyo significado es "relativo a la visión". Este fenómeno bien conocido por el ser humano bajo el término de "luz", resulta imprescindible para que el ojo pueda percibir el entorno que le rodea. No obstante, esta propiedad solo es característica de una parte del espectro óptico (rango visible). El sol es una fuente de luz de origen natural pero también existen múltiples fuentes artificiales tanto en el entorno doméstico (lámparas incandescentes, calentadores de infrarrojos...) como en el ámbito laboral (lámparas germicidas, láser, masas incandescentes...).

Las radiaciones ópticas junto con los campos electromagnéticos, las radiaciones ionizantes, el ruido, las vibraciones y el ambiente térmico forman parte de los denominados "agentes físicos". Es decir, distintas manifestaciones de la energía que pueden ocasionar daños en la salud y, por tanto, se hace necesario elaborar una legislación específica dentro del marco de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales (en adelante, LPRL).

Este tema se ha elaborado incluyendo el contenido esencial del articulado del Real Decreto 486/2010, de 23 de abril, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a radiaciones ópticas artificiales (en adelante, RD-RO), así como las aportaciones fundamentales de su guía técnica. No obstante, se recomienda complementar su estudio con la lectura de ambos documentos.

#### **1. REAL DECRETO 486/2010, DE 23 DE ABRIL, SOBRE LA PROTECCIÓN DE LA SALUD Y LA SEGURIDAD DE LOS TRABAJADORES CONTRA LOS RIESGOS RELACIONADOS CON LA EXPOSICIÓN A RADIACIONES ÓPTICAS ARTIFICIALES**

Este real decreto constituye una norma de desarrollo reglamentario de la LPRL y supone la incorporación al derecho nacional de la Directiva 2006/25/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 5 de abril de 2006, sobre las disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la exposición de los trabajadores a riesgos derivados de los agentes físicos (radiaciones ópticas artificiales).

El RD-RO consta de:

- Articulado.  
Donde se detalla el objeto, las definiciones, el ámbito de aplicación, los valores límites de exposición, las disposiciones para reducir o evitar la exposición, la evaluación de riesgos, la limitación de la exposición, las sanciones y las obligaciones de la empresa en materia de: formación e información, consulta y participación y vigilancia de la salud.
- Una disposición adicional.

En la que se mandata al Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo, en adelante INSST, a elaborar y mantener actualizada una guía técnica (en adelante, GT-RO) de carácter no vinculante al amparo de lo dispuesto en el artículo 5.3 del Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención (en adelante, RSP).

- Una disposición derogatoria única.

Por la que se deroga cualquier disposición de igual o inferior rango que se oponga a lo previsto en este real decreto.

- Cuatro disposiciones finales.

Relativas al Título competencial y la habilitación para el desarrollo reglamentario, la incorporación al derecho nacional de la directiva europea antes citada y la entrada en vigor de la norma.

- Dos anexos.

Un anexo específico para radiaciones ópticas incoherentes y otro para radiaciones ópticas láser. En cada uno se describen las magnitudes físicas correspondientes para evaluar el riesgo, sus valores límite de exposición y los respectivos efectos adversos para la salud frente a los que protegen.

En relación con el cuerpo dispositivo del RD-RO, son especialmente relevantes los artículos 2, 3, 4, 5, 6 y 7 ya que en ellos se abordan aspectos fundamentales para la adecuada comprensión y aplicación de la norma.

A continuación, se incluye el contenido esencial del articulado del RD-RO.

### **Artículo 1. Objeto**

El objeto de este real decreto es establecer las disposiciones mínimas para la protección contra los riesgos para la salud y la seguridad derivados o que puedan derivarse de la exposición a las radiaciones ópticas artificiales durante el trabajo.

### **Artículo 2. Definiciones**

Incluye las siguientes definiciones:

a) Radiación óptica: Toda radiación electromagnética cuya longitud de onda esté comprendida entre 100 nm y 1 mm. Se divide en las siguientes bandas:

1º. Radiación ultravioleta: Comprendida entre 100 nm y 400 nm.

2º. Radiación visible: Comprendida entre 380 nm y 780 nm.

3º. Radiación infrarroja: Comprendida entre 780 nm y 1 mm.

b) Láser: Todo dispositivo capaz de producir radiación óptica 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 procedente de fuentes artificiales basados en los efectos sobre la salud comprobados. El cumplimiento de estos límites protege frente a los efectos nocivos conocidos para la salud.

f) Irradiancia (E) o densidad de potencia: La potencia radiante que incide, por unidad de área, sobre una superficie, expresada en vatios por metro cuadrado ( $W/m^2$ ).

g) Exposición radiante (H): La irradiancia integrada con respecto al tiempo, expresada en julios por metro cuadrado ( $J/m^2$ ).

h) Radiancia (L): El flujo radiante o la potencia radiante emitida por unidad de ángulo sólido y por unidad de área, expresada en vatios por metro cuadrado por estereorradián ( $W/(m^2 \cdot sr)$ ).

i) Nivel: La combinación de irradiancia, exposición radiante y radiancia a la que esté expuesta una persona en el ámbito laboral.

