

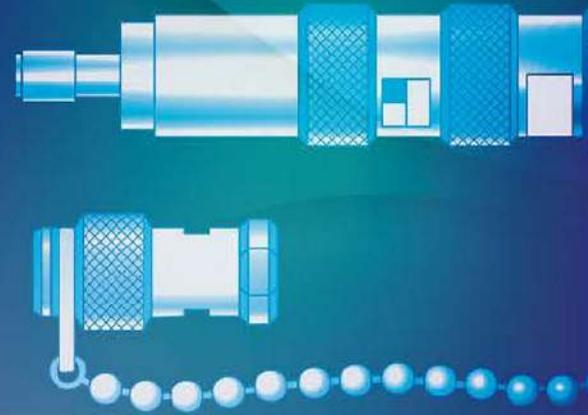
BIBLIOTECA  
DIGITAL

INCLUYE E-BOOK

Emanuele Ruga  
Marco Garrone  
Raffaele Michele Calvi  
Roberto Riversa

# LÁSER DE DIODO

## EN ODONTOLOGÍA Y ESTOMATOLOGÍA



  
AMOLCA

Emanuele Ruga  
Marco Garrone  
Raffaele Michele Calvi  
Roberto Riversa



# AMOLCA

# LÁSER DE DIODO

## EN ODONTOLOGÍA Y ESTOMATOLOGÍA

*En colaboración con*

*E. Amerio, E. Trevisiol, L. Zamprota, A. Etemadi, D. Nocentini, L. Barreiro,  
M. Amoroso, H.S. Marjara*

2024



Editor en jefe: Félix E. Suárez

Todos los derechos reservados. Ninguna parte de esta publicación puede reproducirse o transmitirse por ningún medio electrónico, mecánico, incluyendo fotocopiado o grabado mediante cualquier sistema de almacenamiento de información sin el permiso escrito de los editores.

El editor no es responsable (de hechos de responsabilidad, negligencia u otra) por lesión alguna resultante de cualquier material contenido aquí. Esta publicación contiene información relacionada a principios generales de cuidados médicos que no deben ser tomados como instrucciones específicas para pacientes individuales.

La información y empaque de productos manufacturados insertos deben ser revisados para el conocimiento actual, incluyendo contraindicaciones, dosis y precauciones.

Título original

*Manuale di utilizzo del laser a diodo in odontostomatologia*, E. Ruga, M. Garrone, R. M. Calvi, R. Rivera

©2023 EDRA S.p.A. – All rights reserved

ISBN: 978-88-214-5335-9

Título en inglés

*Manual of Diode Laser in Dentistry and Stomatology*, E. Ruga, M. Garrone, R. M. Calvi, R. Rivera

This edition of *Manual of Diode-Laser in Dentistry and Stomatology* is undertaken by Amolca and published by arrangement with EDRA Publishing.

Edición en idioma castellano:

Copyright © 2024. Editorial Amolca, S. A. S.

*Láser de diodo en odontología y estomatología*

Primera edición – E. Ruga, M. Garrone, R. M. Calvi, R. Rivera

ISBN: 978-628-7528-97-0

Edición año 2024

Corrección clínica: Daniela Salazar

Corrección de estilo y gramática: Lucía Rivera

Artes finales: Andrea Miranda

Diseño de portada: Steven Cifuentes

Impreso en China



# AMOLCA

CASA MATRIZ 

Cra 43 # 9 Sur 195 Ed. Square Torre  
Inexmoda Ofc. 1334 - 1338  
Medellín, Colombia  
(604) 479 74 31  
[contacto@amolca.com](mailto:contacto@amolca.com)

AMOLCA COLOMBIA 

Elkin Restrepo  
Circular 5 #71 A -5 Barrio Laureles  
(604) 444 3314 +57 3175049844  
[gerencia@amolca.com.co](mailto:gerencia@amolca.com.co)

AMOLCA CHILE 

General Bustamante 24, oficina 1.  
Providencia, Santiago de Chile  
+56 944182523  
[ventas@amolcachile.com](mailto:ventas@amolcachile.com)

AMOLCA MÉXICO 

Arquitectura 49 – 202 o Videoportero  
Amolca. Colonia Copilco Universidad.  
Alcaldía Coyoacán. C.P. 04360.  
Ciudad de México.  
+52 5556580882  
[administracion@amolcamesico.com](mailto:administracion@amolcamesico.com)  
[amolca@me.com](mailto:amolca@me.com)

AMOLCA PERÚ 

Rafael Ángel Cortés Flórez  
Jr. Inclan 312 Magdalena del Mar, Lima  
(051) 24-33161  
[ventas@amolca.com.pe](mailto:ventas@amolca.com.pe)

AMOLCA VENEZUELA 

Calle VillaFlor Edificio Centro Profesional del Este  
Piso 08 Oficina 81. Urbanización San Antonio /  
Sabana Grande Sur, Parroquia El Recreo,  
Municipio Libertador. Distrito Libertador  
Carmen Rosandra Fernandes - 0414-255 51 85

**Distribuidores**

Argentina - Bolivia – Brasil - Costa Rica - Ecuador - El Salvador - España - Estados Unidos  
Guatemala - Honduras - Nicaragua – Panamá - Paraguay – Uruguay



WWW.AMOLCA.COM



# Autores



## Emanuele Ruga

Odontólogo. En 2009 obtuvo el Máster Universitario en Cirugía Oral (Universidad de Turín). En 2010 se especializa en la Universidad de Florencia en Odontología Infantil y Odontología Clínica en el Paciente Discapacitado y Medicamento Comprometido.

En 2014 se especializa en la Universidad de Turín, en Cirugía Odontoestomatológica con honores y dignidad de impresión por la tesis experimental titulada «Evaluaciones clínicas e histológicas sobre el uso del láser de diodo en cirugía oral». En 2019 obtuvo el Máster Universitario en Medicina Estética en la Universidad de «G. d'Annunzio» Chieti-Pescara. De 2015 a 2019 fue tutor en la Escuela de Especialización en Cirugía Odontoestomatológica de Turín. Desde 2019 colabora con la Universidad de Camerino y Turín en el Máster de Medicina Estética.

Es director científico de AIOLA y director regional de SIMEO Piemonte. Es autor de publicaciones en revistas científicas nacionales e internacionales y ponente en cursos y conferencias en Italia y en el extranjero.



## Marco Garrone

Odontólogo, se graduó con honores y dignidad de impresión por la tesis en Medicina Oral titulada «Terapia láser de baja intensidad en pacientes con síndrome de boca ardiente: estudio RCT». En 2017 se especializa en la Universidad de Turín, en Cirugía Odontoestomatológica con honores. Obtuvo el Máster Universitario en Medicina Estética en 2019 en la Universidad de «G. d'Annunzio» Chieti-Pescara.

De 2017 a 2020 asistió al departamento de Medicina Oral de la Escuela de Odontología CIR de Turín.

Desde 2019 colabora con las universidades de Camerino y Turín en la Maestría de Medicina Estética.

Es un socio extraordinario de AIOLA y SIMEO.



## Raffaele Michele Calvi

Odontólogo. Participa en numerosos cursos de formación y conferencias sobre el uso del láser en odontología en Italia y en el extranjero. En 2019 obtuvo el Máster Universitario en Medicina Estética en la Universidad de «G. d'Annunzio» Chieti-Pescara, Facultad de Medicina y Cirugía. Desde 2019 colabora con las Universidades de Camerino y Turín en el Máster en Medicina Estética.

Es miembro extraordinario, director y miembro del grupo de investigación AIOLA, así como miembro de SIMEO Piemonte y ANDI. Es autor de varias publicaciones en revistas científicas nacionales e internacionales. Es ponente en cursos sobre el uso del láser en Italia y en el extranjero.



## Roberto Rivera

Odontólogo. Se especializó en 2003 en la Universidad de Florencia en «Uso del láser en patologías orales y periorales de tejidos duros y blandos».

En 2004, obtuvo la certificación internacional ISLD en el uso de los dispositivos láser con diferentes longitudes de onda en odontología. En 2009, 2011, 2012 fue profesor en el curso de especialización en «Uso del láser y nuevas tecnologías en el tratamiento de tejidos duros y blandos orales y periorales» en la Universidad de Siena. En 2010 fue profesor del Máster EMDOLA en la Universidad de Parma.

Es Vicepresidente de AIOLA.

Es autor de varias publicaciones en revistas científicas nacionales y ponente en cursos y congresos en Italia. Trabaja como médico privado en Milán y su provincia.

