

# El siglo de la LUZ

En sus poco más de 40 años de historia, el láser ha revolucionado el mundo científico e industrial con aplicaciones en campos como las telecomunicaciones, el procesado de materiales, la tecnología militar, la medicina o incluso el arte, hasta el punto de que todavía hoy nadie se aventura a decir cuál será la última utilidad práctica de esta luz ordenada, intensa, coherente y monocromática. En España, sin embargo, el láser no han recibido hasta ahora igual impulso que en otros países europeos, aunque centros tecnológicos y universidades se esfuerzan en los últimos años por cambiar esta tendencia y enderezar el rumbo de esta tecnología llamada a ser la gran protagonista del siglo XXI.

Las tecnologías láser tendrán en el siglo XXI un papel similar al que tuvo la electrónica durante el pasado siglo. Así lo vaticinan expertos de todo el mundo, convencidos de que todavía faltan por conocer nuevas y sorprendentes aplicaciones que añadir a la ya de por sí larga lista de utilidades que hoy en día presenta uno de los mayores descubrimientos del siglo XX, el láser.

## El primer láser de Maiman

La historia del láser, acrónimo de las iniciales inglesas *light amplification by stimulate emission of radiation* (amplificación de luz por emisión estimulada de la radiación) se remonta a 1917, cuando el genial físico y matemático estadounidense de origen alemán Albert Einstein investigaba el comportamiento de los electrones en el interior del átomo. Su testigo fue recogido años después por otros científicos ilustres como Charles Townes, Arthur Schawlow o Gordon Gould, que en la década de los cincuenta se afanaron sin éxito en ser los primeros en la alocada carrera por descubrir el láser. A pesar de sus esfuerzos y sus indudables aportaciones, este honor le correspon-

dería sin embargo a otro físico norteamericano, Theodore Maiman, que el 7 de julio de 1960 logró crear en un laboratorio de Malibú (California) el primer dispositivo capaz de producir un rayo de luz visible, intenso, coherente y monocromático. El láser de Maiman, de unos pocos centímetros de longitud, producía unos 10.000 vatios de luz, pero duraba escasamente unas millonésimas de segundo y correspondía a un extremo tan rojo del espectro luminoso que era casi invisible. Se precisaban, además, delicados instrumentos para comprobar que las pulsaciones no eran simplemente fluorescentes, sino que pertenecían a un tipo de luz que nadie había visto hasta entonces: la luz láser.