### **Artículo 3. Ámbito de aplicación**

En este artículo se indica que las disposiciones se aplican a las actividades en las que las personas trabajadoras estén o puedan estar expuestas a las radiaciones ópticas artificiales durante su trabajo, limitándose a los efectos nocivos en los ojos y en la piel.

### **Artículo 4. Disposiciones encaminadas a evitar o a reducir la exposición**

Las disposiciones encaminadas a evitar o a reducir la exposición se orientan a eliminar el riesgo en su origen o reducirlo al nivel más bajo posible, teniendo en cuenta los avances técnicos y las medidas de control del riesgo en su origen de conformidad con los principios de la acción preventiva indicados en el artículo 15 de la LPRL.

En este artículo se establece que si la evaluación de riesgos revela la posibilidad de que se superen los valores límite de exposición, la empresa elaborará y aplicará un plan de acción, que se integrará en la planificación de la actividad preventiva, donde se incluirán medidas técnicas y/u organizativas destinadas a impedir que la exposición supere dichos valores límite, considerando en particular:

- a) otros métodos de trabajo;
- b) la elección de equipos que generen menores niveles de radiación óptica;
- c) medidas técnicas para reducir la radiación óptica (cerramientos, blindajes o mecanismos similares);
- d) programas apropiados de mantenimiento de los equipos, lugares y puestos de trabajo;
- e) el diseño de los lugares y puestos de trabajo;
- f) la limitación de la duración y del nivel de la exposición;
- g) la disponibilidad de protección individual;
- h) las instrucciones del equipo;

También se indica que cuando se superen los valores límite establecidos en esta normativa se señalarán los lugares de trabajo de conformidad con lo dispuesto en el Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo. Asimismo, cuando sea posible y necesario, se limitará el acceso.

Por último, el artículo menciona la obligación de adaptar las medidas a las necesidades de las personas trabajadoras especialmente sensibles.

### **Artículo 5. Valores límite de exposición**

En este artículo se indica que los valores límite de exposición a la radiación incoherente se establecen en el apartado A del anexo I y los correspondientes a la radiación láser en el apartado A del anexo II.

### **Artículo 6. Evaluación de los riesgos**

Cuando las personas trabajadoras estén expuestas a fuentes artificiales de radiación óptica, la empresa deberá evaluar los niveles de radiación para reducir la exposición a los límites aplicables. La medición de los niveles no será necesaria en los casos en que la directa apreciación profesional acreditada permita llegar a una conclusión sin necesidad de la misma teniendo en cuenta, en su caso, para el cálculo de dichos niveles, los datos facilitados en los manuales de instrucciones de los equipos conforme a la normativa de seguridad en el producto.

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 y, cuando éstas no sean de aplicación, a los métodos o criterios a los que se refiere el artículo 5.3 del RSP.

Estas evaluaciones se revisarán con la periodicidad establecida con el artículo 6 del RSP y serán realizadas por personal cualificado para el desempeño de funciones de nivel superior con la especialidad de higiene industrial.

Los datos obtenidos de la evaluación se documentarán y conservarán de manera que permita su consulta posterior, ajustándose a lo dispuesto en el artículo 23 de la LPRL y en el artículo 7 del RSP.

De conformidad con los artículos 14 y 15 de la LPRL, la evaluación de riesgos deberá realizarse prestando atención:

- a) el nivel, el intervalo de longitudes de onda y la duración de la exposición;
- b) los valores límite de exposición establecidos;
- c) los posibles efectos en la salud y la seguridad de las personas especialmente sensibles;
- d) los posibles efectos en la salud y la seguridad debidos a las interacciones con las sustancias químicas fotosensibilizantes;
- e) los posibles efectos indirectos (deslumbramiento, explosión, incendio);
- f) la existencia de equipos con niveles de emisión inferiores;
- g) la información derivada de la vigilancia de la salud, incluida la información científico-técnica publicada;
- h) la exposición a múltiples fuentes de radiaciones ópticas artificiales;
- i) la clasificación de un láser con arreglo a la norma UNE EN 60825-1«Seguridad de los productos láser. Parte 1: Clasificación del equipo y requisitos» y, cualquier clasificación análoga referida a otra fuente de radiación óptica artificial capaz de ocasionar lesiones similares a un láser de clase 3B o 4;
- j) los manuales de instrucciones de las fuentes de radiación óptica y equipos de trabajo.

