

Red Gipuzkoa 4.0 de Fabricación Avanzada



## Procesos de fabricación basados en tecnología Láser

*Oportunidades y claves para su incorporación en la empresa*

**ORAININDUSTRI4.0**  
Preparados para la 4ª revolución industrial



**ORAIN  
EKONOMIA**

Gipuzkoako  
Foru Aldundia  
Diputación Foral  
de Gipuzkoa



La incorporación de la tecnología láser para los procesos industriales se está consolidando desde hace ya años en diversos sectores industriales. Sin embargo, en las pequeñas y medianas empresas, base del tejido empresarial vasco, en ocasiones se tiene la percepción que el uso del láser para nuevas necesidades de producción es algo reservado solo a las grandes corporaciones o a especialistas.

Esta realidad hace necesario tender puentes desde estas empresas hacia estas tecnologías que, aplicadas al procesamiento de los materiales, se traduce en mejoras productivas, mayor flexibilidad y eficiencia.

En este documento se detallan brevemente las características de las diferentes tecnologías láser y cómo los centros de la alianza de IK4 pueden ser el vehículo apropiado para dar a conocer e introducir estas tecnologías en el ámbito industrial.

## Origen y breve descripción

“A solution looking for a problem”, así es como llamaba gran parte de la comunidad científica a la tecnología láser, dado su desconocido potencial, tras su descubrimiento por Theodore Maiman y Charles Townes a mediados del siglo XX. Hoy en día, el láser se emplea en un gran número de aplicaciones industriales, médicas, militares, científicas y de entretenimiento, y está catalogada como una de las tecnologías de fabricación de mayor desarrollo y proyección de futuro de los últimos años. Dada su capacidad y potencial de desarrollo y flexibilidad de uso, la tecnología láser se ha convertido en una herramienta imprescindible en numerosos sectores industriales ligados al “Manufacturing” y es además una de las tecnologías capacitadoras ligadas a la revolución 4.0.

Desde el punto de vista de la fabricación industrial se utiliza en infinidad de aplicaciones tales como la metrología, inspección de calidad, monitorización de procesos y el procesado de materiales, entre otros. Es, de hecho, el procesado de materiales una de las áreas de investigación más activa y dónde más avances se están produciendo tanto a nivel científico como industrial, sobre todo por las innumerables ventajas que ofrece frente a otras tecnologías convencionales, tales como la flexibilidad, facilidad de automatización, calidad

de acabados, alta reproducibilidad y productividad. Cabe destacar a su vez que es una tecnología sin contacto, dónde no existe desgaste de herramienta, de mínima afectación térmica y, dadas las nuevas fuentes láseres que ofrece el mercado, requiere de escasas o nulas operaciones de mantenimiento, lo que la convierte en una tecnología asequible para un gran número de procesos industriales tanto a escala macro como microscópica.

Así, en la industria se pueden encontrar desde procesos más extendidos como la soldadura, corte y tratamientos térmicos superficiales, a otros más exóticos tales como micro-taladrado, pulido, texturizado, decapado y limpieza, aplicados en sectores tan importantes como automoción, aeronáutico y espacial. Mención especial merecen además, por su interés mediático y expectativas de futuro, los procesos de fabricación aditiva basados en tecnología láser.

A día de hoy, la tecnología láser ofrece solución a innumerables problemas, sin embargo, después de 50 años de existencia, sigue siendo una solución a la espera de nuevos retos y aplicaciones que estén por llegar, principalmente en todos los aspectos relacionados con la fabricación avanzada.



*Detalle del proceso de recarga láser de un alojamiento interior de un disco de acero (IK4-Tekniker)*

## Alternativas tecnológicas y oportunidades asociadas

La aplicación de la tecnología láser a los procesos de fabricación se puede clasificar en diversos ámbitos: a) procesamiento de materiales, b) metrología/medida, c) inspección.

Un bloque importante y con gran potencial de desarrollo es la aplicación de la tecnología láser al procesamiento de materiales.

Ámbito de manufacturing	Proceso	Proceso Láser
Procesamiento y transformación de materiales	Fabricación aditiva	Selective laser Melting (SLM)
		Laser Metal deposition (LMD)
		Recargue (laser cladding)
	Soldadura	Soldadura láser por conducción
		Soldadura por keyhole
		Soldadura de materiales disimilares /metal/polímero
	Corte	Corte convencional asistido con gas Corte remoto
	Tratamiento térmico superficial	Temple Revenido
	Texturizado	Texturizado superficial
	Marcado	
Micro-taladrado	Single pulse drilling Percussion drilling Trepanning	
Inspección	Ensayos no destructivos	Termografía activa con láser
		Ultrasonidos láser/vibrometría
Metrología		Triangulación láser para posicionamiento

Tabla 1: Tabla de los ámbitos de la tecnología láser aplicado a la fabricación.

