



# Grado en Ingeniería en Diseño Industrial y Desarrollo de Producto 25845 - Tecnologías avanzadas de prototipado e ingeniería inversa

Guía docente para el curso 2012 - 2013

Curso: 3, Semestre: 2, Créditos: 5.0

---

## Información básica

---

### Profesores

- **Jorge Santolaria Mazo** [jsmazo@unizar.es](mailto:jsmazo@unizar.es)
- **Juan José Aguilar Martín** [jaguilar@unizar.es](mailto:jaguilar@unizar.es)

### Recomendaciones para cursar esta asignatura

#### Profesorado

Jorge Santolaria Mazo  
[jsmazo@unizar.es](mailto:jsmazo@unizar.es)

Juan José Aguilar Martín  
[jaguilar@unizar.es](mailto:jaguilar@unizar.es)

### Recomendaciones para cursar esta asignatura

Esta materia no tiene prerrequisitos. No obstante es recomendable haber cursado las asignaturas troncales de Procesos de Fabricación y Diseño Asistido por Ordenador.

### Actividades y fechas clave de la asignatura

Las fechas de entrega de informes prácticos entregables, trabajo de curso y controles se establecerán conjuntamente con los alumnos al principio de curso y se realizarán tras finalizar el temario y las sesiones prácticas correspondientes.

---

## Inicio

---

### Resultados de aprendizaje que definen la asignatura

**El estudiante, para superar esta asignatura, deberá demostrar los siguientes resultados...**

- 1: Conoce y comprende las fases de un procedimiento completo de prototipado rápido integrado en el ciclo de

diseño de producto.

- 2:** Conoce y comprende los fundamentos tecnológicos del prototipado rápido, tecnologías existentes, principios de funcionamiento, fabricantes y proveedores, materiales y ventajas y limitaciones de cada una de las tecnologías. Es capaz de seleccionar la tecnología adecuada en función de requerimientos mecánicos, funcionales, dimensionales, visuales o de coste del prototipo a obtener integrado en un proceso de diseño.
- 3:** Conoce y comprende las fases de un procedimiento completo de ingeniería inversa y su integración tanto en el ciclo de diseño como con la obtención de prototipos mediante las tecnologías abordadas, comprendiendo la relación directa y el potencial combinando ambos elementos.
- 4:** Es capaz de manejar herramientas software avanzadas de ingeniería inversa y prototipado rápido, tanto generales como por sector de aplicación. Conoce y maneja las diferentes alternativas de formatos de archivo tanto en ingeniería inversa como en prototipado rápido y archivos de intercambio CAD.
- 5:** Conoce las técnicas de digitalización para obtención de nubes de puntos y extracción de geometría mediante técnicas de medida por contacto y sin contacto y es capaz de seleccionar y utilizar de forma óptima para minimizar las fuentes de error el sistema de medida adecuado en función de la tipología de pieza y requerimientos de precisión en la reconstrucción.
- 6:** Conoce las principales aplicaciones de la digitalización, la ingeniería inversa y el prototipado en sectores aeronáutico, automóvil, médico, artístico y patrimonial. Es capaz de manejar de manera óptima un equipo de prototipado rápido y obtener un prototipo a partir de su diseño CAD, así como de obtener y evaluar la precisión de un modelo CAD a partir de una pieza física existente de la que no existe información geométrica. Puede analizar los sistemas de prototipado rápido y medición tanto desde el punto de vista de sus prestaciones técnicas como desde el punto de vista de necesidades de mantenimiento y económicas.

