

# Aplicaciones industriales de los láseres de alta potencia

JOSE MANUEL ORZA SEGADE,  
*Profesor de Investigación del CSIC.  
 Instituto de Estructura de la Materia*

## INTRODUCCION

**A** lo largo de los casi 30 años de existencia de los láseres, sus propiedades peculiares de coherencia espacial y temporal han sido aprovechadas en muchos tipos de aplicaciones. Cada vez más, vienen también aplicándose como herramientas de producción, o como elementos de análisis y control de calidad, en una gran variedad de actividades industriales desde la de grabado y transmisión de informaciones, hasta las de empresas de producción de bienes de equipo.

Desde el punto de vista de su aplicación para procesado de materiales los láseres ofrecen las siguientes ventajas importantes:

- La densidad de energía que se puede dirigir a una región localizada de un material es considerablemente mayor de la que se puede lograr por cualquier otra tecnología. La posibilidad de alcanzar muy altas temperaturas en tiempos muy breves permite el procesado con láseres de cualquier tipo de materiales, a través de nuevos procedimientos de mecanizado.

- Un haz láser, en la práctica, no tiene inercia y es posible enfocararlo con precisión óptica. Consecuentemente, los láseres son el medio ideal para su adaptación a técnicas de control automático, a la robótica y a aplicaciones de procesado rápido de formas complejas y están desempeñando un papel de creciente importancia en el desarrollo de nuevas plantas de manufactura flexible.

Atendiendo a la cantidad de energía requerida para el proceso se pueden considerar dos categorías principales de aplicaciones:

- Las que requieren aportes de energía relativamente pequeños, generalmente bajo controles muy estrictos y precisos: micromecanizado e ingeniería de semiconductores, impresión y lectura ópticas y análogos.

- Las que transcurren con aportes energéticos sustanciales para la realización de procesos macroscópicos como corte, soldadura, temple, recocidos, recubrimientos y otros.

Son estas últimas, análogas a otras operaciones convencionales en las industrias mecánicas, las que vamos a considerar especialmente en el presente artículo. Las ventajas principales que presenta la utilización de láseres respecto de los métodos tradicionales, que se presentan en forma de "reclamo" en la figura 1, se derivan de un menor aporte de calor, para resultados iguales, con la consiguiente ausencia práctica de distorsiones en las piezas, del más fácil acceso a localizaciones o posiciones difíciles y de una mayor velocidad de tratamiento que puede además permitir a una única fuente láser servir varias estaciones de trabajo, con versatilidad de aplicaciones en tecnologías diversificadas y reducción al mínimo de los tiempos muertos.

FIGURA 1  
 VENTAJAS DEL LASER COMO HERRAMIENTA DE PRODUCCION

### Flexibilidad

- variedad de procesos
- geometría arbitraria
- facilidad de automatización
- facilidad de integración y de combinación

### Rapidez de proceso y acabado de calidad

- alta precisión (exactitud)
- sin esfuerzos y al instante
- sin necesidad de retoques

### Concentración de potencia en el punto preciso

- alta intensidad
- utilización dirigida
- sin acciones colaterales

## LA INTERACCION HAZ LASER-MATERIALES

**A**l someter un material a la acción de un haz láser pueden ocurrir varios procesos.

En primer lugar, hay una parte de la energía del haz que es reflejada y no interviene más en el proceso de interacción. Es bien conocido que la mayor parte de los metales reflejan la mayor parte de la luz que incide sobre ellos. Aparte de la pérdida energética que supone, su consideración es importante también por razones de seguridad. La reflectividad depende del tipo de material, de la longitud de onda a la radiación, de la temperatura y del estado (propiedades físicas y químicas) de la superficie.

La energía absorbida por el material se transforma, casi instantáneamente, en calor; en el punto de interacción aumenta la temperatura muy rápidamente al tiempo que parte del calor generado se propaga en la pieza por conductividad térmica. La distribución precisa de temperaturas espacial y temporal, determina los fenómenos que van a ocurrir en la estructura de material al mantener la irradiación láser y, con ello también, la fracción de luz incidente absorbida por el material, fracción que suele llamarse "coeficiente de acoplamiento". La figura 2 representa esquemáticamente el tipo de variación de este coeficiente en función de la temperatura superficial para el caso de un metal (muy simplificado!). Inicialmente, a medida que el metal se calienta disminuye su reflectividad; tras alcanzar el punto de fusión esta disminución es mucho mayor (la reflexión deja de ser especular); fácilmente se forma una cavidad en el líquido, en el punto en que incide el láser, a causa de la creciente vaporización del metal fundido; la nube de metal vaporizado absorbe y re-irradia la radiación, aumentando más aún el acoplamiento; se calienta más cada vez y se ioniza (es de hecho un plasma) y en su evolución acaba desplazándose y dando lugar a irregularidades en el proceso.