Las tecnologías láser, permiten controlar el input térmico de manera muy localizada sobre el área de aplicación. Además, permiten utilizar sistemas "remotos" sin contacto de manera que se pueda realizar un escaneo o barrido de una superficie a procesar con sistemas de posicionamiento de gran velocidad.

Como se muestra en la tabla anterior, dentro del procesamiento de materiales, los campos en los que la tecnología láser tiene aplicación son muy extensos. Desde

la fabricación aditiva, la soldadura o unión, tratamiento térmico superficial, el texturizado superficial, el marcado o el micro-mecanizado.

Es importante conocer las alternativas tecnológicas de estos procesos láser; con el fin de evaluar el potencial de la tecnología láser frente a otras alternativas. En la tabla siguiente se muestran las principales.

<b>Tecnología láser</b>	<b>Alternativas</b>	<b>Otras</b>
Selective laser Melting	Fundición/moldeo/forja	Mecanizado
Laser Metal deposition (LMD) / laser cladding	Procesos de soldadura arco -plasma (WAAM) Haz de electrones MIG, TIG, etc.	Mecanizado a partir de un tocho
Soldadura láser por conducción	Soldadura plasma, soldadura TIG	
Soldadura por keyhole	Soldadura por haz de electrones	
Soldadura de materiales disimilares /metal/polímero	Uniones adhesivas / mecánicas	Unión por conformado electromagnético
Temple y revenido	Inducción / llama	
NDT Termografía activa con láser	Técnicas de inspección por partículas magnéticas o líquidos penetrantes	
Ultrasonidos láser/vibrometría	Rayos X, ultrasonidos con palpadores de acople	
Triangulación láser para posicionamiento	Técnicas de visión 3D	

Tabla 2. Tecnologías y procesos alternativos a la tecnología láser.

Por otra parte, las ventajas y desventajas de la tecnología aplicada al procesado de materiales por láser se resumen a continuación en la tabla siguiente:



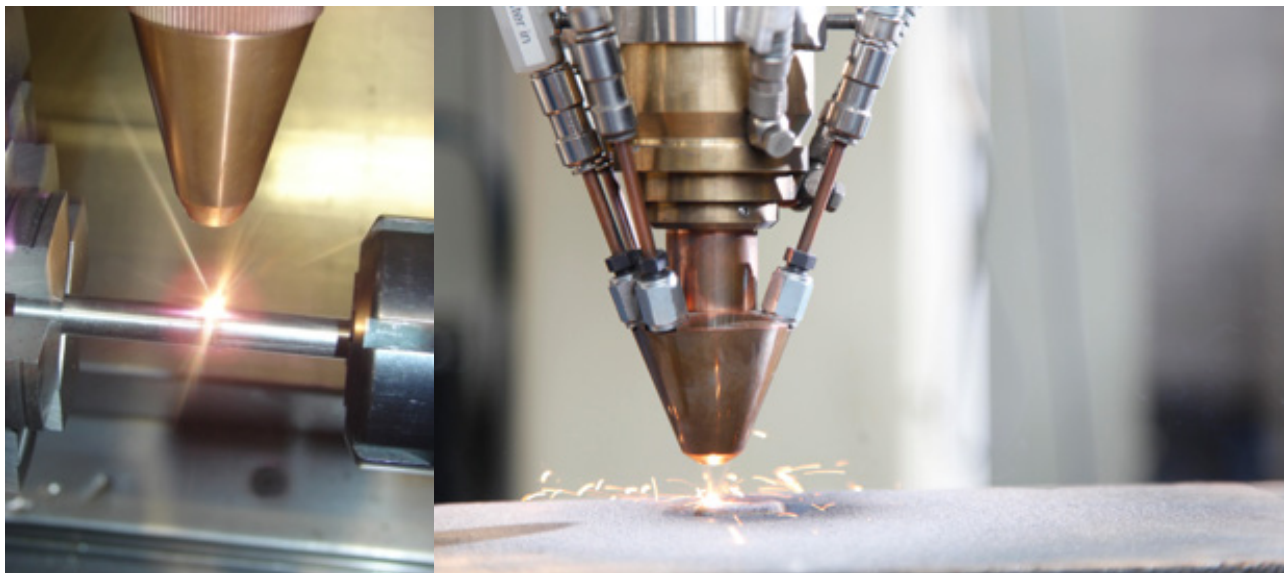
Tecnología láser	Ventajas	Desventajas
Selective laser Melting	<p>Aprovechamiento máximo de material</p> <p>Posibilidad de hacer piezas complejas</p> <p>Componentes con forma compleja y única a partir de polvo</p> <p>Funcionalización de superficies</p> <p>Estructuras livianas</p> <p>Superficies micro y nano-estructuradas</p> <p>Propiedades superiores a casting y cercanas wrought</p>	<p>Elevada rugosidad superficial</p> <p>Altas tensiones residuales</p> <p>Propiedades anisotrópicas</p> <p>Difícil evacuación del polvo en pequeños canales</p> <p>Costo elevado de las máquinas de SLM</p> <p>Dependiendo de la geometría: Necesidad de soportes</p>
Laser Metal Deposition	<p>Near net-shapemanufacturing</p> <p>Utilización de materiales no especiales</p> <p>En general, no hay restricción de formatos y medidas. Flexibilidad en el diseño</p> <p>Unión a nivel metalúrgico, (no mecánica)</p> <p>Amplia variedad de polvos disponibles</p> <p>Muy baja dilución</p> <p>Alta tasa de deposición</p> <p>Repetitividad</p> <p>Zona afectada por el calor restringida</p> <p>Propiedades metalúrgicas superiores</p>	<p>Costo elevado de los equipamientos</p> <p>Costo de los polvos del mismo orden que el del hilo</p> <p>Proceso no manual, requiere un control robotizado</p> <p>Staff con alto grado de especialización</p>
Soldadura láser por conducción	<p>Reducción de distorsiones</p> <p>Buena estética y aspecto visual</p> <p>Mejora del sellado y estanqueidad</p> <p>Mejora de la resistencia mecánica</p> <p>Acceso desde un lado de la estructura a soldar</p> <p>Método sin contacto</p> <p>Sistema robotizado: flexibilidad</p>	<p>Necesidad de tener una holgura próxima a cero</p> <p>Tener buen posicionamiento del haz</p> <p>Un utillaje de precisión</p>
Soldadura por keyhole	<p>Reducción de distorsiones</p> <p>Buena estética y aspecto visual</p> <p>Alta velocidad de soldadura</p>	
Soldadura de materiales disimilares /metal/polímero	<p>Sin adhesivos ni elementos mecánicos de unión</p> <p>Sin riesgo contaminante</p> <p>Flexibilidad en diseño y precisión en la unión</p>	
Temple	<p>Posibilidad de templar piezas con geometría compleja y espesor de temple controlado</p> <p>Flexibilidad de ajustar a lotes pequeños</p> <p>No necesidad de enfriamiento</p>	<p>Sensible al estado superficial.</p> <p>Requiere de un knowhow y de un sistema de control integrado</p>
NDT Termografía activa con láser	<p>Evita el uso de consumibles</p> <p>No requiere contacto</p> <p>Se puede hacer de manera automatizada</p>	<p>Requiere de un knowhow avanzado de la tecnología</p> <p>Solución a medida para cada caso</p>
Ultrasonidos láser / vibrometría	<p>Sin contacto</p> <p>Alta velocidad</p> <p>automatizable</p>	<p>Alto coste del equipamiento</p>
Triangulación láser para posicionamiento	<p>Técnica sin contacto</p>	

Tabla 3. Ventajas y desventajas de la tecnología láser.

Con respecto a los nichos de mercado y oportunidades de negocio, tal y como se ha apuntado en la introducción, el láser presenta un potencial de desarrollo y aplicación industrial muy elevado.

