

NTP 654: Láseres: nueva clasificación del riesgo (UNE EN 60825-1 /A2: 2002)

Les Lasers: Nouvelle classification des risques (UNE EN 60825-1/A2:2002)
New laser classification (UNE EN 60825-1/A2: 2002)

Vigencia	Actualizada por NTP	Observaciones	
Válida			
ANÁLISIS			
Criterios legales		Criterios técnicos	
Derogados:	Vigentes:	Desfasados:	Operativos: SI

Redactoras:

Beatriz Diego Segura
Licenciada en Ciencias Químicas

María José Rupérez Calvo
Doctora en Ciencias Químicas

CENTRO NACIONAL DE NUEVAS TECNOLOGÍAS

Esta NTP actualiza la NTP-261 de 1991.

Introducción

El objetivo de esta NTP es facilitar la comprensión de los cambios producidos en la norma UNE EN 60825-1 de 1996, «Seguridad de los productos láser. Parte 1: Clasificación del equipo, requisitos y guía del usuario».

Esta norma ha sido modificada por la UNE EN 60825-1/A11 en 1997 y, recientemente, por la UNE EN 60825-1/A2: 2002. Complementa y modifica entre otros aspectos la clasificación de los láseres en función de los riesgos que supone su utilización. Su origen es la adopción por el CENELEC de la norma IEC 60825-1:1993/A2:2001.

Descripción de las clases de láser

Los láseres no forman un grupo homogéneo de riesgo ya que, dependiendo de sus características técnicas (sistema de bombeo, medio activo y cavidad óptica) pueden emitir radiación en un amplio intervalo de longitudes de onda, con potencias o energías de salida muy variables y con una distribución temporal que puede ser continua o en impulsos. Además las distintas aplicaciones, condicionan el tiempo de exposición, que es un factor clave para determinar el riesgo.

La clasificación de un láser en categorías de riesgo, permite identificar la peligrosidad del mismo y está basada en el Límite de Emisión Accesible (LEA) para el usuario. Dependiendo del LEA el láser obtendrá una clasificación u otra.

El desarrollo de nuevos productos láser, de potencias intermedias, ha dejado obsoleta la antigua clasificación. Las antiguas Clases 1, 2, 3B y 4 permanecen sin cambios, y se añaden las Clases intermedias 1 M, 2M y 3R lo que hace que láseres que antes resultaban ser Clase 3B, ahora pertenezcan a alguna de estas nuevas categorías.

A continuación se expone de forma casi íntegra la nueva clasificación publicada en la norma UNE EN 60825-1/A2, y en la figura 1 un resumen simplificado de la misma.

TABLA 1
Clasificación de láseres según UNE EN 60825-1 /A2-2002

Clase 1	Productos láser que son seguros en todas las condiciones de utilización razonablemente previsibles, incluyendo el uso de instrumentos ópticos en visión directa.
Clase 1M	Láseres que emitiendo en el intervalo de longitudes de onda (λ) entre 302,5 y 4000 nm son seguros en condiciones de utilización razonablemente previsibles, pero que pueden ser peligrosos si se emplean instrumentos ópticos para visión directa. (Ver 8.2 en la norma).
Clase 2	Láseres que emiten radiación visible en el intervalo de longitudes de onda comprendido entre 400 y 700 nm. La protección ocular se consigue normalmente por las respuestas de aversión, incluido el reflejo parpebral. Esta reacción puede proporcionar la adecuada protección aunque se usen instrumentos ópticos.
Clase 2M	Láseres que emiten radiación visible (400 y 700 nm). La protección ocular se consigue normalmente por las respuestas de aversión, incluido el reflejo parpebral, pero la visión del haz puede ser peligrosa si se usan instrumentos ópticos. (Ver 8.2)
Clase 3R	Láseres que emiten entre 302,5 y 106 nm, cuya visión directa del haz es potencialmente peligrosa pero su riesgo es menor que para los láseres de Clase 3B. Necesitan menos requisitos de fabricación y medidas de control del usuario que los aplicables a láseres de Clase 3B. El límite de emisión accesible es menor que 5 veces el LEA de la Clase 2 en el rango 400-700 nm, y menor de 5 veces el LEA de la Clase 1 para otras longitudes de onda.
Clase 3B	Láseres cuya visión directa del haz es siempre peligrosa (por ej. dentro de la Distancia Nominal de Riesgo Ocular). La visión de reflexiones difusas es normalmente segura (véase también la nota 12.5.2c).
Clase 4	Láseres que también pueden producir reflexiones difusas peligrosas. Pueden causar daños sobre la piel y pueden también constituir un peligro de incendio. Su utilización precisa extrema precaución.