Los diferentes fenómenos que pueden ocurrir al irradiar al material dependen de las propiedades termomecánicas de éste y de la densidad de energía absorbida pero dependen también, sobre todo, de la duración de la irradiación. Para una densidad de energía dada es la velocidad o rapidez con que se suministra esta energía lo que determina la naturaleza del proceso. Atendiendo a estos parámetros pueden situarse convenientemente los distintos tipos de transformaciones o procesos posibles y delimitar los dominios correspondientes a diferentes tipos de aplicaciones, en la manera que se ilustra en el diagrama de la figura 3.

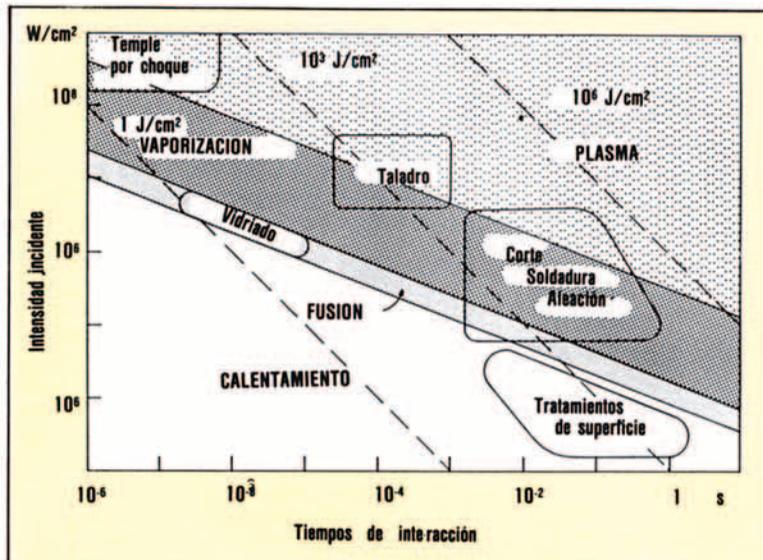


Figura 3. Diagrama ilustrativo de las condiciones necesarias para diferentes tipos de procesamiento.

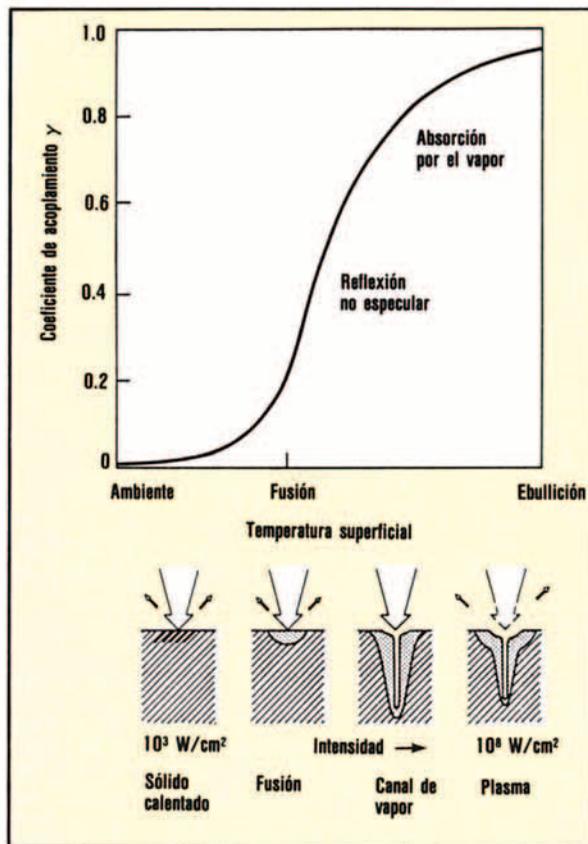


Figura 2. Secuencia de procesos que ocurren en la interacción de un haz láser de alta potencia con un material metálico.

Una densidad de energía absorbida de 1000 J/cm<sup>2</sup> que corresponda a una intensidad incidente de 10<sup>5</sup> W/cm<sup>2</sup> actuando durante 1 centésima de segundo puede ser indicada para un proceso de temple superficial (sin siquiera fundir el material). La misma densidad de energía, suministrada en unos cientos de microsegundos, (10<sup>7</sup> W/cm<sup>2</sup>) funde y quizás incluso vaporiza el material produciendo un orificio: taladro.

En gran parte, el proceso de materiales con láseres consiste en establecer sobre la pieza las condiciones térmicas apropiadas mediante el control preciso de la densidad de potencia y el tiempo de interacción.