Por ejemplo, la aplicación de la tecnología en el ámbito de la **soldadura** tiene lu-

gar en sistemas que requieran uniones de gran precisión, o piezas con material sensible a la temperatura. También tiene su nicho de mercado en aplicaciones de gran volumen de soldadura y repetitivas donde la velocidad de soldeo y la repetitividad adquieren gran importancia.



a) Proceso de soldadura láser de componentes cilíndricos de acero inoxidable (IK4-Tekniker) b) Proceso de fabricación por lasercladding (recargue) o laser metal deposition (fabricación multicapa), por alimentación de polvo metálico (IK4 LORTEK)

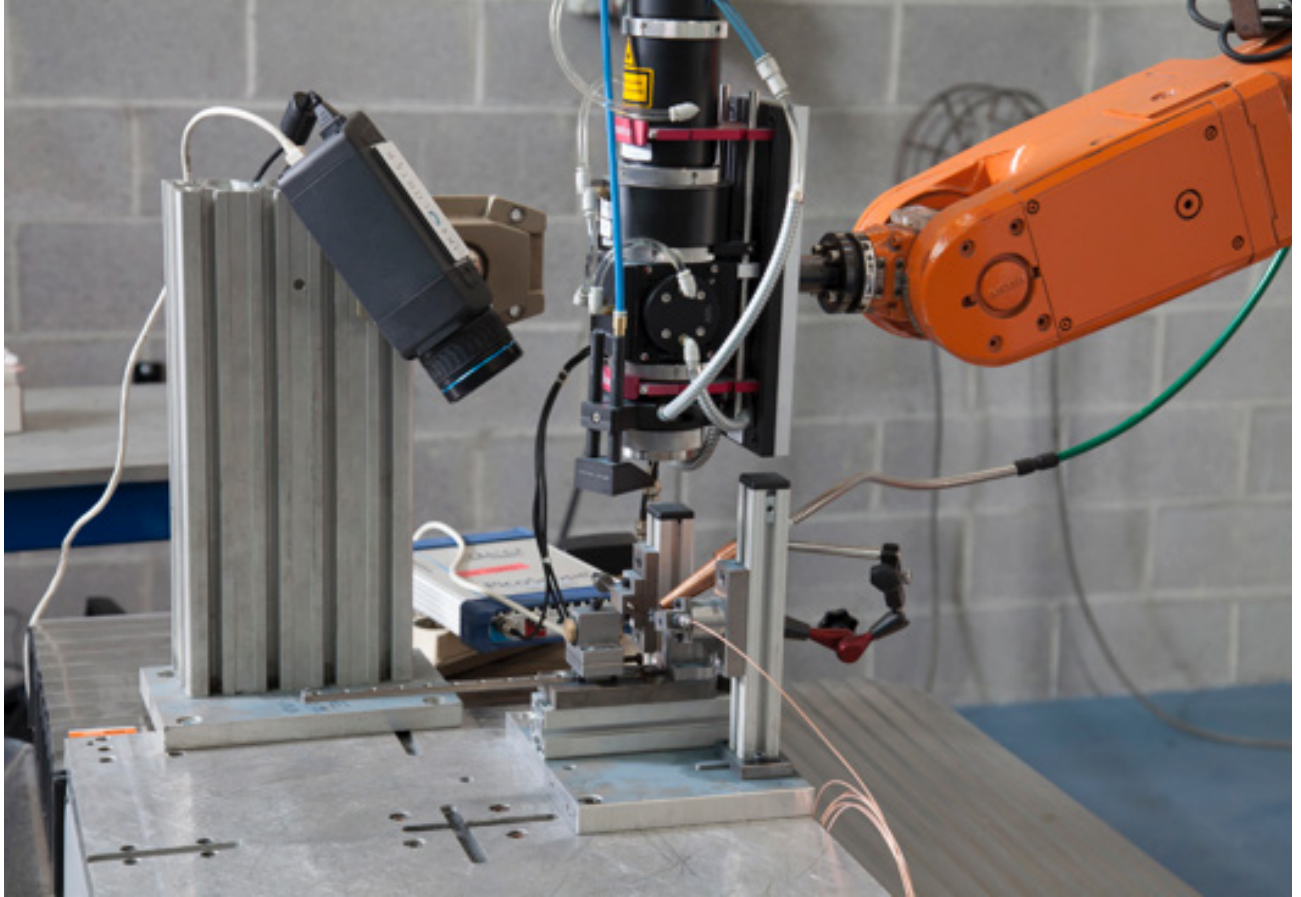
En general son procesos que generan pocos desechos y requieren pocos consumibles.

Por otro lado, una característica generalizada de los procesos láser es su capacidad de ser monitorizados por dispositivos "on-axis" (en el mismo camino óptico del haz) o bien por sistemas "off-axis" externos. De esta forma, es posible controlar el proceso actuando en tiempo real, sobre algunas variables características, con el fin de mantener la uniformidad del tratamiento

Otra de las características de los sistemas láser es la de poder hacer varios procesos con el mismo generador, únicamente variando el cabezal óptico; pudiéndose de esta manera adaptar el sistema a diferentes demandas o bien la utilización conjunta para varias aplicaciones (corte, soldadura, aporte-aditivo).