### **Artículo 7. Limitación de exposición**

En este artículo se establece que no se deberán superar los valores límite y en caso de comprobarse dicha superación la empresa deberá:

- a) tomar inmediatamente medidas para evitar la superación;
- b) determinar las causas de la sobreexposición;
- c) corregir las medidas de prevención y protección, evitando una reincidencia;
- d) informar a los delegados de prevención.

### **Artículo 8. Información y formación de los trabajadores**

La empresa deberá informar y formar al personal y sus representantes sobre el resultado de la evaluación de riesgos de conformidad con los artículos 18 y 19 de la LPRL, en particular sobre:

- a) las medidas tomadas;
- b) los valores límite de exposición establecidos y los riesgos potenciales asociados;
- c) los resultados de la evaluación, junto con una explicación de su significado;
- d) la forma de detectar los efectos nocivos para la salud e informar sobre ellos;
- e) las circunstancias que dan derecho a una vigilancia de la salud, y la finalidad de esta;
- f) las prácticas de trabajo seguras;
- g) el uso correcto de los equipos de protección individual.

### **Artículo 9. Consulta y participación de los trabajadores**

La consulta y la participación por medio de la representación laboral se realizará de conformidad con el artículo 18 de la LPRL.

### **Artículo 10. Vigilancia de la salud**

La empresa garantizará una adecuada vigilancia de la salud, tal y como se contempla en el artículo 22 de la LPRL, con el fin de la detección precoz de cualquier efecto nocivo, así como de la prevención de cualquier riesgo o de enfermedad crónica.

Cuando se detecte una exposición que supere los valores límite, las personas afectadas tendrán derecho a un examen médico. También lo tendrán las personas que padezcan un efecto nocivo consecuencia de la exposición a radiaciones ópticas artificiales en el trabajo.

En los supuestos anteriores, el personal sanitario competente de la organización preventiva que haya adoptado la empresa propondrá a las personas expuestas un examen médico, les comunicará su resultado y cualquier medida a la que deban someterse tras el cese de la exposición. Así mismo, informará a la empresa de cualquier resultado significativo.

Por su parte, la empresa deberá revisar la evaluación de riesgos y adoptar las medidas necesarias para la reducción del riesgo, teniendo en cuenta las recomendaciones del médico responsable de la vigilancia de la salud. También deberá disponer una vigilancia de las demás personas que hayan sufrido una exposición similar.

La vigilancia de la salud incluirá la elaboración y actualización de la historia clínico-laboral, manteniendo su confidencialidad. La persona trabajadora tendrá acceso, previa solicitud, al historial que le afecte personalmente.

## **Artículo 11. Infracciones y sanciones**

Los incumplimientos a lo dispuesto en este real decreto serán sancionados con arreglo a lo dispuesto en la Ley de Infracciones y Sanciones en el Orden Social.

## **2. GUÍA TÉCNICA PARA LA EVALUACIÓN Y PREVENCIÓN DE RIESGOS RELACIONADOS CON LA EXPOSICIÓN A RADIACIONES ÓPTICAS ARTIFICIALES EN LOS LUGARES DE TRABAJO**

Las guías del INSST proporcionan criterios y recomendaciones que pueden facilitar a la empresa y a los/las responsables de prevención la interpretación y aplicación de la norma legal que las mandata, especialmente en lo que se refiere a la evaluación de riesgos para la salud y en lo concerniente a las medidas preventivas aplicables.

En particular, la GT-RO cuenta con cuatro partes:

- Introducción.
- Desarrollo y comentarios al RD-RO.
- Apéndices:
  1. Definiciones.
  2. Clasificaciones de riesgo. Uso de los datos del fabricante.
  3. Efectos de las radiaciones ópticas sobre la salud.
  4. Valores límite de exposición
  5. Evaluación de la exposición.
  6. EPI frente a radiaciones ópticas artificiales: selección y uso
  7. Exposición a radiación óptica de origen natural
  8. Consideraciones específicas para la pequeña empresa
- Fuentes de información.

Se ha de tener presente que la redacción de apéndices en las guías tiene como objeto desarrollar con mayor profundidad algunos aspectos tratados en los comentarios al articulado.

En este segundo epígrafe, se resumen las aportaciones fundamentales proporcionadas por la GT-RO en los artículos más relevantes del texto legal, incorporando una síntesis de los contenidos que se recogen en los apéndices referidos en los citados artículos.

### **Artículo 1. Objeto**

La guía destaca que los riesgos por exposición a radiaciones ópticas naturales no están regulados en este real decreto, no obstante, matiza que este hecho no exime a la empresa de garantizar la salud de su plantilla cumpliendo con los preceptos de carácter general contenidos en la LPRL.