La figura 4 muestra la disposición práctica para el "acondicionamiento" del haz láser a algunas de estas condiciones, mediante un sistema de enfoque adecuado, con lentes o espejos, que proporcionan en la superficie de la pieza la densidad de flujo de energía apropiada para el proceso de interés. La disponibilidad de un gas de trabajo que puede ser reactivo o de protección, que se puede soplar sobre la zona de trabajo con presión controlada, da posibilidades adicionales de lograr diferentes procesos. Para el corte, por ejemplo, se puede soplar aire u oxígeno que pueden producir aportes energéticos adicionales por la oxidación del metal fundido para arrastrarlo fuera del surco de corte. En el caso de la soldadura interesa, al contrario, evitar la oxidación y hacer que la zona fundida se altere lo menos posible, por lo que conviene utilizar un gas de protección a presión reducida.

El tiempo de interacción se fija mediante la rapidez del movimiento de desplazamiento relativo del haz láser, o de su región focal, y la pieza de trabajo, o posiblemente también pulsando la radiación o utilizando cadencias de modulación o de intensidades apropiadas.

## VEINTE AÑOS DE PROCESADO DE MATERIALES CON LASERES

**E**L procesado de materiales con láseres, como realización industrial, se desarrolló inicialmente en los Estados Unidos a partir de la segunda mitad de la década de los años setenta. La correspondiente evolución en Europa y en Japón fue un tanto a remolque de la de los Estados Unidos. Como es bien sabido, esta nueva tecnología industrial se produce, en gran parte, como retorno de inversiones considerables de los departamentos de Defensa y de Energía de los Estados Unidos a través de contratos y subcontratos con empresas industriales y de la rápida transferencia de tecnología entre los sectores público y privado, característica de ese país.

La primera etapa de crecimiento (lento) corresponde a la utilización de láseres de estado sólido (rubí y Nd-Yag) en aplicaciones para la industria electrónica. En estas primeras aplicaciones era, generalmente, el usuario final el que desarrollaba el sistema (integrando el láser en el proceso). Al crecer el número de aplicaciones semejantes apareció un mercado para sistemas dedicados, de tipo estándar, como por ejemplo rayado de cerámicas, ajuste de resistencias o soldaduras de cajas de relés. Sistemas de este tipo continúan ofreciéndose hoy por varios fabricantes.

Durante los años 70 se produce un crecimiento más sustancial. Poco a poco los láseres de  $\text{CO}_2$ , comienzan a encontrar aplicaciones específicas, con exigencias energéticas mayores que las suministrables por los de estado sólido; hacia el final de esta década el número de láseres de  $\text{CO}_2$  empleados en la industria suponía, aproximadamente, el 40% del total.

La tasa de crecimiento de ambos tipos de láseres se mantuvo en cifras superiores al 20% anual hasta 1986 en que comienzan a observarse síntomas de estancamiento en las cifras de ventas globales. A lo largo de ese año de número de unidades de láseres de  $\text{CO}_2$  utilizadas superó ya a los de estado sólido.

La indicación de uno u otro de estos tipos de láseres en procesos industriales viene determinada por las diferentes características de los haces láser emitidos por ellos.

Los láseres de Nd-Yag emiten a la longitud de onda de 1.064 micras, en el infrarrojo próximo, generalmente en forma pulsada. Su potencia media puede alcanzar hasta unos 600 vatios en los modelos comerciales usuales. Son especialmente indicados para marcado, micro-taladros y soldadura por puntos. Los de  $\text{CO}_2$ , de mayor rendimiento energético, se utilizan casi siempre en onda continua. Su longitud de onda es diez veces mayor, 10,6 micras, en el infrarrojo medio; se presentan comercialmente con potencias que van de unos cientos de vatios a unos 35 kilovatios y, se usan predominantemente para corte, soldadura y tratamientos térmicos.

La posibilidad de transporte del haz del láser de Nd mediante fibras ópticas, hace que estos láseres aparezcan particularmente apropiados para utilización en sistemas flexibles de trabajo, así como en usos en ambientes hostiles, por ejemplo radioactivos.

Recientemente, está también encontrando indicaciones industriales específicas otro tipo de láseres con emisión en el ultravioleta, los láseres