## Introducción

### Breve presentación de la asignatura

Esta asignatura tiene como objetivo proporcionar al estudiante una visión global de las técnicas de prototipado rápido y de ingeniería inversa, así como la aplicación de las diferentes técnicas y tecnologías implicadas en el proceso. El uso de este tipo de técnicas es cada día más habitual en el sector productivo, ya sea desde el punto de vista de rediseño, como desde el punto de vista de inspección y control de calidad, tanto en piezas finales como en herramientas o sistemas de fabricación, o desde el punto de vista de obtención de información geométrica para la posterior fabricación con sistemas CAD/CAM. Además del conocimiento de las diferentes técnicas y tecnologías implicadas, la asignatura persigue dotar a los estudiantes de la capacidad de abordar y concluir con éxito de manera autónoma procedimientos de obtención de prototipos y procedimientos de ingeniería inversa, así como de evaluar el resultado obtenido y la consecución de los objetivos y requisitos técnicos y económicos definidos, siendo capaz de comprender diferentes enfoques en función del sector de aplicación en el que se desarrolle dicho proceso.

---

## Contexto y competencias

---

### Sentido, contexto, relevancia y objetivos generales de la asignatura

#### La asignatura y sus resultados previstos responden a los siguientes planteamientos y objetivos:

Esta asignatura tiene como objetivo proporcionar al estudiante una visión global de las técnicas de prototipado rápido y de ingeniería inversa, así como la aplicación de las diferentes técnicas y tecnologías implicadas en el proceso. El uso de este tipo de técnicas es cada día más habitual en el sector productivo, ya sea desde el punto de vista de rediseño, como desde el punto de vista de inspección y control de calidad, tanto en piezas finales como en herramientas o sistemas de fabricación, o

desde el punto de vista de obtención de información geométrica para la posterior fabricación con sistemas CAD/CAM. Además del conocimiento de las diferentes técnicas y tecnologías implicadas, la asignatura persigue dotar a los estudiantes de la capacidad de abordar y concluir con éxito de manera autónoma procedimientos de obtención de prototipos y procedimientos de ingeniería inversa, así como de evaluar el resultado obtenido y la consecución de los objetivos y requisitos técnicos y económicos definidos, siendo capaz de comprender diferentes enfoques en función del sector de aplicación en el que se desarrolle dicho proceso.

## **Contexto y sentido de la asignatura en la titulación**

Esta asignatura se enmarca en el título de grado en la intensificación 3: Desarrollo de producto. En relación con los estudios de Grado, tanto la ingeniería inversa como el prototipado rápido se enmarcan dentro de las técnicas conocidas como *Rapid Response to Manufacturing* (RRM), que hacen uso del conocimiento de productos previamente diseñados como soporte al desarrollo o rediseño de nuevos productos para acelerar el ciclo de desarrollo, o aceleran el diseño de un nuevo producto mediante la obtención de prototipos de objetos o conjuntos funcionales o estéticos en muy poco tiempo.

Mediante esta asignatura se cubren por un lado nuevas tecnologías de fabricación frente a las técnicas clásicas de obtención de piezas y prototipos durante el ciclo de diseño, que aceleran enormemente el diseño y lanzamiento de nuevos productos, aspecto fundamental en el mercado actual. Por otro se tratan técnicas de ingeniería inversa que permiten obtener información geométrica de piezas existentes con objeto de rediseñar productos de los que no se dispone de información geométrica, y se integra el uso de ambos bloques conjuntamente como una de las herramientas de mayor potencial para el ingeniero de diseño en la actualidad.

Esta asignatura entronca con las asignaturas de la titulación relacionadas con el diseño en general y con los procesos de fabricación en particular, dado que recoge herramientas utilizadas en prácticamente todas las fases del ciclo de diseño y desarrollo de producto, en caso de afrontarlo partiendo de conocimientos previos adquiridos en el diseño y desarrollo de productos similares. Así mismo, también tiene relación directa con las asignaturas relativas a expresión gráfica, diseño gráfico y animación por ordenador, como técnicas ampliamente utilizadas en estos campos para diseño a partir de modelos físicos u obras artísticas existentes.

En este marco, esta asignatura tiene además relación directa con otras asignaturas de los módulos “Diseño de producto”, “Desarrollo de producto” y “Gestión empresarial del diseño” por lo que es posible integrar aplicaciones de ingeniería inversa y prototipado rápido en relación con diferentes casos de diseño abordados también en dichas asignaturas.