En general las tecnologías láser tienen una serie de características que las hacen idóneas para una transición en aquellas empresas en las que el concepto 4.0 es aplicable:

- Capacidad de insertar sensores
- Capacidad de registro
- Técnicas sin contacto
- "Digitalización del procesamiento", posibilidad de controlar de manera precisa y controlada la velocidad/posición del haz, su tamaño, energía, ... adaptando a entornos variables de procesamiento
- Modularidad de los sistemas (generador, fibra de conducción, cabezal, sistemas auxiliares)
- Capacidad de adaptar el procesamiento láser a variaciones del CAD/CAM de manera rápida
- Reducción de herramientas físicas
- Capacidad de incorporar y miniaturizar sistemas de inspección, medida y fabricación



*Proceso de soldadura láser (cabezal óptico) instrumentado con sistema de monitorización de proceso y cámara termográfica (IK4-LORTEK)*



### 3 Claves para la incorporación

Para implantar la tecnología láser en un entorno productivo es necesario la adquisición de equipamiento adecuado y formación específica de las personas encargadas del manejo del equipamiento.

La elección del equipamiento dependerá principalmente de la aplicación y los requisitos del proceso de fabricación, teniendo en cuenta principalmente las dimensiones y geometría de los componentes y las propiedades del material a tratar (composición, espectro de absorción, rugosidad superficial, etc.).

Entre el principal equipamiento necesario para poder hacer uso de la tecnología láser destaca la propia fuente láser, el ca-

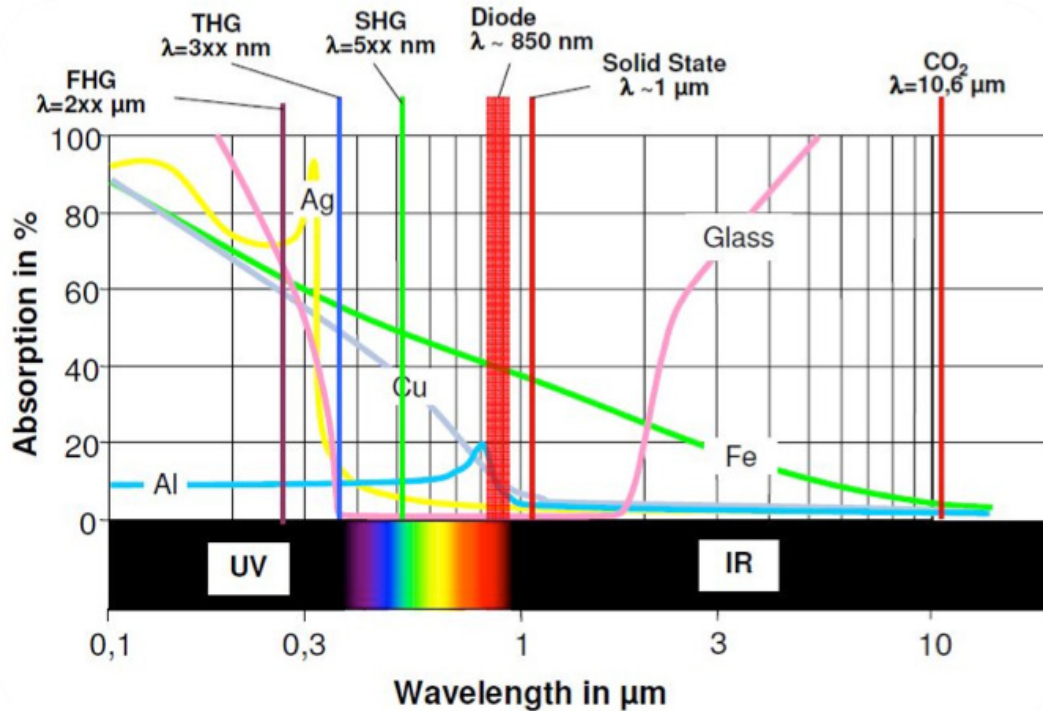
mino óptico de guiado del haz, cabezal de proceso y el sistema de posicionamiento. A su vez puede ser necesario el uso de equipamiento auxiliar, como por ejemplo, una enfriadora para refrigerar determinadas fuentes láser de alta potencia así como las ópticas de guiado, utillajes de amarre adecuados para sujetar los componentes durante el tratamiento láser, etc. En cuanto a las fuentes láser, éstas se clasifican normalmente en función del medio activo que produce la radiación láser. Así, podemos encontrar láseres de tipo gaseoso, de estado sólido o de semiconductor, entre otros. En la tabla siguiente se muestran las características de los láseres más comunes disponibles en el mercado.