### **Artículo 2. Definiciones**

Los comentarios de la guía a este artículo se realizan en el Apéndice 1, el cual se resume a continuación.

Las radiaciones ópticas (en adelante, RO) tienen mayor energía que los campos electromagnéticos, aunque esta no es suficiente para provocar ionización. Se clasifican por su



longitud de onda, habiéndose fijado por conveniencia unos rangos que no deben considerarse como límites estrictos. La subdivisión en bandas UV e IR está basada en la interacción de la radiación con la materia biológica establecida por la Comisión Internacional de Iluminación (CIE).

El UV es la RO con mayor poder energético y su interacción con la materia se produce a través de mecanismos fotoquímicos. El visible, también denominado "luz", es capaz de causar una sensación visual y el IR tiene efectos exclusivamente térmicos.

En la naturaleza, las RO se presentan como una radiación incoherente, es decir, compuesta por ondas de distinta longitud de onda, que se propagan desfasadas y de forma omnidireccional. De forma artificial, se puede generar una emisión monocromática, en fase y unidireccional, que se denomina radiación láser. Esta se caracteriza por la duración de la emisión (continua, pulsada) y por la potencia o energía del haz. Aunque, los efectos de la radiación láser son los que corresponden a su longitud de onda, su característica no dispersiva hace que la energía se concentre en un punto, por lo que su evaluación requiere de consideraciones particulares.

Para cuantificar el riesgo potencial por exposición a una fuente de RO cuya emisión sea continua, se utiliza la irradiancia, en caso contrario, se utiliza la exposición radiante. Esta se usa para expresar la dosis y como no considera el tiempo en el que se ha recibido la energía, debe ir acompañada del tiempo de exposición.

Para la determinación de las magnitudes citadas, el Vocabulario Electrotécnico Internacional define las siguientes magnitudes radiométricas complementarias:

- Energía radiante. Es la cantidad de energía emitida por una fuente de radiación, transferida por una radiación o que incide sobre una superficie en forma de ondas electromagnéticas, expresada en julios (J).
- Flujo radiante o potencia radiante. Es la energía radiante emitida, transferida o recibida en la unidad de tiempo, expresada en vatios (W).

Los haces luminosos penetran en el ojo con un determinado ángulo, llamado ángulo visual ( $\alpha$ ), que varía en función de la posición del objeto con respecto al ojo del observador. Así la cantidad de energía que puede llegar a la retina dependerá en gran medida de la dirección de incidencia. La geometría de la visión es clave en la evaluación del riesgo, siendo el caso más sencillo cuando la fuente radiante está colocada perpendicularmente al eje de visión. Entonces el ángulo visual se calcula conforme a la siguiente expresión:

$$\alpha = \text{Dimensión mayor de la fuente/distancia de visión}$$

Si  $\alpha$  es muy pequeño, haz esencialmente paralelo, lo que sucede con fuentes muy distantes y láseres, la energía se concentra en un área muy pequeña de la retina. El ángulo sólido subtendido ( $\omega$ ) es el equivalente tridimensional al ángulo visual y se mide en el SI en estereorradianes (sr). Se calcula dividiendo el área de la fuente (A) por el cuadrado de la distancia (r).

La radiancia es la magnitud que mejor cuantifica el riesgo en la retina, por exposición al visible y al IRA ya que el ángulo sólido de visión del ojo es relativamente pequeño. Se puede obtener a partir de la relación entre el flujo radiante de un haz que se propaga en un ángulo sólido que contiene la dirección de observación y el área proyectada de la fuente sobre un plano perpendicular a la dirección de observación, mediante la siguiente fórmula:

$$L = d\Phi / dA \cdot \cos\theta \cdot d\omega$$

Donde  $\theta$  es el ángulo plano que forma la dirección de la observación con la normal a la superficie de la fuente.

La irradiancia, la exposición radiante y la radiancia son las magnitudes radiométricas más importantes para caracterizar una exposición laboral. Cada una de ellas se utiliza para evaluar la exposición en una banda espectral determinada, por lo que el nivel referido en el texto legal hace referencia a la magnitud que debe utilizarse en cada caso que dependerá del tipo de radiación emitida.

### **Artículo 3. Ámbito de aplicación**

La guía matiza que la exposición laboral a RO puede deberse a:

- Una exposición funcional: cuando el uso de fuentes de radiación óptica artificial, en un determinado proceso, es imprescindible.
- Una exposición no deliberada: donde la radiación no es imprescindible para la realización de la actividad.