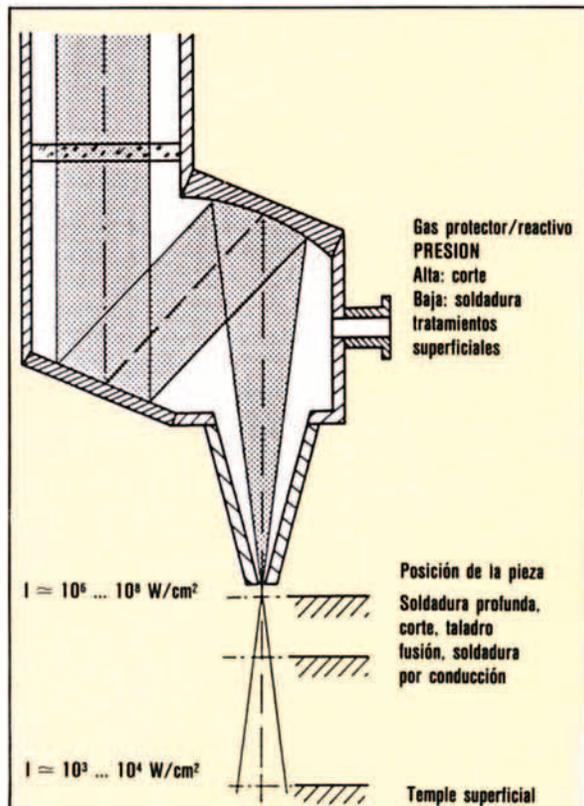


Figura 4. Se pueden realizar diferentes procesos con un mismo láser variando el grado de enfoque del haz, el gas de asistencia y su flujo y el movimiento relativo de la pieza y el haz láser.

de excimeros, que pueden funcionar, a diferencia de los anteriores, mediante un mecanismo de fotodescomposición ablativa, no térmico. Pueden ser especialmente importantes para el procesado (perfilado) de materiales plásticos, con precisión submicrométrica y sin señal alguna de zona afectada térmicamente.

De acuerdo con los datos más recientes (Industrial Laser Review, Enero 1989), la base total de láseres industriales instalados en el mundo occidental es de unas 17.000 unidades, de las cuales el 52% son láseres de CO<sub>2</sub>, el 47% de estado sólido y menos del 1% de excimeros.

La Tabla 1 resume las cifras de ventas en 1988 y la tasa de crecimiento estimada para 1989. De las cantidades globales citadas en la tabla, el 37% corresponde al Japón, el 34% a Norteamérica y el 29% a Europa.

## EL LASER COMO HERRAMIENTA INDUSTRIAL

**L**a tendencia a construir sistemas estandarizados se ha extendido durante los últimos años a los láseres de CO<sub>2</sub> de diversas potencias. Hay actualmente, más de 25 versiones comerciales de sistemas para corte de chapa metálica con láseres de CO<sub>2</sub>, en la gama de 1000 a 1500 vatios, en onda continua, con sistemas de dos ejes con CNC par manejo del haz o de la chapa (con láseres de 1.500 W se pueden cortar chapas de hasta 12 mm. de espesor; sistemas de óptica flotante permiten fácilmente dimensiones de 3 x 4 m).

También está en auge la producción de sistemas para soldadura con láseres de CO<sub>2</sub> con potencias de 1 a 5 Kw, con aplicación principalmente para componentes de automóviles y para conducciones y tuberías en acero inoxidable.

Aplicaciones como las de corte de chapa son hoy ya operaciones de rutina, para las que se pueden adquirir máquinas dedicadas, "llave en mano", fiables, seguras y rentables cuando se utilizan adecuadamente y es éste un mercado en el que se pueden encontrar firmas japonesas y europeas (alemanas, principalmente) precediendo a las americanas, que introdujeron este tipo de sistemas. Se estima que, aproximadamente, el 60% de las aplicaciones de procesado de materiales con láseres, de significación industrial, se realiza con sistemas standard, el resto corresponde en su mayor parte a sistemas láser, directamente integrados en el sistema de producción o bien a sistemas únicos, par nuevas aplicaciones, contruidos bajo especificaciones precisas para cada tipo de aplicación. Las industrias aeronáuticas, de automóviles y de maquinaria pesada, son las principales usuarias de este tipo de sistemas.

Como herramienta industrial, un láser es sólo una parte de un sistema. En cualquier instalación para procesado láser se pueden distinguir cuatro subsistemas: el circuito óptico —comprendiendo el haz láser y el puesto de trabajo), el circuito eléctrico, el de refrigeración y los componentes secundarios (gases de asistencia, controles varios, etc.). Es de la mayor importancia disponer de un equipo óptico suficientemente preciso par dirigir o enfocar el haz láser exactamente en el lugar necesario de la pieza de trabajo; el equipo, además, debe poderse manejar flexiblemente. Esto supone la introducción de algún tipo de "robot" para integrar el haz láser y su posicionamiento mediante un sistema de control electrónico. Se precisan, además, diversos componentes periféricos según los distintos tipos de tratamientos o procesos a realizar.

La definición usual de un "Centro de mecanizado" es: máquina herramienta multifuncional que opera bajo control automático y tiene capacidad de cambio de "útiles". La combinación de un (mini-)ordenador y un sistema láser programable es claramente multifuncional, ya que puede realizar cualquier combinación de operaciones de corte, taladro, soldadura tratamiento térmico, rayado o grabado, y todas esas operaciones se pueden realizar automáticamente, controladas por el ordenador. El cambio de útil se logra mediante un simple cambio de las características del haz láser.

