



## 66101 - 2. Preparación de materiales nanoestructurados

Guía docente para el curso 2013 - 2014

Curso: 1, Semestre: 0, Créditos: 8.0

---

### Información básica

---

#### Profesores

- **José María De Teresa Noguerras** deteresa@unizar.es
- **Pilar Cea Minguenza** pilarcea@unizar.es
- **Ana Isabel Gracia Lostao** aglostao@unizar.es
- **Luis Alberto Morellón Alquézar** morellon@unizar.es
- **José Angel Pardo Gracia** jpardo@unizar.es
- **Irene Lucas Del Pozo** ilucas@unizar.es
- **Santiago Martín Solans** smartins@unizar.es

#### Recomendaciones para cursar esta asignatura

El módulo "*Preparación de Materiales Nanoestructurados*" es obligatorio y consta de 8 créditos ECTS o 200 horas de trabajo del estudiante. De estos 8 créditos, 6 son teóricos y 2 son créditos correspondientes a prácticas de laboratorio. Se imparte en el primer cuatrimestre del curso académico. Al igual que el resto de los módulos del máster la impartición y evaluación de este módulo será íntegramente en inglés.

El objetivo de este módulo es dar a conocer al estudiante las distintas técnicas químicas y físicas de preparación de materiales nanoestructurados.

Se trata de un módulo eminentemente práctico donde los estudiantes analizarán, discutirán y valorarán diferentes métodos de fabricación de materiales nanoestructurados en los que las clases teóricas se verán acompañadas y complementadas por cuatro prácticas a través de las cuales podrán observar en primera línea de laboratorio las dificultades y las ventajas de diferentes métodos de preparación de estos materiales, teniendo acceso a equipamiento altamente especializado que podrán manejar, bajo supervisión del profesorado, dado el bajo número de estudiantes por grupo (3-4 alumnos).

Dado que toda la titulación se imparte en inglés, los estudiantes deberán tener un nivel medio-alto de este idioma, como mínimo un nivel B1 del Marco Común Europeo de Referencia de Lenguas pero preferiblemente, el nivel B2. El nivel B1 se adquiere cuando el estudiante es capaz de comprender los puntos principales de textos claros y en lengua estándar si tratan sobre cuestiones que le son conocidas, ya sea en situaciones de trabajo, de estudio o de ocio; cuando sabe desenvolverse en la mayor parte de las situaciones que pueden surgir durante un viaje por zonas donde se utiliza la lengua; cuando es capaz de producir textos sencillos y coherentes sobre temas que le son familiares o en los que tiene un interés personal y cuando puede describir experiencias, acontecimientos, deseos y aspiraciones, así como justificar brevemente sus opiniones o explicar sus planes. El nivel B2 se adquiere cuando el estudiante es capaz de entender las ideas principales de textos

complejos que traten de temas tanto concretos como abstractos, incluso si son de carácter técnico siempre que estén dentro de su campo de especialización; cuando puede relacionarse con hablantes nativos con un grado suficiente de fluidez y naturalidad de modo que la comunicación se realice sin esfuerzo por parte de ninguno de los interlocutores y cuando puede producir textos claros y detallados sobre temas diversos así como defender un punto de vista sobre temas generales indicando los pros y los contras de las distintas opciones.

**Puede obtenerse información adicional (becas, eventos, etc.) sobre este máster en la página web:**  
[www.unizar.es/nanomat](http://www.unizar.es/nanomat)

## Actividades y fechas clave de la asignatura

El inicio de las clases de este módulo se corresponderá con el fin del módulo 1 (aproximadamente principios de noviembre) y se extenderá durante unas 5 a 6 semanas.

El horario de las clases y de las prácticas de laboratorio será en sesiones de tarde y el calendario de las mismas así como las fechas de examen se harán públicas antes del comienzo de cada curso académico en la página web del máster:  
[www.unizar.es/nanomat](http://www.unizar.es/nanomat)

---

## Inicio

---

## Resultados de aprendizaje que definen la asignatura

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

- 1:** Disponer de una visión crítica sobre diferentes técnicas químicas y físicas de preparación de materiales nanoestructurados identificando las ventajas y limitaciones de cada método acorde al tipo de material con el que se vaya a trabajar.
- 2:** Identificar y correlacionar las características únicas de los materiales de partida, la técnica de preparación utilizada y las características y propiedades finales de las nanoestructuras obtenidas.
- 3:** Valorar las dificultades prácticas que conlleva la fabricación de materiales nanoestructurados, desarrollar la capacidad de diseñar estrategias para su solución y ser capaz de elegir la aproximación más conveniente en cada caso.
- 4:** Planificar, diseñar y ejecutar experimentos que permitan la fabricación de nanomateriales con un valor añadido, evaluando la problemática, los riesgos, y los resultados.