### **Artículo 4. Disposiciones encaminadas a evitar o a reducir la exposición**

La Guía técnica refiere otros métodos como la automatización del proceso y la rotación de puestos de trabajo, exceptuando para esta alternativa la exposición a UV debido a sus efectos estocásticos.

Los comentarios de la guía respecto a la elección de equipos se realizan en el Apéndice 2. Seguidamente se incluyen los aspectos fundamentales recogidos.

La normativa para la comercialización y puesta en servicio de las máquinas indica que el manual de instrucciones contendrá información sobre la radiación no ionizante emitida para las personas expuestas, cuando sea probable que esta pueda causar daño. Para el cumplimiento de este requisito, las empresas fabricantes disponen de distintas normas que desarrollan el concepto de "clase" según el nivel de riesgo potencial.

Los láseres se clasifican en función de su peligrosidad de acuerdo a la norma UNE-EN 60825-1. La clase conlleva información fundamental de las características físicas de la emisión láser y también de las medidas de prevención que deberían contemplarse. En la norma se distinguen:

- Clase 1. Son láseres seguros en las condiciones de funcionamiento razonablemente previsibles incluyendo el uso de instrumentos ópticos para mirar directamente al haz. Se incluyen los láseres de alta potencia si están confinados durante su uso normal.
- Clase 1M. Son seguros en las condiciones de funcionamiento razonablemente previsibles, pero pueden ser peligrosos si el usuario emplea elementos ópticos en el haz.
- Clase 2. Emiten en el visible (400 a 700 nm.). Cabe esperar que la respuesta de aversión, consistente en apartar los ojos y parpadear proporcione la protección adecuada en las condiciones de funcionamiento razonablemente previsibles, incluyendo el uso de instrumentos ópticos. No obstante, pueden resultar peligrosos si se fija la vista voluntariamente en el haz.
- Clase 2M. Idéntica a la clase 2, sin embargo, mirar a la salida del haz puede ser peligroso si el usuario emplea elementos ópticos.
- Clase 3R. Es potencialmente peligroso mirar directamente al haz, pero el riesgo es menor que para los láseres de la Clase 3B.



- Clase 3B. Son láseres normalmente peligrosos cuando hay exposición directa al haz dentro de la distancia de seguridad. Observar las reflexiones difusas es generalmente seguro.
- Clase 4. Son láseres cuya exposición directa e indirecta (difusa) es peligrosa. Pueden producir daños en la piel y podrían presentar también riesgo de incendio.

En conclusión, los láseres de Clase 1M, 2 y 2M se consideran seguros siempre que se utilicen en las condiciones establecidas en los manuales de instrucciones, mientras que las clases 3B y 4 son potencialmente peligrosas y debería procurarse su confinamiento.

Para realizar el procedimiento de clasificación se mide la irradiancia o la exposición radiante en condiciones que maximicen los niveles de emisión accesibles. Por tanto, la clasificación normalizada implica que no se sobrepasarán los Límites de Emisión Accesibles designados para cada clase.

Las fuentes incoherentes también disponen de normas para su clasificación según el riesgo asociado. En particular, la norma UNE-EN 62471 para lámparas y la norma UNE-EN 12198-1:2001+A1:2008 para máquinas que emiten RO.

La norma UNE-EN 62471 no tiene en cuenta la acumulación de la exposición en el caso de múltiples fuentes. Distingue los siguientes grupos:

- Grupo exento: no presenta ningún riesgo fotobiológico en cualquier situación previsible.
- Grupo 1 (riesgo bajo): en condiciones normales de funcionamiento no presenta ningún riesgo debido a las limitaciones en la exposición.
- Grupo 2 (riesgo moderado): el riesgo está limitado por la respuesta de aversión a las fuentes de luz brillante o al malestar térmico.
- Grupo 3 (riesgo alto): supone un riesgo incluso en exposiciones breves o instantáneas.

La norma UNE-EN 12198-1:2001+A1:2008 asigna una categoría para cada una de las fases de la vida de la máquina, siendo la categoría global asignada la más alta de todas ellas. Se establecen las siguientes categorías:

- Categoría 0. No es necesaria ninguna restricción, ni información.
- Categoría 1. Se requiere limitación de acceso y pueden ser necesarias medidas de seguridad.
- Categoría 2. Se requieren restricciones especiales y medidas de seguridad indispensables. Puede ser necesaria formación.

En las categorías 1 y 2, es necesario suministrar información sobre los peligros, los riesgos y los efectos secundarios.

