

Normas de seguridad al operar un láser y cuidado del instrumental

La operación segura de un láser requiere el conocimiento y la puesta en práctica de una serie de normas de seguridad que van más allá de las precauciones habituales que deben tenerse al operar cualquier aparato eléctrico o mecánico. Podemos establecer dos tipos de seguridad. Por un lado las medidas tendientes al cuidado del material que compone el láser (óptica, fuentes, diodos láser y material electrónico en general) y por otro las concernientes a la seguridad personal. En cuanto a la seguridad del instrumental es importante el trato que se le da a la óptica, su limpieza requiere el uso de un papel especial embebido en alcohol o metanol y el proceso de limpieza debe hacerse de tal modo que se pase el papel una sola vez sobre la superficie y en una dirección a fin de evitar el arrastre de pequeñas partículas por la superficie óptica, las que podrían rayarla dañando los *coatings* que poseen. En todos los casos el manipuleo debe ser sumamente cuidadoso a fin de no dejar impresiones digitales en las superficies.

Existen otros factores que también pueden dañar los *coatings*. El polvo ambiental es uno de ellos por lo que se recomienda cubrir cuidadosamente los elementos ópticos con bolsas plásticas en caso de que todo el equipo no se halle dentro de una caja protectora. Otro factor a tener en cuenta es que una hoja de papel expuesta al haz láser en el plano de enfoque puede quemarlo fácilmente. El humo resultante de este proceso es sumamente dañino para las superficies ópticas; en caso de que esto haya ocurrido, deberá desmontarse el elemento sobre el que se ha depositado el humo y proceder a una escrupulosa limpieza.

Las fuentes y demás elementos electrónicos son también muy sensibles y pueden ser dañados fácilmente si no se los opera adecuadamente por lo que resulta imprescindible antes de comenzar a trabajar con cualquier equipo leer atentamente el manual de instrucciones de cada componente del sistema.

En el campo de la seguridad de las personas que operan los equipos, el establecimiento de estas normas abre una rama de investigación cuyo principal interés está en comprender la interacción entre el láser y los tejidos. Por ejemplo el impacto del flujo de calor sobre la retina y los diferentes mecanismos de daño retinal: fotoquímico (para tiempos de exposición t mayores que 10 s), coagulación térmica ($10\mu\text{s} < t < 10$ s), termo acústica (en el régimen de ns) y posibles efectos no lineales en el régimen de femto y picosegundos.

A pesar de las medidas de protección todavía continúan ocurriendo accidentes en los laboratorios, los principales efectos se producen, por supuesto, en los ojos. Por todo esto es muy importante no solo tomar todos los recaudos que habitualmente exige cualquier trabajo en el laboratorio sino también tener conciencia de los riesgos que implica la operación de un láser y conocer los mecanismos que pueden provocar daños a la vista.

Se puede clasificar a los láseres en cuatro categorías según el grado de daño potencial de cada uno, como se observa en la tabla 1.

Clase	Descripción	Potencia Máxima
-------	-------------	-----------------

1	Seguro para el ojo	0.4 μ W
2	Peligro teórico para el ojo (para láseres visibles si la persona mira directamente el haz)	1 mW
3a	Peligro marginal para el ojo	5 mW
3b	Peligro significativo para el ojo	500 mW
4	Peligro serio para el ojo (pueden ser peligrosas incluso reflexiones del haz, y producir daños en la piel)	> 500 mW

Una efectiva medida de seguridad es encerrar el equipo en una caja de material opaco. Sin embargo, esta es una solución apropiada para un láser de uso industrial o comercial, pero en el caso de uno de investigación, donde necesariamente los elementos que lo componen deben estar accesibles para su manipuleo esta solución no siempre es posible. Para evitar una exposición directa al láser, es necesario operar con precaución y en todo momento saber cuál es el camino que va a seguir el haz. (ver fig 1).

