



## 66103 - 4. Caracterización I: técnicas físico-químicas

Guía docente para el curso 2012 - 2013

Curso: 1, Semestre: 0, Créditos: 7.0

---

### Información básica

---

#### Profesores

- **Pedro Antonio Algarabel Lafuente** algarabe@unizar.es
- **José Ignacio Arnaudas Pontaque** arnaudas@unizar.es
- **Juan Bartolome Sanjoaquin** barto@unizar.es
- **Lawrence Rocco Falvello** falvello@unizar.es
- **Jesus Javier Campo Ruiz** jcampo@unizar.es
- **Pilar Cea Minguenza** pilarcea@unizar.es
- **María Reyes Mallada Viana** rmallada@unizar.es
- **Clara Isabel Marquina Garcia** clara@unizar.es
- **José Angel Pardo Gracia** jpardo@unizar.es
- **Javier Rubín Llera** jrubin@unizar.es
- **Silvia Irusta Alderete** sirusta@unizar.es
- **Santiago Martín Solans** smartins@unizar.es
- **José Fernando Bartolomé Usieto** bartolom@unizar.es
- **Gorka Pera Seijo** gpera@unizar.es
- **Victor Perez Gregorio** vpg@unizar.es

#### Recomendaciones para cursar esta asignatura

El módulo [Caracterización I: Técnicas Químico-Físicas] es obligatorio y consta de 7 créditos ECTS o 175 horas de trabajo del estudiante. De estos 7 créditos, 3 son teóricos y 4 son créditos correspondientes a prácticas de laboratorio. Se imparte en el segundo 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 caracterización de

nanomateriales.

Se trata de un módulo eminentemente práctico donde los estudiantes analizarán, discutirán y valorarán diferentes métodos de caracterización de materiales nanoestructurados en los que las clases teóricas se verán acompañadas y complementadas por un elevado número de prácticas de laboratorio. A través de estas clases prácticas los alumnos tendrán acceso a sofisticados equipos de caracterización percatándose de las posibilidades e información ofrecida por cada una de los métodos estudiados y del hecho de que la caracterización de un material nanoestructurado requiere del empleo de diversas técnicas complementarias.

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)

=====

The "Characterization I: Physical-Chemical Techniques" module is obligatory and counts for 7 ECTS credits or 175 student work hours. Of these 7 credits, 3 are for theory and 4 correspond to laboratory practicals. The course is given in the second term of the academic year. As with the other modules in this Master's, this module is taught and assessed completely in English.

The objective of this module is to show the student the various chemical and physical characterization methods for nanomaterials.

This is an eminently practical module where students analyse, debate and evaluate different characterization methods for nanostructured materials. The theory classes are accompanied and complemented by numerous laboratory practicals. Through these practical classes, the students will have access to sophisticated characterization equipment, seeing the possibilities and information offered by each of the methods studied and the fact that characterization of a nanostructured material requires the use of diverse complementary techniques.

As the whole course is taught in English, students need to have an upper-intermediate level in the language: minimum level B1 in the European Common Framework Language Reference, but preferably level B2. Level B1 is reached when the student is able to understand the main points of clear, standard-language texts when covering known matters - whether in terms of work, study or leisure; when able to cope in most situations which the student encounters during a trip to places where the language is spoken; when able to write simple, coherent texts on familiar topics or those in which the student has an interest; and when able to describe experiences, happenings, wishes and ambitions as well as briefly justify opinions or explain plans. B2 is achieved when the student is able to understand the main ideas of complex texts that deal with both specific and abstract topics, even if these are technical - though within the field of specialisation; when able to communicate with native speakers with the degree of fluency and ease such that the communication takes place without effort on either side; and when able to write clear, detailed texts on diverse subjects as well as defend a point of view on general topics - giving the pros and cons of the different options.

**Additional information about this master (grants, events, etc.) can be found on the web site:**

[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 comienzo del segundo cuatrimestre del curso y tendrá una duración aproximada de cuatro 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: (<https://ciencias.unizar.es/web/horarios.do>).

=====

The classes for this module begin at the start of the second term and will last approximately four weeks.