## **Al superar la asignatura, el estudiante será más competente para...**

- 1:**
1. Competencias genéricas:
    - b. Conocimientos complementarios de la profesión.
    - c. Capacidad de aprender.
    - d. Capacidad de organizar y planificar.
    - e. Habilidad de gestión de la información.
    - f. Capacidad de análisis y síntesis.
    - g. Capacidad para generar ideas nuevas.
    - h. Capacidad de solucionar problemas.
    - i. Capacidad de aplicar los conocimientos a la práctica.
    - j. Toma de decisiones.
    - l. Responsabilidad en el trabajo.
    - m. Motivación por el trabajo.
    - o. Capacidad de trabajo en equipo.
    - p. Capacidad para trabajar de forma independiente.
    - r. Capacidad para adaptarse a nuevas situaciones.

### 2. Competencias específicas

1. Capacidad para desarrollar todas y cada una de las fases de un procedimiento completo de prototipado

rápido integrado en el ciclo de diseño de producto.

2. Capacidad de selección óptima de tecnologías de digitalización y prototipado atendiendo a criterios mecánicos, funcionales, dimensionales, visuales o de coste del prototipo a obtener integrado en un proceso de diseño.

3. Capacidad de manejo de herramientas software asociadas a cada una de las fases del prototipado y la ingeniería inversa.

4. Capacidad de adaptación metodológica y de definición de requerimientos en función de la aplicación a la que va destinado el procedimiento.

### **Importancia de los resultados de aprendizaje que se obtienen en la asignatura:**

El profesional que haya cursado el grado en Ingeniería de Diseño Industrial y Desarrollo de Producto debe poseer conocimientos y contar con la experiencia necesaria en tecnologías y herramientas que le permitan optimizar el ciclo de desarrollo de un producto y obtener prototipos funcionales en el menor tiempo posible. Debe conocer herramientas de rediseño y nuevas tecnologías de fabricación que permitan obtener piezas que cumplan requisitos concretos integrados en dicho ciclo.

En esta asignatura el estudiante aprende los conceptos importantes dentro del campo del prototipado en relación con las tecnologías y capacidades, así como herramientas software y equipos profesionales de uso extendido en la actualidad.

---

## **Evaluación**

### **Actividades de evaluación**

#### **El estudiante deberá demostrar que ha alcanzado los resultados de aprendizaje previstos mediante las siguientes actividades de evaluación**

**1:** Evaluación de la aplicación práctica de los conocimientos a través de un proyecto integrado de alternativas de diseño de componentes de conjuntos industriales o de bienes de consumo mediante la integración tanto de técnicas de prototipado rápido como de ingeniería inversa. (60%)

**2:** Evaluación de los conocimientos teórico-prácticos adquiridos mediante la exposición de contenidos y casos técnicos (20%)

Dicha evaluación se realizará de forma gradual durante el curso. En caso de no asistir a las evaluaciones se realizará una prueba global.

**3:** Evaluación de habilidades adquiridas durante las sesiones prácticas (20%)

Se realizará mediante observación directa de los resultados logrados durante las sesiones prácticas, que en algunos casos deberá completarse con trabajo personal y formalizarse en un informe. En caso de no asistir a las sesiones prácticas se realizará una prueba global.

---

## **Actividades y recursos**

# Presentación metodológica general

## El proceso de aprendizaje que se ha diseñado para esta asignatura se basa en lo siguiente:

La metodología que se propone trata de fomentar el trabajo continuado del estudiante y se centra tanto en los aspectos teóricos como prácticos de la ingeniería inversa y el prototipado, así como en sus principales aplicaciones y sectores de aplicación

En las sesiones con el grupo completo se tratan los aspectos más teóricos en forma de clase magistral participativa y se completan con el estudio de casos técnicos reales. El trabajo práctico con las aplicaciones informáticas se desarrolla en grupos más reducidos y se centrará en metodologías de trabajo basadas en casos que faciliten la realización del anteproyecto de la asignatura.

Se complementa el conocimiento de equipos y tecnologías disponibles para el trabajo y sesiones prácticas con una visita a empresa con otras tecnologías de prototipado rápido integradas en desarrollo de nuevos productos como actividad cotidiana.