En las fases de diseño y fabricación de las fuentes de RO se deben adoptar todas las medidas necesarias para que la radiación emitida por estas se limite al nivel más bajo posible. No obstante, en ocasiones la empresa deberá adoptar medidas adicionales para el cumplimiento de los valores de referencia. Entre estas cabe destacar medidas tales como la disminución de las superficies reflectantes, la instalación de barreras físicas, interruptores de parada de emergencia, dispositivos de enclavamiento, sensores de presencia, etc. Cuando se precisa la supervisión de un proceso confinado total o parcialmente, existe la posibilidad de utilizar cámaras, mirillas o ventanas.

Para definir las características de las barreras, la guía cita dos normas:

- Una que especifica los requisitos de seguridad de las cortinas, lamas y pantallas transparentes para la protección de los puestos de trabajo cercanos a los procesos de soldadura de arco.
- Otra que detalla los requisitos de funcionamiento y el sistema de etiquetado de las pantallas destinadas a la protección frente a la radiación laser.

Las barreras que cumplen estas normas se acompañan de un folleto informativo, que contiene las capacidades de protección, las limitaciones y las instrucciones de uso, montaje y mantenimiento.

La guía señala que el programa de mantenimiento debería ser conforme con los manuales de instrucciones, e incluir la revisión de las pantallas de protección, la reparación de los enclavamientos que funcionen mal, la sustitución de las fuentes cuando finalice su vida funcional y de los elementos con características filtrantes cuando sufran deterioro.

Para el diseño de los lugares de trabajo se recomienda aumentar la distancia a las fuentes de emisión, eliminar las superficies reflectantes innecesarias, separar los puestos con exposición del resto y de las zonas de paso, limitando el acceso mediante señalización adecuada.

Dado que la dosis depende del nivel y del tiempo se aconseja actuar sobre el nivel como la mejor opción y la más factible.

La guía desarrolla en el Apéndice 6 los requisitos de selección y uso del EPI frente a RO. A continuación, se procede a realizar una síntesis de su contenido.

La selección del EPI de protección ocular y facial frente a RO conlleva las siguientes etapas:

- 1º. Identificación de la fuente de radiación óptica (IR, UV, láser, soldadura, etc.)
- 2º. Determinación de la protección requerida, que viene descrita por el código de protección (en función del tipo de radiación) y el grado de protección.

Las características del EPI para la protección de los ojos en operaciones de soldadura y técnicas afines están normalizadas. La norma en cuestión indica que los filtros que ofrecen protección para estas operaciones carecen de código numérico de protección y el grado de protección depende de ciertos parámetros intrínsecos al tipo de soldadura (intensidad de corriente, tipo de arco, metal base, caudal de gas del quemador, etc.).

También se encuentran normalizadas las características de los filtros de protección para las aplicaciones que emiten UV y para las fuentes con emisión de radiación IR. La protección frente al IR se determina según la temperatura del fundente en grados centígrados. En caso de fuentes intensas, se recomienda que los EPI dispongan de reflectancia mejorada que provoca un menor incremento de la temperatura del filtro.

Dado que determinar el grado adecuado de protección del EPI respecto a la radiación láser es complejo, es esencial el asesoramiento proporcionado por la empresa fabricante. No obstante, existen normas que informan acerca de los requisitos que deben cumplir los filtros y protectores de los ojos contra la radiación láser para exposición accidental y para visión directa.

Los trabajos de soldadura y los trabajos en hornos de fundición requieren además la protección de la piel, de forma que se precisa utilizar ropa certificada que cuente con características específicas frente a las emisiones del soldeo y al calor y la llama respectivamente. También se han publicado normas técnicas que definen sus características.

La ropa y los guantes de protección con resistencia a la inflamabilidad suele proteger la piel frente al láser, aunque estén diseñados para otros fines. Por otra parte, las batas y guantes de laboratorio suelen ofrecer una protección suficiente para la utilización de las lámparas germicidas.

La guía concreta que los accesos a las áreas con presencia de radiación láser deben contar con una señal de aviso adecuada (UNE-EN 60825-1). Además, cada producto láser debe llevar, de acuerdo con su clase, unas etiquetas que resuman las medidas preventivas y que sean duraderas, permanentes, fijas y legibles.

### **Artículo 5. Valores límite de exposición**

La guía incluye el Apéndice 4 donde se explican los valores límite de exposición. A continuación, se realiza un breve desarrollo.

El anexo I "Radiaciones ópticas incoherentes" del Real Decreto 486/2010 se compone de tres apartados:

- A. Valores Límite de Exposición, expresados en las magnitudes radiométricas (tabla A.1). están basados en recomendaciones de la *International Commission on Non Ionizing Radiation Protection* (ICNIRP).
- B. Expresiones o fórmulas matemáticas, que representan el significado físico de cada VLE (tabla A.2).
- C. Curvas de ponderación biológica que reproducen la respuesta del organismo frente a las distintas longitudes de onda del espectro óptico (tablas A.3 y A.4). Se describen tres curvas o funciones de ponderación:  $S(\lambda)$ ,  $B(\lambda)$  y  $R(\lambda)$ .