## COAUTORES

---

### **Annamaria Agnone**

Odontóloga; especialista en Cirugía Odontoestomatológica  
Integrante activa y asesora de AIOLA  
SCDU Hospital de Odontología y Estomatología, Universidad  
«Maggiore della Carità» de Novara

### **Ettore Amerio**

Odontólogo; especialista en Cirugía Odontoestomatológica  
Máster Universitario en Periodoncia (EFP), Departamento de  
Periodoncia, Universidad Internacional de la Cataluña, Barcelona  
Integrante ordinario de AIOLA

### **Melania Amoroso**

Higienista dental  
Integrante agregada de AIOLA  
Práctica privada en Ancona

### **Lidia Barreiro**

Odontóloga  
Máster Universitario EMDOLA, Implantología  
Secretaria ejecutiva en la SELO (Sociedad Española de Laser y  
Fototerapia en Odontología)

### **Vincenzo Roberto Mario Carbone**

Médico; especialista en Odontoestomatología;  
Especialista en cirugía Odontoestomatológica  
Integrante ordinario de AIOLA  
SCDU Odontoestomatología A.O.U. «S. Luigi Gonzaga» de Or-  
bassano (TO)

### **Claudio De Vito**

Odontólogo  
Integrante ordinario de AIOLA  
Práctica privada en Sorrento

### **Ardavan Etemadi**

Odontólogo  
Práctica privada en Teherán (Irán)  
Profesor adjunto, Departamento de Periodoncia, Universidad  
Islámica Azad de Ciencias Médicas, Teherán (Irán); Centro de  
Investigación Láser, Universidad de Ciencias Médicas de Tehe-  
rán, Teherán (Irán)

### **Maurizio Maggioni**

Odontólogo  
Socio fundador y Presidente de AIOLA  
Práctica privada en Bérgamo

### **Davide Nocentini**

Odontólogo  
Integrante de AIOLA  
Práctica privada en Génova

### **Pierantonio Nocentini**

Odontólogo  
Integrante activo y asesor de AIOLA  
Práctica privada en Génova

### **Alessandro Paccagnella**

Higienista dental; odontólogo  
Integrante ordinario de AIOLA  
Práctica privada en Padua

### **Valerio Partipilo**

Médico, odontólogo; especialista en Cirugía Vascular  
Máster Universitario en Periodoncia  
Secretario y ex presidente de AIOLA  
Práctica privada en Bari

### **Massimiliano Pelliccia**

Médico, odontólogo  
Miembro fundador de GISOS; integrante de AIOLA  
Práctica privada en Ancona

### **Renzo Ruga**

Médico, odontólogo; especialista en Odontoestomatología  
Integrante ordinario de AIOLA  
Práctica privada en Moncalieri (TO)

### **Maurizio Signorini**

Odontólogo  
Presidente del Club de Odontología Microscópica  
Práctica privada en Barbania (TO)

### **Andrea Simeone**

Odontólogo; especialista en Cirugía Odontoestomatológica  
Miembro activo y director de AIOLA  
Práctica privada en Piacenza

### **Harpreet Singh Marjara**

Odontólogo  
Práctica privada en Shimla (India)  
Integrante ordinario de AIOLA  
Profesor y jefe de Prostodoncia, DAV Dental College, Solan,  
India

### **Edoardo Trevisiol**

Director físico; especialista en Física Médica  
Responsable de seguridad láser  
Función de salud física—A.O.U. «S. Luigi Gonzaga» de Orbas-  
sano (TO)

### **Lorenzo Zamprota**

Físico  
Universidad de Turín, Departamento de Física

---

# Prefacio

Para mí es un gran placer presentar esta obra.

El texto pretende ser una herramienta completa tanto para el odontólogo general como para el especialista, que intenta acercarse al uso del láser de diodo en las distintas disciplinas. Todos los aspectos relacionados con esta innovadora herramienta se tratan de forma clara y exhaustiva, sin descuidar aspectos críticos como la seguridad, así como las bases físicas y ópticas en las cuales se fundamenta su funcionamiento.

Por primera vez, un manual describe en detalle los distintos componentes de los sistemas de láser de diodo con una visión completa de los accesorios a utilizarse, dando cabida a aplicaciones clínicas específicas.

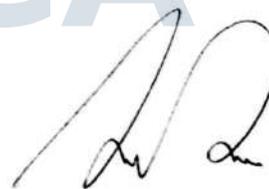
Los autores han canalizado las experiencias y técnicas desarrolladas por clínicos nacionales e internacionales en una obra única y de carácter innovador.

Los autores han sabido transmitir, a través de contenidos multimedia y de una cuidada iconografía, la experiencia adquirida a lo largo de los años en el campo de la cirugía oral y en el manejo de los tejidos blandos orales y periorales.

Un texto moderno y basado en evidencias, capaz de constituir un estímulo y un estudio en profundidad para los amantes del tema, así como una guía práctica y exhaustiva para los principiantes.

**Dr. Prof. Francesco Riva**

*Doctorado en Medicina; Doctorado en Cirugía Dental; Especialidad en Cirugía Maxilofacial  
Exdirector de la Unidad Operativa del Complejo de Cirugía Odontostomatológica Hospital Odontológico  
«George Eastman»—Roma  
Consejero del CNEL (Consejo Nacional de Economía y Trabajo)  
Miembro del Comité Nacional de Seguridad Alimentaria del Ministerio de Sanidad*



---

# Prefacio

El LÁSER (acrónimo de *Light Amplification by the Stimulated Emission of Radiation*), tras las primeras aplicaciones de Maiman en 1960, se ha ido introduciendo paulatinamente en el estudio y la práctica de la odontología. Desde principios de este siglo se ha producido un auge en los estudios e investigaciones sobre la aplicación del láser, utilizado en la actualidad tanto para terapias de tejidos duros como blandos. Gracias al uso a gran escala del láser, la eficacia, especificidad, seguridad y efectividad de los tratamientos dentales han aumentado a bajo coste.

Los distintos tipos de láser que existen hoy en día en el mercado funcionan con diferentes longitudes de onda y pueden utilizarse para diferentes terapias dentales. Entre los láseres, el láser de diodo se utiliza principalmente para el tratamiento de problemas relacionados con los tejidos blandos, el blanqueamiento dental y como complemento del tratamiento periodontal gracias a sus propiedades bactericidas.

Existen varios textos, también en italiano, sobre las aplicaciones del láser de diodo en odontología.

El Manual de Láser de Diodo en Odontología y Estomatología creado por Emanuele Ruga, Marco Garrone, Raffaele Michele Calvi y Roberto Rivera es una novedad en el ámbito editorial nacional, ya que se centra en los aspectos interdisciplinarios del uso del láser en odontología, con especial referencia a las aplicaciones en cirugía oral. Particularmente interesante es el capítulo sobre las aplicaciones del láser en la medicina estética odontológica, una práctica que se está extendiendo gradualmente y que puede ayudar a transformar el consultorio dental en el lugar donde tiene cabida el bienestar y la belleza de la región oral y perioral.

Conozco personalmente a los tres primeros autores de este manual, ya que les invité a celebrar varios seminarios del Máster en Medicina Estética, dirigido y coorganizado por la Universidad de Camerino y la Universidad de Turín. Siempre he apreciado la competencia, la capacidad y el entusiasmo de estos jóvenes profesionales. Ellos han sabido infundir tales habilidades en este manual, escrito de forma lineal, didáctica y eficaz, donde se describe en 14 capítulos los principales aspectos del uso del láser de diodo en odontología.

La claridad de la presentación y la exhaustividad de la discusión hacen de este manual un texto de gran interés, al cual deseo todo el éxito merecido.

**Prof. Francesco Amenta**

*Director de la Facultad de Ciencias de la Medicina y Productos Sanitarios  
Universidad de Camerino*



# Agradecimientos

Con sincero agradecimiento queremos dar las gracias a los profesores Massimo Gagliani, Francesco Amenta, Francesco Riva, Marco Volante y Antonio Guida; a Emanuela Guerriero, Giorgio Villa, Luca Boria y Angelo Cucinotta, de las sedes de AIOLA y SIMEO; a Paola Sammaritano, Costanza Smeraldi, Maurizio Meliconi y a EDRA (grupo LWSR) por su contribución, esfuerzo, amistad y apoyo constante.



# Índice

## Capítulo 1

<b>Física del láser de diodo</b> .....	1
L. Zamprota, E. Trevisiol	
Física del láser .....	1
Características del haz láser .....	3

## Capítulo 2

<b>Visión general del láser de diodo: cómo se hace y cómo gestionarlo</b> .....	5
E. Ruga	
Unidad principal .....	7
Conexión entre la unidad principal y los medios de transporte-conducción .....	9
Sistema de alimentación .....	10
Pedal .....	10
Medios de transporte/conducción del haz láser .....	11
Fibras ópticas .....	12
Piezas de mano .....	15
Pieza de mano CONTACT .....	15
Pieza de mano con insertos intercambiables (MULTITIP plata) .....	15
Pieza de mano de bioestimulación .....	16
Pieza de mano de onda plana .....	17
Terminal de bioestimulación intraoral para pieza de mano MULTITIP .....	18
Terminal de bioestimulación en forma de campana para pieza de mano MULTITIP .....	18
Arco de blanqueamiento para pieza de mano MULTITIP .....	19
Pieza de mano focalizada para insertos de zafiro .....	19
Terminal zoom telescópico .....	20
Conexiones entre pieza de mano e insertos .....	20
Insertos .....	21
Inserciones de cables .....	21
Insertos de fibra óptica intercambiables (MULTITIP) .....	22
Insertos de zafiro .....	22

## Capítulo 3

<b>Seguridad láser</b> .....	27
E. Trevisiol, L. Zamprota, M. Signorini	
Evaluación de riesgos .....	27
Etiquetado .....	28

Clasificación de los láseres .....	28
Evaluación de riesgos para personas sensibles .....	29
Riesgos de la exposición a la radiación láser .....	31
Distancias para la prevención .....	32
Estrategia de prevención .....	32
Medidas de prevención .....	33
Pruebas de calidad de los equipos láser .....	33
Controles de seguridad de los equipos láser .....	33
Principales tipos de accidentes .....	33
Protección contra las radiaciones .....	35
Vigilancia de la salud .....	35
Formación e información .....	37
Microscopía, sistemas de aumento y LÁSER .....	37
Sugerencias .....	37
Lupas .....	37

## Capítulo 4

<b>Visión general de la historia del láser e introducción a las aplicaciones dentales</b> .....	41
R. Rivera, M. Garrone, E. Trevisiol, V. Partipilo, M. Maggioni, E. Ruga	
Introducción a las aplicaciones del láser dental .....	42
Gestión, preparación, activación de la fibra óptica del láser de diodo .....	51
Gestión de la fibra óptica .....	51
Pasos previos al uso del láser de diodo en el ámbito dental .....	52