Tipo de medio	Tipo de láser	Espectro de emisión	Longitud de onda	Guiado
Gas	CO <sub>2</sub>	MIR (Infrarrojo medio)	~ 10.600 nm	Espejos
Estado sólido	Excímero	UV (Ultravioleta)	ArF: 193 nm KrF: 248 nm XeCl: 308 nm	Espejos
	Nd:YAG (barra o disco)	NIR (infrarrojo cercano) VIS (visible) UV (ultravioleta)	1º armónico: 1064 nm 2º armónico: 532 nm 3º armónico: 355 nm 4º armónico: 266 nm	Espejos, fibra óptica
	Fibra	NIR (infrarrojo cercano) VIS (visible)	1070, 532 nm	Fibra óptica
	Disco	NIR (infrarrojo cercano) VIS (visible)	1030 nm	Fibra óptica
Semiconductor/ diodos		NIR (infrarrojo cercano)	~ 808 – 1030 nm	Fibra óptica

Tabla 4. Principales características de los láser más comunes empleados en procesos de fabricación

Hoy en día existen muchos tipos de fuentes láseres diferentes, con longitudes de onda de emisión que abarcan desde el espectro ultravioleta, pasando por el visible hasta el infrarrojo. La longitud de onda es uno de los parámetros característicos de las fuentes láser más importantes, dado que la

respuesta de un material a la interacción con el haz láser viene determinada principalmente por la absorción del mismo a la longitud de onda del haz. La longitud de onda de emisión típica así como el espectro de absorción de materiales comunes se puede ver en la siguiente ilustración.



Espectro de absorción de diferentes materiales para los láseres más comunes (Cortesía de Trumpf GmbH)

El camino óptico de haz suele estar formado por diferentes elementos ópticos (fibras, espejos, divisores de haz, etc.), capaces de guiar el haz láser desde el resonador o fuente láser al propio cabezal de proceso.

El cabezal de proceso es el encargado de dirigir y enfocar el haz láser sobre la superficie de incidencia. Para cada proceso se emplea un cabezal láser adecuado, con elementos ópticos de guiado y enfoque (colimadores, lentes, ventanas de protección, etc.), así como sistemas de monitorización y control y sistemas auxiliares (refrigeración, aspiración, etc.) específicos.

Por otra parte, los sistemas de posicionamiento más comunes están basados en ejes lineales de traslación, sistema de escaneado basados en galvanómetros, platos divisores o sistemas robotizados que permitan sujetar y desplazar el propio cabezal de proceso láser con respecto al componente a tratar, o viceversa.

La instalación láser, ya sea máquina, estación de trabajo o célula, requiere de un cerramiento específico de seguridad frente a la radiación láser (radiación no ionizante) de acuerdo a la normativa internacional (UNE EN 60825).

A su vez, el manejo de sistemas basados en láseres de alta potencia requiere de personal cualificado que disponga de la formación en materia de seguridad láser adecuada, de acuerdo a la normativa establecida.

Finalmente, a día de hoy el coste de implantación de la tecnología es elevado, comparado con técnicas más convencionales, debido principalmente al coste de adquisición inicial de la fuente láser, el componente más caro. El coste de adquisición inicial suele estar justificado cuando se requiere la fabricación de grandes series de componentes.

Cabe destacar que el avance continuo de la tecnología año tras año, lo que permite la fabricación de nuevas fuentes láser más eficientes y económicas, como por ejemplo las basadas en fibra activa, junto con el aumento del número de empresas usuarias, permitirá a corto plazo la reducción de los costes de fabricación a valores equiparables a los de las tecnologías convencionales de fabricación.

### IK4-LORTEK

IK4 LORTEK es un centro tecnológico privado que adquiere y genera conocimiento excelente en Materiales y Procesos aplicados a Tecnologías de Unión y Fabricación Aditiva de Metales y además apoyándose en Tecnología Industry 4.0. Dicho conocimiento se transfiere al tejido industrial, aplicando en los productos, servicios y procesos de la empresa, potenciando la capacidad de innovación e industrialización de la empresa con el fin de mantener o mejorar la posición competitiva de la misma. Los procesos (tecnologías de unión y fabricación aditiva) que transfiere IK4 LORTEK se enmarcan dentro del ámbito de las tecnologías de fabricación avanzada y son determinantes para la capacidad innovadora y futuro de las empresas.

En los últimos años, el centro ha hecho una apuesta importante por su posicionamiento y orientación hacia Europa. Se espera que antes de finalizar 2016 se esté trabajando de manera simultánea en 7 u 8 proyectos europeos, lo que demuestra su excelencia investigadora.

La visión del Centro IK4 LORTEK es: ser el centro de referencia en el ámbito internacional en fabricación aditiva y tecnologías de unión, siendo la tecnología láser una tecnología facilitadora clave.

### Líneas de Especialización

La actividad investigadora está focalizada en tres líneas de actuación tecnológica, que coinciden con las principales líneas de investigación:

- Tecnologías avanzadas de unión (AdvancedJoining Technologies)
- Fabricación Digital e Inteligente (Digital and IntelligentManufacturing)

- Fabricación Aditiva de metales (Additive Manufacturing of metallic components)

### Infraestructura relacionada con el caso de uso

A continuación se describe la principal infraestructura tecnológica con la que cuenta IK4 LORTEK.

Con respecto a las tecnologías láser, IK4 LORTEK dispone del siguiente equipamiento:

- Láser de disco 5 kW Trudisk 6002.
- Láser Nd:YAG 3 kW de Trumpf HL 3006D.
- 2 Láser diodo 3 kW de Laserline LDL 160-3000.
- Láser IPG, 1 kw.
- Cabezales:
  - Aporte láser coaxial
  - Aporte láser multi-jet
  - Aporte láser con óptica flotante
- Alimentador de polvo de dos unidades calefactado modelo 4 PM (SULZER)
- Máquina de fabricación aditiva SLM 280 y MTT Realizer 250

### Equipamiento auxiliar:

- Cuatro células robotizadas.
- Mesa posicionadora CNC FagorAutomationBerriola.
- Mesa posicionadora CNC Lantec Sistemas.
- Pirómetros de infrarrojos para el control del proceso.
- Cámara termográfica FLIR SC655





*Fabricación aditiva por tecnología de fusión selectiva por láser (SLM/powderbedadditivemanufacturing). Pieza compleja acabada en la cámara de fabricación. (IK4-LORTEK)*

## IK4-TEKNIKER

IK4-Tekniker se fundó en 1981 como una Fundación sin ánimo de lucro dirigida a la mejora de la competitividad del tejido industrial y sus servicios vía apoyo tecnológico. Históricamente es reconocido como un centro de las Tecnologías de Fabricación, consolidándose como un agente de referencia.

IK4-Tekniker tiene experiencia en el macro y micro-procesado de materiales con láser aplicado a diferentes sectores. En el campo del macro-procesado con láser se han desarrollado proyectos relacionados con el aporte o recargue de materiales para el refuerzo y recuperación de moldes y matrices (sobre aceros de herramientas), componentes del sector energético (aceros) y aeronáutico (aleaciones de Titanio e Inco-

nel) y bienes de equipo, tratamientos térmicos con láser de aceros al carbono para componentes de automóvil, conformado asistido con láser de materiales aeronáuticos, y soldadura de metales y polímeros. En el campo del micro-procesado de materiales con láser IK4-Tekniker posee experiencia en procesos de micro-mecanizado, perforado, marcado y texturizado de diferentes materiales: metales, polímeros, elastómeros, grafito, etc. para procesado de componentes y herramientas.

La experiencia del centro se completa con el desarrollo de técnicas de control y monitorización además de la simulación mediante elementos finitos de distintos procesos láser: micro-mecanizado y tratamientos térmicos superficiales.

## Laboratorios y medios

- Más de 10 fuentes láser de alta potencia (fibra, diodo, Nd:Yag), operando tanto en modo continuo, con potencias máximas de emisión de hasta 10 KW, y en modo pulsado, abarcando diferentes duraciones de pulso ( $\mu$ s, ns, ps y fs) y longitudes de onda de emisión desde el espectro ultravioleta (355 nm), pasando por el visible (532 nm) hasta el infrarrojo cercano (800 - 1070 nm).
- Cuatro celdas robotizadas de soldadura, aditivo, tratamientos superficiales y corte 3D respectivamente equipadas con robot de 6 ejes, mesa de posicionamiento, plato divisor y tomas de aire, N<sub>2</sub>, Ar y He para asistir a los procesos láser.
- Máquina CNC de tres ejes, diseñada y fabricada en IK4-Tekniker enfocada a procesos de texturizado, micro-perforado, corte convencional y remoto equipada con un cabezal láser de enfoque directo y uno de tipo escáner.