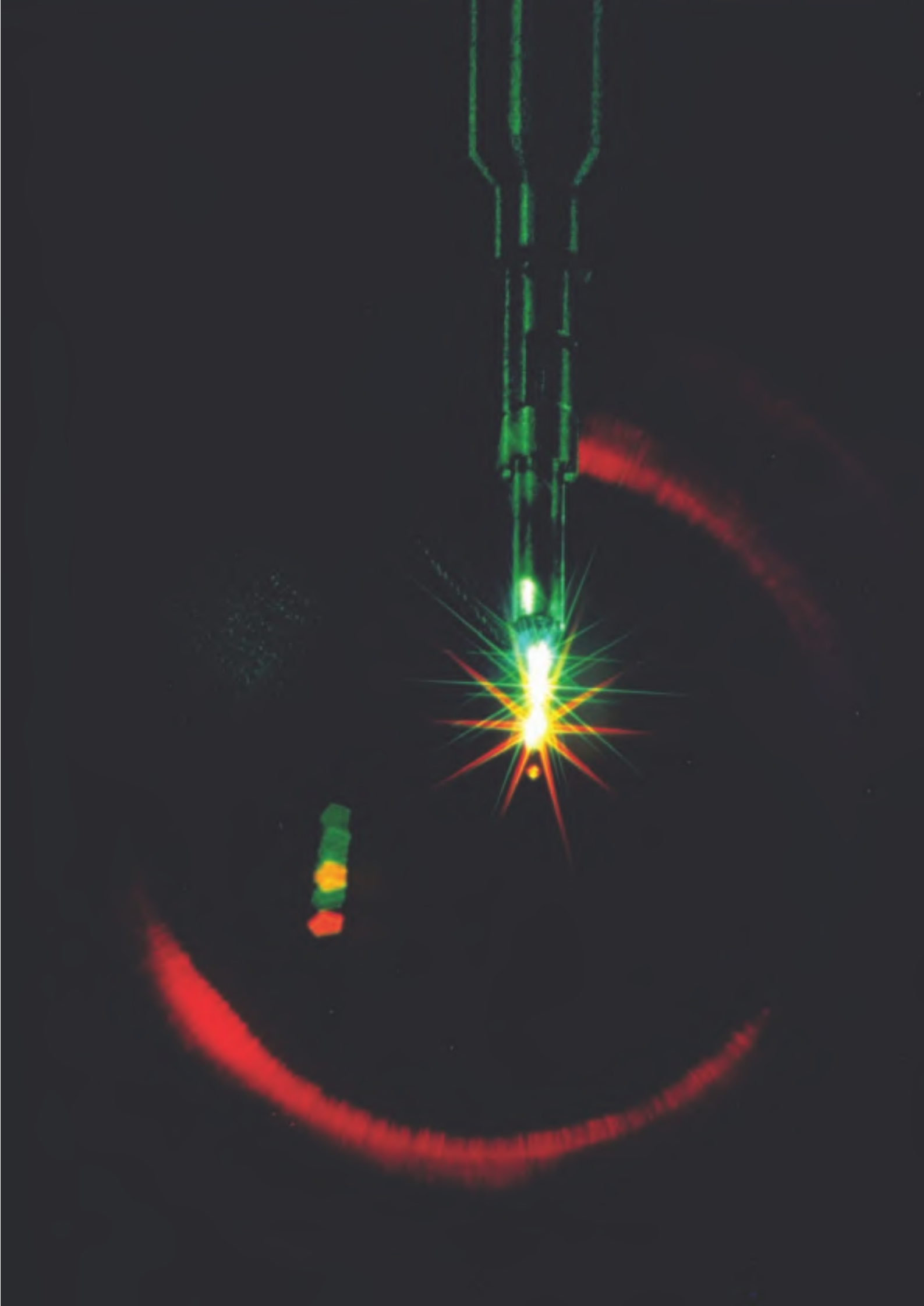
Desde entonces, el desarrollo del láser ha experimentado un auténtico cortejo triunfal, hasta el punto de que en la actualidad no nos podríamos imaginar la vida diaria sin él. Por no haber, no habría CD, ni DVD, ni algunas impresoras, ni lectores de códigos de barras en las cajas de los supermercados, ni tratamientos de belleza por láser, ni radioterapia de fotones contra el cáncer, ni cirugía refractiva... Sin olvidar que numerosas aplicaciones

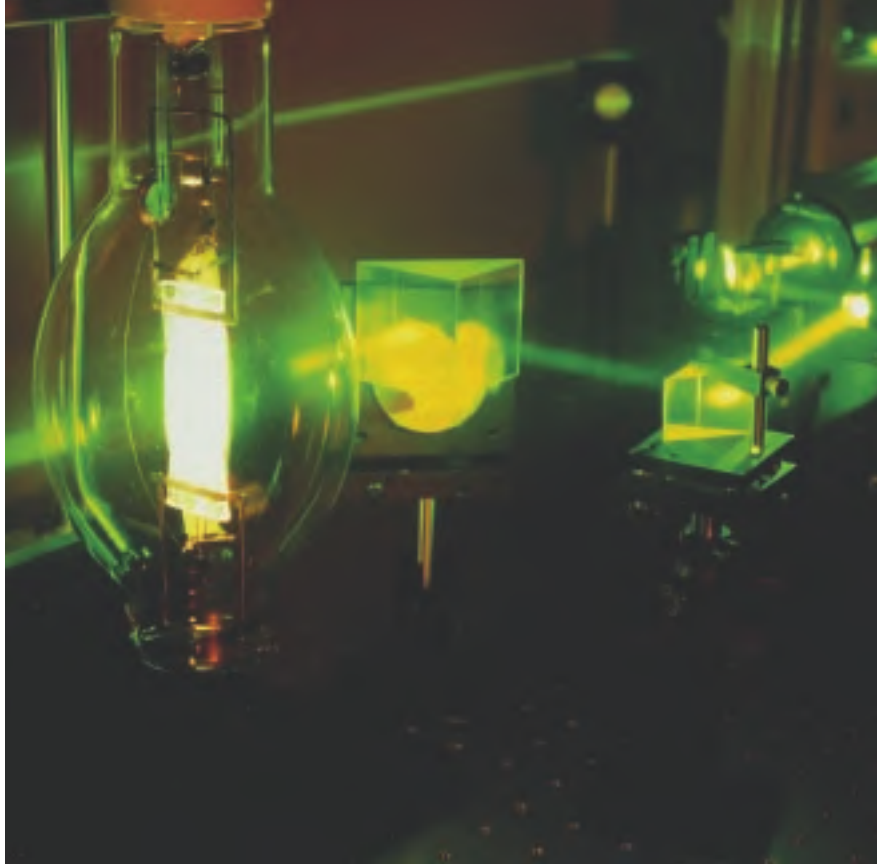
industriales y científicas, desde la fabricación de componentes para el mercado de las telecomunicaciones, el procesado de materiales en la industria aeronáutica o el estudio de determinadas reacciones químicas, serían simplemente impensables.

