

# Sistemas de Fabricación Láser y Detección Óptica

## Laser Manufacturing and Optical Detection Systems

Departamento	Física Aplicada e Ingeniería de Materiales	Coordinador/a de la asignatura Miguel Morales Furió
Unidad Docente	Física Aplicada	Número de plazas ofertadas 30
Profesores		
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Miguel Morales Furió</li> <li>2. Carlos Molpeceres Álvarez</li> <li>3. Sara Lauzurica Santiago</li> <li>4. José Luis Ocaña Moreno</li> <li>5. José María Díaz de la Cruz Cano</li> <li>6. Jesús de Vicente y Oliva</li> <li>7. Miguel Holgado Bolaños</li> </ol>		
Objetivo general de la asignatura		
<p>La asignatura “Sistemas de Fabricación Láser y Detección Óptica” está enmarcada en el bloque “Industriales Ingenia” (12 ECTS) del Máster en Ingeniería Industrial de la ETSI Industriales – UPM. Las asignaturas de dicho bloque están orientadas a que los alumnos participen de forma activa en su proceso de aprendizaje, viviendo el desarrollo completo de algún “ingenio”, en nuestro caso un sistema de fabricación láser o un dispositivo óptico, y fomentando la adquisición de conocimientos y técnicas propias del ámbito de la Ingeniería Óptica y de Fabricación, así como de competencias transversales fruto de su experiencia en el desarrollo completo de un producto.</p> <p>La asignatura está orientada a potenciar la aplicación práctica de conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera, especialmente en relación a temas de Óptica, Electromagnetismo, Ingeniería Mecánica, empleando un enfoque de aprendizaje basado en proyectos. Los alumnos trabajarán en equipos viviendo el proceso completo de desarrollo de la máquina/sistema planteada e ingenlada por ellos mismos, no sólo desde el punto de vista técnico, sino también desde el económico, abordando todas sus fases, desde la elección del proceso (y su estudio en bibliografía), el diseño conceptual de la máquina/sistema con su cuaderno de especificaciones, la integración y fabricación de la misma, y su ensayo final para comprobar el cumplimiento de las especificaciones inicialmente planteadas. La asignatura pretende aportar a los alumnos una metodología sistemática para el desarrollo de sistemas de fabricación láser.</p>		
Conocimientos que requiere el alumno		
Conocimientos básicos de Óptica, Electromagnetismo, Materiales e Ingeniería Mecánica al nivel impartido en el Grado de Ingeniería en Tecnologías Industriales.		
Desglose de actividades formativas y contenidos		
Módulo A	1. Introducción a la asignatura (2 horas)	

<p>Lección magistral (30 horas)</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>2. Óptica geométrica (2 horas)</li> <li>3. Óptica de haces gaussianos (2 horas)</li> <li>4. Introducción a los fundamentos del láser (2 horas)</li> <li>5. Tipos de láseres (2 horas)</li> <li>6. Introducción a la interacción láser-materia (3 horas)</li> <li>7. Sistemas láser y dispositivos ópticos (3 horas)</li> <li>8. Seguridad láser (2 horas)</li> <li>9. Aplicaciones industriales del láser (4 horas)</li> <li>10. Otras técnicas de micro y nanofabricación (3 horas)</li> <li>11. Caracterización de procesos láser (3 horas)</li> <li>12. Técnicas de caracterización óptica (2 horas)</li> </ol>
<p>Módulo A Clases prácticas (60 horas)</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>13. Elección y documentación del proceso (6 horas)</li> <li>14. Elección de fuente láser/diodo (3 horas)</li> <li>15. Elección del sistema de manejo del haz láser (3 horas)</li> <li>16. Diseño del camino óptico (3 horas)</li> <li>17. Diseño/Elección de los elementos de seguridad (3 horas)</li> <li>18. Diseño conceptual de la máquina láser/dispositivo óptico y Cuaderno de especificaciones (6 horas)</li> <li>19. Selección de componentes (3 horas)</li> <li>20. Integración y montaje de la máquina láser/dispositivo óptico (24 horas)</li> <li>21. Ensayo de la máquina láser/dispositivo óptico (6 horas)</li> <li>22. Documentación final y evaluación de coste del equipo (3 horas)</li> </ol>
<p>Módulos B y C</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>23. Sostenibilidad y responsabilidad Social (15 horas)</li> <li>24. Trabajo en equipo, Comunicación y Creatividad (15 horas)</li> </ol>