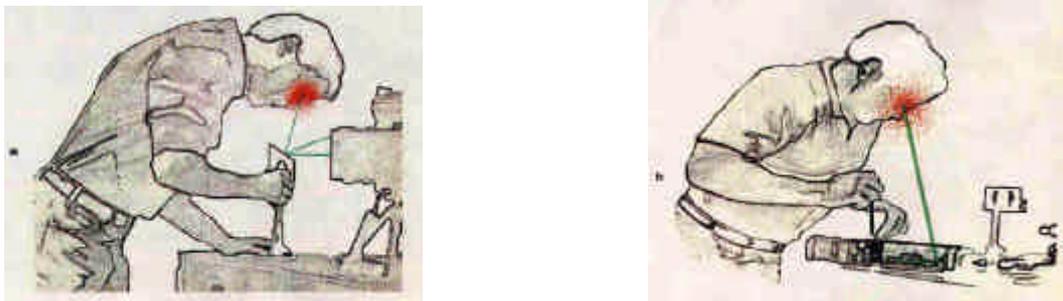
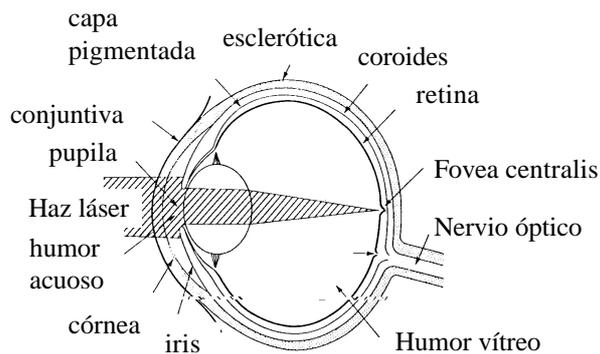


Fig. 1 :a) Daño retinal resultante de exposición directa a un haz secundario. b) Daño retinal resultante de la exposición del ojo a un “ débil” haz secundario proveniente de una ventana en ángulo de Brewster.

Otra medida efectiva es el empleo de anteojos especialmente diseñados para filtrar la longitud de onda específica del láser en uso. Esto es especialmente necesario en los láseres de clase 3 y 4.

La propiedad de los láseres que los hace potencialmente riesgosos es su alta radiancia, esto es la combinación de alta densidad de potencia con direccionalidad. Esto último hace que el ojo enfoque en un pequeño punto sobre la retina la imagen proveniente de un haz paralelo emitido por el láser, también esta propiedad hace que el láser sea peligroso aún a distancias apreciables.

En la figura 2 se puede observar un esquema del ojo humano. Vemos como un haz colimado incide sobre la córnea, luego es enfocado por el cristalino, atraviesa el humor vítreo para finalmente impactar en la retina. Allí la radiación es absorbida; bajo condiciones normales, ésta es transformada en la energía química que, enviada por el nervio óptico al cerebro, da lugar a la sensación de imagen.



En la figura vemos cual es la razón para un posible daño sobre el ojo. El haz colimado de un láser puede ser enfocado por el cristalino en un punto de entre 10 y 20 μm de diámetro. Si la pupila está dilatada lo suficiente como para permitir el paso del haz completo, aun láseres de unos pocos miliwatts producirán densidades de kilowatts por centímetro cuadrado en la retina. Obviamente estas densidades de potencia producen considerables daños sobre los sensibles tejidos de la retina, en el caso más desfavorable, el ojo enfocado al infinito y la pupila completamente dilatada - alrededor de 0.7 cm de diámetro -, el cociente entre la densidad de potencia en el cristalino y en la retina puede llegar a 5×10^5 (i.e. 1 W/cm^2 en la córnea se transforma en 500 kW/cm^2 en la retina). Las fuentes de luz convencionales, por otra parte, son considerablemente menos brillantes y emiten luz en todas las direcciones, aun la imagen del Sol en la retina tiene una densidad de potencia de 30 W/cm^2 . [1]

Cabría todavía preguntarse qué efecto podría tener la pérdida de unos pocos conos de la retina causados por una lesión tan insignificante teniendo en cuenta los millones de conos que poseemos y que el diámetro del punto enfocado es considerablemente menor que el de un cabello humano. Pues bien, en verdad los daños provocados son siempre de mayor tamaño por causa del flujo de calor. Además, la zona central de la retina, denominada "*fovea centralis*" es responsable de la visión detallada. Los daños en esta pequeña región de la retina (cuyo diámetro no supera los $150\mu\text{m}$) pueden causar pérdidas en la visión de hasta el 95%, en tanto que la región que la rodea, y que es la encargada de la visión periférica, los daños pueden ser menos apreciables debido a que el cerebro "promedia" la información perdida de ese punto con la de sus vecinos. Además de la retina, también la córnea y el cristalino pueden ser afectados por el haz láser si éste es de suficiente intensidad y longitud de onda adecuada. La radiación ultravioleta con longitud de onda menor que $0.31 \mu\text{m}$ y radiación infrarroja mas allá de $1.9\mu\text{m}$ son completamente absorbidos por la córnea, pudiendo ocasionar lesiones del tipo de las cataratas, mientras que la radiación del infrarrojo cercano, con una longitud de onda mayor que $1\mu\text{m}$ es absorbido principalmente en el cristalino.

Referencias:

[1] Solid - State Laser Engineering, W. Koechner, third edition, Springer-Verlag, New York, 1992, Appendix A

Figuras 1a y 1b reproducidas de Optics and Photonics News, september 1997 pg.32