## Capítulo 5

<b>Fotobiomodulación: actualidad y perspectivas de futuro</b> .....	55
M. Garrone, L. Barreiro, E. Ruga	
Terapia con láser de baja intensidad .....	55
Historia de la LLLT .....	56
Ventajas de la LLLT .....	56
Mecanismo de acción .....	56
Efectos en los tejidos .....	56
Parámetros de irradiación .....	56
Aplicaciones en procedimientos dentales .....	57
Cirugía .....	57
Osteonecrosis relacionada con los bifosfonatos .....	57
Ortodoncia .....	58
Periodoncia .....	59
Periodontitis agresiva .....	59

Gingivitis.....	59	<b>Terapia de la periimplantitis asistida por láser</b>	
Periimplantitis.....	59	<b>E. Amerio, E. Ruga</b>	
Reimplantación dental.....	59	Definición de periimplantitis.....	106
Tratamiento de los trastornos de la articulación temporomandibular.....	60	Factores de riesgo de periimplantitis.....	107
Alteraciones musculares .....	60	Introducción al tratamiento de la periimplantitis.....	107
Hipersensibilidad dentinaria.....	62	Papel del láser de diodo en el tratamiento de la periimplantitis.....	108
Endodoncia .....	62	Seguridad y efecto antimicrobiano .....	108
Medicina oral.....	63	Efecto de la fotobiomodulación .....	108
Mucositis radioinducida.....	64	Fotosensibilización .....	109
Reparación de nervios.....	64	Estudios clínicos .....	109
Dolor orofacial idiopático crónico.....	65	Observaciones finales .....	109
Síndrome de apnea obstructiva del sueño .....	65	Protocolo clínico según los autores.....	110
<b>Capítulo 6</b>		<b>Capítulo 9</b>	
<b>Blanqueamiento dental</b> .....	71	<b>Láser de diodo en odontología restauradora</b> .....	119
R.M. Calvi, H.S. Marjara, E. Ruga		E. Ruga, M. Garrone, R.M. Calvi, M. Amoroso, M. Pelliccia	
Procedimiento clínico.....	72	Gingivectomía.....	119
Blanqueamiento dental asistido por láser.....	72	<b>Gingivoplastia y alargamiento de la corona</b> .....	120
Blanqueamiento interno y externo en caso de dientes no vitales.....	76	E. Ruga, M. Garrone, R.M. Calvi	
Blanqueamiento gingival .....	76	Alargamiento de corona asistido por láser.....	120
Descripción de la técnica operatoria.....	76		
 		<b>Perforación de diques dentales con láser de diodo</b> .....	123
<b>Capítulo 7</b>		E. Ruga, M. Garrone, R.M. Calvi	
<b>Láser de diodo en periodoncia</b> .....	81	<b>Descontaminación de tejidos duros</b> .....	125
E. Amerio, A. Etemadi, E. Ruga		E. Ruga, M. Garrone, R.M. Calvi	
Periodontitis: definición de casos y fases de tratamiento.....	81	<b>Pretratamiento de sistemas adhesivos</b>	
Fases del tratamiento de la periodontitis.....	81	E. Ruga, M. Garrone, R.M. Calvi .....	125
Definición de estabilidad periodontal .....	82	<b>Utilización del láser de diodo en el protocolo clínico de desensibilización dentinaria</b> .....	126
Papel del láser de diodo en el tratamiento de la periodontitis.....	82	M. Amoroso, M. Pelliccia, E. Ruga	
FASE 2: Terapia casual .....	82	Hipersensibilidad dentinaria .....	126
FASE 3: Tratamiento de las bolsas residuales .....	84	Desensibilización asistida por láser .....	126
FASE 4: Cuidados periodontales de apoyo .....	84	Estudios clínicos recientes.....	127
Observaciones finales.....	84		
Protocolos clínicos y ajuste del láser en el tratamiento periodontal .....	85		
Cirugía plástica periodontal .....	88		
 		<b>Capítulo 10</b>	
<b>Capítulo 8</b>		<b>Láser de diodo en endodoncia</b> .....	131
<b>Láser de diodo en implantología</b> .....	97	R. Rivera, E. Ruga	
E. Amerio, R.M. Calvi, M. Garrone, A. Etemadi, E. Ruga		Posibles usos del láser de diodo endodóntico .....	134
Tratamiento de los tejidos blandos periimplantarios asistido por láser.....	98	Modo de utilizar el láser de diodo en la terapia endodóntica .....	135
Descubrimiento de implantes .....	98	Descontaminación fotoactivada (PAD).....	142
Técnica quirúrgica .....	98	Procedimiento PAD.....	142

**Capítulo 11****Láser de diodo en odontología protésica**..... 149D. Nocentini, A. Paccagnella, C. De Vito,  
M. Garrone, E. Ruga, H.S. Marjara

Tratamiento preprotésico de los tejidos blandos en prostodoncia fija y removible.....	149
Impresión dental asistida por láser.....	149
Sinergia entre los métodos láser y digital.....	153

**Capítulo 12****Láser de diodo en medicina oral**..... 159

M. Garrone, A. Etemadi, E. Ruga

Trastornos potencialmente malignos.....	159
Leucoplasia.....	159
Liquen plano oral.....	161
Pénfigo vulgar.....	162
Penfigoide de las mucosas.....	162
Estomatitis aftosa recurrente.....	162
Infección por el virus del herpes simple.....	162
Osteonecrosis de mandíbula relacionada con la medicación.....	164
Anomalías vasculares.....	165
Síndrome de boca ardiente.....	166
Técnicas de biopsia asistida por láser.....	166
Etapas de una biopsia realizada con láser de diodo.....	169
Tablas resumen: láser de diodo de 915 nm, parámetros de uso en medicina bucal.....	171

**Capítulo 13****Láser de diodo en cirugía oral**..... 175

E. Ruga, M. Garrone, H.S. Marjara, M. Pelliccia, A. Agnone, P. Nocentini, A. Simeone, R. Ruga, V. Carbone

Tratamiento de la cavidad alveolar posextracción.....	176
Incisión de colecciones de abscesos.....	176
Incisión para el diseño de colgajos quirúrgicos.....	178
Suturas quirúrgicas y láser de diodo.....	178

Suturas, ¿cuándo?.....	178
Retiro de suturas.....	178
Cirugía plástica de los tejidos blandos orales.....	178
Frenectomía.....	178
Frenectomía lingual.....	184
Cirugía plástica periodontal.....	184
Exposición quirúrgica de los dientes.....	184
Exposición quirúrgica de dientes temporales y permanentes en la edad de desarrollo.....	184
Exposición quirúrgica de terceros molares y otros dientes permanentes.....	192
Hipertrofia gingival.....	203
Eliminación de neoformaciones orales.....	203
Técnica quirúrgica.....	212
Tratamiento quirúrgico de los quistes linfoepiteliales de la cavidad oral.....	212
Tratamiento quirúrgico de las neoformaciones relacionadas con el VPH.....	212
Patología quirúrgica de las glándulas salivales.....	216
Mucocele de la cavidad oral y láser de diodo.....	216
Sialolitiasis.....	216
Ránula.....	224

**Capítulo 14****Introducción a las aplicaciones del láser en medicina estética**..... 239

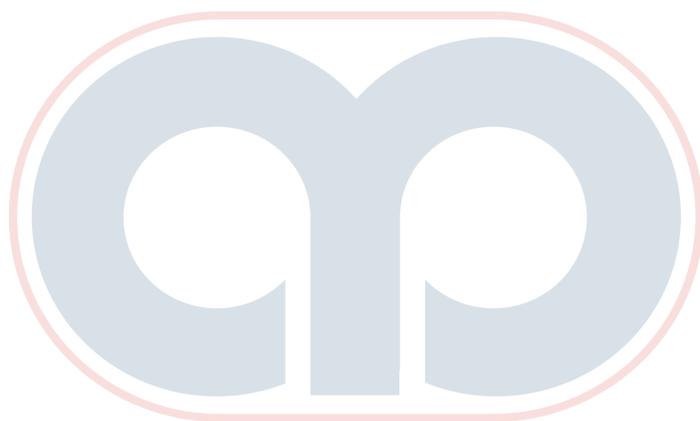
E. Ruga, M. Garrone, R.M. Calvi, R. Ruga

Prólogo.....	239
Vías de diagnóstico.....	240
Dermatoscopia.....	240
Tratamiento quirúrgico estético de las lesiones y neoformaciones de la piel.....	240
Bioestimulación de los tejidos periorales.....	240
Tratamiento estético de las anomalías y malformaciones vasculares de bajo flujo de la cara.....	243
<i>Lifting</i> láser.....	243

**Índice alfabético**..... 246

# Seguridad láser

E. Trevisiol, L. Zamprota,  
M. Signorini



Los láseres son dispositivos que emiten radiación óptica artificial coherente de una sola longitud de onda y dirección, y de gran intensidad. El material activo de la cavidad determina la longitud de onda de la radiación emitida por el láser que pertenece a la banda óptica (infrarrojo-visible-ultravioleta).

La radiación óptica emitida puede causar efectos directos en el tejido biológico del individuo expuesto, lo que puede provocar daños. La Directiva 2006/25/CE<sup>1</sup>, del Parlamento Europeo y del Consejo, obliga al empresario a evaluar todos los riesgos para la salud y la seguridad de los trabajadores en relación con los riesgos físicos (directos o indirectos) asociados a la exposición a fuentes láser. Deberán tenerse especialmente en cuenta los riesgos debidos a los efectos nocivos para los ojos y la piel. Esta evaluación también deberá abarcar a los miembros del público expuestos a la radiación láser.