Figura 1
Resumen de la clasificación láser

Clase 1	Seguros en condiciones razonables de utilización
Clase 1M	Como la Clase 1, pero no seguros cuando se miran a través de instrumentos ópticos como lupas o binoculares.
Clase 2	Láseres visibles (400 a 700 nm). Los reflejos de aversión protegen el ojo aunque se utilicen con instrumentos ópticos.
Clase 2M	Como la Clase 2, pero no seguros cuando se utilizan instrumentos ópticos.
Clase 3R	Láseres cuya visión directa es potencialmente peligrosa pero el riesgo es menor y necesitan menos requisitos de fabricación y medidas de control que la Clase 3B.
Clase 3B	La visión directa del haz es siempre peligrosa, mientras que la reflexión difusa es normalmente segura.
Clase 4	La exposición directa de ojos y piel siempre es peligrosa y la reflexión difusa normalmente también. Pueden originar incendios.

Requisitos mínimos de seguridad

Los requisitos mínimos de seguridad para la fabricación de productos láser pretenden conseguir la eliminación de los riesgos y cuando esto no es técnicamente posible reducirlos en la fase de diseño.

Dentro de estos requisitos, y teniendo en cuenta la clase a la que pertenece cada producto láser, los fabricantes están obligados a adoptar una serie de medidas de seguridad relativas al diseño de sus productos. Entre estas medidas está el empleo de carcasas protectoras, paneles con enclavamientos de seguridad, atenuadores del haz, etc.

A modo de resumen la tabla 2 especifica cuáles son estos requisitos de fabricación en función de la nueva clasificación de los productos láser.

Tabla 2
Requisitos de fabricación de los láseres

Requisitos	Clasificación						
	1	1M	2	2M	3R	3B	4
Cubierta protectora	--	O	O	O	O	O	O
Bloqueo de seguridad	X	X	X	X	+	+	+
Control remoto	--	--	--	--	--	O	O
Control de llave	--	--	--	--	--	O	O
Aviso de emisión	--	--	--	--	O	O	O
Atenuador del haz	--	--	--	--	--	O	O
Localización de controles	--	--	--	--	♣	♣	♣
Óptica de observación	--	♥	♥	♥	♥	♥	♥
Barrido	O	O	O	O	O	O	O
Etiqueta de Clase	T	T	F, T	F, T	F, T	F, T	F, T
Etiqueta de abertura	--	--	--	--	Te	Te	Te
Etiqueta de entrada en servicio	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)
Etiqueta de neutralización del bloqueo	©	©	©	©	©	©	©
Etiqueta de intervalo de λ	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼
Etiqueta de LED	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲
Manual con instrucciones de seguridad	O	O	O	O	O	O	O
Información de compra y servicio técnico	O	O	O	O	O	O	O
Productos médicos	♠	♠	♠	♠	♠	♠	♠

O Obligatorio

-- No necesario

X Necesario para impedir emisión > 3R

♣ Necesario para impedir emisión > LEA Clase 1 ó 2

Te Texto especificado requerido

▲ Correcciones de texto necesarias para productos LED

♠ Se aplica la norma CEI 60601-2-22

+ Necesario para impedir emisión > 3B

T Texto requerido

♥ La emisión debe ser < LEA de la Clase 1

F Figuras normalizadas

(*) Obligatoria y específica para cada Clase

▼ Obligatoria para ciertos intervalos de λ

© Obligatoria en ocasiones según la Clase

Etiquetado

La obligación de clasificar un láser y de informar al usuario sobre sus riesgos mediante la etiqueta estándar, recae sobre el fabricante del mismo.

Las etiquetas deberán ser legibles, claramente visibles y estar en todo momento fijas durante el funcionamiento, mantenimiento o ajuste del láser. Además tienen que estar situadas de modo que puedan leerse sin que la exposición a la radiación supere el LEA de la Clase 1. En aquellos casos en los que el tamaño del producto o su diseño haga imposible la colocación de etiquetas, éstas deberán incluirse en la información que se suministre al usuario o bien dentro del embalaje del producto láser.

La norma establece distintos tipos de etiquetas: de advertencia, explicativas, de abertura y etiquetas de los paneles de acceso a los equipos láser.

El color, la forma, el pictograma y las dimensiones de la etiqueta de advertencia (figura 2) están establecidos en la figura 14 de la norma. Es obligatoria en los productos láser de las clases 2, 2M, 3R, 313 y 4.

Las etiquetas explicativas informan sobre la clase a la que pertenece el láser y contienen frases de advertencia normalizadas en función del riesgo que supone la utilización de los equipos (figura 3). En la norma, se hace mención a estas etiquetas en el capítulo 5 y la figura 15. Para los productos de radiación LED (Light-Emitting Diode), se debe sustituir la palabra "láser" de las etiquetas explicativas por la palabra "LED".