Las aplicaciones de los láseres a la manufactura industrial han dado lugar a la aparición de un nuevo tipo de taller paraindustrial: el taller láser. En el taller láser típico, frecuentemente fundado por un empresario que es él mismo experto en técnicas láser o que está asociado con tecnólogos de universidades o de empresas de producción de sistemas láser, se ofrecen servicios de ensayos de fabricación, estudios de factibilidad, experimentación y desarrollo de procesos, producción de prototipos, e incluso de pequeñas series en régimen de subcontratación, así como de asesoramiento y de formación de personal técnico especializado.

Se viene además manifestando durante los últimos años una tendencia creciente en muchas de las industrias de manufacturas (especialmente de automóviles, aeroespacial y electrónicas) a subcontratar una parte importante de componentes y de servicios. Frecuentemente se recurre, entre otros, a talleres láser par realizar encargos "justo al momento" que permiten disminuir drásticamente gastos de almacenamiento. Varias de estas industrias poseen y utilizan instalaciones láser pero recurren al taller para resolver problemas ligados con una demanda variable (en dientes de sierra) o bien para el desarrollo de nuevos proyectos.

Tabla 1: Mercado internacional de láseres industriales (1988)

Tipo de láser	Número de unidades	Valor millones \$ USA	Crecimiento anual
Dióxido de carbono	1850	92,5	13,2
Estado sólido	1200	49,0	7,3
Excimeros	55	2,6	3,5
<b>Total comercial</b>	<b>3105</b>	<b>144,1</b>	<b>—</b>

## CELULAS DE FABRICACION FLEXIBLE CON LASERES

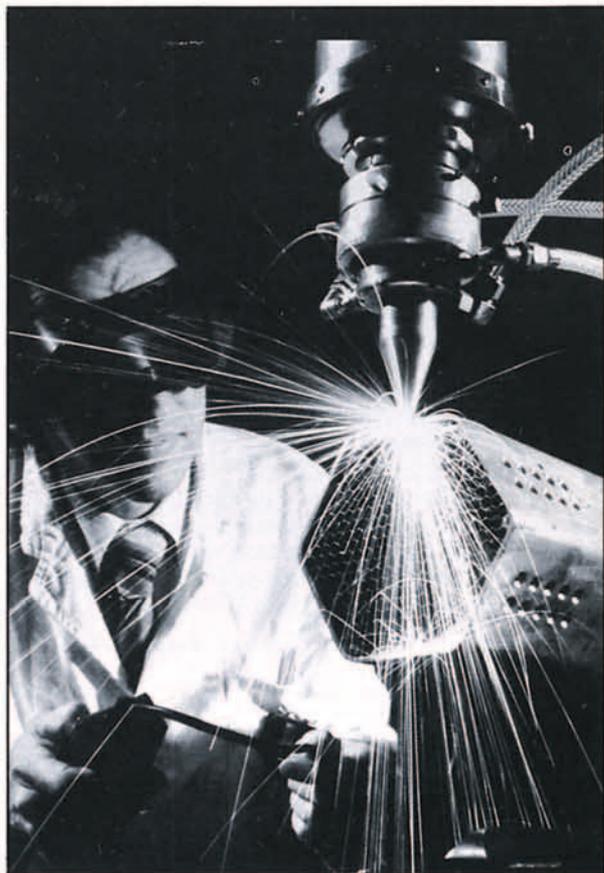
La tendencia predominante en los Centros Láser de mayor entidad es la de estructurarse en la forma de instalaciones multiláser-multipuesto, con un número de estaciones de trabajo especializadas a las que se pueden dirigir, alternativa o combinadamente, los haces láser de varias fuentes que pueda tener incluso distintas características (continuas o pulsadas, potencias diferentes, etc.). Todo ello combinado con sistemas (frecuentemente automatizados) de alimentación y manejo de piezas y enlazado con sistemas de diseño y fabricación asistida por ordenador (CAD, CAM), bajo control de robots, físicamente reconocibles.

La extrapolación al futuro, de lo que se pueden encontrar ya actualmente algunas ilustraciones iniciales, es la de sistemas de manufactura flexible. Se trata con ellos de dar una respuesta rápida a demandas de fabricación en lotes, con alto grado de variabilidad y exigencias estrictas de calidad. Con su introducción se logrará aumentar la productividad y disminuir los costes; se podrán fabricar piezas únicas o lotes de manera aleatoria; se disminuirán los tiempos de proceso y el volumen de piezas almacenadas y todo ello con capacidad total de inspección.