## Evaluación de riesgos

El proceso específico de evaluación de riesgos se define en la Directiva 2006/25/EC<sup>1</sup> en la sección II, artículo 4, apartado 1: «En el cumplimiento de las obligaciones [...] el empresario, en el caso de los trabajadores expuestos a fuentes artificiales de radiación óptica, evaluará y, en caso necesario, medirá y/o calculará los niveles de exposición a las radiaciones ópticas a los que puedan estar expuestos los trabajadores, de modo que puedan

determinarse y ponerse en práctica las medidas necesarias para restringir la exposición a los límites aplicables».

La Directiva establece que el análisis se efectúa según un esquema muy concreto:

- conocimiento de las fuentes (censo);
- conocimiento de los métodos de exposición (tiempos, métodos, disposición, etc.);
- ejecución de las medidas (si no se dispone de los datos del fabricante);
- ejecución de los cálculos (a partir de los datos del fabricante);
- comparación con los valores límite.<sup>1</sup>

La metodología aplicada en la evaluación, medición y/o cálculos deberá seguir las normas de la Comisión Electrotécnica Internacional<sup>2</sup> en lo referente a la radiación láser y las recomendaciones de la Comisión Internacional de Iluminación y del Comité Europeo de Normalización con respecto a la radiación no coherente. En caso de situaciones de exposición que no estén cubiertas por estas normas y recomendaciones, todas las evaluaciones se llevarán a cabo utilizando las directrices nacionales o internacionales disponibles con base científica. La evaluación podrá tener en cuenta los datos facilitados por los fabricantes de los equipos cuando las directivas comunitarias pertinentes los contemplen.

Al término del análisis, debe incluirse en el documento de evaluación de riesgos un **informe** con los resultados. El apartado 2 del artículo 4 de la Directiva establece que la evaluación de riesgos debe ser realizada por personal cualificado con conocimientos específicos y formación específica en el sector. En algunos países, existe el perfil profesional del Responsable de Seguridad Láser quien, en colaboración con el empresario, tiene la responsabilidad y la autoridad para gestionar el programa general de seguridad láser y, además, también es responsable de establecer, supervisar y hacer cumplir los controles láser, así como de evaluar los peligros del láser.

Los parámetros fundamentales del procedimiento de evaluación de riesgos son:

- **características de la exposición:** intensidad del haz, intervalo de l y duración del pulso;
- **valores límite** de exposición;<sup>1</sup>
- efectos sobre la salud y la seguridad de los trabajadores pertenecientes a **clases sensibles al riesgo**;
- efectos sobre la salud y la seguridad de los trabajadores derivados de las interacciones entre el LASER y los **agentes químicos fotosensibilizantes**;
- **efectos indirectos** como ceguera temporal, explosión, incendio;
- existencia de métodos o equipos alternativos;
- posibles optimizaciones para **minimizar la exposición**;
- **formación completa e información** sobre el procedimiento a llevarse a cabo;
- considerar posibles **exposiciones múltiples**;
- **clasificación de las fuentes láser** en función del riesgo asociado.

Todas las fuentes láser clasificadas en las clases 1 y 2 (véanse a continuación las definiciones) según la norma 60825-13<sup>3</sup> se consideran **«justificables»**, es decir, no merecen una investigación más profunda, pues se definen como seguras *a priori* sobre la base

de los datos bibliográficos (atención: no hay equipos de clase 1M y 2M, pero tampoco equipos de clase 1 y 2 que contengan fuentes de clase superior).

**Para todas las demás fuentes (clases 1M, 2M, 3R, 3B y 4) será necesario realizar una evaluación de riesgos más detallada.**

## Etiquetado

Los equipos que emiten Radiaciones Ópticas Artificiales deben ir acompañados de información sobre las emisiones, en cumplimiento de las Leyes y Normas Técnicas:

- Directiva europea 2006/42/EC (Directiva sobre máquinas);<sup>4</sup>
- Reglamento EU 2017/745 de la MDR Medical Device Regulation, (actualiza la antigua directiva de productos sanitarios 93/42/EC).<sup>5</sup>

La información que debe facilitar el fabricante es: **clasificación, etiquetado e indicación de los requisitos técnicos de seguridad** según la clase a la que pertenezcan. Toda esta información, combinada con la información para el usuario y los valores AEL (Niveles de Emisión Accesibles a los que se puede estar expuesto), se recoge en las normas EN ISO 11553-1<sup>6</sup> y 11553-2<sup>7</sup> e IEC EN 60825-1.<sup>3</sup>

El fabricante debe colocar una o varias etiquetas en cada dispositivo láser. El símbolo que muestra el pictograma láser debe estar asociado, excepto para la clase 1, con una placa adicional (3.1) donde se muestra:

- la clase y las normas utilizadas para la clasificación;
- la potencia máxima, las longitudes de onda, la duración del impulso;
- la emisión visible o invisible;
- las advertencias relativas a un uso seguro.

Deberá figurar una advertencia adicional si el desmontaje de piezas implica un riesgo de exposición a AEL de una clase superior a la clase 1, o si existe el riesgo de exposición a haces de una clase superior.

Cuando la protección ocular sea indispensable, aunque solo sea para algunas operaciones, el fabricante deberá proporcionar también **toda la información necesaria para la elección del equipo de protección individual (PPE, por las siglas en inglés de personal protective equipment)** específico para la zona ocular.

## Clasificación de los láseres

La clasificación de un láser, según la norma IEC EN 60825-1,<sup>3</sup> permite identificar su peligrosidad, de acuerdo con las siguientes reglas:

- La declaración de la clasificación de un láser es responsabilidad del fabricante.
- El aparato debe clasificarse en función de la **combinación de la potencia de emisión y la longitud de onda de la radiación láser en todos sus modos de funcionamiento**.
- Determinar la clase de un láser implica comparar su nivel de radiación accesible (AEL, por las siglas en inglés de *accessible emission level*) con la referencia de una clase concreta.



3.1. Etiquetas aplicadas a los dispositivos láser.

- Los parámetros fundamentales para evaluar la clasificación de los láseres, definidos en la norma IEC EN 60825-1,<sup>3</sup> se indican a continuación.
  - ▶ MPE (Exposición Máxima Permissible). Nivel de radiación láser al que, en condiciones normales, la piel o el ojo pueden permanecer expuestos sin sufrir daños a corto o largo plazo. Estos niveles se obtienen a partir de los **umbrales de inducción de daños** (procesos fotoquímicos, fototérmicos, fotomecánicos y fotoablativos).
  - ▶ AEL (Nivel de Emisión Accesible). Cantidad operativa, tal como se indica en los documentos de la ICNIRP,<sup>8</sup> utilizada para la clasificación de un láser. Indica el **nivel de emisión accesible (AEL) máximo permitido** en una clase particular de láser. La determinación y el cálculo del AEL se derivan de los valores MPE y varían en función de los siguientes parámetros:
    - longitud de onda;
    - duración del impulso;
    - tiempo de exposición;
    - tipo de tejido expuesto;

- tamaño de la imagen retiniana;
- limitación de apertura.

Según la norma IEC EN 60825-1,<sup>3</sup> el láser debe clasificarse en una de las clases por orden de riesgo creciente (a veces indicadas con números romanos) presentes en la Tabla 3.1.

## Evaluación de riesgos para personas sensibles

Esta evaluación concierne a aquellos trabajadores y miembros de la población que requieren una periodicidad particular de los controles y medidas de protección específicas, en relación con el tipo y el alcance de la exposición y las condiciones de susceptibilidad individual a determinados efectos.

La evaluación específica de riesgos (■ 3.2) debe realizarse en estrecha colaboración con el médico del trabajo, cuando esta figura esté prevista, o consultando a un médico especialista.

### 3.1 Clasificación de los láseres en orden creciente de riesgo

<b>Clase 1</b>	Láseres seguros en los modos de funcionamiento previsibles (incluso con el uso de instrumentos ópticos para la visión). Dispositivo que no permite el acceso humano a radiaciones láser superiores al NEA de clase 1 para $\lambda$ y $\Delta\tau$ aplicables.
<b>Clase 1M</b>	Láseres seguros ( $302,5 \leq \lambda \leq 400$ nm) en modos de funcionamiento previsibles (potencialmente peligrosos si la radiación se observa con instrumentos ópticos). Dispositivo que no permite el acceso humano a radiaciones láser superiores al AEL de clase 1 para $\lambda$ y $\Delta\tau$ aplicables.
<b>Clase 1C</b>	Láseres diseñados para su aplicación directa sobre la piel o los tejidos del interior del cuerpo humano, para uso clínico o cosmético. La radiación emitida puede ser de gran potencia, por lo que debe evitarse y prevenirse la exposición de los ojos. El equipo debe prever soluciones técnicas que reduzcan la emisión por debajo del AEL de la clase 1, cuando la fuente ya no esté en contacto con el tejido objetivo.
<b>Clase 2</b>	Láser (solo en la banda visible $400 \leq \lambda \leq 700$ nm) en el que se garantiza la protección ocular gracias al reflejo del párpado (incluido el uso de instrumentos ópticos). Dispositivo que no permite el acceso humano a radiaciones láser superiores al NEAE de la clase 2 para $\lambda$ y $\Delta\tau$ aplicables.
<b>Clase 2M</b>	Láser (solo en la banda visible $400 \leq \lambda \leq 700$ nm) en el que la protección ocular está garantizada por el reflejo del párpado (potencialmente peligroso si la radiación se observa con instrumentos ópticos). Dispositivo que no permite el acceso humano a radiaciones láser superiores al NEAE de la clase 2 para $\lambda$ y $\Delta\tau$ aplicables.
<b>Clase 3R</b>	Láser ( $302,5 \leq \lambda \leq 10^6$ nm) en el que la visión directa del haz es potencialmente peligrosa, pero el riesgo es inferior al de la clase 3B. Dispositivo que permite el acceso humano a radiaciones láser superiores al AEL de las clases 1 y 2, no permite el acceso humano a radiaciones láser superiores al AEL de las clases 3R y 3B para $\lambda$ y $\Delta\tau$ aplicables.
<b>Clase 3B</b>	Láser en el que la visión directa del haz es peligrosa. Los reflejos difusos suelen ser seguros. Dispositivo que permite el acceso humano a radiaciones láser superiores al AEL de la clase 3R, no permite el acceso humano a radiaciones láser superiores al AEL de la clase 3B para $\lambda$ y $\Delta\tau$ aplicables.
<b>Clase 4</b>	Láser en el que los reflejos difusos son peligrosos. Pueden provocar lesiones cutáneas y riesgo de incendio. Incluye cualquier dispositivo láser que permita el acceso humano a radiaciones láser superiores al AEL de la clase 3B.