Figura 2
Etiqueta de advertencia



Además de la información contenida en las etiquetas explicativas descrita en la figura 3, los productos láser, con excepción de los de la Clase 1, deben contener cierta información relativa a las características técnicas, como la potencia máxima de la radiación emitida, la duración del pulso (si ha lugar) y las longitudes de onda emitidas, así como el nombre y la fecha de publicación de la norma en la que se basa la clasificación del producto. Para los láseres de Clase 1 y 1 M esta información tiene que estar contenida en el manual de información del usuario, en lugar de suministrarla en las correspondientes etiquetas adheridas al producto.

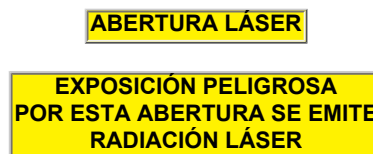
Los equipos láser que estén clasificados dentro de las categorías 3R, 313 y 4 deberán llevar cerca de la abertura por la que se emite la radiación una etiqueta, denominada etiqueta de abertura, siempre que la radiación saliente supere el nivel LEA de la Clase 1 ó 2.

Figura 3
Etiquetas explicativas



La norma permite elegir entre las dos frases de advertencia de la figura 4.

Figura 4
Etiquetas de abertura



Si el producto láser tiene una conexión, un panel de acceso o una cubierta protectora que al retirarse exponga al trabajador a radiación láser que supere el LEA de la Clase 1, éstos deben de estar correctamente etiquetados en función de las directrices de la norma UNE EN 60825-1/A2: 2002. Como ejemplo se muestra en la figura 5 una etiqueta de panel para la Clase 3R. En la norma se detallan el resto de etiquetas para las demás clases.

Figura 5
Etiqueta de panel



Por último, cuando los paneles estén asociados a bloqueos de seguridad que puedan ser fácilmente neutralizados y que permitan un acceso a la radiación láser superior al LEA de la Clase 1, se deben etiquetar estos paneles tal y como establece la norma en su apartado 5.9.2.

Medidas de control

A la hora de adoptar medidas de control, la norma sugiere una serie de ellas y establece cuál debe ser la jerarquía de las mismas.

En primer lugar hay que tener en cuenta la capacidad del láser para producir daño, que se obtiene de su clasificación.

En segundo lugar, deben controlarse los factores ambientales por medio de actuaciones técnicas, por ejemplo el establecimiento de un sistema de control de llave o un atenuador del haz, o a través de medidas administrativas, como la designación de un Responsable de Seguridad Láser y el establecimiento de zonas de seguridad mediante la DNRO para láseres de Clase 3B y 4. Finalmente, se han de controlar los factores individuales como la protección ocular y el nivel de conocimiento de los trabajadores acerca del potencial riesgo.

La utilización de filtros y gafas de protección es imprescindible si existe la posibilidad de una exposición superior a la máxima permitida. Los EPI de protección láser deben cumplir los requisitos mínimos especificados en la UNE EN 207 y su código es la letra L. Los EPI para los trabajos de ajuste láser deben cumplir los requisitos de la norma UNE EN 208 y su código es la letra R. Es importante distinguir entre ellos, ya que las gafas para ajuste láser protegen menos y se emplean con limitación de potencia y tiempo.

Identificación de EPI para protección láser

La correcta identificación de las gafas y filtros de protección frente a láser, se consigue mediante el marcado CE, especificado en la norma UNE EN 207/A1 de 2003, mediante una secuencia de códigos que indican:

- La longitud de onda frente a la que protegen (una o varias bandas espectrales).
- Las condiciones de ensayo: D (láser continuo), I (láser pulsado), R (láser relajado o de pulso gigante) y M (láser multimodo).
- El grado de protección del ocular especificado en la norma precedido por la letra L.
- Identificación del fabricante.
- Requisitos de resistencia mecánica, en su caso.

En la figura 6 se expone un ejemplo de marcado de gafas de protección para un láser de Neodimio: YAG en el infrarrojo, a 1060 nm, que ha pasado las condiciones de ensayo para láser continuo y pulsado.

Figura 6
Marcado de EPI para trabajos con láser

Marcado de gafas de protección				
Láser Nd:YAG- UNE EN 207/A1: 2003				
	1060	DI	L7	X
	↑	↑	↑	↑
	↑	↑	↑	↑
λ con protección asegurada	→→→→→	↑	↑	↑
Condición ensayo (continuo, pulsado)	→→→→→	↑	↑	↑
Grado protección	→→→→→	→→→→→	↑	↑
Identificación del fabricante	→→→→→	→→→→→	→→→→→	↑

Identificación de EPI para trabajos de ajuste de láser

El marcado CE para identificar las gafas de protección para ajuste láser, se especifica en la norma UNE EN 208, e incluye una secuencia de códigos diferente:

- Potencia máxima del láser (W).
- Energía máxima de los pulsos (J).
- La longitud de onda o banda espectral para la que se diseñan las gafas.
- El grado de protección del ocular especificado en la norma precedido por la letra R.
- Identificación del fabricante.
- Marca de certificación, si ha lugar.
- Sobre la montura, las palabras "gafas de ajuste" en los idiomas del país de comercialización.
- Requisitos de resistencia mecánica, en su caso.