Un sistema de fabricación flexible verdadero es realmente complejo y muy caro; es pues usual comenzar la transformación de una factoría introduciendo células de manufactura flexible que pueden ser posteriormente entrelazadas para construir un sistema más complejo.

Existen ya actualmente células y sistemas de fabricación flexible que utilizan láseres de CO<sub>2</sub> y de Nd-Yag en procesos de producción. La aplicación más común es la de corte con láser, que suele asociarse con punzonadoras con CNC. Comienzan también a utilizarse sistemas para soldadura láser, que ofrecen perspectivas de gran interés principalmente por la velocidad del proceso y la pequeña distorsión térmica que introducen. Al acortarse el tiempo de proceso aumentan las exigencias de la automatización para manejo de materiales; si éste se hace con grado suficiente de flexibilidad es posible soldar en una célula dada una amplia variedad de componentes.

El primer gran sistema experimental de fabricación flexible con láseres ha sido el montado en Japón (con financiación del MITI por una cuantía de unos 55 millones de dólares en 7 años, de 1977 a 1984) con la colaboración de veinte empresas industriales bajo el liderazgo de Mitsubishi, Toshiba y Nippon Electric. Se trató con él de estudiar nuevos procedimientos de fabricación para una diversidad de productos, a través de la integración de métodos convencionales y láser para mecanizado, soldadura y tratamientos térmicos. Equipado con dos láseres para procesamiento de materiales (uno de ellos de hasta 25 Kw), se desarrollaron para él diversos sistemas de control de herramientas y sistemas robóticos para inspección automática y ensamblaje. El coste total estimado de este proyecto es de 5.7 miles de millones de dólares USA.



Láser aplicado a la soldadura.

### ACTIVIDADES DE I + D; PROYECTOS EUROPEOS Y ESPAÑOLES

El proyecto japonés que acabamos de citar es un buen ejemplo de política nacional de promoción de la investigación en el campo de los láseres. Otras medidas de promoción comprenden desde la concesión de préstamos a bajo interés para desarrollo industrial hasta la implantación de centros nacionales de investigación con financiación estatal. Es una característica típica del Japón la rápida y eficaz conversión de la investigación básica en procesos y productos explotables industrial y económicamente. Empresas japonesas ofertan hoy el más amplio rango de componentes y sistemas láser, para potencias de salida de hasta 25 kw en onda continua, para todo el espectro de operaciones de procesamiento de materiales con láseres.

Hemos citado también previamente el papel que desempeñan en los Estados Unidos los Departamentos de Defensa y de Energía, en la promoción de la investigación avanzada en láseres y en sus aplicaciones. Grandes compañías USA pueden ofrecer a corto plazo versiones con fondos públicos por alguna de sus subsidiarias (o divisiones) especializadas en aplicaciones de defensa.

Más recientemente se ha decidido también en Europa acometer con subvenciones públicas programas de desarrollo tecnológico con fines civiles.

Desde 1985 la Comunidad Económica Europea viene incluyendo en sus proyectos de desarrollo tecnológico, la investigación sobre láseres y sus aplicaciones. La tabla 2 presenta una relación de proyectos relativos a tecnologías láser subvencionados al 50% con fondos públicos comunitarios a través del programa BRITE de la Dirección General de Ciencia, Investigación y Desarrollo de la Comisión de las Comunidades Europeas.

En el proyecto P-2186, de reconocimiento y procesamiento con láseres de materiales industriales indígenas (corcho, cuero, madera, mármol) participan la Asociación de la

Industria Navarra y el Centro Láser de Navarra, con socios portugueses. El presupuesto total del proyecto es próximo a los 2 millones de ECU's; la subvención de la CEE a los participantes españoles es de 235.000 ECU's.

En el proyecto P-2348, de soldadura de grandes espesores con láseres, participa un grupo del Consejo de Investigaciones Científicas de Madrid (del Instituto de Estructura de la Materia y del CENIM, con Enosa y Bazán como patrocinadores industriales) en colaboración con tres de los más importantes centros láser europeos (RTM, en Turín, ETCA en París e ILT, un instituto Fraunhofer en Aquisgrán) y varias empresas industriales italianas y francesas. El presupuesto total es de casi 3 millones de ECU's; la subvención de la CEE al equipo español, relativamente modesta, es de casi 100.000 ECU's.

Se suele decir que el programa EUREKA es la versión europea de la Inicativa de Defensa Estratégica USA, aunque dirigida explícitamente a la promoción del desarrollo tecnológico con fines civiles. A través del EUREKA los gobiernos y la comisión del programa apoyan proyectos cooperativos ayudando con fondos públicos a su financiación, de acuerdo con regulaciones aprobadas por los países participantes. La tabla 3 presenta diez proyectos EUREKA relativos a fuentes láser o a aplicaciones de especial interés industrial.