**3.2** Categorías de personas que se consideran particularmente en riesgo, con indicación de los rangos de longitud de onda a las que pueden ser sensibles.

Personas en situación de riesgo	
Mujeres embarazadas	IR
Menores	IR, Vis, UV
Albinos	UV
Portadores de enfermedades del colágeno (p. ej., esclerodermia)	UV
Sujetos en tratamiento con fármacos o agentes fotosensibilizantes*.	
Sujetos afectados por alteraciones del iris y la pupila	IR, Vis, UV
Sujetos con formaciones coloidales bajo la retina (drusas)	Vis blu
Sujetos con lesiones cutáneas malignas	UV
Sujetos que padezcan enfermedades cutáneas fotoinducidas o fotoagravadas	IR, UV
Sujetos epilépticos	Vis intermitente
Sujetos con lente artificial (LIO)	Vis, UV

IR = infrarrojo; UV = ultravioleta; Vis = visible.

\*Los agentes fotosensibilizantes, es decir, sustancias capaces de transformar a un individuo en un sujeto con sensibilidad particular a la radiación láser, revisten un interés particular. Tanto el mecanismo de sensibilización como los efectos son extremadamente subjetivos, por lo cual es necesario tener mucho cuidado a la hora de utilizar diferentes sustancias.

Fuente: Directrices ICNIRP.<sup>8</sup>

**3.3** Ejemplo de tabla de agentes fotosensibilizantes, con indicación de los rangos de longitud de onda y posibles efectos

Pantallas, blanqueadores ópticos	UV	Fototóxico/ Fotoalérgico
Desinfectantes	UV	Fototóxico/ Fotoalérgico
Cremas, insecticidas	Vis, UV	Fototóxico/ Fotoalérgico
Tintes	UV	Fototoxicidad/ Hiperpigmentación
Alquitrán de hulla y derivados	Vis, UV	Fototóxico
Aceites esenciales	UV	Fototoxicidad/ Hiperpigmentación
Sulfuro de cadmio (tatuajes)	Vis, UV	Fototóxico
Amiodarona	UV	Fototóxico
Algunos diuréticos (tiazida)	UV	Fotoalérgico
Sulfonamidas–bacteriostáticas, antidiabéticas	UV	Fotoalérgico
Tetraciclinas–antibióticos	UV	Fototóxico

Fuente: Directrices ICNIRP.<sup>8</sup>

Los efectos de las sustancias fotosensibilizantes tienen una estrecha relación con las longitudes de onda de la fuente láser y deben tenerse en cuenta, pues varios agentes sensibilizantes manifiestan efectos fototóxicos y fotoalérgicos cuando son irradiados por rayos UV y radiación visible, efectos no conocidos en el caso de la radiación infrarroja (■ 3.3).

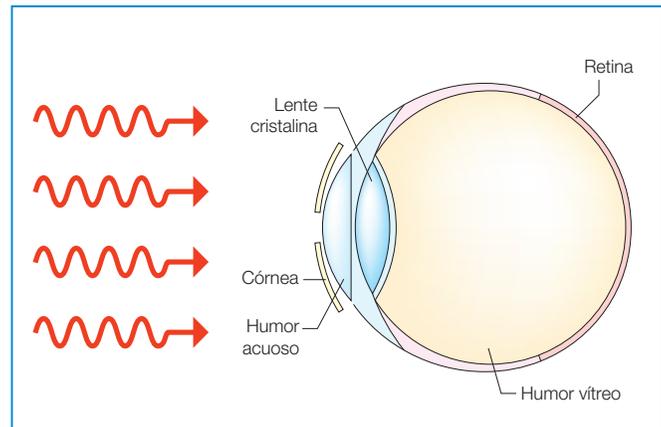
## Riesgos de la exposición a la radiación láser

Los riesgos relacionados con la exposición accidental al láser se dividen en:

- directa: directamente atribuible al rayo láser, con exposición indeseable a niveles de energía tales que pueden producir daños biológicos;
- indirectos o colaterales: relacionados con las posibles interacciones del rayo láser con el entorno o con el paciente, o causados por el propio equipo.

Los efectos directos son sobre todo agudos: la exposición accidental directa, incluso de muy corta duración, puede causar daños biológicos agudos e inmediatos. Los órganos diana son los ojos y la piel.

**Los ojos.** En el caso de las longitudes de onda distintas a la visible, la exposición puede no percibirse de inmediato y la radiación se concentra en la fovea (☑ 3.2).



☑ 3.2. Representación esquemática de la radiación óptica y la anatomía del ojo.

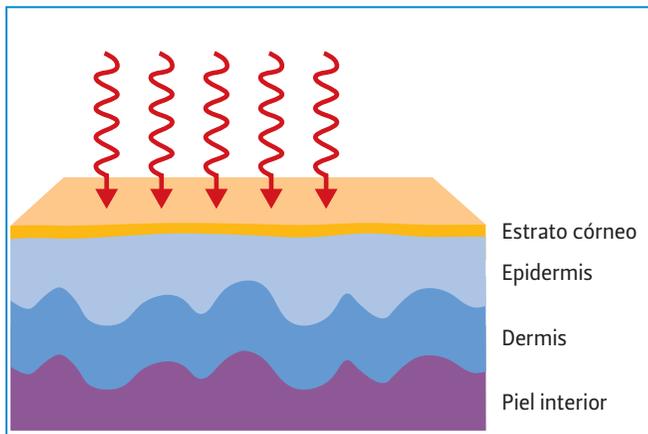
En caso de daño, su localización depende de la longitud de onda del láser, mientras que su gravedad depende de la potencia emitida y del tiempo de exposición.

En longitudes de onda UV, prevalece el efecto fotoquímico (acción sobre los enlaces moleculares: queratitis, cataratas fotoquímicas); en longitudes de onda más largas, VIS e IR, los efectos térmicos están cada vez más presentes (energía en forma de calor: quemaduras córneas y retinianas, cataratas) (■ 3.4).

**La piel.** Reacción inmediata a la exposición, incluso en el caso de radiaciones invisibles (☑ 3.3); además, una parte de la radiación

### ■ 3.4 Penetración en los tejidos oculares y porcentaje de absorción de la radiación

	Longitud de onda	Córnea	Humor acuoso	Lente cristalina	Humor vítreo	Retina	
Ultravioleta	UV-C	<280	100				
		300	97	6	2		
Prevalece el efecto fotoquímico	UV-B	320	45	16	36	1	
		340	37	14	48	1	
	UV-A	360	34	12	52	2	
Visible	VIS	400	18	8	62	0	12
	VIS	800	6	3	4	2	85
Infrarrojos		1000	7	12	10	30	41
	IR-A	1200	8	30	18	32	12
		1400	36	58	2	0	4
	IR-B	1500	67	33			
		1600	32	62	6		
Prevalen los efectos térmicos		1800	37	58	5		
	IR-C	>1800	0	100			



3.3. Representación esquemática de la radiación óptica incidente y la anatomía de la piel.

se reflejará. Asimismo, la localización del daño depende de la longitud de onda, mientras que la gravedad depende de la potencia emitida y del tiempo de exposición.

En longitudes de onda UV prevalece el efecto fotoquímico (acción sobre los enlaces moleculares: reacciones de oscurecimiento y fotosensibilización, melanomas); en longitudes de onda más largas, VIS e IR, prevalecen los efectos térmicos (energía en forma de calor: quemaduras en la superficie o en profundidad) (3.5).

### Distancias para la prevención

En función de los valores de Exposición Máxima Permissible (MEP, por las siglas en inglés de *Maximum Permissible Exposure*), la norma

IEC EN 60825-1<sup>3</sup> define, para cada láser y para cada procedimiento, en relación con el órgano crítico de mayor riesgo (el ojo), las distancias de seguridad para la protección de los operadores y de la población, por debajo de las cuales el haz láser se considera peligroso si el operador está más cerca de la fuente. La Distancia Nominal de Peligro Ocular o NOHD (por las siglas en inglés de *Nominal Ocular Hazard Distance*) es la distancia de la fuente a la que la intensidad o la energía por unidad de superficie pasa a ser inferior a la MPE en la córnea. Para garantizar el cumplimiento se define una zona de seguridad, creando la Zona Nominal de Peligro Ocular o NOHA (por las siglas en inglés de *Nominal Ocular Hazard Area*) y, de forma compatible con las características de las premisas, equipos y procedimientos, se define un trazado seguro y controlable, la Zona Láser Controlada, en la que todos los operarios deben cumplir las normas y utilizar los PPE (3.4 y 3.6).