## Luz ordenada

En los últimos años, el interés creciente por la tecnología óptica en general y el láser en particular ha llevado a los países industrializados, y en especial a Estados Unidos, a invertir sumas millonarias en su desarrollo, fundamentalmente en los sectores de las comunicaciones, la informática, la defensa y la salud pública. Tal es así, que se habla de que en el año 2000 se emplearon en el mercado mundial más de 3.390 millones de euros en las diferentes aplicaciones del láser, que reportaron 6.821 millones de euros en utilidades y dieron lugar a 109 patentes, de las que el 43% fueron estadounidenses.

La clave de su éxito está en que el láser es una luz ordenada, en la que todos los fotones son iguales y actúan de la misma manera, a diferencia de lo que ocurre con la luz del sol o de las bombi-





LA CLAVE DEL ÉXITO DEL LÁSER ESTÁ EN QUE ES UNA LUZ ORDENADA EN LA QUE, A DIFERENCIA DE LO QUE OCURRE CON LA LUZ DEL SOL O DE LAS BOMBILLAS, TODOS LOS FOTONES SON IGUALES Y ACTÚAN DE LA MISMA MANERA

llas, en las que los fotones aparecen desordenados y su comportamiento es más impreciso. Una vez domesticados, los fotones presentan innumerables aplicaciones. Pueden servir para calentar, enfriar, cortar, soldar, taladrar, procesar, alinear, modelar, pegar, agarrar, mover, grabar, marcar, medir, inspeccionar y, su aplicación más popular, para codificar y transmitir información.

### Propiedades específicas

Pero, ¿qué tiene de especial el láser para ser tan útil? La respuesta, tal y como se señala en el libro *El láser y sus aplicaciones en el ámbito industrial*, editado por la Universidad de La Coruña, puede ser muy sucinta: una geometría muy precisa y una potencia muy concentrada.

Y es que, como recuerda José Luis Ocaña, profesor de la Universidad Politécnica de Madrid y director del Centro Láser de esa universidad, la luz del láser posee unas propiedades específicas que, además de conferirle unas características altamente diferenciadas, le permiten, utilizándolas de una u otra forma, sustituir en múltiples aplicaciones y con enormes ventajas a otros elementos y herramientas convencionales.

En primer lugar, la luz del láser es intensa, incluso en algunos casos de una intensidad superior a la de la luz del sol. Es, además, monocromática, de tal forma que las ondas luminosas tienen exactamente la misma longitud de onda, es decir, son de un solo color. Posee una gran direccionalidad, lo que hace posible

que los haces láser lejos de dispersarse, como le ocurre al resto de haces de luz, presenten un escaso índice de divergencia aun en grandes distancias, conservando gran parte de su energía original. Por último, la luz láser es también coherente, lo que significa que las ondas luminosas que la componen se acoplan, en el tiempo y en el espacio, ordenadamente entre sí.

### Tipos de láseres

Desde los primeros modelos de los años sesenta, la variedad de láseres existentes se ha incrementado hasta superar con mucho los campos de aplicación previstos por los primeros investigadores o la visión de los escritores de ciencia-ficción, quienes en la mayoría de los casos sólo supieron ver en ellos una arma futurista. Tal es así que hoy en día para su clasificación se suele atender a varios criterios en función del medio activo empleado para su emisión -estado sólido, de gas, de semiconductores, de colorante o líquidos-, las características de la luz emitida -existen láseres desde el ultravioleta (0,005 micrómetros) hasta el infrarrojo (400 micrómetros)-, o el tiempo de funcionamiento -continuos, que emiten radiación de forma continuada, y pulsados, que liberan su energía en forma de pulsos-. Sus posibilidades de uso, bien sea a través de nuevas utilidades prácticas, o bien con la mejora y perfeccionamiento de sus actuales prestaciones, han convertido a este instrumento en una herramienta tremendamente valiosa en la industria, la

investigación científica, la tecnología militar, la medicina o, incluso, el arte.

Así nos encontramos con láseres que se emplean para detectar movimientos de la corteza terrestre y para efectuar medidas geodésicas, o como detectores eficaces de ciertos tipos de contaminación atmosférica. Para determinar con precisión la distancia entre la Tierra y la Luna o conocer la velocidad de la luz con una exactitud sin precedentes. Para estudiar estructuras moleculares, inducir reacciones químicas de forma selectiva, detectar la existencia de trazas de sustancias en una muestra o el desarrollo de reacciones de fusión nuclear mediante aplicaciones a muy elevada energía.

O, en el caso de las comunicaciones, y debido a su alta frecuencia, para transportar mil veces más canales de televisión de los que transportan las microondas convencionales, o enviar miles de conversaciones de telefonía de manera simultánea y registrar en comunicaciones terrestres y redes de computadoras información con una densidad muy alta.

### Usos inimaginables

Las aplicaciones del láser superan a veces incluso lo imaginable. En los últimos años hemos conocido su uso para nivelar con precisión terrenos de cultivos agrícolas cuya siembra así lo requiere, como ocurre con el arroz. Para retirar las hojas secas que en otoño cubren las vías de ferrocarriles y tranvías, y que pueden provocar no sólo retrasos sino también graves accidentes. O que un consorcio de investigadores belgas y alemanes ha creado herramientas basada en la tecnología láser para hacer frente al chirrido de los frenos de los automóviles y trenes que, además de generar contaminación acústica, supone un deterioro en el funcionamiento de los sistemas de frenado y conlleva a enor-

mes desembolsos en concepto de garantías para la industria del automóvil.

En Estados Unidos, por su parte, sabemos que científicos del Instituto Nacional de Estándares y Tecnología (NISTL) han desarrollado el reloj atómico más preciso de la historia, que no se retrasará ni adelantará un segundo aunque mida las horas de toda la vida del universo, unos quince mil millones de años. El invento, que escudriña el tiempo en femtosegundos (mil millones de millonésima de segundo) utilizando un láser que mide la luz visible reflejada en un partícula dentro de un átomo del mercurio, promete, según sus inventores, causar impacto en campos como el de la navegación por satélite, la distribución de electricidad o los vuelos espaciales.

En España, por ejemplo, conocemos también que la Universidad de La Coruña ha utilizado el láser para la limpieza de las rocas afectadas por la marea negra del "Prestige", o que investigadores del Centro Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) han participado junto a científicos de otros seis países en un proyecto europeo para la limpieza de obras de arte mediante láser controlado.

### Aviones que no repostan nunca

Pero las aplicaciones no acaban aquí. En los últimos meses se ha dado a conocer que la NASA ha probado con éxito un avión impulsado por rayos láser. Aunque se trató de un vuelo experimental con un modelo de avión que apenas pesaba 300 gramos y cuyas alas tenían metro y medio de envergadura, el ensayo ha podido marcar el inicio de una nueva era en la aviación. Si bien sus responsables reconocieron que, por ahora, sus aplicaciones son limitadas, anunciaron que el avión podría ser usado en telecomunicaciones –sustituiría a los satélites con un coste menor– y la investigación meteorológica y oceanográfica o, incluso, como avión-espía ideal, ya que no tiene que repostar nunca.

### El caso de las galletas rotas

Para cerrar este capítulo bastaría señalar el reciente anuncio de la comercialización en Francia de un bastón electrónico que mide la distancia de los objetos mediante rayos láser y advierte al usuario a través de sonidos y vibraciones, o una de las últimas sorpresas conocidas: la culpa de que siempre que abrimos un

paquete nuevo de galletas haya alguna rota no la tienen los fabricantes, ni los señores de las tiendas, ni siquiera nosotros mismos. El problema, según han descubierto un grupo de científicos del Reino Unido con la ayuda de rayos láser, es que en las galletas se suelen formar, pocas horas después de ser horneadas, pequeñas fallas. La solución, hornearlas a menor temperatura y por más tiempo.

### Procesado de materiales

Pero, ¿qué utilidades tiene el láser en la industria? Básicamente la tecnología láser se utiliza para el procesado industrial de materiales, dentro de un contexto en el que el desarrollo de la robótica, la inteligencia artificial, el uso creciente de nuevos materiales y la concepción integrada de los procesos de fabricación, le convierten en un instrumento de singular valor. Los láser para corte, soldadura, perforado, tratamiento térmico de superficies y marcado son, en general, los más extendidos en nuestro país, especialmente en los sectores de la automoción y la aeronáutica y, desde la segunda mitad de los noventa, también en el de la construcción naval.

## El láser en medicina

En la actualidad, son ya innumerables las distintas aplicaciones que de las especiales propiedades del láser ha hecho uso la práctica médico-quirúrgica. Desde las técnicas de litotricia no invasivas para la eliminación de cálculos de riñón y vesícula biliar, hasta la limpieza de arterias, parece que haya sido probada con éxito cualquier aplicación en que la precisión y densidad de potencia de un haz láser guiado por fibra óptica pudiera resultar de interés.

Así, las técnicas con láser han demostrado su eficacia mediante terapia fotodinámica en tratamientos de determinados tumores superficiales –el láser sólo puede penetrar apenas unos milímetros– de piel y de ciertos tumores pulmonares, de nariz, garganta, esófago y vejiga. Igualmente, los láseres presentan diferentes aplicaciones en el campo de las enfermedades cardiovasculares, donde la aplicación más prometedora es la angioplastia por láser o tratamiento quirúrgico de la arteriosclerosis.

El láser también se ha introducido en la cirugía como una fuente intensa y bien controlada de calor que desempeña la función de un escalpelo de precisión. Así, ya existen tratamientos quirúrgicos de patologías de próstata, como es el caso del procedimiento no invasivo para hiperplasia prostática benigna. Del mismo modo, las técnicas de radiofrecuencia y láser han desplazado a la cirugía convencional en el tratamiento de los ronquidos.

La tecnología del láser brinda así mismo múltiples posibilidades en odontología y para los tratamientos dermatológicos y comienza a ofrecer, aunque todavía con moderada eficacia, soluciones efectivas frente a la psoriasis.

Pero sin duda su uso más conocido es en oftalmología, donde en los últimos años se han disparado las operaciones con láser para corregir la miopía, hipermetropía y astigmatismo. La técnica, denominada lasik (acrónimo de laser in situ keratomileusis) es hoy la opción más perfeccionada, segura, cómoda y utilizada y supone una alternativa real a las gafas y lentillas para el 25% de la población que tiene defectos de refracción.