Las magnitudes radiométricas cuantifican la radiación óptica y pueden hacer referencia al total de la emisión o descomponerse en cada una de sus longitudes de onda. En este último caso, se denota mediante el subíndice  $\lambda$ .

En la región UV, se definen dos valores límites, ambos expresados en exposición radiante:

- el VLE-1 protege frente a daños en la piel (eritema, cáncer) y los ojos (queratitis, conjuntivitis). A pesar de que se define en todo el intervalo UV, en la práctica se aplica solo entre 180-315 nm. porque los factores de ponderación por encima de 315 nm (UVA) están muy próximos a cero. Utiliza la curva de ponderación  $S(\lambda)$ .
- el VLE-2, protege frente a cataratas y es exclusivo para el UVA. No incluye ponderación espectral.

Los valores límite para el visible y el infrarrojo consideran además de las curvas de ponderación, la geometría de visión, que determina la cantidad de radiación que llega a la retina. Pertenecen a este intervalo:

- VLE-3a y VLE-3b. Se expresan en radiancia o irradiancia ponderada por  $B(\lambda)$ . Protegen la retina del riesgo por luz azul (fotorretinitis) y se aplican en el intervalo 300-700 nm.
- VLE-4 (380-1400 nm) y VLE-5 (780-1400 nm). Se expresan en radiancia ponderada por  $R(\lambda)$ . Protegen de forma conjunta frente a quemaduras en la retina. Si la fuente radiante emite sólo en el IRA, se utiliza el VLE-5; pero si además la emisión incluye la región del visible, se aplicará el VLE-4, ya que con estímulo visual el ojo está protegido por la respuesta de aversión.

- VLE-6. Se expresa en irradiancia. Protege al cristalino y la córnea de lesiones térmicas derivadas de la exposición a IRA e IRB. Aplica entre 780 y 3000 nm.
- VLE-7. Se expresa en exposición radiante. Este límite está destinado a proteger frente a las quemaduras que la radiación visible e infrarroja provocan en la piel. Aplica entre 380 y 3.000 nm, aunque en la práctica es poco probable su superación, porque el valor establecido es muy elevado.

Los valores límite para la radiación láser están establecidos en el anexo II del real decreto (tablas B1 y B2 para los ojos y B3 para la piel). El anexo II también contiene las expresiones matemáticas y los factores de corrección para determinar los valores de exposición a las radiaciones ópticas láser que son pertinentes desde un punto de vista biofísico.

Los láseres continuos se caracterizan por la potencia media de salida y su límite se expresa en términos de irradiancia mientras que los láseres de impulsos se definen por la energía del pulso y los VLE se expresan como exposición radiante. Los valores límite están definidos para la protección frente a daños, pero no frente al deslumbramiento. Las exposiciones más peligrosas se producen cuando el haz incide directamente o por reflexión especular. Cada clase de láser garantiza que no se sobrepasan los Límites de Emisión Accesibles (LEA) designados y estos a su vez, se determinan a partir de los valores límite de exposición bajo unas condiciones de ensayo.

#### **Artículo 6. Evaluación de los riesgos**

La guía argumenta que, dada la considerable dificultad de realizar la medición de los niveles de RO, especialmente en el rango del visible, es de gran utilidad evaluar este riesgo por estimación. Esto se podrá realizar:

- A partir de los datos facilitados por los manuales de instrucciones.
- Por apreciación directa; cuando la exposición esté notablemente por debajo o por encima del VLE.

La evaluación y medición de los niveles de RO incoherentes se describe en la norma UNE-EN 14255 que consta de cuatro partes, mientras que para la radiación laser el procedimiento correspondiente se detalla en la norma UNE EN 60825-1.

Además, la guía en el Apéndice 5, propone un método simplificado de evaluación basado en estas normas. Este método identifica fuentes cuya emisión está por debajo de los VLE (fuentes de bajo riesgo) o por encima de ellos (fuentes de riesgo alto), procediendo a realizar la evaluación por estimación directa, sin necesidad de cuantificar por cálculo o por medición la exposición.