### Estrategia de prevención

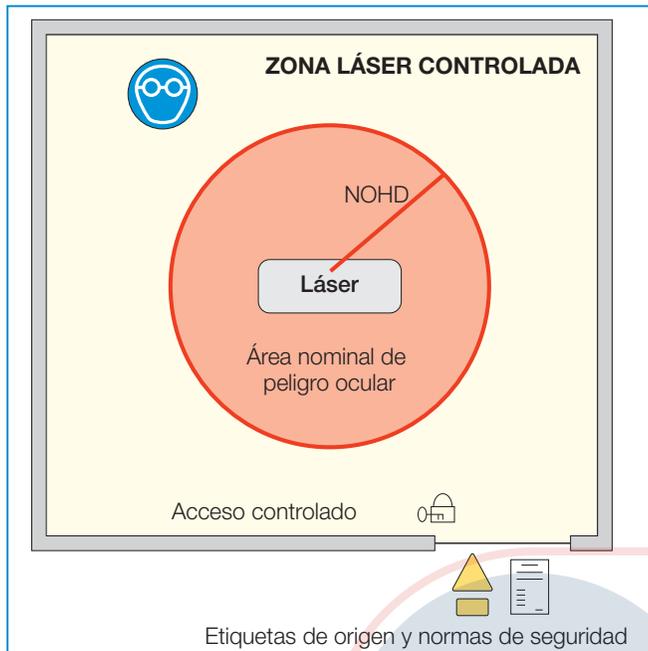
Para garantizar la seguridad de todas las personas implicadas en procedimientos láser, es necesario aplicar un protocolo en donde se tengan en cuenta las siguientes recomendaciones:

- definir los procedimientos operativos;
- identificar al personal de riesgo;
- identificar y delimitar las zonas de riesgo;
- disponer medidas de protección;
- comprueba el equipo;
- prepara las señales;
- elegir y suministrar correctamente los PPE;
- respeta las normas de seguridad;
- operadores ferroviarios.

La definición de procedimientos aumenta la concienciación sobre los peligros y el nivel de protección, y es el verdadero punto de

### 3.5 Penetración en los tejidos cutáneos y porcentaje de absorción de la radiación

	Longitud de onda	Estrato córneo	Epidermis	Dermis	Piel interior
Ultravioleta	UV-C	<200	100		
		250	96	4	
		300	45	10	
Prevalece el efecto fotoquímico	UV-B	350	78	20	2
	UV-A	400	65	32	3
		500	6	77	6
Visible	VIS	750	7	65	21
		750			
Infrarrojos	IR-A	1000	18	65	17
	IR-B	1400	64	28	8
Prevalen los efectos térmicos	IR-B				
	IR-C	>1400	32	62	6



**3.4.** Disposición de la zona láser controlada: las distancias y los escudos deben garantizar la protección de los ojos y, en consecuencia, la protección de la piel.

partida del protocolo de seguridad. Estos procedimientos deben indicar a los operadores, en particular, cómo comportarse en situaciones críticas:

- en la fase previa a la utilización, para comprobar los parámetros (estática del sistema, idoneidad de la disposición de seguridad del paciente y de los operadores, etc.);
- durante el funcionamiento, con requisitos de seguridad;
- en caso de accidente/lesión (véase el documento PNW TS 76-660 de la norma IEC TC 76).<sup>9</sup>

En función de los procedimientos operativos de cada método, se determina el personal expuesto y la disposición de seguridad adecuada de la sala.

## Medidas de prevención

En función de los principales riesgos directos e indirectos relacionados con la utilización de una fuente láser, se definen las medidas destinadas a los lugares de trabajo y a las personas, que se resumen en los cuadros 3.7 y 3.8.

## Pruebas de calidad de los equipos láser

*De conformidad con las normas IEC EN 60601-2-22, IEC EN 61040, IEC UNI EN ISO 17025 e IEC TC 76.*<sup>9-12</sup>

Los controles periódicos de la potencia de emisión son de especial importancia, tanto en la fase de aceptación como en la verificación periódica, ya que los resultados determinan la evaluación de la NOHD y su estabilidad (■ 3.9).

**Nota:** las verificaciones de las características de emisión de las fuentes de emisión pulsada son más complejas, en términos de energía transmitida, de precisión y estabilidad de los pulsos emitidos.

## Controles de seguridad de los equipos láser

*De conformidad con las normas IEC EN 60825-1,<sup>3</sup> IEC TC 76<sup>9</sup> e EN ISO 11553-113* (■ 3.10).

## Principales tipos de accidentes

Los principales tipos de accidentes posibles durante el uso de dispositivos láser son los siguientes:

- exposición ocular durante la alineación;
- ópticas desalineadas y haces directos más allá del objetivo;
- protección ocular disponible pero no utilizada;
- mal funcionamiento del equipo;
- gestión incorrecta de la alta tensión;

### 3.6 Distancias para la prevención de la exposición a la radiación láser

Distancia nominal de peligro ocular	NOHD	Distancia para la cual la irradiación o la exposición energética del haz es igual a la Exposición Máxima Permissible (MPE) para la córnea.
Área nominal de peligro ocular	NOHA	Zona en la que la irradiación o la exposición energética del haz supera la exposición máxima permitida para la córnea.
Área de peligro ocular nominal "ampliada"	NOHA ampliada	NOHA que incluye la posibilidad de visión asistida ópticamente
Zona controlada por láser	LCA	Zona en la que la actividad y la presencia de personas se regulan a través de procedimientos de control y se someten a vigilancia con fines de seguridad frente a la radiación láser.

### 3.7 Acciones de protección en el lugar de trabajo

<b>Etiquetas de presencia de fuentes y normas de seguridad</b>	Etiquetas de origen y normas de seguridad en todos los accesos a las salas afectadas. En caso de uso ocasional, podría ser amovible. Además del tipo de riesgo, debe indicar la obligación de llevar PPE	
<b>Cubrir superficies reflectantes</b>	<p><i>Ambulatorio:</i> cubrir con paños de algodón grueso o pinturas opacas</p> <p><i>Quirófano:</i> problema de esterilidad</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Sin sábanas de algodón, solo en casos seleccionados (utilizar tela, no tejida)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sin pinturas opacas</li> <li>Cristales y ventanas cubiertos con película opaca</li> <li>Prestar atención a la luz de funcionamiento</li> </ul>
<b>Cubierta de plástico para tuberías de transporte de gases medicinales</b>	Para láseres de transmisión directa cubrir con algodón grueso, papel de aluminio opaco, gasa húmeda	
<b>Instrumentación</b>	En bruto, satinado o anodizado	
<b>Incendios endotraqueales</b>	<p>Tuberías dedicadas o de protección (chapeta metálica):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>materiales no inflamables</li> <li>técnicas de ventilación</li> <li>blindaje con sustancias húmedas</li> <li>mezclas de gases de combustión bajas</li> <li>tubos de anestesia no inflamables</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>llenar los manguitos de los tubos endotraqueales con líquido y protegerlos externamente con bastoncillos húmedos</li> <li>baja concentración de oxígeno para procedimientos endotraqueales</li> <li>evitar las mangueras de goma recubiertas de tiras metálicas en espiral</li> </ul>
<b>Combustión endógena</b>	<p>Por ejemplo, el metano en el tracto gastrointestinal</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>técnicas de ventilación localizada</li> </ul>	
<b>Quemaduras por endoscopia</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Evitar la exposición de la vaina del endoscopio flexible de fibra óptica</li> <li>Evitar el calentamiento de las paredes de los sistemas de accionamiento tubulares metálicos (p. ej., broncoscopios, laringoscopios)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Comprobar la posición correcta de la fibra de transmisión</li> <li>Atención si el entorno es rico en oxígeno</li> </ul>
<b>Producción de humos y vapores</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Realizar un número adecuado de cambios de aire en la habitación</li> <li>En caso necesario, prever el uso de una campana extractora</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Especial atención a los vapores producidos por la acción del láser sobre sustancias a base de cloro o flúor</li> </ul>
<b>Electrocución</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Comprobar la integridad de los cables y la ausencia/presencia de líquidos cerca de las partes bajo tensión</li> </ul>	
<b>Agentes de limpieza, desinfección y anestesia</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Comprobar la inflamabilidad antes de usar</li> <li>Comprobar la idoneidad para el uso</li> </ul>	

### 3.8 Acciones para la protección de las personas

<b>Acciones para los trabajadores</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Llevar protección ocular en presencia de haces de transmisión directa o si así lo indica el responsable de seguridad láser</li> <li>Si se utilizan ópticas de observación (micromanipuladores, videoendoscopios, etc.), no se recomiendan las protecciones porque reducen la visibilidad. Evaluar soluciones alternativas</li> <li>Proteger la piel con batas de manga larga, preferiblemente de tela no tejida</li> <li>Protección ocular también para el personal de apoyo</li> </ul>
<b>Acciones para los pacientes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>En este caso, usar gafas protectoras o pantallas oculares opacas. Los pacientes en narcosis no pueden tener los ojos cerrados</li> <li>Prestar atención a las posibles exposiciones de la piel, cubrir al paciente con sábanas especiales, preferiblemente de tela no tejida</li> <li>Si los pacientes no cooperan, evalúe el riesgo de exposición debido a movimientos bruscos</li> </ul>
<b>Acciones para el público</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Es necesario proteger a los cuidadores como a los demás operadores, o alejarlos durante el procedimiento</li> <li>Utilizar señales y otras medidas de seguridad, si es necesario, para evitar la entrada accidental en la zona controlada por láser</li> </ul>

**Nota:** si es posible, tratar de no conectar las puertas de acceso al ACL con dispositivos de interrupción del haz láser (enclavamiento), para evitar interferencias con las actividades en curso y consecuencias perjudiciales para el paciente. Utilizar medidas de seguridad alternativas (señales, indicadores acústicos).