(30 horas)	
<b>COMPETENCIAS A LAS QUE CONTRIBUYE (como mínimo las señaladas)</b>	
X	(a) Habilidad para aplicar conocimientos científicos, matemáticos y tecnológicos en sistemas relacionados con la práctica de la ingeniería. <i>Se aplicarán conocimientos adquiridos en el grado en un proyecto real de ingeniería.</i>
X	(b) Habilidad para diseñar y realizar experimentos así como analizar e interpretar datos. Se diseñarán y realizarán experimentos específicos para comprobar que el sistema cumple las especificaciones propuestas y para tomar decisiones sobre aspectos específicos del diseño.
X	(c) Habilidad para diseñar un sistema, componente o proceso que alcance los requisitos deseados teniendo en cuenta restricciones realistas tales como las económicas, medioambientales, sociales, políticas, éticas, de salud y seguridad, de fabricación y de sostenibilidad. Desde el inicio del Ingenia se les mostrarán todas las soluciones disponibles, pero se les indicarán las limitaciones a las que están sujetos (por tipo de láser, sistemas de posicionamiento, ..). Los alumnos se deberán ajustar a esas limitaciones. Además recibirán formación específica en seguridad láser (tendrán que pasar un test) y sobre sostenibilidad.
X	(d) Habilidad para trabajar en equipos multidisciplinares. <i>Los alumnos se organizarán en equipos multidisciplinares con responsabilidades y competencias diferenciadas requeridas por el proyecto. Se espera que en la asignatura participen alumnos de diferentes perfiles.</i>
X	(e) Habilidad para identificar, formular y resolver problemas de ingeniería. <i>La presentación y defensa del trabajo personal y del equipo se realizará periódicamente para poder realizar el seguimiento del desarrollo del sistema. Se exigirá la capacidad de comunicación escrita y oral tanto en español como en inglés.</i>
X	(f) Comprensión de la responsabilidad ética y profesional. Los equipos deberán estudiar los impactos en la sociedad y en el medio ambiente de las soluciones aportadas. Se incidirá especialmente en temas de seguridad laboral y emisiones de gases.
X	(g) Habilidad para comunicar eficazmente. Durante el desarrollo del Ingenia se realizarán al menos tres presentaciones (fundamentalmente técnicas) y además se preparará un tríptico con la información del

	sistema desde un punto de vista comercial
X	(h) Educación amplia necesaria para entender el impacto de las soluciones ingenieriles en un contexto social global.  Durante todo el desarrollo del Ingenia se les insistirá en analizar el impacto del sistema, tanto desde el punto de vista medioambiental como social. El sistema debe cumplir con unas especificaciones de calidad (marco regulatorio europeo) y además se analizará su impacto en producción (comparación de costes, mercado específico, ...)
X	(i) Reconocimiento de la necesidad y la habilidad para comprometerse al aprendizaje continuo.  <i>En el desarrollo del equipo los alumnos se enfrentarán a muchos temas nuevos (tanto técnicos como de competencias transversales) lo que le mostrará la necesidad de la formación continua para la práctica de la ingeniería en el mundo real.</i>
X	(j) Conocimiento de los temas contemporáneos.  Los alumnos se enfrentan a una herramienta que por su versatilidad está siendo crítica en la automatización y reducción de costes. Su rápida evolución hace necesario estar al día para elegir la herramienta más adecuada. En el desarrollo del Ingenia se les insistirá en que analicen como los nuevos desarrollos permitirían modificar (mejorar) su sistema. Además se insistirá en que analicen como su sistema podría incorporarse dentro del marco de Industria 4.0.
X	(k) Habilidad para usar las técnicas, destrezas y herramientas ingenieriles modernas necesarias para la práctica de la ingeniería.  <i>Se usarán técnicas y herramientas de ingeniería reales (desde sistemas de diseño gráfico, programación de sistemas, equipos láser,...)</i>
X	(l) Capacidad de trabajar en un entorno bilingüe (inglés/castellano).  Las clases se imparten en castellano, pero la documentación se presenta mayoritariamente en inglés.
X	(m) Organización y planificación en el ámbito de la empresa, y otras instituciones y organizaciones de proyectos y equipos humanos.  Cada sistema es diseñado y realizado por un equipo de alumnos, el avance del proyecto en su conjunto dependerá de forma crítica de la capacidad de organización y planificación del grupo
X	(n) Creatividad.  Los alumnos plantean una aplicación y buscan soluciones para lograr implementarla. En el proceso surgen problemas y mediante la creatividad buscarán soluciones alternativas (más sencillas, más económicas, ...).
Actividades y metodología prevista para garantizar la adquisición de las competencias anteriores	
Los alumnos se dividirán en grupos de 4 o 5 personas y recibirán una propuesta de proceso	

láser o proceso de detección óptica sobre el que trabajar en equipo, ligado al desarrollo completo de un sistema para realizar dicho proceso.