## Introducción

## Breve presentación de la asignatura

En esta asignatura se presentarán los dos tipos de aproximaciones empleadas para la fabricación de materiales nanoestructurados, es decir, los métodos de arriba abajo (o top-down) que consisten en “esculpir” un material macro o micro hasta alcanzar las dimensiones nanoscópicas, y los métodos de abajo a arriba (o bottom-up) en los que los átomos y las moléculas son manipulados a modo de “ladrillos” para construir un edificio molecular nanoscópico.

Los contenidos de esta asignatura son:

Presentación de los métodos de preparación de materiales nanoestructurales: aproximación descendente (“top-down”) y ascendente (“bottom-up”). Métodos de preparación de películas delgadas, mono y multicapas moleculares: depósito químico en fase vapor (CVD), depósito físico en fase vapor (PVD), depósito en fase líquida (“cast films”, “spin coating”, “spray coating”, “ink printing”, “dip-coating”, “layer-by-layer”, Langmuir-Blodgett, epitaxia en fase líquida, electrodeposición, etc.), depósito en fase sólida (“powder deposition”, “screen printing”). Litografía óptica. Litografía por haces de electrones. Litografía por haces de iones. Litografía mediante sonda local. Litografía mediante nanoimpresión.

Las clases teóricas serán complementadas por la realización de cuatro sesiones prácticas que incluyen:

- 1.- Técnicas de deposición en fase líquida
- 2.- Litografía Óptica
- 3.- PLD Sputtering
- 4.- Nanolab

---

## 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:**

Un exhaustivo control del orden a nivel atómico y molecular logra optimizar y potenciar las propiedades de los materiales. La ciencia y la tecnología actuales permiten la manipulación de la materia átomo a átomo o molécula a molécula. Por ello, a través de este módulo se analizarán diferentes técnicas de fabricación de materiales nanoestructurados, correlacionando la técnica más apropiada en cada caso con el material que se desea manipular y la arquitectura y propiedades finales del nanodispositivo que se pretende fabricar.

Algunas de estas técnicas requieren de instrumentación científica altamente especializada. La Universidad de Zaragoza y los Institutos de Nanociencia (INA) y de Ciencia de los Materiales de Aragón (ICMA) ponen a disposición de los estudiantes del máster equipamiento de última generación lo que permitirá a los alumnos adquirir habilidades y destreza en el manejo de instrumentación de gran valor en el currículum de un profesional en disciplinas dentro del campo de la Nanociencia y la Nanotecnología.

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

Este módulo, conjuntamente con el módulo “*Ensamblaje y Fabricación de Nanoestructuras*”, tiene como objetivo instruir al estudiante en los diferentes métodos disponibles para la obtención de materiales nanoestructurados, lo que supone el primer paso en la fabricación de nanodispositivos con propiedades de interés en campos tan diversos como la física, la química, la bioquímica o la medicina.

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

- 1:** Valorar cómo un exhaustivo control del orden a nivel atómico y molecular permite optimizar y potenciar las propiedades de los materiales.
- 2:** Clasificar los métodos de fabricación de nanoestructuras, identificando el más apropiado, en cada caso, en función del material de partida y las propiedades finales buscadas.
- 3:** Utilizar equipamiento específico para la preparación de materiales nanoestructurados.
- 4:** Conocer y utilizar el vocabulario propio de esta disciplina, pudiendo valorar, enjuiciar, y contrastar con otros colegas los resultados obtenidos en los procesos de fabricación de nanoestructuras.
- 5:** Diseñar un proceso de fabricación de un material nanoestructurado.

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

El primer paso en la fabricación de un nanodispositivo es la selección y el diseño de un método adecuado para el ensamblaje de los átomos o moléculas constituyentes del nanodispositivo. Por ello esta asignatura, que se imparte en paralelo a los módulos 1 (*Propiedades Fundamentales de los Materiales Nanoestructurados*) y 3 (*Ensamblaje y fabricación de Nanoestructuras*) se sitúa al comienzo del curso académico, para pasar más adelante a estudiar cómo se puede caracterizar el material nanoestructurado obtenido y valorar sus propiedades y potenciales aplicaciones en el mercado.

El módulo "*Fabricación de Materiales Nanoestructurados*" pretende concienciar al estudiante de la importancia de seleccionar adecuadamente la técnica o método de fabricación de nanoestructuras acorde al material de trabajo y las propiedades finales buscadas.

---

## **Evaluación**

---

### **Actividades de evaluación**

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

- 1:** Para los estudiantes que opten por la **evaluación continua:**

1.- La evaluación de los 6 créditos ECTS de esta asignatura se realizará por un lado mediante una prueba escrita (50% de la calificación de estos 6 créditos). En ella se valoran las competencias adquiridas por el estudiante en forma de conocimientos teóricos adquiridos relativos al ensamblaje y fabricación de nanoestructuras. El examen constará de

a) cuestiones teóricas que incluirán tema/s a desarrollar de alguno de los impartidos durante las clases e incluidos en el apartado de contenidos de esta guía docente y respuesta a cuestiones cortas, problemas o ejercicios. Los conocimientos científicos y la capacidad de comunicación escrita se valorarán en esta prueba puntuable de 1 a 10.

b) resolución de problemas, ejercicios y cuestiones que se plantearán a lo largo de las clases y que serán resueltas de forma individualizada por el estudiante durante el desarrollo de estas o entregadas a posteriori al profesor que ha impartido dicha clase. En estos cuestionarios el alumno tendrá que manifestar sus conocimientos sobre fabricación de nanomateriales, nanoestructuras y técnicas nano-litográficas. En concreto, se valorará, de 1 a 10: el planteamiento adecuado para la resolución de la cuestión o el problema, la resolución correcta de éste, la interpretación de los resultados y la correcta explicación del desarrollo del problema acompañada por ecuaciones o gráficos cuando sea pertinente. Asimismo se valorará la capacidad de comunicación oral o escrita del estudiante a través de estas pruebas.

2.- Realización de un trabajo monográfico relacionado con alguno de los temas incluidos en los descriptores módulo y detallados en el apartado "breve introducción a la asignatura" de este módulo (50% de la calificación de los 6 créditos teóricos). Mediante esta prueba se pretende evaluar los resultados del aprendizaje alcanzados en relación a las competencias propias de este módulo como búsqueda bibliográfica, interpretación de datos, capacidad de síntesis, destreza en la comunicación oral y escrita, interacción con compañeros y profesionales de otras disciplinas, etc. En concreto para la memoria se valorará de 1 a 10: i) estructura (división lógica de los contenidos); ii) calidad del contenido científico y técnico (exposición del estado del arte, uso correcto de fórmulas, uso de argumentos consistentes, y una correcta presentación de las conclusiones más significativas; iii) uso adecuado de la bibliografía (número y calidad de las fuentes consultadas); iv) presentación (bien escrita, uso correcto y fluido del inglés, estilismo cuidado). En cuanto a la exposición oral se valorará: i) estructura (división lógica de los contenidos) y una adecuada distribución del tiempo; ii) buena comunicación científica (presentación concisa, al grano, clara y pedagógica); iii) correcto uso de los medios audiovisuales.

3.- Evaluación de los 2 créditos ECTS dedicados a los aspectos prácticos del módulo (25% de la calificación final de este módulo):

a.- Los profesores de prácticas evaluarán las habilidades y destrezas de los alumnos en el laboratorio (50%). En este punto se evaluarán del 1 al 10 aspectos fundamentales como habilidades en manejo del instrumental, precisión a la hora realizar los experimentos, atención a los detalles, capacidad para resolver los problemas o dificultades no previstas que puedan presentarse, etc.

b.- Resolución de los cuestionarios planteados por el profesorado de prácticas donde se incluirán preguntas sobre los fundamentos teóricos en los que se apoya la práctica así como el análisis e interpretación de los resultados obtenidos en el laboratorio (50%). Los profesores de los créditos prácticos de esta asignatura valorarán, del 1 al 10, los cuestionarios e informes entregados por los alumnos sobre sus resultados en el laboratorio y la interpretación de estos. Se atenderá especialmente a verificar que los estudiantes han adquirido las competencias propias de estas sesiones prácticas, es decir, manejo de técnicas de fabricación de nanomateriales, reconocimiento de las dificultades experimentales en dichos procesos, evaluación de la problemática, riesgos y dificultades, interpretación de los resultados obtenidos, presentación profesional de los resultados adquiridos en el laboratorio y capacidad de comunicación escrita con un lenguaje preciso y propio de la temática que nos ocupa.

Será necesario obtener una calificación mínima de 4 puntos sobre 10 en cada una de estas tres partes del examen para poder superar la asignatura. En cualquier caso el promedio de estos tres apartados habrá de ser de al menos 5 puntos sobre 10 para superar la asignatura.

**2:** Para **estudiantes semipresenciales, que se presenten a otras convocatorias o que deseen subir nota**, la evaluación se realizará mediante:

1.- 50% Una prueba escrita con cuestiones teóricas que incluirán: (i) tema/s a desarrollar de alguno de los que se indican en el apartado "breve introducción a la asignatura" de esta guía docente donde aparecen los contenidos de la misma y (ii) preguntas tipo "test" y/o de respuesta breve, también referidas a los contenidos

impartidos durante las clases y resolución de problemas y ejercicios donde el alumno manifieste sus conocimientos sobre fabricación de nanomateriales, nanoestructuras y técnicas nano-litográficas.

2.- 25% Defensa oral ante un tribunal de tres miembros formado por profesorado del máster de un trabajo monográfico (del que también se presentará una memoria). En esta prueba se valorará del 1 al 10 su capacidad para realizar búsquedas bibliográficas, explicar correctamente el estado del arte del tema sobre el que le ha tocado trabajar, así como su capacidad de síntesis. Sus habilidades de comunicación científica que también serán evaluadas del 1 al 10 a través de estas pruebas en las que se exigirá un correcto uso del lenguaje científico, medios audiovisuales, utilización de gráficas, claridad en la exposición, etc. Los exámenes tanto oral como escrito se realizarán íntegramente en el idioma del curso: inglés.

3.- 25%. En primer lugar se realizará una prueba de tipo test, que habrá de superarse antes de entrar en el laboratorio. En ella se valorará si el estudiante está lo suficientemente preparado para respetar la normativa de seguridad en el laboratorio y si está capacitado para el manejo de la instrumentación implicada en la prueba práctica. Ésta será una prueba eliminatoria, que se superará únicamente con una calificación de 8 sobre 10. Este primer test tendrá un valor del 5% del total de esta prueba. Si se supera el test entonces el estudiante comenzará el examen de laboratorio que consistirá en la realización de un trabajo experimental en el que el alumno deberá demostrar que es capaz de planificar los experimentos convenientes a la vista de los objetivos que debe alcanzar y ejecutar dichos experimentos de forma adecuada manejando correctamente la instrumentación correspondiente (siendo supervisado en todo momento por un experto que interrumpirá el examen si observase que el estudiante está poniendo en peligro el equipo o equipos utilizados o su propia seguridad), obteniendo una serie de datos que también deberá ser capaz de interpretar. Esta segunda parte tendrá un valor del 95% del total de esta prueba.

Será necesario obtener una calificación mínima de 4 puntos sobre 10 en cada una de estas tres partes del examen para poder superar la asignatura. Para aprobar la asignatura deberá obtener una nota promedio superior a 5 puntos sobre 10.

---

## Actividades y recursos

---

### Presentación metodológica general

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

Este módulo tiene como finalidad dar a conocer a los estudiantes métodos de fabricación de materiales nanoestructurados identificando las ventajas y limitaciones de cada técnica acordes al material de partida y las propiedades buscadas.

Por esta razón, tras un estudio general de estos métodos a través de clases magistrales participativas se pasará a una actividad de análisis de casos y problemas en los que pueden observarse, profundizarse, valorarse y matizarse esos principios.

Las clases se complementarán con prácticas de laboratorio donde los estudiantes podrán estudiar, observar y manejar la instrumentación propia para la fabricación de materiales nanoestructurados.

Se terminarán de analizar casos prácticos con una actividad de elaboración de seminarios en la que el estudiante redactará una memoria sobre detalles más específicos no analizados previamente en clase sobre algún método de preparación y su importancia en el contexto científico, tecnológico, social y económico.

### 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:** Cada capítulo de contenidos que integra el programa del módulo, será presentado, analizado, y discutido por el profesor a través de clases magistrales participativas durante 50 minutos. Los profesores proporcionarán a los estudiantes las notas, apuntes o resúmenes del contenido de la clase antes del comienzo de la misma así como la literatura recomendada para la profundización en dicho tema.
  
- 2:** Discusión abierta de los conceptos básicos y su aplicación. Comparación con el desarrollo real. Resolución de problemas y casos prácticos. Todo ello se desarrollará igualmente en el contexto de clases participativas de 50 minutos.
  
- 3:** Realización de trabajos individuales. Cada estudiante elaborará, convenientemente tutorizado por un profesor del módulo, una memoria de unas 20 páginas sobre alguna técnica de preparación de materiales nanoestructurados, profundizando en aspectos más especializados, que no hayan sido analizados previamente en clase. Además, los estudiantes presentarán ante sus compañeros y los profesores del módulo este trabajo mediante una exposición oral de unos 20 minutos.
  
- 4:** Realización de cuatro prácticas de laboratorio mediante las cuales el alumno se enfrentará a problemas reales sobre la preparación de materiales nanoestructurados. Gracias al trabajo con los compañeros de los grupos de prácticas que se organizarán, el estudiante desarrollará habilidades sobre cómo trabajar en grupo, y a través de los informes de prácticas se irá acostumbrando a una presentación profesional de su trabajo, aprendiendo a comunicar sus resultados en la lengua franca de la comunidad investigadora académica e industrial, el inglés.

## **Planificación y calendario**

### **Calendario de sesiones presenciales y presentación de trabajos**

Este calendario se hará público al comienzo de cada curso académico a través de la página web del máster: [www.unizar.es/nanomat](http://www.unizar.es/nanomat). En cualquier caso, todas las sesiones presenciales tendrán lugar en horario de tarde.

### **Referencias bibliográficas de la bibliografía recomendada**