En la figura 7 hay un ejemplo de marcado de gafas de ajuste para un láser de Argón en la banda del verde, a 514,5 nm.

Figura 7
Marcado de EPI para trabajos de ajuste láser

Marcado de gafas de ajuste Láser de Argón (banda a 514.5 nm) UNE EN 208:1999						
	1W	2x10 ⁻⁴ J	514	R3	X	ZZ
Potencia máxima del láser	→→→→→	↑	↑	↑	↑	↑
Energía máxima de los pulsos	→→→→→	→→→	↑	↑	↑	↑
λ para la que se diseñan las gafas	→→→→→	→→→	→	↑	↑	↑
Grado protección	→→→→→	→→→	→	→	↑	↑
Identificación del fabricante	→→→→→	→→→	→	→	→	↑
Marca de certificación, si ha lugar	→→→→→	→→→	→	→	→	→

Cálculo de la distancia nominal de riesgo ocular (DNRO)

La distancia nominal de riesgo ocular para un láser determinado, conocida normalmente por sus siglas DNRO, es la distancia a la cual la exposición a la radiación iguala la exposición máxima permisible (EMP) apropiada para la córnea.

Se emplea para delimitar zonas de riesgo en la evaluación de los puestos de trabajo con acceso a la radiación láser.

$$E = \frac{4 \times P_0 \times e^{-\mu r}}{\pi \times (a + r\phi)^2}$$

La exposición se puede estimar a partir de la siguiente expresión

Donde:

- E es la irradiancia de la fuente en vatios/m².
- P₀ es la potencia radiante del láser expresada en vatios.
- El término exponencial hace referencia a las pérdidas debidas a la atenuación atmosférica (normalmente despreciable).
- a es el diámetro del haz.
- r es la distancia a la que se encuentra el trabajador.
- ϕ es la divergencia del haz.

En el caso de que coincidan la exposición o irradiancia con la EMP, la distancia r será igual a la DNRO. El cálculo de dicha distancia se puede hacer mediante la fórmula siguiente:

$$DNRO = \frac{(4 \times P_0 / \pi \times E_{EMP})^{1/2} - a}{\phi}$$

La DNRO se calcula de forma diferente en función del tipo de exposición: láser continuo, láser de impulsos, utilización de óptica de aumento o la existencia de reflexiones especulares y difusas. Para dichos cálculos se recomienda consultar IEC TR 60825-10 referenciado en la bibliografía.

Bibliografía

1. UNE EN 60825-1 «Seguridad de los productos láser. Parte 1: Clasificación del equipo, requisitos y guía de seguridad» 1996. Modificada por: UNE EN 60825-1/A1 1: 1997 y con el complemento UNE EN 60825-1/A2: 2002.
2. IEC Technical Report TR 60825-10: 2002, "Safety of laser products - Part 10: Application guidelines and explanatory notes to IEC 60825-1".
3. IEC Technical Report TR 60825-8 (1999-11) "Safety of laser products - Part 8: Guidelines for the safe use of medical laser equipment".
4. UNE EN 207: 1999 «Filtros y protectores de los ojos contra la radiación láser (gafas de protección láser)».
5. UNE EN 207/A1: 2003, complementa a la anterior.
6. UNE EN 208: 1999 «Gafas de protección para los trabajos de ajuste de láser y sistemas láser (gafas de ajuste láser)».
7. UNE EN 208/A1: 2003, complementa a la anterior.
8. UNE EN 60601-2-22: 1997 «Equipos electromédicos. Parte 2: Requisitos particulares de seguridad para equipos láser terapéuticos y de diagnóstico», eqv. CEI 601-2-22: 95.
9. UNE-EN 12626: 1998 "Seguridad de las máquinas. Máquinas láser. Requisitos de seguridad", eqv. ISO 11553: 1996 mod. Para riesgos eléctricos remite a CEI 204-1: 1992, «Equipamiento eléctrico de máquinas industriales. Parte 1: Reglas generales.
10. RUPÉREZ M.J.
Láseres: riesgos en su utilización
Nota Técnica de Prevención NTP-261. INSHT 1991.
11. RUPÉREZ M.J., CABRERA J.A (coordinadores) Algunas cuestiones sobre seguridad láser Ed. INSHT, 1996, 398 pgs. ISBN.: 84-7425-434-5.

Páginas Web:

- www.nrpb.org
- www.inrs.fr
- www.icnirp.de