Inspirándose en la bibliografía (incluyendo patentes, planos y diseños de máquinas similares) los alumnos diseñarán versiones sencillas y de bajo coste, de las distintas máquinas propuestas, cumpliendo con su cuaderno de especificaciones.

Una vez seleccionado (con la ayuda del profesorado) el proceso láser/dispositivo óptico que se desea que realice el sistema se procederá a trabajar en el diseño del mismo. Para alcanzar este objetivo se seguirán una serie de pasos:

- En una primera fase se les proporcionará material para que conozcan el proceso en cuestión (con sus dificultades y soluciones más habituales) y se valorará la búsqueda de información suplementaria por parte de los alumnos. El profesorado le guiará a la hora de comenzar a buscar este tipo de información.
- Una vez conocido el proceso se determinará la fuente láser/sistema de iluminación necesaria para integrar en el equipo, es decir, longitud de onda, energía por pulso/potencia, continuo o pulsado, tecnología, .... Para ello se buscarán las especificaciones de equipos en los distintos fabricantes y se solicitarán a su vez presupuestos.
- Una vez fijado el láser/sistema de iluminación se procederá a definir el sistema de manejo de haz o el sistema de movimiento si fuese necesario. En concreto, se tomarán decisiones sobre la conveniencia de mover el láser/sistema de iluminación o la pieza, o se puede optar por emplear escáneres con un área de trabajo suficiente para cubrir las dimensiones de las piezas.
- Posteriormente se realizará el diseño del camino óptico (que vendrá condicionado por las decisiones previas). Se determinarán los elementos ópticos necesarios, la optomecánica o en su caso el empleo de fibra óptica con su acoplamiento de entrada y cabezal de salida.
- Por último, se definirán los elementos de seguridad del sistema. En especial, se hará analizar la necesidad de trabajar con elementos de protección personal (gafas de protección láser, ropa de laboratorio, ...) o la realización de un encapsulamiento y su control remoto para que el sistema trabaje con un sistema láser de clase I.

Alcanzado este punto los alumnos presentarán sus diseños conceptuales, el cuaderno de especificaciones y el coste estimado del mismo (teniendo en cuenta no sólo el coste de los componentes).

El profesorado analizará los sistemas propuestos y planteará realizar sistemas a escala de los mismos. Estos sistemas pueden realizarse con equipos de menor potencia (lo que reduce el coste del sistema y los riesgos del mismo), con áreas de trabajo/piezas menores, menores velocidades de proceso (ejes más lentos) y menores precisiones (ejes/escáner de menor calidad). Pero se buscará que los sistemas a diseñar incorporen la mayor parte de las características del equipo propuesto. Es decir, el tipo de guiado del haz, el movimiento de la pieza o del cabezal láser, el manejo de haces pulsados o continuos, ...

Tras haber realizado la simplificación del sistema se procederá a la fabricación del mismo. Para alcanzar este objetivo se seguirán una serie de pasos:

- Se realizará el diseño del sistema láser/dispositivo óptico a escala y su cuaderno de especificaciones.
- Selección de componentes. En esta fase se localizarán los componentes y sus proveedores y se solicitarán los presupuestos (en caso de no estar ya disponible los componentes en las instalaciones del Centro Láser se procederá a la compra de los

mismos).

- Integración y montaje del sistema. Esta fase es la que se considera que les llevará más tiempo y en la que el trabajo en equipo será crítico para lograr montar el sistema en la duración de la asignatura.
- Por último, se realizarán pruebas con el demostrador fabricado y se comprobarán sus prestaciones y su adecuación a su cuaderno de especificaciones.

Una vez obtenido el demostrador se presentará a los compañeros junto con el cuaderno de especificaciones, los resultados de los ensayos de validación y el coste del sistema final.

Los diseños se fabricarán y ensayarán con ayuda de las tecnologías disponibles en el Centro Láser UPM y recurriendo a elementos comerciales (elemento opto-mecánicos, ejes, escáneres, controladoras, ordenadores, ...), para los que los alumnos contarán con nuestro patrocinio.