Sin embargo, a las claras ventajas de ser indolora, ambulatoria y de resultados inmediatos, por otra parte comunes a la mayoría de las tecnologías láser utilizadas en medicina, este tipo de cirugía comparte también algunos de sus principales riesgos: su empleo de forma indiscriminada y por manos poco expertas. Así, en el caso de la cirugía refractiva con lasik, en los últimos meses se vienen registrando diferentes fallos de distintos tribunales de Justicia que condenan a cirujanos por no haber informado suficientemente a los pacientes ni de las alternativas a esta operación ni de sus posibles riesgos y efectos secundarios. En sus argumentaciones, un juzgado de Madrid señaló recientemente que en este tipo de operaciones se debe intensificar la información, pues se trata, según explica en su fallo, "de una operación no urgente, voluntaria o no curativa que se aproxima a un contrato de obra".

Se trata, en suma, de conocer que esta técnica no es adecuada para operar miopías altas y de que, en cualquiera de los casos, la experiencia del cirujano es fundamental para minimizar los riesgos. Y es que, como todos sabemos, sólo hay dos ojos para toda la vida.

Los láseres de CO<sub>2</sub> (medio activo gaseoso) y Nd-YAG (de estado sólido) son, junto con los de excímeros, y según explica el físico Miguel Dorronsoro en su libro *La tecnología láser, fundamentos, aplicaciones y tendencias*, los que gozan de una mayor implantación industrial.

Los láseres de CO<sub>2</sub> son, sin duda, los más competitivos desde el punto de vista del coste por vatio de potencia emitida. Dentro de ellos, destacan los actuales equipos de láseres sellados de baja potencia, que han eliminado parte de los problemas asociados a los modelos tradicionales al poder funcionar durante decenas de miles de horas sin tener que realizar ningún mantenimiento (realineamiento o limpieza de óptica), y los de alta potencia, especialmente útiles en procesos de corte, soldadura y tratamiento superficial cuando se requiere una alta velocidad de proceso.

Por su parte, los de Nd-YAG (granate de ytrio y de aluminio contaminado con una pequeña cantidad de neodimio, que es el átomo activo) se presentan como los más firmes competidores de los anteriores en diversas aplicaciones industriales. Sobre todo, como destaca Dorronsoro

en su publicación, por la flexibilidad que representa el que puedan ser guiados por fibra óptica, algo que no cumplen los sistemas de CO<sub>2</sub>. Esta cualidad, junto con la calidad del haz, hacen que los generadores de Nd-YAG bombeados por diodos sean en estos momentos uno de los más demandados para el micromecanizado y fabricación de microsensores por, entre otras, la industria electrónica y del automóvil.

Por último, en los láseres excímeros, (contracción de las palabras inglesas *excited dimer*), de medio activo gaseoso y funcionamiento pulsado, la construcción de unidades más fiables y de más fácil funcionamiento está aumentando en los últimos años su demanda, singularmente en la industria microelectrónica.