### 3.9 Controles de calidad periódicos

Componente	Controles de calidad	Periodicidad
Sistema en su conjunto (verificaciones indicadas a continuación)	Cumplimiento de los requisitos del láser	Aceptación/Oficial de seguridad láser
Cables de alimentación y pedales	<i>Cualitativo</i> : comprobación del estado/desgaste	Oficial de seguridad anual/láser
Movimiento del brazo articulado (si existe)	<i>Cualitativo</i> : comprobación del estado/desgaste	Oficial de seguridad anual/láser
Fibra óptica	<i>Cualitativo</i> : comprobación del estado/desgaste	Oficial de seguridad anual/láser
Sistema en su conjunto	<i>Cualitativo</i> : anomalías evidentes	Antes de cada uso (usuario)
Control del funcionamiento de la orientación del haz	<i>Funcionamiento</i> : sí/no	Antes de cada uso (usuario)
Coincidencia de los haces de puntería y el tratamiento	<i>Cualitativo</i> : solapamiento sí/no	Antes de cada uso (usuario)
Potencia del haz	<i>Instrumental</i> : mediciones de potencia o energía	Oficial de seguridad anual/láser
Potencia del haz (dispositivo de control incorporado, en su caso)	<i>Autodiagnóstico</i> : verificación del resultado positivo	Ver Manual/Anual/Oficial de seguridad láser

**Nota:** el responsable de seguridad láser debe elaborar un breve informe tras los controles anuales de calidad y seguridad, en especial si es necesario adoptar medidas correctoras.

- exposición intencionada de personal no protegido;
- operadores sin formación;
- falta de protección frente a riesgos colaterales;
- máquina extraviada después de su uso;
- incumplimiento de los procedimientos operativos estándar;
- exposición accidental de ojos/piel durante el uso.

- degradación o alteraciones del medio absorbente, aunque sean temporales;
- las prescripciones para la visión periférica (necesidad de protecciones laterales por riesgo de reflexión).

## Protección contra las radiaciones

**Ropa de protección para la piel.** Los láseres de clase alta, en particular los de clase 4, representan un riesgo potencial de incendio, por lo que la ropa de protección utilizada debe ser de un material ignífugo y de adecuada resistencia al calor.

**Protección ocular.** Las normas EN 207 y 208<sup>14,15</sup> prevén, en las Zonas Láser Controladas en las que se utilizan dispositivos láser de clase 3R (con longitud de onda 400-700 nm), clase 3B o clase 4, una protección ocular adecuada con una reducción coherente de las Densidades Ópticas (OD, por las siglas en inglés de *optical densities*), en la gama de longitudes de onda de la emisión (3,5).

Los aspectos proteccionistas a tener en cuenta a la hora de elegir el PPE son:

- la longitud de onda principal (o múltiples longitudes de onda operativas) de funcionamiento;
- la longitud de onda secundaria (la del puntero láser);
- exposición a la energía o irradiación;
- la exposición máxima permitida (MPE);
- la densidad óptica de los protectores oculares en la longitud de onda emitida;
- la exposición energética a la cual se producen los daños en la protección ocular;

Las normas EN 207 y 208<sup>14,15</sup> definen los requisitos, métodos de ensayo y marcado de los filtros y medios de protección ocular contra la radiación láser en la gama espectral de 180 nm a 1000 nm. Los requisitos consisten en:

- factor de transmisión espectral;
- factor de transmisión de la luz;
- estabilidad a la radiación láser;
- campo de visión.

Es necesario comprobar que la longitud de onda del haz láser se encuentra entre aquellas a las que las gafas ofrecen protección. Las indicaciones están escritas en código en las lentes o en la montura (3.6).

En algunos procedimientos, pueden utilizarse pantallas cuyas características deben cumplir la norma EN 12254.

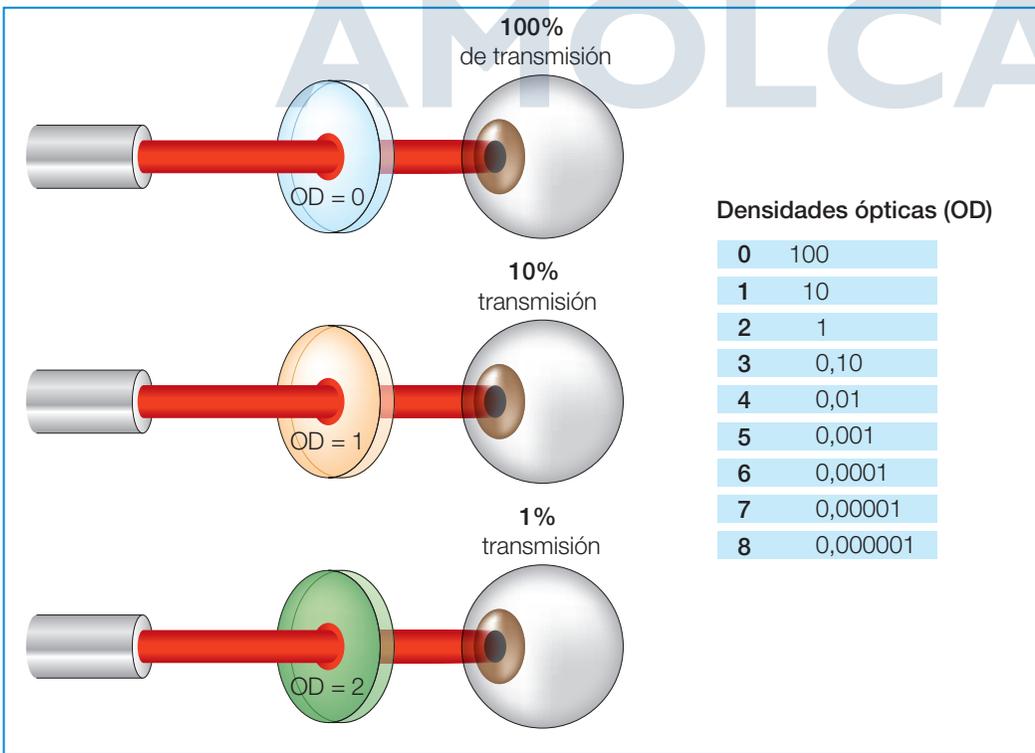
## Vigilancia de la salud

La vigilancia de la salud es exigida por la Directiva 2006/25/EC<sup>1</sup> y consiste en el conjunto de controles periódicos de la salud que deben realizarse para prevenir todos los efectos nocivos derivados de la exposición al láser. Se trata, en particular, de los trabajadores que, sobre la base de la evaluación de riesgos, deben utilizar PPE para protegerse los ojos o la piel, ya que podrían estar expuestos a niveles superiores a los valores límite legales o para exposiciones, incluso inferiores a los

3.10 Controles periódicos de seguridad

Componente	Controles de seguridad	Periodicidad
Trayectorias de los haces, ausencia de reflejos especulares, normas de seguridad presentes en la sala (disposición)	Comprobar la idoneidad de la distribución de la habitación: sí/no/recomendaciones Cualquier escudo a instalar según la norma EN 12254 <sup>6</sup>	Aceptación/Oficial de seguridad láser
Protecciones oculares	Elegibilidad: sí/no	Aceptación/Oficial de seguridad láser
Tope o atenuador de haz, pantallas fijas	Posición e integridad (si existe): sí/no	Oficial de seguridad anual/láser
Conector de bloqueo remoto (enclavamiento)	Funcionamiento (si existe): sí/no	Oficial de seguridad anual/láser
Control por llave o cerradura con llave de la habitación	Presente y trabajando: sí/no	Oficial de seguridad anual/láser
Interruptores de emergencia	Operación: sí/no	Oficial de seguridad anual/láser
Indicadores acústicos y visuales de emisión láser	Funcionamiento y sincronización: sí/no	Oficial de seguridad anual/láser
Compruebe la distribución de la habitación	Cualitativo: ausencia de anomalías evidentes	Antes de cada uso (usuario)
Protecciones oculares	Cualitativo: verificación de la correspondencia/desgaste	Antes de cada uso (usuario)

**Nota:** el responsable de seguridad láser debe elaborar un breve informe tras los controles anuales de calidad y seguridad, en especial si es necesario adoptar medidas correctoras.



**3.5.** Acción de los filtros con diferente densidad óptica. La densidad óptica (OD) indica el factor de atenuación logarítmica de la intensidad del haz incidente. La OD se utiliza en los filtros de protección ocular para indicar la reducción de la exposición máxima permitida (MPE).



3.6. Código impreso en las lentes de las gafas.

límites, prolongadas en el tiempo (meses, años), con especial referencia a los daños a largo plazo provocados por fuentes caracterizadas por frecuencias correspondientes a la luz azul o ultravioleta.

La frecuencia de la vigilancia sanitaria suele ser anual.

### Formación e información

El funcionamiento de equipos láser puede representar un peligro no solo para el usuario, sino también para otras personas situadas a una distancia considerable.

Debido a este peligro potencial, solo el personal con formación adecuada debe ser asignado al control de estos sistemas, en particular en lo referente a:

- procedimientos operativos del sistema;
- conocimiento de los riesgos y procedimientos de seguridad;
- necesidad de protección personal;
- procedimientos de información en caso de accidente;
- efectos biológicos del láser en los ojos y la piel.

La formación debe repetirse periódicamente cada cinco años (3.11).

### Microscopía, sistemas de aumento y LÁSER

El desarrollo y la difusión del láser y de los microscopios quirúrgicos se han producido de forma simultánea y progresiva en los últimos treinta años. Hasta hoy, su uso combinado puede considerarse útil y versátil.