TABLA 2	
AREA 2: TECNOLOGIAS LASER	
2.1. I + D en fuentes láser para aplicaciones industriales	
P-1354: Láser de CO <sub>2</sub> de alta potencia, 15-20 kW, para aplicaciones industriales. P-2112: Láser de potencia de estado sólido con haz de alta calidad basado en hexa-aluminato de lantano (LNA) codopad.	
2.2. I + D en sistemas y equipos para suministro de haz	
P-1206: Control adaptativo de procesado con láseres. P-1339: Soldadura de chapa metálica con láseres. P-1550: Soldadura con un sistema láser con retroalimentación controlada.	
2.3. I + D para aplicaciones en manufactura industrial	
P-1346: Tratamiento superficial con láseres de CO <sub>2</sub> de cerámicas netas y recubrimientos cerámicos. P-2178: Tratamientos láser como herramienta para adaptar la composición superficial de componentes de aleaciones para aplicaciones de ingeniería. P-2186: Reconocimiento y procesado con láser de materiales industriales indígenas. P-2348: Soldadura láser en grandes espesores. P-2357: Tratamiento superficial con láseres de componentes mecánicos para mejorar sus propiedades mecánicas y físicas. P-2449: Espectrometría de masas, con láseres, para microanálisis industrial en línea.	

TABLA 3  
PROGRAMA EUREKA

Proyecto EUROLASER y de aplicaciones de láseres de potencia				
PROYECTO	OBJETIVOS	PAISES PARTICIPANTES	PRESUPUESTO	INICIACION
<i>Proyectos aprobados en la reunión de Madrid el 15-9-1987</i>				
EU 180	Fuente CO <sub>2</sub> 10 kw	AU, BE, IT, E	\$ 32 M/5 años	1988
EU 194	Aplicaciones CO <sub>2</sub> > 10 Kw	AU, BE, DK, FR, RFA, GR, IT, E, UK	\$ 43,3 M/5 años	1988
EU 204	Célula para tratamientos superficiales: CO <sub>2</sub> 3-5 kw	RFA, IT	\$ 20,5 M/4 años	1988
EU 205	Láser de excimeros de alta potencia	RFA, FR, UK, NL (GR, SU)	\$ 16,8 M/8 años	1988
EU 213	Láser de excimeros con pulsos alta energía (< 1 kw)	IT, NL, (UK)	\$ 11,4 M/4 años	1988
EU 226	Láser de estado sólido > 1 kw	FR, RFA	\$ 21,7 M/30 meses	1988
<i>Proyectos posteriores (Copenhague 1988)</i>				
EU 249	Técnicas de manufactura con láseres de estado sólido	UK, E, RFA, F		
<i>Otros proyectos CO<sub>2</sub> aprobados previamente:</i>				
EU 10	Célula flexible enteramente óptica	FR, IT	(actualmente cancelado)	
EU 83	Fuente hasta 25 kw	UK, RFA, DK, E, AU	\$ 50 M	Nov. 1987
EU 155	Aplicaciones CO <sub>2</sub>	RFA, SU		1987

Como se ha señalado en la tabla, organizaciones españolas participan en cuatro de estos proyectos.

El EU-83, coordinado por el Welding Institute británico, incluye a 11 instituciones asociadas, entre ellas las empresas españolas International Electronics (Madrid) y M. Torres (Pamplona). El objetivo del proyecto es diseñar y construir un prototipo de célula automatizada para procesamiento de materiales, constituida básicamente por un láser de dióxido de carbono de 25 kW, un sistema avanzado de manipulación del haz (incluyendo equipamientos de rastreo de surco y control adaptativo) y provisiones para manejo de piezas y control de procesos, compatible con sistemas para CIM. International Electronics se encarga de la construcción de la fuente de alimentación de potencia (de estado sólido) del láser; M. Torres tiene la responsabilidad del diseño y construcción del "manipulador del haz", de 10 m x 3 m x 2 m, con tres zonas de trabajo.

El EU-183 se propone desarrollar fuentes láser de CO<sub>2</sub> compactas y modulares (de 10 kw por módulo), componentes y sistemas para transporte y conformación del haz y la integración de ambas en estaciones de trabajo especializadas. En el subproyecto español, a cargo de las empresas ENOSA (Madrid), GH Industrial (Valencia) y Crilaser (Barcelona), se propone la construcción de un prototipo de fuente láser basado en un concepto oscilador-amplificador. Este subproyecto está actualmente finalizando la fase de definición tecnológica en la que se han desarrollado fuentes de alimentación de media y de radiofrecuencias y prototipos para evaluación de distintos procesos de excitación de la fuente láser.