### Principales ventajas

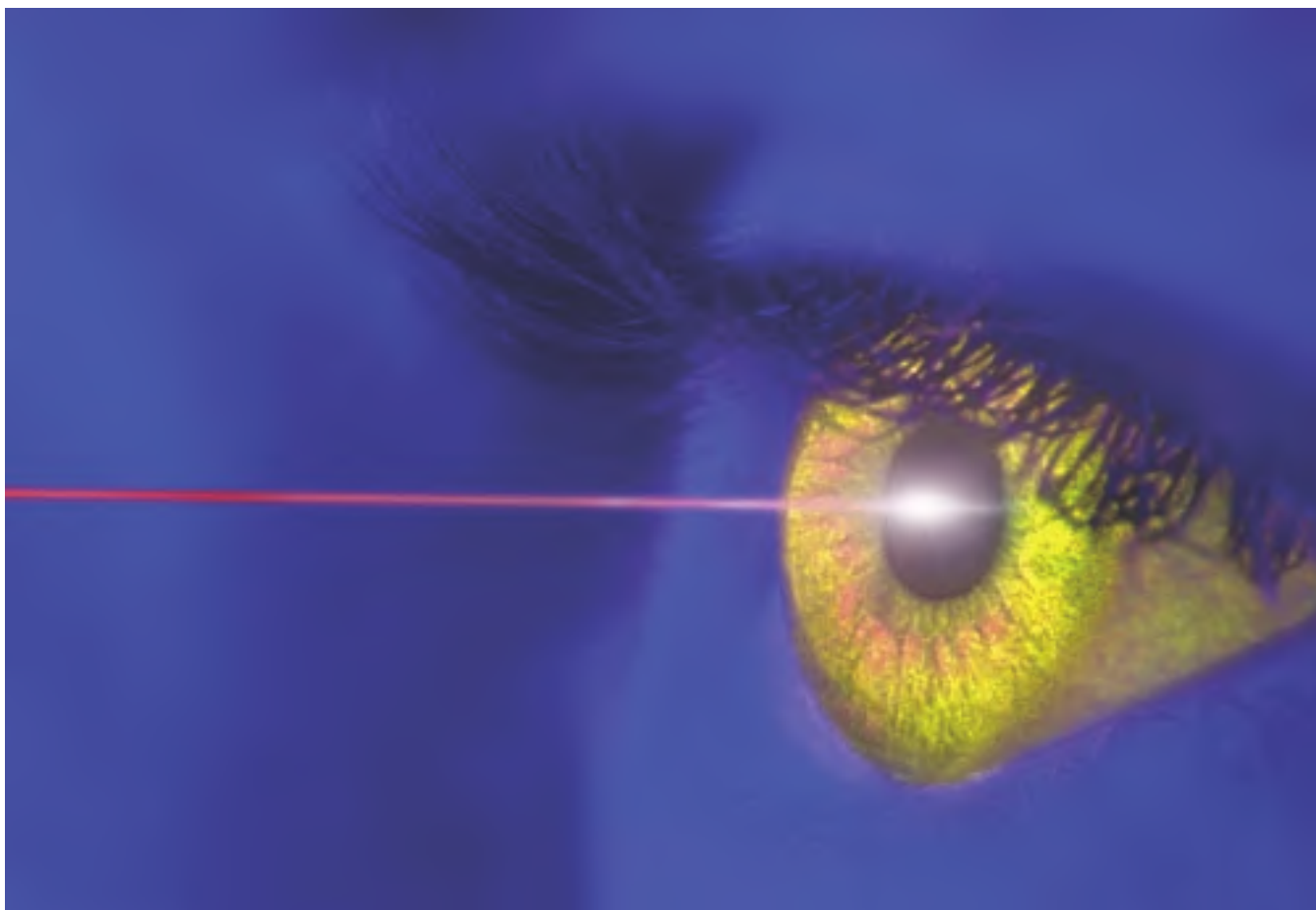
Entre las ventajas de la utilización de éstos y otros láseres sobre las herramientas tradicionales de fabricación, los científicos apuntan a una larga lista en la que destaca la mayor velocidad y fiabilidad del procesado, su extensión de uso a una amplia variedad de materiales, la eliminación o

reducción del uso de troqueles y métodos de ensamblaje, su fácil integración en sistemas robóticos o herramientas integradas en sistemas de pilotaje informatizados (CNC), el menor efecto térmico sobre la pieza, la posibilidad de trabajar en entornos remotos o inaccesibles mediante el uso de fibra óptica, la mayor flexibilidad en la utilización de estaciones de trabajo, el ahorro sustancial en materia prima y en los costes de fabricación, o, simplemente, que permite obtener una mayor calidad de acabado.

### El problema del coste

Pero a pesar de todas estas indudables ventajas, lo cierto es que, si exceptuamos las grandes empresas de automoción, de construcción naval o las energéticas, la tecnología láser todavía no se encuentra plenamente integrada en el sector industrial español. La razón, seguramente, haya que buscarla en su elevado coste de implantación. El precio de un resonador láser necesario para realizar soldaduras de hasta cuatro milímetros de acero puede alcanzar los 300.000 euros, montante que incluye el coste correspondiente a un sistema de

Entre las numerosas aplicaciones médicas del láser destaca su uso en oftalmología, donde las operaciones para corregir defectos de refracción han alcanzado una gran popularidad, a pesar de que la técnica quirúrgica no está exenta de riesgos y limitaciones.





mecanizado equivalente al utilizado en la máquina convencional. Este importante desembolso implica, según diferentes expertos, que los sistemas láser necesitan prácticamente de tres turnos de trabajo para llegar a ser rentables.