Entre las ventajas de la microscopía quirúrgica dental se encuentra la visión superlativa, a través de la cual se magnifica hasta el más mínimo detalle, de modo que se pueden apreciar elemen-

tos de otro modo invisibles (3.7).

A esta ventaja se añade la posibilidad de que el operador trabaje en una posición ergonómica, con una mejora significativa del rendimiento clínico y la seguridad.

El microscopio requiere una relación fija y estable entre los ojos y la óptica.

Hoy en día, los microscopios quirúrgicos pueden ofrecer una gran variedad de filtros, desde UV hasta polarizados; también existen filtros para fluorescencia, útiles para diagnosticar lesiones cariosas y precancerosas. Por último, existen filtros específicos para diferentes fuentes de láser (3.8).

### Sugerencias

- Cuando se trata a un paciente con láser de diodo, el paciente, el médico y el asistente deben llevar gafas de protección.
- Si el clínico y el asistente (a través de piezas oculares divididas) miran a través del ocular del microscopio quirúrgico, debe colocarse un filtro láser específico con cristal antirreflejo sobre el objetivo del microscopio.
- Debe mantenerse una distancia de cierre hermético entre los oculares y los ojos del clínico/asistente; en caso contrario, deben utilizarse gafas de protección.
- Si el segundo operador/asistente observa fuera del objetivo del microscopio (p. ej., directamente en el campo quirúrgico/monitor), deberá llevar gafas de protección.

### Lupas

Los sistemas láser pueden utilizarse favorablemente en asociación con sistemas de aumento como las lupas galileanas o prismáticas.

En este caso, el sistema de aumento debe montarse en la montura de las gafas de protección láser.

### 3.11 Funciones y responsabilidades respectivas

Papel	Ref.	Responsabilidad
<b>Fabricante</b>	IEC 60825-1 <sup>3</sup> Directiva 2006/42/EC <sup>4</sup> Directiva 93/42/EC <sup>5</sup> PNW TS 76-660 TC 76 <sup>9</sup> UNI EN 207 <sup>14</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Declarar la conformidad con la norma sobre máquinas<sup>4</sup> y con la norma sobre productos sanitarios<sup>5</sup> para el diseño</li> <li>• Caracterizar las emisiones láser al final del proceso de producción</li> <li>• Indicar el PPE adecuado en el momento de la entrega</li> <li>• Etiquetar el producto al final del proceso de evaluación de la conformidad (etiqueta EC)</li> <li>• Proporcionar el manual de instrucciones y uso</li> </ul>
<b>Empleador</b>	Directiva 2006/25/EC <sup>1</sup> IEC 60825-1 <sup>3</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Garantizar el mantenimiento de la eficacia del aparato</li> <li>• Organizar la vigilancia médica, si procede</li> <li>• Hacer un borrador del documento de evaluación de riesgos</li> <li>• Prever medidas de prevención y protección</li> <li>• Poner a disposición PPE adecuados</li> <li>• Organizar formación específica</li> <li>• Nombrar al responsable de seguridad (para láser 3B o 4) y al responsable del equipo. Las distintas figuras pueden coincidir</li> <li>• Mantener y actualizar una lista con los nombres de las personas expuestas</li> </ul>
<b>Responsable de Prevención y Protección</b>	Directiva 2006/25/EC <sup>1</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Organizar controles periódicos de seguridad eléctrica</li> <li>• Evaluar la idoneidad del lugar y las medidas correctoras (con el responsable de seguridad láser)</li> <li>• Organizar cursos de formación</li> <li>• Colaborar en la redacción del documento de evaluación de riesgos</li> <li>• Elaborar normas internas de seguridad y protección</li> <li>• Proporcionar a los trabajadores los PPE adecuados</li> </ul>
<b>Responsable de seguridad</b>	láser Directiva 2006/25/EC <sup>1</sup> IEC 60825-1 <sup>3</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evaluar los riesgos, definir la NOHA</li> <li>• Informar a la administración/gerencia de los problemas de seguridad durante la fase de compra e implantación</li> <li>• Participar en la actualización del personal</li> <li>• Comprobar el aparato y verificar la eficacia del mantenimiento y el uso correcto</li> <li>• Verificar de la adecuación de los dispositivos de protección</li> <li>• Poner al día a la administración/gerencia sobre las averías</li> <li>• Analizar las lesiones y los accidentes, en relación con las medidas preventivas</li> </ul>
<b>Usuario</b>	Directiva 2006/25/EC <sup>1</sup> IEC 60825-1 <sup>3</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Responsable de la herramienta/instrumento y de su uso</li> <li>• Realizar las comprobaciones antes del uso</li> <li>• Aplicar las medidas de seguridad y las normas de conducta</li> <li>• Notificación inmediata de anomalías y problemas críticos</li> </ul>



**3.7.** Frenectomía con láser ( $\lambda$  1064 nm; fibra óptica 300  $\mu$ m): visión microscópica con detalle intraoperatorio.



**3.8.** Filtros y portafiltros específicos—diseñados específicamente para microscopios dentales (cortesía del Dr. Maurizio Signorini, DDS, Barbania, TO, Italia). **(a)** Portafiltros Marco Leoni con filtro Univet para microscopio Kaps. **(b)** Portafiltros Marco Leoni para microscopio Kaps. **(c)** Filtros Univet para  $\lambda$  1064 nm y específicos para microscopios Kaps y Leica M 320 y M 400. Los filtros están montados sobre soportes específicos con cristal antirreflectante original de Leica. **(d)** Cristal antirreflejo y filtro protector para microscopio dental.\*

\*NOTA:

Leica Microsystems Srl Todo Microscopía e Histología Via Emilia, 26 Buccinasco (MI), I-20090 Italia  
 Karl Kaps GmbH & Co. KG Schulstrasse 57 35614 Asslar, Alemania  
 UNIVET s.r.l. Via Giovanni Prati, 87 25086 Rezzato (BS) Italia

## REFERENCIAS

1. Directive 2006/25/EC of the European Parliament and of the Council of 5 April 2006 on the minimum health and safety requirements regarding the exposure of workers to risks arising from physical agents (artificial optical radiation) (19th individual Directive within the meaning of Article 16(1) of Directive 89/391/EEC) (OJ L 114, 27.4.2006, p. 38)  
Amended by:
  - Directive 2007/30/EC of the European Parliament and of the Council of 20 June 2007 (L 165 21 27.6.2007)
  - Regulation (EC) No 1137/2008 of the European Parliament and of the Council of 22 October 2008 (L 311 1 21.11.2008)
  - Council Directive 2013/64/EU of 17 December 2013 (L 353 8 28.12.2013)
2. The International Electrotechnical Commission (IEC). www.iec.ch
3. IEC 60825-1:2014 Safety of laser products - Part 1: Equipment classification and requirements
4. Council Directive 2006/42/EC of the European Parliament and of the Council of 17 May 2006, on machinery.
5. Council Directive 93/42/EC, concerning medical devices. To be updated in 2021 through the implementation of EU Regulation 2017/245 (MDR - Medical Device Regulation).
6. ISO 11553-1:2020 Safety of machinery – Laser processing machines – Part 1: Laser safety requirements.
  - beam transmission systems;
  - biological effects of laser radiation;
  - report of accidents and dangerous situations;
  - list of checks.
7. ISO 11553-2:2007 Safety of machinery – Laser processing machines – Part 2: Safety requirements for hand-held laser processing devices.
8. ICNIRP – International Commission on non-ionizing radiation protection. Guidelines on limits of exposure to incoherent visible and infrared radiation. Health Physics 105(1):74-96; 2013.
9. PNW TS 76-660 “Safety of Laser Products. Safety requirements for products intentionally exposing face or eyes to laser radiation” TC 76 - Optical radiation safety and laser equipment Safety Group Function for “Aspects pertaining to human safety relating to the use of lasers”. The IEC TC 76 Standard governs laser products outside the United States. Europe and member nations of the European Free Trade Association fall under the jurisdiction of the Comité Européen de Normalization Electrotechnique (CENELEC).
10. IEC 60601-2-22:2019 (IEC TC 76) Medical electrical equipment - Part 2-22: “Particular requirements for basic safety and essential performance of surgical, cosmetic, therapeutic and diagnostic laser equipment” Guide to the use of lasers in medicine for the employer and the user. It refers to class 3B or 4 lasers for diagnostic and therapeutic applications in healthcare facilities. It describes the recommended control measures for the safety of patients, staff, maintenance personnel and others involved. The issues addressed are:
  - beam transmission systems;
  - biological effects of laser radiation;
  - report of accidents and dangerous situations;
  - list of checks.
11. IEC EN 61040 (IEC TC 76) “Power and energy measuring detectors, instruments and equipment for laser radiation”. 1992.
12. EN ISO IEC 17025 “General requirements for the competence of testing and calibration laboratories”. 2017.
13. EN ISO 11553-1: “Safety of machinery – Laser processing machines – Part 1: Laser safety requirement” This document describes laser radiation hazards arising in laser processing machines. It also specifies the safety requirements relating to laser radiation hazards, as well as the information to be supplied by the manufacturers of such equipment. 2020.
14. EN 207 - Personal eye-protection equipment - Filters and eye-protectors against laser radiation (laser eye-protectors): EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. 2017.
15. EN 208 - Personal eye-protection - Eye-protectors for adjustment work on lasers and laser systems (laser adjustment eye-protectors): EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. 2009.
16. EN 12254 Screens for laser working places - Safety requirements and testing. 2010.

**Nota:** La seguridad del láser en Estados Unidos está regulada por el Centro de Dispositivos y Salud Radiológica. Las normas de seguridad láser están publicadas en la «Norma de Rendimiento de los Productos Láser», Código de la Regulación Federal, Título 21, Subcapítulo J.