## Actividades de aprendizaje programadas (Se incluye programa)

### El programa que se ofrece al estudiante para ayudarle a lograr los resultados previstos comprende las siguientes actividades...

#### 1:

Las actividades de aprendizaje programadas se dividen en clases magistrales participativas, casos prácticos y prácticas tutorizadas

El **temario teórico-práctico** agrupa los siguientes temas

- 1.- Introducción al prototipado rápido
- 2.- Fases del prototipado, flujo de trabajo e integración en el ciclo de desarrollo de producto
- 3.- Tecnologías de prototipado rápido y selección de sistemas. Software y formatos de archivo
- 4.-Introducción a la ingeniería inversa
- 5.- Sistemas de digitalización, medición y adquisición de datos. Reconstrucción CAD. Software.
- 6.-Aplicaciones del prototipado en sectores industriales, médicos, artísticos y de conservación de patrimonio

#### 2:

##### **Prácticas de laboratorio y visitas a empresa**

1. Impresora 3D de resina fotopolimerizable. Software de gestión de archivos e impresión. Principio de funcionamiento, operación y mantenimiento
2. Impresora 3D de resina fotopolimerizable. CAD genérico de diseño de piezas. Obtención y análisis de archivos. Impresión, limpieza y acabado de prototipos.
3. Ingeniería inversa. Digitalización de piezas con sensor láser por triangulación y brazo articulado de medición por coordenadas. Máquinas de medir por coordenadas y laser tracker.
4. Ingeniería inversa. Reconstrucción CAD a partir de nubes de puntos.
5. Ingeniería inversa. Inspección contra CAD de nubes de puntos.
6. Integración de trabajos de curso e impresión de prototipos de grupo.
7. Visita empresa prototipado

#### 3:

##### **Bibliografía Básica**

Apuntes de la asignatura

Libros de consulta y profundización:

- Reverse Engineering An Industrial Perspective, Raja, Vinesh; Fernandes, Kiran J. (Eds.), 2008 Springer.
- Advanced Manufacturing Technology for Medical Applications: Reverse Engineering, Software Conversion and Rapid Prototyping, John Wiley & Sons, 2005.
- Rapid Prototyping: Theory and Practice, Ali Kamrani, Emad Abouel Nasr (Eds.), Springer, 2006.
- Rapid Prototyping System: Fast Track to Product Realization, Binstock, L., Society of Manufacturing Engineers, 1994.
- Rapid Automated Prototyping: An Introduction, Wood, L., Industrial Press, 1993.
- Principles of Computer Automated Fabrication, Jhonson, J., Palatino Press, Inc., 1994.
- Automated Fabrication: Improving Productivity in Manufacturing, Burns, M., Prentice Hall, 1993.

## Planificación y calendario

### Calendario de sesiones presenciales y presentación de trabajos

Semana	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Teoría	1	2	2	3	3	3	3	4	4	5	5	5	5	6	6
Prácticas y visitas				1		2				3	4	5	6	7	

### Referencias bibliográficas de la bibliografía recomendada

- Advanced manufacturing technology for medical applications : reverse engineering, software conversion and rapid prototyping / edited by Ian Gibson . Chichester (England) : John Wiley and Sons, cop. 2005
- Binstock, L. Rapid Prototyping System: Fast Track to Product Realization Society of Manufacturing Engineers, 1994.
- Burns, M. Automated Fabrication: Improving Productivity in Manufacturing Prentice Hall, 1993.
- Jhonson, J. Principles of Computer Automated Fabrication Palatino Press, Inc., 1994.
- Rapid prototyping : theory and practice / edited by Ali Kamrani and Emad Abouel Nasr . New York : Springer, cop. 2006
- Reverse engineering : an industrial perspective / edited by Vinesh Raja, Kiran J. Fernandes . London : Springer, cop. 2008
- Wood, L. Rapid Automated Prototyping: An Introduction. Industrial Press, 1993.