El EU-194 pretende investigar, evaluar y promover la utilización industrial en láseres de CO<sub>2</sub> CW de alta potencia y se ha establecido en cinco grupos de trabajo en los siguientes temas: caracterización (de la calidad) del haz láser, estandarización de experimentos de aplicaciones, modelos matemáticos (y simulación) de procesos, aplicaciones (en trabajos cooperativos en temas genéricos y otros más confidenciales cuando haya interés en más de un país) y seguridad (normas de aplicación y de seguridad). Actúa como representante español en el Comité de Dirección del programa el Centro Láser de Navarra; otros participantes con financiación gubernamental al 50% de su actividad son: Láser Melis, el CSIC (Instituto de Estructura de la Materia en colaboración con otros grupos universitarios) e INASMET. La financiación gubernamental se utiliza también para promocionar la utilización de tecnología láser de alta potencia en aplicaciones nacionales.

Finalmente, el EU-2249 está participado fundamentalmente por Lumonics (UK) e Industrias Anayak (E) y busca: "maximizar la efectividad competitiva de la industria europea en el procesamiento con láseres y proveer una fuente europea de sistemas, equipos y tecnología para manufactura avanzada con láseres de estado sólido".

Las compañías españolas citadas, con la adición de "Láser Quanta" en Madrid y "Lascomp" en Barcelona, junto con los centros láser e instituciones implicadas en el EU-194, asumen la gran mayor parte de la actividad nacional en el campo, en colaboración con grupos universitarios, especialmente en Madrid, Barcelona, Valencia, Vigo y Bilbao.

Es obligado citar, además, la creciente introducción de talleres láser en el País Vasco y Navarra para aplicaciones de corte de chapa en la mayor parte de los casos. Es posible que de Bilbao a San Sebastián puedan contarse hasta una decena de talleres de ese tipo.

En octubre de 1988, el CSIC y el gobierno de la Autonomía de Madrid, crearon la "Fundación Madrid-Láser" que hacia finales de 1989 dispondrá de un Centro de Aplicaciones Industriales para la difusión y promoción de esta tecnología en el entorno industrial madrileño. La fundación cooperará con universidades y otros organismos públicos y con empresas en la investigación y desarrollo de aplicaciones industriales concretas. ■

## APPLICATIONS

**MATERIALS:**  
The variety of materials a laser can process or machine includes Aluminum, Armour plate, Asbestos, Composites, Laminates, Mild Steel, Nimonic, Plastic, Rubber, Stainless Steel, Synthetics, Titanium, Tool steel, Wood and many others.

**INDUSTRIES:**  
The industries for which lasers have advantages include Aircraft, Boatbuilding, Car, Commercial vehicle, Construction and Industrial vehicle, Components, Dairy and food, Medical equipment, Fabrications, Joining, Furniture, Gasket Heat Exchanger, Nuclear, Rubber, Sign, Tube, and many more.

### CUTTING



① Flexible stainless steel part cut by laser



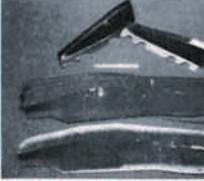
② 2 1/2 inch thick stainless plate for high temperature industrial application. Laser cutting produced a high quality edge and removed the heat process.



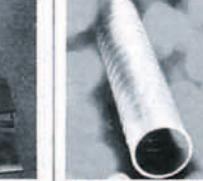
③ Stainless steel impeller (shown) 2 1/2 inch thick, profile cut by laser to form a close shape



④ Sign letters cut from various plastics using a 200W CO<sub>2</sub> laser



⑤ 1/2 inch thick stainless steel armor parts cut by a 200W gas laser machine with four axis capability



⑥ 2 1/2 inch thick spiral angle tube welded with a 2 kW CO<sub>2</sub> gas laser at angle

### WELDING



⑦ Nickel rods joined with laser assisted to shaft at 2 inches per inch with a 200W CO<sub>2</sub> laser



⑧ Steel laminates for an electric motor core assembly welded together in four joints over the inside of the 12 inch diameter hole using a gas laser at 1 kW output



⑨ 1/2 inch thick aluminum part welded by 2 kW CO<sub>2</sub> laser using clamp generation and shaft hole affected zone

### HEAT TREATMENT



⑩ Automobile engine valve surface treated with a 2 kW gas laser. The process produces even temperature in the end area of the valve



⑪ Two welds formed on a gas turbine rotor disk from heat treated by multi-beam gas laser process. The technique permits joint hardening without distortion of the part



⑫ Ceramic shells of jet turbine vanes. The laser technique increased heat input for maintaining the integrity of other components



⑬ Jewelry machine drive shaft and mounting gear dramatically welded by 20W CO<sub>2</sub> laser in 3 seconds

Muestra de las diferentes aplicaciones industriales del láser.