The classes and laboratory practicals are given in the afternoon and the calendar for these and the exam dates will be published prior to the beginning of each academic year in the web site of the Faculty of Science (<https://ciencias.unizar.es/web/horarios.do>).

---

## Inicio

---

## Resultados de aprendizaje que definen la asignatura

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

**1:** Disponer de una visión de conjunto de diferentes técnicas caracterización de superficies y nanosistemas, conociendo la información aportada por cada una de ellas.

=====

Gain awareness of a collection of different characterization techniques for surfaces and nanosystems, understanding the information from each of them.

**2:** Ser capaz de aplicar la técnica de caracterización más apropiada en función de la información morfológica, estructural, analítica o magnética que se desea obtener.

=====

Be able to apply the most appropriate characterization technique in accordance with the morphological, structural, analytical or magnetic information desired.

**3:** Identificar fenómenos y problemas específicos en que la utilización de este tipo de instrumentación puede aportar información esencial.

=====

Identify specific phenomena and problems for which this kind of tool can provide crucial information.

**4:** Valorar las dificultades de observación relacionadas con la resolución de los instrumentos y las condiciones ambientales en que han de realizarse las medidas.

=====

Assess the observation difficulties linked to the resolution of the tools and the environmental conditions in which the measurements are taken.

# Introducción

## Breve presentación de la asignatura

En esta asignatura se presenta una amplia variedad de técnicas fisico-químicas para la caracterización de materiales nanoestructurados. La conveniente utilización, por lo general de varias técnicas complementarias, permite adquirir un grado avanzado de conocimiento sobre la estructura del material, grado de orden, empaquetamiento, presencia de agregados, etc. así como las propiedades ópticas, eléctricas y magnéticas del nanosistema objeto de estudio.

Una breve descripción de los contenidos de esta asignatura incluye:

Introducción a la preparación y caracterización de superficies. Espectroscopias ópticas (UV-vis, FTIR, etc.). Espectroscopia de fotoelectrones (XPS y UPS). Espectroscopia Auger (AES). Espectroscopia Mossbauer. Técnicas SANS, de difracción y relectometría de rayos X y neutrones. Técnicas basadas en la utilización de la radiación sincrotrón: XANES, EXAFS y dicroísmo magnético. Caracterización magnética de nanosistemas (SQUID, VSM, MOKE). Magnetotransporte en nanoestructuras. Sondas hall y micro-SQUIDS. Porosimetría (BET).

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

- 1.- VSM
- 2.- XPS
- 3.- SQUID
- 4.- Mossbauer
- 5.- Difracción y relectometría de rayos X
- 6.- Porosimetría
- 7.- QCM

=====

In this subject, a wide range of physical chemical techniques are presented for the characterization of nanostructured materials. Generally speaking, the correct use of various complementary techniques allows one to acquire an advanced level of knowledge about the structure of the material, degree of order, parcelling, presence of aggregates, etc, as well as the optical, electrical and magnetic properties of the nanosystem under study.

A brief description of the contents of this subject includes:

Introduction to surface preparation and characterization. Optical spectroscopies (UV-vis, FTIR, etc.). Photoelectron spectroscopy (XPS and UPS). Auger spectroscopy (SAS). Mossbauer spectroscopy. SANS techniques, X-ray diffraction, X-ray reflection, and neutron diffraction. Techniques based on the use of synchrotron radiation: XANES, EXAFS and magnetic dichroism. Magnetic nanosystem characterization (SQUID, VSM, MOKE). Magnetotransport in nanostructures. Hall waves and micro-SQUIDS. Porosymetry (BET).

The lectures are complemented by practical sessions including:

- 1.- VSM

2.- XPS

3.- SQUID

4.- Mossbauer

5.- X-ray diffraction and reflection

6.- Porosymetry

7.- QCM

---

## 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:

La caracterización de un material nanoestructurado es un ejercicio vital para conocer la arquitectura, orden, y estructura del mismo así como sus propiedades ópticas, eléctricas y magnéticas. Ello permitirá además correlacionar la estructura química de los compuestos, la técnica de ensamblaje utilizada y las propiedades finales del material.

En este módulo los estudiantes tendrán la oportunidad de utilizar instrumentación científica altamente especializada al objeto de caracterizar materiales nanoestructurados (los alumnos estudiarán algunos de los materiales que ellos mismos prepararon en módulos anteriores). 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.

=====

The subject and its expected results respond to the following general planning and objectives:

Characterization of a nanostructured material is vital to know the architecture, order and structure of the material as well as its optical, electrical and magnetic properties. This, in addition, allows the chemical structure of the compounds to be correlated with the assembly technique used and the end properties of the material.

In this module, students will have the opportunity to use highly specialised scientific instruments to characterise nanostructured materials (the students will study some of the materials that they have prepared in previous modules). Zaragoza University and the Aragonese Institutes of Nanoscience (INA) and Science of Materials (ICMA) provide the Master's students with next gen equipment allowing them to acquire abilities and skills in the management of instruments that are of great value on the curriculum of a professional in disciplines within the field of Nanoscience and Nanotechnology.

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

Este módulo, conjuntamente con el módulo 5 [Caracterización II: microscopias avanzadas], tiene como objetivo instruir

al estudiante en los diferentes métodos disponibles para la caracterización de materiales nanoestructurados, y la aplicación de varios de ellos a un nanosistema al objeto de caracterizarlo obteniendo información morfológica, estructural, analítica, óptica, eléctrica o magnética de interés.

=====

This module, together with module 5 [Characterization II: advanced microscopies], is aimed at instructing the student in the different methods available for the characterization of nanostructured materials and the application of various of these to a nanosystem with the intention of characterising it to obtain morphological, structural, analytical, optical, electric or magnetic information of interest.

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

**1:** Identificar fenómenos y problemas específicos en que la utilización de este tipo de instrumentación puede aportar información esencial para la caracterización de materiales nanoestructurados.

=====

Identify specific phenomena and problems for which this kind of tool can provide vital information for the characterization of nanostructured materials.

**2:** Diferenciar las aportaciones de índole morfológica, estructural, analítica y magnética de diferentes técnicas básicas en nanociencia.

=====

Distinguish the contributions of morphological, structural, analytical and magnetic nature of different basic nanoscience techniques.

**3:** Valorar las dificultades de observación relacionadas con la resolución de los instrumentos y las condiciones ambientales en que han de realizarse las medidas.

=====

Assess the observation difficulties linked to the resolution of the tools and the environmental conditions in which the measurements are taken.

**4:** Conocer el tipo de información aportado por cada método de caracterización, asumiendo que un análisis completo requiere de la información complementaria aportada por varias de estas técnicas.

=====

Understand the type of information provided by each characterization method - assuming that complete analysis requires the complementary information obtained from various of these techniques.

**5:** Diseñar experimentos para aclarar la composición, estructura, morfología o propiedades de un material en la nanoescala.

=====

Design experiments to clarify the composition, structure, morphology or properties of a material on the nanoscale.

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

Este módulo pretende dotar al estudiante con un conjunto de potentes herramientas para la caracterización de materiales nanoestructurados. En el contexto del máster, la identificación de la nanoestructura de los materiales es un paso

fundamental para que al final del curso los alumnos sean capaces de correlacionar la estructura química y la técnica de ensamblaje utilizadas en la fabricación de un nanodispositivo con su arquitectura, morfología y ordenamiento molecular, a la vez que con las propiedades finales del dispositivo.

=====

This module aims to give the student a collection of powerful tools for the characterization of nanostructured materials. In the context of the Master's, the identification of the nanostructure of materials is a key step so that students will be able to correlate by the end of the course the chemical structure and the assembly technique used in the production of a nanodevice and its architecture, morphology and molecular order, as well as the end properties of the device.

---

## 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.- Evaluación de los 3 créditos ECTS dedicados a los aspectos teóricos (43% de la calificación final):

a.- Prueba escrita (50% de los créditos teóricos). En ella se valoran las competencias adquiridas relativas a la caracterización de superficies mediante las técnicas contempladas en este módulo. El examen constará de cuestiones teóricas que incluirán: (i) tema/s a desarrollar de aquellos correspondientes a los contenidos de esta asignatura, detallados en el apartado "breve introducción a la asignatura" y (ii) preguntas de respuesta breve o de tipo "test". A través de estas cuestiones teóricas el estudiante habrá de demostrar que ha llegado a obtener las competencias que se deben desarrollar en la asignatura valorándose (de 1 a 10) la corrección en la exposición del tema (calidad científica y capacidad de comunicación escrita) así como la corrección de las respuestas dadas.

b.- (50% de los créditos teóricos) 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 concreto, se valorará: el planteamiento adecuado para la resolución de la cuestión o del 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. En concreto, se valorará de 1 a 10: el planteamiento adecuado para la resolución del 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.

2.- Evaluación de los 4 créditos ECTS dedicados a los aspectos prácticos del módulo (57% de la calificación final de este módulo):

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

b.- Respuesta a las preguntas de tipo test y/o cuestionarios planteados antes, durante y/o después de las sesiones prácticas (50% del total de los créditos prácticos). Se valorarán de 1 a 10 las respuestas a estos cuestionarios tanto en su aspecto científico como en la capacidad de comunicación oral y escrita del estudiante, manejo del lenguaje con el apropiado rigor, calidad y presentación los cuestionarios.

Será necesario obtener una calificación mínima de 4 puntos sobre 10 en cada una de estas dos partes de la

evaluación para poder superar la asignatura. En cualquier caso, el promedio de estos apartados deberá ser igual o superior a 5 puntos sobre 10 para aprobar.

=====

For students choosing **ongoing assessment**:

1. Assessment of the 3 ECTS credits for the theory part of the module (43% of the final qualification):

a.- Written exam (50% of the theory credits). Here, the abilities acquired related to surface characterization through the techniques seen in this module are assessed. The exam will feature theory matters including: (i) topic(s) expanded from those corresponding to the contents of this subject, given in the "brief introduction to the subject" section and (ii) short answer or multiple choice questions. In these theory questions, the student has to show that the abilities required for the subject have been obtained which will be scored between 1 and 10 for accuracy in topic presentation (scientific quality and written communication skills) as well as correctness of the answers given.

b.- (50% of the theory credits) Problem solving, exercises and questions set during the classes responded to individually by the student in the same classes or handed in after to the lecturer giving the class. Specifically, the following will be assessed: the right approach to solving the question or problem, correct solution, interpretation of the results and explanation of how the problem was solved, giving equations or graphs where necessary. Specifically, a score of 1 to 10 is given for: the right approach to solving the problem, correct solution, interpretation of the results and explanation of how the problem was solved, giving equations or graphs where necessary.

2. Assessment of the 4 ECTS credits for the practical part of the module (57% of the final mark for the module):

a.- The teachers for the practicals will assess the abilities and skills of the students in the laboratory (50% of the practical credits). Instrument handling ability, accuracy performing experiments, attention to detail, ability to solve problems or unforeseen difficulties that may arise, ability to work on experiments in a group, etc. will be taken as essential aspects in this area.

b.- Answers to multiple choice questions and/or Q&As laid out before, during and/or after the practical sessions (50% of the practical credits). A score of 1 to 10 will be given for answers to these Q&As both in terms of scientific nature and the oral and written communication skill of the student, language use with appropriate rigour, quality and presentation of the Q&As.

A minimum mark of 4 out of 10 is needed for each of the two parts of the assessment to pass the subject. In any case, a pass requires an average of 5 out of 10 or higher over the sections.

**2:**

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

1.- Evaluación de los créditos teóricos (43%) 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 de respuesta breve o de tipo "test", ejercicios y problemas también referidos a los contenidos impartidos durante las clases y resolución de problemas y ejercicios donde el alumno manifieste sus conocimientos sobre caracterización de materiales mediante las técnicas que se analizan en este módulo. Se valorará de 1 a 10 tanto el rigor y



calidad científica de las respuestas como la capacidad de comunicación escrita del estudiante.

2.- Evaluación de los créditos prácticos (57%). 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). Deberá asimismo interpretar los datos obtenidos. Esta parte de la prueba tendrá un peso del 95% de esta prueba de evaluación de los créditos prácticos.

Será necesario obtener una calificación mínima de 4 puntos sobre 10 en cada una de estas dos partes del examen para poder superar la asignatura. Además de deberá obtener un promedio igual o superior a 5 puntos sobre 10 para aprobar.

=====

For hybrid students coming to other sittings or wishing to increase their mark, the assessment consists of:

1.- Assessment of theory credits (43%) A written test with theory questions including: (i) topic(s) to be developed based on those given in the "brief introduction to the subject" section in this teaching manual where the complete contents are given and (ii) multiple choice or short answer questions, exercises and problems also in reference to the class course content and problem solving and exercises where the student shows knowledge regarding characterization of materials through the techniques analysed in this module. A score of 1 to 10 is given for both the scientific rigor and quality and the written communication skills of the student.

2.- Assessment of the practical credits (57%). Firstly, there will be a multiple choice test which must be passed before going into the laboratory. Here the judgment is on whether or not the student is ready to respect the laboratory safety norms and if the student is able to manage the instruments involved in the practical test. This is an elimination test which can only be passed with a score of 8 out of 10. This first test counts for 5% of the total for this test. Once the test is passed, the student begins the laboratory exam. This consists of an experiment in which the student must show the capability to plan the necessary experiments given the objectives to be achieved. These experiments must be performed adequately, correctly using the corresponding instruments (an expert will at all times be supervising and will halt the exam if this person sees that the student is endangering the equipment used or their own safety). Likewise, the data obtained must be interpreted. This part of the test counts for 95% of this assessment of the practical credits.

A minimum mark of 4 out of 10 is needed for each of the two parts of the exam to pass the subject. In addition, an average of 5 out of 10 or more needs to be obtained to pass.

---

## 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 diferentes técnicas de caracterización de materiales nanoestructurados identificando el tipo de información aportada por cada método.

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 caracterización de materiales nanoestructurados. Además, en consonancia con las asignaturas previas del máster relativas a la fabricación de nanosistemas, los estudiantes tendrán la oportunidad de caracterizar en este módulo algunas de las muestras preparadas por ellos.

Se terminarán de analizar casos prácticos en los que el profesorado expondrá ante el alumnado seminarios especializados con el estudio de casos reales.

=====

The learning process created for this subject is based on:

The aim of this module is to provide students with knowledge of the different characterization techniques for nanostructured materials, identifying the information type provided by each method. Therefore, following a general examination of these methods through participatory master classes, there will be case and problem analysis activities where these principles can be observed, examined in depth, evaluated and clarified. These classes are complemented by laboratory practicals where the students can study, observe and handle the correct instruments for the characterization of nanostructured materials. In addition, in keeping with the previous subjects in the Master's related to the production of nanosystems, in this module students will have the opportunity to characterise some of the samples they themselves have prepared.

The module will conclude with the analysis of practical cases where the lecturers will present specialised seminars studying real cases.

## **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.

=====

Each topic area making up the programme for the module will be presented, analysed and discussed by the lecturer through participatory master classes lasting 50 minutes. The lecturers will provide the students with notes, handouts or summaries of class content prior to the beginning of the class (preferably via ADD) along with the recommended reading for more in-depth understanding of the topic.

- 2:** Discusión abierta de los conceptos básicos y su aplicación. Comparación con el desarrollo real. Resolución de problemas, identificación de espectros y casos prácticos. Todo ello se desarrollara igualmente en el contexto de clases participativas de 50 minutos.

=====

Open forum on the basic concepts and their application. Comparison with real developments. Problem solving, identifying spectra and practical case studies. All the above will take place in participatory 50 minute classes.

- 3:** Presentación de seminarios por profesorado altamente especializado donde se analizarán casos reales.

=====

Presentation of seminars by highly specialised lecturers where real cases are analysed.

- 4:** Realización de siete prácticas de laboratorio mediante las cuales el alumno se enfrentará a problemas reales sobre la caracterización de materiales nanoestructurados.

=====

Seven laboratory practicals through which the student faces real problems in the characterization of nanostructured materials.

## **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: <https://ciencias.unizar.es/web/horarios.do>. En cualquier caso, tanto las clases como las sesiones prácticas, exámenes, etc. tendrán lugar siempre en horario de tarde.

=====

This calendar will be published at the beginning of each academic year in the web site of the Faculty of Science: <https://ciencias.unizar.es/web/horarios.do>. All classes will be in the afternoon.

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