Las fuentes de bajo riesgo se clasifican en:

- Fuentes seguras, entre las que se hallan:
  - luminarias de techo con difusores,
  - alumbrado de trabajo, incluidas lámparas de mesa y halógenas de tungsteno con filtros UV,
  - fotocopiadoras y escáneres,
  - pantallas de ordenador y similares,
  - dispositivos de control remoto por LED,
  - flash de fotografía usados individualmente,

- radiadores de infrarrojo (estufas, calentadores),
- luces de freno, marcha atrás y antiniebla,
- lámparas clasificadas "1-riesgo bajo" según UNE-EN 62471,
- máquinas clasificadas "categoría 0" según UNE-EN 12198-1:2001+A1:2008,
- láseres clase 1 según UNE-EN 60825-1.
- Fuentes seguras en condiciones de empresa fabricante:
  - luminarias fluorescentes de techo sin difusores,
  - proyectores de mercurio de alta presión,
  - proyectores de sobremesa.
  - luces delanteras de vehículos,
  - lámparas para cirugía y diagnóstico,
  - trampas UV para insectos,
  - iluminación con focos, efectos de luz y flashes con filtro UV,
  - utilización simultánea de flashes de fotografía,
  - lámparas clasificadas "2-riesgo moderado" según UNE-EN 62471,
  - láseres clase 1M, 2 o 2M según UNE-EN 60825-1.

Por otra parte, son fuentes con riesgo alto, para las que resulta necesario la adopción de medidas preventivas, incluido el uso del EPI, las siguientes:

- soldadura o técnicas relacionadas,
- proximidad a hornos y quemadores,
- metales fundentes,
- industria del vidrio,
- curado de tintas y pinturas con UV,
- trabajos con láser 3B y 4,
- fototerapia con luz azul o UV,
- esterilización con UV y fluorescencia inducida,
- luz pulsada de alta intensidad (IPL).

Para abordar la evaluación, la longitud de onda de la emisión es un dato fundamental que se obtiene a partir del manual de instrucciones. En el visible, el tiempo de exposición no se puede igualar al tiempo de la tarea ya que los movimientos reflejos de los ojos actúan como mecanismo de protección natural si la exposición supera los 0,25 segundos. Por ello, ante luz muy brillante se podría suponer que la duración de la exposición es igual al tiempo de la respuesta de parpadeo (0,25 segundos).

Entre las personas especialmente sensibles se encuentran las expuestas a agentes o sustancias fotosensibilizantes y aquellas que padecen afaquia (ausencia de cristalino), ya que en este caso

se incrementa el riesgo en la retina por la luz. Para la valoración del riesgo "afáquico", ICNIRP recomienda la utilización de una curva de ponderación específica,  $A(\lambda)$ .

El UV y la luz azul interaccionan con la piel y los ojos mediante un mecanismo fotoquímico que consiste en la inducción de una reacción química, dando como resultado la producción de daños relacionados con la dosis. Por otra parte, existen agentes químicos capaces de amplificar estas reacciones fotoquímicas y que se encuentran con frecuencia presentes en perfumes, cosméticos, colorantes, tintas de impresión, pesticidas y medicamentos. Los posibles efectos sinérgicos no modifican los VLE, por lo que procede evitar o reducir la exposición.

Además de la salud, la evaluación debe tener presente la seguridad de las personas trabajadoras, ya que las fuentes incoherentes de gran potencia y los láseres de Clase 4 pueden provocar incendios o explosiones en presencia de atmósferas explosivas.

Cuando se realiza el proceso de evaluación se recomienda atender a las fuentes bibliográficas de reconocida solvencia. En particular, las publicaciones de la OMS y la ICNIRP.

Otro aspecto para tener en cuenta son los efectos aditivos debidos a la combinación de exposiciones pertenecientes a diferentes regiones del espectro óptico, los cuales se identifican en una tabla incluida en la guía.

Dado que el concepto de "clase de riesgo" aplica tanto a dispositivos láser como a las fuentes incoherentes. Para estas, la UNE-EN 62471 recoge una clasificación que identifica las fuentes de clase 3, con riesgo similar al láser de clase 3B o 4.

La norma UNE EN 60825-1 establece la figura del responsable de seguridad láser como el profesional con amplio conocimiento para asesorar en la evaluación y control de estos riesgos, indicando que debe designarse en los centros de trabajo con presencia de láser 3B o 4.

En la guía se informa que el manual de instrucciones debe incluir los datos relativos a los procedimientos de uso seguros. Si la fuente ha sido clasificada conforme a algunas de las normas citadas, también incluirá la clase o grupo de riesgo, el intervalo espectral, la potencia radiante, las distancias de seguridad, etc.

#### **Artículo 7. Limitación de exposición**

La guía concreta que, además de adoptar las medidas derivadas del artículo 4, con carácter excepcional, se puede limitar el tiempo de exposición, utilizar un EPI adecuado o retirar provisionalmente del puesto de trabajo.

Respecto a las causas de la sobreexposición, se relacionan entre otras la incorporación de fuentes de emisión, la falta de mantenimiento, el aumento del tiempo de trabajo, las modificaciones del lugar de trabajo o una selección inadecuada del EPI.