- Máquina de soldadura CNC de tres ejes, diseñada y fabricada en IK4-Tekniker para llevar a cabo uniones de polímeros y materiales disimilares (polímero-metal).
- Tres estaciones de micro-estructurado láser (texturizado, micro-mecanizado y marcado) para el micro-procesado de precisión de diferentes tipos de materiales.
- Sistemas de monitorización y control de los procesos láser basados en cámaras CCD, CMOS y termográficas, pirómetros, fotodiodos, espectrómetros, entre otros.

La actividad principal relacionada con el procesado de materiales con láser se apoya en diferentes laboratorios de caracterización: metrología, metalotecnia y tribología. Destacan entre otros equipos singulares 2 microscopios electrónicos de barrido (SEM) y un difractómetro de Rayos X.

### 1. Lo primero es acercarse a la tecnología.

El primer paso es conocer el potencial y el alcance de la tecnología mediante demostradores acordes con las aplicaciones actuales y futuras de las empresas. Para ello, la empresa ha de participar en actividades a través de las cuales pueda formarse una visión clara y cercana de cómo incorporar el láser en la mejora de la productividad, calidad, etc.

### 2. Es conveniente apoyarse en proveedores de tecnología láser y buscar el contraste de terceros previo a hacer una inversión.

Si bien las empresas comercializadoras relacionadas con la tecnología láser; poseen personal técnico cualificado para acompañar a la industrialización de procesos láser; desde el generador, sistemas auxiliares (cabezales ópticos), sistemas de posicionado y conocimiento de proceso y de los materiales; debido a la complejidad y el alto número de variables involucradas resulta conveniente poder contrastar y apoyarse en el conocimiento de otros usuarios expertos o bien Centros Tecnológicos. Una decisión errónea puede resultar en importantes pérdidas de tiempo y dinero.

### 3. Hacer un cálculo de retorno de la inversión incluyendo no solo factores de producción sino intangibles relativos a otras oportunidades de negocio.

El primer ejercicio que se debe acometer antes de incorporar tecnología láser; al igual que otras inversiones, consiste en analizar el retorno de la inversión. En el caso de las tecnologías láser es conveniente, sobre todo si es la primera vez que se accede a dicha tecnología, no solo limitarse a este análisis sino tener en cuenta otros aspectos intangibles relacionados con las oportunidades que puede traer la incorporación de esta tecnología a nivel de imagen, acceso a procesos de alto valor añadido y diferenciados, etc. Además, como ya se ha comentado anteriormente, la modularidad de la fuente láser y los usos múltiples (procesos) gracias a los cabezales permite ir gradualmente incorporando procesos de mayor complejidad y valor añadido.

Además, en relación al concepto 4.0 es importante valorar la capacidad de digitalización que incorporan las tecnologías láser, (la fabricación aditiva es como una fabricación bit a bit) y por tanto la capacidad de monitorización, control y de registro unitario.

#### **4. Es recomendable tener en la empresa el especialista láser.**

La tecnología láser difiere de los conocimientos metal-mecánicos tradicionales; requiere de unos conocimientos básicos tanto de aspectos físicos, fotónicos y ópticos para poder utilizar la tecnología de manera eficiente (sobre todo al procesar materiales) y asegurar las medidas de seguridad requeridas. Si bien, la empresa se puede apoyar en diferentes proveedores de tecnología y servicios (por ejemplo ajuste y medida de la fuente láser), es conveniente que haya un conocimiento y criterio propio en la empresa. Es recomendable por ello formar y desarrollar el láser-leader, con lo que ello supone de ventajas y desventajas.

#### **5. La incorporación de láser puede requerir una precisión en limpieza, posicionamiento y tolerancias asociada.**

Incorporar tecnología láser como sustitutivo directo de otro proceso, requiere valorar una serie de condicionantes que tiene la tecnología asociados con la necesidad de tener un posicionamiento preciso, ya que trabajamos "con una herramienta o lápiz fino". Al mismo tiempo, exige valorar los requerimientos en cuanto a control de la materia prima, tolerancia de dimensiones u otras operaciones previas. Por ejemplo, cualquier desviación de tolerancia puede hacer que el gap existente en una soldadura sea mayor que el tamaño del haz láser; no produciéndose una soldadura correcta.