En cuanto al cronograma propuesto, el primer cuatrimestre terminará con el diseño conceptual del sistema (junto con su cuaderno de especificaciones y estimación de coste), como paso previo a la fabricación de los prototipos de las distintas máquinas. La fabricación, montaje, ensayo y análisis de las soluciones finales será objeto del segundo cuatrimestre.

Se realizarán diferentes presentaciones individuales y en grupo, en sesiones de asistencia obligatoria. En dichas presentaciones, cada grupo presentará las soluciones y los diseños propuestos, respondiendo a las cuestiones y propuestas del resto de grupos y de los profesores de la asignatura. Se pretende además que los alumnos desarrollen una cierta competencia emprendedora teniendo en cuenta que el sistema desarrollado podría considerarse (a nivel estrictamente de ejercicio académico) como un desarrollo comercial, por lo que se les animará a que en la presentación del trabajo realicen una hoja o tríptico informativo como si de un folleto comercial de la máquina se tratara.

En relación a la evaluación, se fomentará la interdependencia positiva, planteando problemas de envergadura suficiente como para promocionar la implicación de todos los alumnos de cada equipo en el proyecto de desarrollo del sistema láser, y se garantizará la exigibilidad individual, complementando la evaluación grupal ligada al proyecto final (70% de la calificación) con actividades y entregables individuales (30% de la calificación).

#### Tipo de aulas en las que se impartirían las clases

Las clases magistrales de la asignatura se impartirán en aulas convencionales, mientras que las sesiones prácticas ligadas a la fabricación, montaje y ensayo de los distintos prototipos se llevarán a cabo en las dependencias del Centro Láser UPM (c/ Alan Turing 1; Edificio La Arboleda; Campus Sur UPM) y del Departamento.

#### Financiación necesaria para la impartición de la asignatura, aportada por el Departamento

Los diseños se fabricarán con ayuda de las tecnologías disponibles en el Centro Láser y por los investigadores asociados del Departamento recurriendo a elementos comerciales, para los que los alumnos contarán con nuestro patrocinio.

Contamos además con el apoyo de personal técnico de apoyo del Centro Láser, que contribuirán a mejorar la experiencia de los alumnos en la asignatura, soportándoles, junto con los profesores, en tareas ligadas de diseño e ingeniería asistidos por computador, en aspectos sobre fabricación y montaje de prototipos y en la realización de ensayos funcionales y de

propuestas de mejora con dichos prototipos.

#### Experiencias anteriores y demanda habida en las mismas

La asignatura está basada en la experiencia previa del Máster de Tecnología Láser y en la experiencia del equipo en el especificación y diseño de sistemas láser.

Parte de los profesores de la asignatura son los ganadores de ActúaUPM XII con el plan de negocio de Innofluence, empresa cuyo fin es el diseño y construcción de sistemas láser para la bioimpresión 3D y de la empresa BioD segundo premio de ActúaUPM VI, cuyo fin es el desarrollo de sistemas de bio-detección óptica. La experiencia acumulada por los profesores se les ofrecerá a los alumnos en caso de que estén interesados en participar en ActúaUPM y montar una start-up a partir de sus desarrollos en el Ingenia. En cualquier caso las actividades de los alumnos no están relacionadas con la actividad de las start-ups y si un desarrollo diese lugar a una transferencia de tecnología (con cualquier empresa) se realizaría siguiendo el consejo de la Oficina de Transferencia de Tecnología de la UPM y las reglas de creación de empresas y propiedad intelectual tanto de la UPM como de la legislación aplicable.

Según el estudio de mercado "**Laser Technology Market** by Type (Solid - YAG laser, Fiber laser, Thin Disk Laser, Liquid, Gas - Argon Ion Laser, Excimer, CO2& Others), Application (Medical, Industrial, Military, Research, Consumer, & Others), and Geography - Trends & Forecast to 2013 - 2020" realizado por Markets and Markets se espera que el mercado mundial de la industria láser alcance los 17.06 billones de dólares en 2020, con una tasa de crecimiento anual compuesto (CAGR) de 7,58% desde 2014 a 2020. Sin embargo, la presencia de la industria en España no es tan importante como en otros países de nuestro entorno como Francia, Alemania o Gran Bretaña. En Alemania esta industria está fuertemente relacionada con sus Escuelas de Ingeniería y es una gran oportunidad para introducir a los alumnos en esta tecnología y fomentar la aparición de empresas integradoras de esta tecnología a nivel nacional.

#### Otras observaciones: