

24-25

MÁSTER UNIVERSITARIO EN FÍSICA  
MÉDICA

# GUÍA DE ESTUDIO PÚBLICA



## FUNDAMENTOS FÍSICOS DE LA IMAGEN MÉDICA II

CÓDIGO 21153193

UNED

24-25

FUNDAMENTOS FÍSICOS DE LA IMAGEN  
MÉDICA II

CÓDIGO 21153193

# ÍNDICE

PRESENTACIÓN Y CONTEXTUALIZACIÓN  
REQUISITOS Y/O RECOMENDACIONES PARA CURSAR ESTA  
ASIGNATURA  
EQUIPO DOCENTE  
HORARIO DE ATENCIÓN AL ESTUDIANTE  
COMPETENCIAS QUE ADQUIERE EL ESTUDIANTE  
RESULTADOS DE APRENDIZAJE  
CONTENIDOS  
METODOLOGÍA  
SISTEMA DE EVALUACIÓN  
BIBLIOGRAFÍA BÁSICA  
BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA  
RECURSOS DE APOYO Y WEBGRAFÍA  
PRÁCTICAS DE LABORATORIO  
IGUALDAD DE GÉNERO

Nombre de la asignatura	FUNDAMENTOS FÍSICOS DE LA IMAGEN MÉDICA II
Código	21153193
Curso académico	2024/2025
Título en que se imparte	MÁSTER UNIVERSITARIO EN FÍSICA MÉDICA
Tipo	CONTENIDOS
Nº ETCS	6
Horas	150
Periodo	SEMESTRE 2
Idiomas en que se imparte	CASTELLANO

## PRESENTACIÓN Y CONTEXTUALIZACIÓN

La imagen médica es un área muy importante en el campo de la Física Médica, en la que los profesionales técnicos (físicos, matemáticos, ingenieros, ...) trabajan junto con los médicos especialistas en diagnóstico por imagen. Las tareas básicas que realizan los profesionales técnicos, tanto en centros de diagnóstico como en la industria, son el control de calidad de la imagen para que ésta se pueda considerar diagnóstica y el diseño de nuevos métodos de adquisición. En el caso de las radiaciones no ionizantes, se pretende que cada mejora de la calidad de la imagen vaya acompañada de una disminución del tiempo de adquisición, que en el caso de la IRM es un escollo fundamental.

Esta asignatura tiene como objetivos que el estudiante conozca:

- los fundamentos físicos de las modalidades de imagen médica que utilizan radiaciones no ionizantes
- las bases matemáticas de los procedimientos de reconstrucción de imagen de resonancia magnética (IRM)
- las bases matemáticas de los procedimientos de reconstrucción de la imagen de ultrasonidos (US)

Y sepa aplicar estos conocimientos en aplicaciones a:

- la reconstrucción de IRM
- la reconstrucción de imagen por US

Dado que la tecnología avanza muy rápidamente en esta área, se hará hincapié en los fundamentos físicos y en las técnicas más utilizadas en la actualidad. Además, se darán nociones acerca de las técnicas más modernas.

Además de estos objetivos específicos, el estudiante deberá, durante su preparación de la asignatura, desarrollar las habilidades y actitudes generales:

- trabajar de forma autónoma.
- utilizar las nuevas tecnologías de información y comunicación (TIC) con sentido crítico.
- familiaridad con las principales fuentes de información que le permitan encontrar, seleccionar y entender la información.
- resolver problemas mediante la aplicación integrada de los conocimientos aprendidos.
- deducir conclusiones lógicas y elaborar hipótesis razonables susceptibles de evaluación.

así como los objetivos “marco” del libro guía del Máster (detallados en el epígrafe “Adecuación del título al nivel formativo del máster”):

- Poseer y comprender tanto los conocimientos básicos como los más avanzados necesarios para un desarrollo científico y profesional en el campo de la Física Médica, bien en el área de la investigación como en sus aplicaciones industriales y tecnológicas.
- Saber aplicar los conocimientos adquiridos en Física en los procesos en los que esta disciplina está directa o indirectamente implicada en Tecnologías aplicadas a la Medicina y/o a la Biología.
- Saber integrar los distintos métodos científicos relacionados con este campo para poder desarrollar labores en el terreno profesional, en la industria y en la investigación.
- Poder comunicar los resultados de sus trabajos a entornos especializados.

Fundamentos Físicos de la Imagen Médica II es una asignatura de especialización dentro del Máster en Física Médica, por lo que se consideran adquiridos los conocimientos de física y matemáticas necesarios. Además, serán útiles los conocimientos de anatomía y fisiología humanas.

La asignatura se encuadra dentro del ámbito de las tecnologías físicas aplicadas a medicina. Junto con otras asignaturas, como la Física Biomédica I, la Instrumentación Biomédica o los Fundamentos Físicos de la Imagen Médica I, aporta los conocimientos específicos de física que necesitará el futuro titulado para comprender la tecnología usada en la física médica moderna.

El carácter de esta asignatura es teórico-práctico, con 6 créditos ETCS repartidos en un programa que contiene siete temas teóricos y actividades prácticas.

## **REQUISITOS Y/O RECOMENDACIONES PARA CURSAR ESTA ASIGNATURA**

Como ya se ha dicho, esta asignatura requiere haber superado el primer curso de adaptación. En particular, serán de interés los contenidos de las asignaturas de Física Moderna, Física Matemática e Informática para la Física Médica. Del segundo curso del Máster, puede ser interesante cursar o haber cursado Física Biomédica I, Instrumentación Biomédica, Tratamiento de Señales Biomédicas y Fundamentos Físicos de la Imagen Médica I.

Para esta asignatura se requieren también unos conocimientos básicos de inglés científico, dado que toda la bibliografía recomendada se halla en ese idioma. Además, se requerirá que el alumno sea capaz de analizar artículos científicos e información técnica que se encuentran, generalmente, en dicho idioma.

En cualquier caso, cada estudiante puede ponerse en contacto con el equipo docente para comentar cualquier cuestión sobre la asignatura.

## EQUIPO DOCENTE

Nombre y Apellidos	CRISTINA MARIA SANTA MARTA PASTRANA (Coordinador de asignatura)
Correo Electrónico	cmsantamarta@ccia.uned.es
Teléfono	91398-7219
Facultad	FACULTAD DE CIENCIAS
Departamento	FÍSICA MATEMÁTICA Y DE FLUIDOS
Nombre y Apellidos	PABLO MARTINEZ-LEGAZPI AGUILO
Correo Electrónico	legazpi.pablo@ccia.uned.es
Teléfono	91398-9851
Facultad	FACULTAD DE CIENCIAS
Departamento	FÍSICA MATEMÁTICA Y DE FLUIDOS
Nombre y Apellidos	DANIEL RODRIGUEZ PEREZ
Correo Electrónico	droduiguez@ccia.uned.es
Teléfono	91398-9196
Facultad	FACULTAD DE CIENCIAS
Departamento	FÍSICA MATEMÁTICA Y DE FLUIDOS

## HORARIO DE ATENCIÓN AL ESTUDIANTE

Los alumnos podrán ponerse en contacto en cualquier momento con los miembros del equipo docente por medio de las herramientas de comunicación de la plataforma virtual o por correo electrónico. Para contacto telefónico o presencial, es mejor concertar una cita previamente por correo electrónico.

- Pablo Martínez-Legazpi Aguilo
- e-mail: legazpi.pablo@ccia.uned.es
- Tel.: 91.398.9851
- Guardia: los lunes, de 16:00 a 20:00
- Daniel Rodríguez Pérez
- e-mail: daniel@dfmf.uned.es
- Tel.: 91.398.9196
- Guardia: los lunes, de 16:00 a 20:00
- Cristina Santa Marta Pastrana
- e-mail: cris@dfmf.uned.es
- Tel.: 91.398.7219
- Guardia: L - V, de 10:00 a 14:00

Facultad de Ciencias (UNED)

Avda. Esparta s/n.

28232 Las Rozas –Madrid

## COMPETENCIAS QUE ADQUIERE EL ESTUDIANTE

### COMPETENCIAS BÁSICAS

CB6 - Poseer y comprender conocimientos que aporten una base u oportunidad de ser originales en el desarrollo y/o aplicación de ideas, a menudo en un contexto de investigación

CB7 - Que los estudiantes sepan aplicar los conocimientos adquiridos y su capacidad de resolución de problemas en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos más amplios (o multidisciplinares) relacionados con su área de estudio

CB8 - Que los estudiantes sean capaces de integrar conocimientos y enfrentarse a la complejidad de formular juicios a partir de una información que, siendo incompleta o limitada, incluya reflexiones sobre las responsabilidades sociales y éticas vinculadas a la aplicación de sus conocimientos y juicios

CB9 - Que los estudiantes sepan comunicar sus conclusiones y los conocimientos y razones últimas que las sustentan a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin ambigüedades

CB10 - Que los estudiantes posean las habilidades de aprendizaje que les permitan continuar estudiando de un modo que habrá de ser en gran medida autodirigido o autónomo.

### COMPETENCIAS GENERALES

CG01 - Adquirir la capacidad de comprensión de conocimientos y aplicación en la resolución de problemas

CG02 - Desarrollar capacidad crítica, de evaluación, creativa y de investigación

CG03 - Adquirir capacidad de estudio, de autoaprendizaje, de organización y de decisión

CG04 - Dominar las habilidades y métodos de investigación relacionados con el campo de estudio

CG05 - Adquirir la capacidad de detectar carencias en el estado actual de la ciencia y tecnología

CG06 - Desarrollar la capacidad para proponer soluciones a las carencias detectadas

CG07 - Desarrollar la capacidad para proponer y llevar a cabo experimentos con la metodología adecuada, así como para extraer conclusiones y determinar nuevas líneas de investigación

### COMPETENCIAS ESPECÍFICAS

CE05 - Desarrollar la habilidad y destreza necesarias en la experimentación física para aplicar sus conocimientos físicos, teóricos y prácticos en la física médica

CE06 - Ser capaz de intercambiar información y responder a las necesidades expresadas por profesionales biomédicos, dentro de sus competencias como físico médico

## RESULTADOS DE APRENDIZAJE

Los resultados de aprendizaje de esta asignatura se listan como las competencias específicas de una serie de competencias que debe haber adquirido el estudiante al terminar el máster. Esta información se puede consultar en la memoria de verificación de la titulación aprobada por la ANECA.

### Competencias generales

CG01 - Adquirir la capacidad de comprensión de conocimientos y aplicación en la resolución

de problemas

CG02 - Desarrollar capacidad crítica, de evaluación, creativa y de investigación

CG03 - Adquirir capacidad de estudio, de autoaprendizaje, de organización y de decisión

CG04 - Dominar las habilidades y métodos de investigación relacionados con el campo de estudio

CG05 - Adquirir la capacidad de detectar carencias en el estado actual de la ciencia y tecnología

CG06 - Desarrollar la capacidad para proponer soluciones a las carencias detectadas

CG07 - Desarrollar la capacidad para proponer y llevar a cabo experimentos con la metodología adecuada, así como para extraer conclusiones y determinar nuevas líneas de investigación

### **Competencias básicas**

CB6 - Poseer y comprender conocimientos que aporten una base u oportunidad de ser originales en el desarrollo y/o aplicación de ideas, a menudo en un contexto de investigación

CB7 - Que los estudiantes sepan aplicar los conocimientos adquiridos y su capacidad de resolución de problemas en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos más amplios (o multidisciplinares) relacionados con su área de estudio

CB8 - Que los estudiantes sean capaces de integrar conocimientos y enfrentarse a la complejidad de formular juicios a partir de una información que, siendo incompleta o limitada, incluya reflexiones sobre las responsabilidades sociales y éticas vinculadas a la aplicación de sus conocimientos y juicios

CB9 - Que los estudiantes sepan comunicar sus conclusiones y los conocimientos y razones últimas que las sustentan a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin ambigüedades

CB10 - Que los estudiantes posean las habilidades de aprendizaje que les permitan continuar estudiando de un modo que habrá de ser en gran medida autodirigido o autónomo.

### **Competencias específicas**

CE05 - Desarrollar la habilidad y destreza necesarias en la experimentación física para aplicar sus conocimientos físicos, teóricos y prácticos, en la física médica

CE06 - Ser capaz de intercambiar información y responder a las necesidades expresadas por profesionales biomédicos, dentro de sus competencias como físico médico

## **CONTENIDOS**

Tema 1. Fundamentos de la adquisición de imagen por resonancia magnética.

El primer tema introduce al fenómeno cuántico de la resonancia magnética nuclear mediante modelos semiclásicos. También da una perspectiva del tipo de instrumentación necesaria para la inducción de este fenómeno y la detección de la señal de "eco" producida por él.

## Tema 2. Formación de la imagen: codificaciones. El espacio K

Se explica el uso de los gradientes de campo magnético para codificar el tejido en las tres direcciones espaciales (x, y, z), es decir, (frecuencia, fase, corte), de manera que se obtengan datos para poder reconstruir una imagen tomográfica.

Además, se estudia la estructura del espacio K, que es la matriz en la que se almacenan los 'datos crudos' codificados con los que se reconstruye la imagen.

## Tema 3. Secuencias de pulsos. Reconstrucción de imagen de RM.

Las secuencias son el esquema de aplicación de los pulsos de RF necesarios para entregar energía al sistema y los gradientes de campo magnético necesarios para codificar el tejido.

Se introducen las grandes familias de secuencias: eco de espín, eco de gradiente e inversión-recuperación.

## Tema 4. Modalidades de imagen por RM.

La imagen por RM es más que imagen estructural, cubre un amplio abanico de imagen funcional. Se esbozarán los principios físicos de las modalidades más utilizadas de imagen funcional como angiografía, difusión, perfusión, imagen de activación o espectroscopía.

## Tema 5. Fundamentos de la imagen por ultrasonidos. Producción de ultrasonidos. Efecto piezoeléctrico. Propiedades físicas de los ultrasonidos

Se explican los fundamentos físicos de la producción de imagen por ultrasonidos.

## Tema 6. Efecto Doppler. Utilización diagnóstica de los ultrasonidos. Transductores.

Una de las ventajas de la imagen de US es su capacidad para medir velocidades. Gracias al efecto Doppler se pueden medir velocidades de flujo de la sangre en los vasos o velocidades de tejidos de órganos en movimiento, típicamente el tejido cardíaco.

Para aplicaciones diagnósticas diferentes hay que utilizar tipos de transductores también diferentes, tanto en tamaño como en frecuencia de trabajo.

## Tema 7. Modalidades de diagnóstico ultrasonográfico. Reconstrucciones 3D. Calidad de la imagen y artefactos.

Existen varios tipos de reconstrucción de imagen de ultrasonidos, dependiendo de la aplicación diagnóstica. En los últimos años han avanzado mucho los métodos de reconstrucción 3D. Las adquisiciones no están libres de artefactos, que hay que corregir antes de llegar a la imagen diagnóstica.



## METODOLOGÍA

La metodología de la asignatura está basada en la enseñanza a distancia con el apoyo del curso virtual. El estudiante recibirá las orientaciones y el apoyo del equipo docente a través de las herramientas proporcionadas por la plataforma de la UNED, así como del correo electrónico.

Para el trabajo autónomo y la preparación de esta asignatura los estudiantes tendrán a su disposición un texto de referencia que cubre ampliamente el temario de la asignatura y que será una herramienta muy útil en su futuro profesional o investigador. Además, se utilizarán artículos de revistas especializadas que se pondrán a disposición de los estudiantes en el curso virtual.

El estudio de esta asignatura tiene un enfoque práctico. Es necesario elaborar una serie de trabajos, un mínimo de tres y un máximo de cinco, planteados de manera que el primero es totalmente teórico y el último es totalmente práctico, empleando un lenguaje de programación que será Octave o Matlab. Los trabajos son una mezcla de teoría y pequeñas tareas de programación en relación con los métodos de reconstrucción de imagen de las modalidades estudiadas.

Todos los materiales, salvo los libros de texto, estarán disponibles en el curso virtual.

## SISTEMA DE EVALUACIÓN

### TIPO DE PRUEBA PRESENCIAL

Tipo de examen Examen de desarrollo

Preguntas desarrollo

Duración del examen 120 (minutos)

Material permitido en el examen

Ninguno

Criterios de evaluación

La puntuación de cada pregunta está especificada en el enunciado.

**Las respuestas, además de ser correctas, deben explicarse de manera clara y concisa, haciendo un uso apropiado del lenguaje.**

% del examen sobre la nota final 25

Nota del examen para aprobar sin PEC 5

Nota máxima que aporta el examen a la calificación final sin PEC

Nota mínima en el examen para sumar la PEC 5

Comentarios y observaciones

### CARACTERÍSTICAS DE LA PRUEBA PRESENCIAL Y/O LOS TRABAJOS

Requiere Presencialidad Si

Descripción

El examen, presencial, se realiza en los centros asociados y en las fechas que figuran en los calendarios oficiales de la UNED.

Criterios de evaluación

Ponderación de la prueba presencial y/o los trabajos en la nota final 25%

Fecha aproximada de entrega

Comentarios y observaciones

### PRUEBAS DE EVALUACIÓN CONTINUA (PEC)

¿Hay PEC? No

Descripción

Criterios de evaluación

Ponderación de la PEC en la nota final

Fecha aproximada de entrega

Comentarios y observaciones

### OTRAS ACTIVIDADES EVALUABLES

¿Hay otra/s actividad/es evaluable/s? Si, no presencial

Descripción

A lo largo de la asignatura se realizan varios trabajos obligatorios. El número de trabajos es flexible, pudiendo variar entre cursos, pero siempre es un mínimo de tres y un máximo de cinco.

Criterios de evaluación

Los trabajos deben estar bien redactados, no deben tener párrafos enteros copiados de otras fuentes, a menos que estén entrecomillados y bien referenciados, deben tener una sección final de bibliografía y pueden contener imágenes o esquemas, citando siempre la fuente de donde se han obtenido.

**Si se detecta que el trabajo está copiado, se devolverá al estudiante, que deberá presentar un trabajo diferente.**

Ponderación en la nota final 75%

Fecha aproximada de entrega Las fechas se anuncian en el curso virtual al comienzo de la asignatura. Están equiespaciadas a lo largo del cuatrimestre

Comentarios y observaciones

### ¿CÓMO SE OBTIENE LA NOTA FINAL?

$\text{nota final} = 0,25 \cdot [\text{nota examen}] + 0,75 \cdot [\text{promedio notas trabajos}]$

## BIBLIOGRAFÍA BÁSICA

ISBN(13): 9780521190657

Título: INTRODUCTION TO MEDICAL IMAGING 1 edición

Autor/es: Andrew Webb; Nadine Barrie Smith

Editorial: CAMBRIDGE UNIVERSITY PRESS..

ISBN(13): 9780521519151

Título: FUNDAMENTALS OF MEDICAL IMAGING 2 edición

Autor/es: Paul Suetens

Editorial: CAMBRIDGE UNIVERSITY PRESS..

Los libros recomendados son muy parecidos, ambos cubren todas las modalidades de imagen que se tratan tanto en esta asignatura como en Fundamentos Físicos de la Imagen Médica I. Son libros sencillos de leer, con desarrollos matemáticos básicos, algo más profundos en el libro de Suetens, y con ejemplos y ejercicios que ayudan a la comprensión de cada tema.

## **BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA**

ISBN(13): 9780470500989

Título: MRI: BASIC PRINCIPLES AND APPLICATIONS 4 edición

Autor/es: Semelka, Richard C.; Brown, Mark

Editorial: Wiley-Blackwell

ISBN(13): 9780471382263

Título: MEDICAL IMAGING PHYSICS 2002 edición

Autor/es: E.R. Ritenour; W.R. Hendee

Editorial: WILEY-LISS

ISBN(13): 9780471545736

Título: FOUNDATIONS OF MEDICAL IMAGING

Autor/es: Jones, Joie P.; Singh, Manbir; Cho, Zang-Hee

Editorial: JOHN WILEY AND SONS

ISBN(13): 9780750305730

Título: THE PHYSICS OF MEDICAL IMAGING 2009 edición

Autor/es: Webb, Steve

Editorial: TAYLOR & FRANCIS

ISBN(13): 9781444337433

Título: MRI IN PRACTICE 2011 edición

Autor/es: Westbrook, Kathleen C.; Talbot, John; Kaut Roth, Carolyn

Editorial: Wiley-Blackwell

Los libros de Cho y de Hendee abarcan todas las modalidades de imagen médica que se tratan en las asignaturas de Fundamentos Físicos de la Imagen Médica I y II.

Los libros de Brown y Westbrook son específicos de resonancia magnética, contienen temas que no están en el programa de la asignatura, aunque siempre interesantes de leer.

Además, en el curso virtual se proporcionarán artículos de revistas especializadas que tratan de aspectos más concretos o actuales.

## RECURSOS DE APOYO Y WEBGRAFÍA

El recurso de apoyo principal es el curso virtual. En el mismo, no sólo podrá acceder al material complementario del curso, sino que podrá transmitir sus dudas tanto al equipo docente como a sus compañeros. El material complementario se compone de artículos publicados en revistas internacionales y recursos multimedia.

A través de los materiales adicionales, propuestas de trabajos, resolución de problemas, etc. el alumno será evaluado de forma continua.

El resto de recursos de la UNED también estará a disposición del alumno del Máster, como el material bibliográfico de las bibliotecas (tanto en los centros asociados como las de la sede central).

## PRÁCTICAS DE LABORATORIO

Las prácticas presenciales del máster se llevan a cabo de manera intensiva durante una semana (lunes a viernes), en las instalaciones del Hospital General Universitario Gregorio Marañón (HGM) y de la Universidad Carlos III de Madrid (UC3M) gracias a los convenios suscritos con ambas entidades. Están impartidas por profesores del máster y por investigadores de los citados centros. En las diversas sesiones se trabaja con equipos de RM, CT/PET, CT (todos ellos para pequeño animal) y ecocardiografía; con instrumentación biomédica de monitorización de constantes vitales, instrumentación de quirófano, técnicas de tratamiento de tejidos, síntesis de radiofármacos y software de postproceso de imagen.

No todos los años se organizan de la misma manera, dependiendo la disponibilidad de los investigadores que colaboran con el máster, aunque la base son las sesiones citadas anteriormente.

Estas prácticas están asociadas a las asignaturas de Fundamentos Físicos de la Imagen Médica I y II, Instrumentación Biomédica y Física Biomédica I, siendo algunas sesiones de contenido común a más de una asignatura.

Es obligatorio haber realizado las prácticas para poder solicitar el título del máster.

## IGUALDAD DE GÉNERO

En coherencia con el valor asumido de la igualdad de género, todas las denominaciones que en esta Guía hacen referencia a órganos de gobierno unipersonales, de representación, o miembros de la comunidad universitaria y se efectúan en género masculino, cuando no se hayan sustituido por términos genéricos, se entenderán hechas indistintamente en género femenino o masculino, según el sexo del titular que los desempeñe.