## Escasa formación

Pero, además, la tecnología láser ha topado en nuestro país con otro freno que ha venido lastrando su desarrollo: la falta de formación y cultura tecnológica. Así, diferentes investigadores coinciden en señalar que en España los programas industriales y de formación reglada no han tratado o impulsado hasta ahora las tecnologías láser para su desarrollo y aplicación industrial, al menos no a los niveles de otros países europeos.

A este déficit habría que añadir la escasa inversión en I+D -España continúa siendo, tras Grecia y Portugal, el tercer país de la UE que menos capital público y privado destina a este capítulo, con apenas el 1% del PIB-, y las recelos de la industria, especialmente en los sectores menos tecnificados, que parece más preocupada de resolver sus problemas más inmediatos que de introducir nuevas tecnologías que puedan considerarse como futuristas.

## Un cambio de rumbo

En los últimos años, sin embargo, se percibe un cierto interés por cambiar el rumbo, con la existencia cada vez de un mayor número de centros tecnológicos y universidades españolas que están creando laboratorios de investigación de tecnologías láser para dar servicio a la industria.

Se trata, en la mayoría de los casos, de experiencias que centran su actividad en estudiar la posible aplicación del láser en procesos industriales en los que intervengan nuevos materiales, como son el magnesio y las aleaciones de aluminio-magnesio; en investigar nuevas geometrías de los resonadores para conseguir haces más potentes y de mejor calidad; o en intentar introducir nuevas aplicaciones, especialmente en el campo de los tratamientos térmicos superficiales, en sectores como el del moldeado y estampación y la fabricación de componentes de vidrio y plástico para que, de este modo, sean las propias industrias las que produzcan su tecnología y no tengan así que adquirirla a terceros o recibirla por formar parte de una gran multinacional.

Sea como sea, nadie niega que estamos en el siglo de la luz. Y todavía está por ver cuál será la última aplicación del láser.

## Laboratorio de Aplicaciones Industriales del Láser

<http://www.ii.udc.es/lail/>

Página de este laboratorio de la Escuela Politécnica Superior de Ferrol. Creado en 1997, además de ofrecer transferencia de conocimiento y tecnología a las empresas a través de la puesta en marcha de proyectos de investigación conjuntos, desarrolla una amplia labor investigadora en el campo del estudio teórico y modelización numérica de la interacción láser-materia en aplicaciones industriales de procesamiento de materiales con estos dispositivos.



## Laboratorio láser

<http://laser.uma.es>

Página del Laboratorio láser del Departamento de Química Analítica de la Universidad de Málaga. Constituido en 1987, está especializado en el análisis y procesamiento de materiales con láser y ofrece soluciones efectivas a una gran variedad de problemas técnicos y de investigación en microelectrónica, tecnologías de monitorización de procesos industriales, medio ambiente y patrimonio cultural.



## Asociación de Parques Científicos y Tecnológicos de España

<http://www.apte.org>

Web de esta asociación que cuenta con más de medio centenar de miembros, distribuidos en 16 comunidades autónomas. Información sobre su actividad para la renovación y diversificación de la actividad productiva y el progreso tecnológico.

## Otros sitios de interés

<http://www.ciemat.es>

Web del Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas, organismo público de investigación y desarrollo tecnológico dependiente del Ministerio de Ciencia y Tecnología.

<http://www.cedex.es>

Web del Centro del Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas del Ministerio de Fomento.

<http://www.robotiker.com>

Página de este centro tecnológico especializado en tecnologías de la información y telecomunicaciones. Proveedor integral de I+D+i bajo contrato.

<http://www.sick.es>

Página de esta multinacional alemana que cuenta con una filial en España desde 1990. Especializada en el diseño y fabricación de productos de optoelectrónica industrial.

<http://www.iberlaser.es>

Web de esta empresa de herramientas ópticas y electrónicas.

<http://www.innovainst.com>

Web de Innova Instrumentación, dedicada al mercado de los láseres para aplicaciones científicas, industriales y médicas.

<http://www.errecelaser.com>

Página de Errecé aplicaciones industriales del láser.