



UNIVERSIDAD  
POLITÉCNICA  
DE MADRID

PROCESO DE  
COORDINACIÓN DE LAS  
ENSEÑANZAS PR/CL/001



E.T.S. de Ingenieros de  
Telecomunicacion

# ANX-PR/CL/001-01

## GUÍA DE APRENDIZAJE

### ASIGNATURA

**95000351 - Imágenes Biomédicas Avanzadas II**

### PLAN DE ESTUDIOS

09BM - Grado en Ingeniería Biomedica

### CURSO ACADÉMICO Y SEMESTRE

2020/21 - Segundo semestre

## Índice

---

### Guía de Aprendizaje

|  |    |
|--|----|
| 1. Datos descriptivos.....                       | 1  |
| 2. Profesorado.....                              | 1  |
| 3. Conocimientos previos recomendados.....       | 2  |
| 4. Competencias y resultados de aprendizaje..... | 2  |
| 5. Descripción de la asignatura y temario.....   | 4  |
| 6. Cronograma.....                               | 9  |
| 7. Actividades y criterios de evaluación.....    | 11 |
| 8. Recursos didácticos.....                      | 15 |
| 9. Otra información.....                         | 16 |

## 1. Datos descriptivos

### 1.1. Datos de la asignatura

|  |   |
|--|---|
| <b>Nombre de la asignatura</b>             | 95000351 - Imágenes Biomédicas Avanzadas II                     |
| <b>No de créditos</b>                      | 4 ECTS  |
| <b>Carácter</b>                            | Optativa  |
| <b>Curso</b>                               | Cuarto curso  |
| <b>Semestre</b>                            | Octavo semestre   |
| <b>Período de impartición</b>              | Febrero-Junio   |
| <b>Idioma de impartición</b>               | Castellano  |
| <b>Titulación</b>                          | 09BM - Grado en Ingeniería Biomedica                            |
| <b>Centro responsable de la titulación</b> | 09 - Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación |
| <b>Curso académico</b>                     | 2020-21   |

## 2. Profesorado

### 2.1. Profesorado implicado en la docencia

| <b>Nombre</b>                                     | <b>Despacho</b> | <b>Correo electrónico</b> | <b>Horario de tutorías<br/>*</b>  |
|---|-----------------|---------------------------|---|
| Georgios Kontaxakis<br>Antoniadis (Coordinador/a) | C-229           | g.kontaxakis@upm.es       | M - 10:00 - 11:00<br>Es recomendable<br>concertar cita con el<br>profesor por correo<br>electrónico |
| Bryan Strange                                     | CTB             | bryan.strange@upm.es      | X - 12:00 - 13:00   |

\* Las horas de tutoría son orientativas y pueden sufrir modificaciones. Se deberá confirmar los horarios de tutorías con el profesorado.

## 2.3. Profesorado externo

| Nombre                    | Correo electrónico | Centro de procedencia |
|---------------------------|--------------------|-----------------------|
| Juan Enrique Ortuño Fisac | juanen@die.upm.es  | CIBER-BBN             |

## 3. Conocimientos previos recomendados

---

### 3.1. Asignaturas previas que se recomienda haber cursado

El plan de estudios Grado en Ingeniería Biomedica no tiene definidas asignaturas previas recomendadas para esta asignatura.

### 3.2. Otros conocimientos previos recomendados para cursar la asignatura

- Conocimientos básicos de las principales modalidades de imagen médica
- Conocimientos básicos de MATLAB

## 4. Competencias y resultados de aprendizaje

---

### 4.1. Competencias

CE11 - Calcular y representar gráficamente los parámetros más relevantes de un experimento utilizando funciones matemáticas.

CE12 - Saber buscar, obtener e interpretar la información de las principales bases de datos biomédicas y bibliográficos.

CE14 - Comprender los principios de la metodología científica; capacidad para su aplicación a la resolución de problemas en el campo de la ingeniería.

CE38 - Conocer los principios y las técnicas de medida de las magnitudes más relevantes en Ingeniería Biomédica.

CE42 - Conocer técnicas de muestreo y procesado de señales e imágenes para diversas aplicaciones en relación con la Ingeniería Biomédica.

CE43 - Capacidad de análisis e interpretación de señales e imágenes biomédicas.

CG01 - Desarrollar las habilidades de aprendizaje necesarias para emprender actividades o estudios posteriores de forma autónoma y con confianza.

CG07 - Ser capaz de utilizar el método científico.

CG09 - Tener capacidad de descripción, cuantificación, análisis y evaluación de resultados experimentales.

CG12 - Tener capacidad de iniciativa, integración, colaboración y potenciación de la discusión crítica en el ámbito del trabajo en equipo.

CG15 - Transmitir la información adquirida, las ideas, los problemas y las soluciones de forma oral y escrita en castellano e inglés.

## 4.2. Resultados del aprendizaje

RA52 - Explicar técnicas de adquisición y procesado de imágenes cerebrales avanzadas como arterial spin labeling, diffusion tensor imaging, voxel-based morphometry, statistical parametrical mapping

RA4 - Capacidad de emplear con rigor el lenguaje matemático.

RA50 - Explicar las distintas alternativas de adquisición de ecografía tridimensional, sus principales aplicaciones y tendencias de uso

RA56 - Describir los diferentes métodos de transformación: registro rígido, registro afín, registro no lineal o deformable, registro difeomórfico

RA59 - Diferenciar las situaciones para las que se aplica el registro multimodal o el registro monomodal, así como enumerar las diferencias entre registro basado en intensidad y el registro basado en características

RA60 - Describir las alternativas de diseño y la funcionalidad de los componentes principales en los sistemas de imagen PET

RA62 - Emplear las métricas de similitud aplicadas en registro de imágenes biomédicas basado en intensidad: información mutua, correlación cruzada, suma de diferencias al cuadrado

RA17 - Capacidad para elaborar informes con el tratamiento y la interpretación adecuada de resultados experimentales

RA47 - Proponer un método de registro adecuado para un problema específico, eligiendo entre las distintas técnicas explicadas en el curso e implementarlo utilizando software especializado

RA48 - Aplicar el proceso básico de innovación y emplear con éxito algunas herramientas de creatividad

RA2 - Capacidad de formalizar y analizar matemáticamente problemas científico-técnicos relacionados con el Cálculo

RA55 - Elaborar documentos y preparar presentaciones para difundir los resultados de los trabajos

RA58 - Distinguir entre la formación de sinogramas 2D y sinogramas 3D en PET

RA49 - Describir los principios básicos de las técnicas de perfusión y difusión en imágenes funcionales de resonancia magnética cerebral

RA53 - Distinguir aquellas tecnologías de imágenes biomédicas moleculares basadas en tecnologías híbridas, como PET/CT, PET/SPECT y PET/MRI

RA54 - Describir las distintas técnicas de adquisición de imágenes de ecografía de contraste

RA57 - Aplicar las operaciones básicas para implementar funciones avanzadas de procesamiento morfológico en imágenes estructurales de resonancia magnética cerebral

RA51 - Explicar los mecanismos de formación y reconstrucción de imagen en la tomografía por emisión de positrones

RA61 - Identificar las bases de la reconstrucción analítica y la reconstrucción iterativa en imagen tomográfica

## 5. Descripción de la asignatura y temario

---

### 5.1. Descripción de la asignatura

Uno de los factores que han contribuido de forma más significativa a la mejora de la atención médica que se ofrece en los actuales servicios de salud es la introducción de técnicas de imágenes biomédicas avanzadas. En este área se pretende diseñar y mejorar sistemas para obtener imágenes del interior del cuerpo de un paciente de forma no invasiva, mediante la medición de la respuesta de este cuerpo a fenómenos físicos, moleculares, metabólicos, o anatómicos. Aunque inicialmente se ha concentrado en el campo en imágenes anatómicas para información de diagnóstico, posteriormente la técnica se ha expandido en aplicaciones terapéuticas y funcionales. Hoy en día estas técnicas se aplican en multitud de disciplinas clínicas, desde el seguimiento gestacional durante el embarazo hasta las intervenciones quirúrgicas más complicadas, los servicios de diagnóstico radiológico avanzados o la optimización de la planificación en radioterapia, las sesiones de radioterapia, etc.

Particularmente desde el inicio de los años noventa se han producido enormes avances en técnicas diagnósticas y

terapéuticas basadas en tecnologías de imágenes biomédicas. Dichos avances no hubieran tenido lugar sin el desarrollo tecnológico acontecido a lo largo de este tiempo, desarrollo que ha actuado además de catalizador en el proceso. Estos avances se han basado en el aprovechamiento de ciertos principios físicos ampliamente conocidos desde hace muchas décadas o incluso desde los finales del siglo XIX (rayos X y gamma, resonancia magnética nuclear, etc.), así como en teoremas matemáticos (transformada *Radon*, transformada *Fourier*, algoritmo ML-EM, etc.) y otros avances en el campo de ciencias físicas (aceleradores de partículas, etc.) y químicas (agentes de contraste, radioquímica, etc.) para obtener imágenes in-vivo, tanto de la anatomía, como de la actividad funcional y metabólica de los elementos orgánicos inspeccionados. Por supuesto, este acontecimiento no hubiera podido ser posible sin el avance decisivo a partir de los años setenta de la instrumentación electrónica y el desarrollo de los sistemas computacionales durante las últimas décadas, decisivas para la realización de la gran cantidad de cálculo que se necesita tanto en el procesamiento de los datos adquiridos como en la formación final de la imagen a partir de estos datos.

El cómo aprovechar los principios físicos conocidos con anterioridad para conseguir el objetivo principal, así como la elección y combinación adecuada de las técnicas necesarias para cada modalidad, constituye una labor enormemente creativa e innovadora. No es de extrañar que en el desarrollo de estas técnicas y sistemas, los ingenieros han tenido un papel fundamental y han estado siempre allí, aportando las competencias multidisciplinares que se necesitan en este proceso creativo. Por supuesto, este trabajo ha estado complementado por físicos y matemáticos y por los facultativos destinatarios de estas modalidades y agentes activos en su consecución y análisis. Gracias precisamente a la presencia de equipos multidisciplinares en los entornos asistenciales, los sistemas de adquisición, procesado y visualización de imágenes biomédicas se han convertido en parte esencial del trabajo clínico rutinario.

Entre las técnicas más conocidas, ya vistas en asignaturas anteriores de este Grado, citamos en primer lugar la tomografía axial computerizada (TAC) de rayos X. Este método, muy utilizado en la práctica clínica, da lugar a un conjunto de imágenes que representan la anatomía del paciente. Los escáneres TAC proporcionan un conjunto de secciones axiales bi-dimensionales a partir de los cuales se reconstruye la imagen tridimensional. El principio físico de partida está en las diferentes atenuaciones a las que dan lugar los distintos tejidos sometidos a la radiación. La base matemática de la reconstrucción de la imagen TAC a partir de las proyecciones de los rayos X fue propuesta por Radon en 1917. Los ingenieros electrónicos *Godfrey Newbold Hounsfield* y *Allan M. Cormack* han obtenido el Nobel en 1979 por el descubrimiento y desarrollo de esta técnica.

Otro procedimiento es el de la imagen por resonancia magnética, más conocido por sus siglas en inglés: MRI (*magnetic resonance imaging*), que se obtiene mediante la utilización de campos magnéticos y señales de radiofrecuencia y se basa en el principio de la resonancia magnética nuclear descubierto en 1946 en el campo de la química física por *Felix Bloch* y *Edward Mills Purcell* que recibieron el Nobel en 1952 por esta aportación. En asignaturas anteriores se ha visto con detalle cómo los escáneres de MRI utilizan radiación no ionizante para producir contraste en tejidos blandos de forma no invasiva. En esta asignatura nos centramos en las partes de

tecnologías de imágenes biomédicas que no se trataron con suficiente detalle en las asignaturas anteriores: la tomografía por emisión de positrones (PET), junto con la modalidad de tomografía por emisión de fotón único (SPECT - *single photon emission computerized tomography*) y sus versiones híbridas combinadas con CT y MRI, así como en las técnicas más actuales de imágenes por ultrasonidos.

Por otro lado en esta asignatura nos centraremos también en técnicas y metodologías de procesamiento avanzado de las imágenes biomédicas. En primer lugar, se abordará el procesamiento especializado en estudios basados en neuroimagen, incluyendo las técnicas necesarias en estudios estructurales, como funcionales o de perfusión, utilizando los paquetes *software* de referencia en dicha rama. Como conclusión de esta parte de la asignatura, se realizará una visita a un centro de imagen de diagnóstico e investigación para conocer sus instalaciones, infraestructura, modo de operación y estaciones de trabajo, compartiendo con el personal del centro sus experiencias, consejos y opiniones sobre el futuro laboral y profesional de su área.

Por último, se abordarán los fundamentos teóricos del registro de imágenes y los métodos de registro más utilizados en imagen biomédica, pudiendo distinguir los distintos métodos según el tipo de transformación (registro rígido, afín y deformable) o según cómo se mide de diferencia entre imágenes (registro basado en características, o basado en niveles de gris) y poniendo en práctica dichos conocimientos desarrollando un algoritmo de registro de imágenes.

La asignatura cerrará con una sesión en forma de simulacro de un congreso. El evento estará organizado por los propios alumnos e incluirá una ponencia invitada de un profesional del sector, quien nos explicará de primera mano su experiencia profesional y las oportunidades laborales en el área de imágenes biomédicas tanto en el área de investigación e innovación como en el área directamente clínica. El evento continuará con una sesión en la cual los alumnos presentarán sus trabajos realizados a lo largo del curso sobre un tema elegido por ellos al principio del curso.

## 5.2. Temario de la asignatura

1. Introducción a la asignatura y charla inaugural
2. Tecnologías de imágenes biomédicas moleculares: Tomografía por emisión de positrones (PET) y sistemas híbridos
  - 2.1. Estado de arte de la tecnología PET, radiofarmacia y aplicaciones
  - 2.2. Sistemas preclínicos de alta resolución
  - 2.3. Sistemas híbridos PET/CT, PET/SPECT
  - 2.4. Nuevos sistemas PET/MRI: estado de arte de la tecnología
  - 2.5. Procesamiento y corrección de los datos adquiridos, y reconstrucción de imagen tomográfica en PET y los sistemas avanzados
  - 2.6. Práctica en laboratorio de los algoritmos de reconstrucción de imagen en PET
3. Técnicas avanzadas en ecografía:
  - 3.1. Nuevas tecnologías de adquisición.
  - 3.2. El uso de los ecopotenciadores.
  - 3.3. La imagen ecográfica tridimensional.
  - 3.4. La imagen ecográfica en procedimientos quirúrgicos y terapéuticos.
  - 3.5. Ejercicio práctico: manejo y prueba de un sistema de ecografía.
4. El análisis de imágenes cerebrales de resonancia magnética aplicado a la investigación clínica y cognitiva
  - 4.1. Estudios estructurales
    - 4.1.1. Voxel based Morphometry (SPM)
    - 4.1.2. Automated volumetric analysis (Freesurfer)
    - 4.1.3. Automated volumetric analysis (Freesurfer)
  - 4.2. Estudios funcionales
    - 4.2.1. Resting-state functional MRI (seed-based connectivity and automated network detection)
    - 4.2.2. Analysis of task-based fMRI
  - 4.3. Estudios de perfusion
    - 4.3.1. Arterial-spin labelling (acquisition and analysis)
  - 4.4. Ejercicio práctico: análisis de neuroimágenes

## 5. Registro de imágenes biomédicas.

5.1. Introducción al registro de imagen.

5.2. Espacio de búsqueda. Tipos de transformación: registro rígido, afín y deformable.

5.3. Espacio de características. Registro basado en características vs registro basado en niveles de gris.

5.4. Métricas de similitud y algoritmos de optimización.

5.5. Técnicas de registro no rígido de imágenes biomédicas.

5.6. Ejercicio práctico: diseño y uso de métodos de registro de imágenes biomédicas.

## 6. Conferencia invitada

7. Presentación de los trabajos finales - Congreso fin de curso

8. Visita a centro de diagnóstico por imagen e investigación

## 6. Cronograma

### 6.1. Cronograma de la asignatura \*

| Sem | Actividad presencial en aula  | Actividad presencial en laboratorio   | Tele-enseñanza | Actividades de evaluación   |
|-----|---|---|----------------|---|
| 1   | Introducción a la asignatura y charla inaugural.<br>Duración: 02:30<br>LM: Actividad del tipo Lección Magistral   |   |                | Asistencia a clase y participación en los Foros en Moodle a lo largo del curso.<br>OT: Otras técnicas evaluativas<br>Evaluación continua<br>Presencial<br>Duración: 00:00           |
| 2   | Tecnologías de imágenes biomédicas moleculares - Tomografía por emisión de positrones (PET) y sistemas avanzados (Parte 1)<br>Duración: 02:30<br>LM: Actividad del tipo Lección Magistral |   |                |   |
| 3   | Tecnologías de imágenes biomédicas moleculares - Tomografía por emisión de positrones (PET) y sistemas avanzados (Parte 2)<br>Duración: 02:30<br>LM: Actividad del tipo Lección Magistral | Seminario sobre presentaciones en público / Reunión sobre la preparación del Congreso final<br>Duración: 02:00<br>AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas                            |                |   |
| 4   | Tecnologías de imágenes biomédicas moleculares: Reconstrucción de imagen en la tomografía por emisión de positrones<br>Duración: 02:30<br>LM: Actividad del tipo Lección Magistral        |   |                | Evaluación de los resultados de la práctica<br>TI: Técnica del tipo Trabajo Individual<br>Evaluación continua y sólo prueba final<br>No presencial<br>Duración: 00:00               |
| 5   |   | Tecnologías de imágenes biomédicas moleculares: Reconstrucción de imagen en la tomografía por emisión de positrones<br>Duración: 02:30<br>PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio |                |   |
| 6   | Técnicas avanzadas en ecografía<br>Duración: 02:30<br>LM: Actividad del tipo Lección Magistral  |   |                |   |
| 7   |   | Técnicas avanzadas en ecografía<br>Duración: 02:15<br>PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio   |                | Evaluación de los resultados de la práctica en el laboratorio.<br>TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo<br>Evaluación continua y sólo prueba final<br>Presencial<br>Duración: 00:15 |
| 8   | Registro de imágenes biomédicas<br>Duración: 02:30<br>LM: Actividad del tipo Lección Magistral  |   |                |   |

|    |  |   |  |   |
|----|--|---|--|---|
| 9  | <b>Registro de imágenes biomédicas</b><br>Duración: 01:30<br>LM: Actividad del tipo Lección Magistral                                | <b>Ejercicio práctico: métodos de registro de imagen manuales, semiautomáticos y automáticos.</b><br>Duración: 01:00<br>PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio |  | <b>Evaluación de los resultados de la práctica en el laboratorio.</b><br>TI: Técnica del tipo Trabajo Individual<br>Evaluación continua y sólo prueba final<br>No presencial<br>Duración: 00:00   |
| 10 | <b>El análisis de imágenes cerebrales MRI. Estudios estructurales</b><br>Duración: 02:30<br>LM: Actividad del tipo Lección Magistral |   |  | <b>Examen parcial</b><br>EX: Técnica del tipo Examen Escrito<br>Evaluación continua<br>Presencial<br>Duración: 02:00  |
| 11 | <b>El análisis de imágenes cerebrales MRI. Estudios funcionales.</b><br>Duración: 02:30<br>LM: Actividad del tipo Lección Magistral  |   |  |   |
| 12 | <b>El análisis de imágenes cerebrales MRI. Estudios de perfusión.</b><br>Duración: 01:30<br>LM: Actividad del tipo Lección Magistral | <b>Procesamiento avanzado morfológico de imagen.</b><br>Duración: 01:00<br>PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio  |  | <b>Evaluación de los resultados de la práctica en el laboratorio.</b><br>TI: Técnica del tipo Trabajo Individual<br>Evaluación continua y sólo prueba final<br>No presencial<br>Duración: 00:00   |
| 13 | <b>Visita a Centro de Diagnóstico e Investigación</b><br>Duración: 03:00<br>OT: Otras actividades formativas                         |   |  |   |
| 14 | <b>Conferencia Invitada y debate</b><br>Duración: 01:00<br>OT: Otras actividades formativas  |   | <b>Presentación de los trabajos de la asignatura.</b><br>Duración: 01:30<br>AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas | <b>Evaluación de los trabajos finales y su presentación.</b><br>PG: Técnica del tipo Presentación en Grupo<br>Evaluación continua y sólo prueba final<br>Presencial<br>Duración: 00:00<br><br><b>Informe de auto-evaluación. No tiene peso en la nota final, sin embargo sin la entrega de este informe no se publicará la nota por evaluación continua.</b><br>OT: Otras técnicas evaluativas<br>Evaluación continua<br>No presencial<br>Duración: 00:30 |
| 15 |  |   |  |   |
| 16 |  |   |  |   |
| 17 |  |   |  | <b>Examen Final</b><br>EX: Técnica del tipo Examen Escrito<br>Evaluación sólo prueba final<br>Presencial<br>Duración: 02:00   |

Para el cálculo de los valores totales, se estima que por cada crédito ECTS el alumno dedicará dependiendo del plan de estudios, entre 26 y 27 horas de trabajo presencial y no presencial.

\* El cronograma sigue una planificación teórica de la asignatura y puede sufrir modificaciones durante el curso derivadas de la situación creada por la COVID-19.

## 7. Actividades y criterios de evaluación

### 7.1. Actividades de evaluación de la asignatura

#### 7.1.1. Evaluación continua

| Sem. | Descripción   | Modalidad                               | Tipo          | Duración | Peso en la nota | Nota mínima | Competencias evaluadas   |
|------|---|---|---------------|----------|-----------------|-------------|--|
| 1    | Asistencia a clase y participación en los Foros en Moodle a lo largo del curso. | OT: Otras técnicas evaluativas          | Presencial    | 00:00    | 10%             | / 10        | CE11<br>CE14<br>CE38<br>CE12<br>CG01<br>CE43<br>CG09<br>CE42<br>CG15<br>CG07<br>CG12 |
| 4    | Evaluación de los resultados de la práctica                                     | TI: Técnica del tipo Trabajo Individual | No Presencial | 00:00    | 14%             | 0 / 10      | CE12<br>CG01<br>CE11<br>CE14<br>CE38<br>CE43<br>CG09<br>CE42<br>CG15<br>CG07<br>CG12 |
| 7    | Evaluación de los resultados de la práctica en el laboratorio.                  | TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo   | Presencial    | 00:15    | 7%              | 0 / 10      |  |
| 9    | Evaluación de los resultados de la práctica en el laboratorio.                  | TI: Técnica del tipo Trabajo Individual | No Presencial | 00:00    | 14%             | / 10        |  |
| 10   | Examen parcial  | EX: Técnica del tipo Examen Escrito     | Presencial    | 02:00    | 30%             | 0 / 10      | CE14<br>CE38<br>CE12<br>CG01<br>CE43<br>CG09<br>CE11<br>CE42<br>CG15                 |

|    |   |  |               |       |     |        |  |
|----|---|--|---------------|-------|-----|--------|--|
|    |   |  |               |       |     |        | CG07<br>CG12   |
| 12 | Evaluación de los resultados de la práctica en el laboratorio.  | TI: Técnica del tipo Trabajo Individual    | No Presencial | 00:00 | 10% | 0 / 10 |  |
| 14 | Evaluación de los trabajos finales y su presentación.   | PG: Técnica del tipo Presentación en Grupo | Presencial    | 00:00 | 15% | 0 / 10 | CE14<br>CE38<br>CE12<br>CG01<br>CE43<br>CG09<br>CE42<br>CG15<br>CG07<br>CG12<br>CE11 |
| 14 | Informe de auto-evaluación. No tiene peso en la nota final, sin embargo sin la entrega de este informe no se publicará la nota por evaluación continua. | OT: Otras técnicas evaluativas             | No Presencial | 00:30 | 0%  | 0 / 10 |  |

### 7.1.2. Evaluación sólo prueba final

| Sem | Descripción  | Modalidad                               | Tipo          | Duración | Peso en la nota | Nota mínima | Competencias evaluadas   |
|-----|--|---|---------------|----------|-----------------|-------------|--|
| 4   | Evaluación de los resultados de la práctica                    | TI: Técnica del tipo Trabajo Individual | No Presencial | 00:00    | 14%             | 0 / 10      | CE12<br>CG01<br>CE11<br>CE14<br>CE38<br>CE43<br>CG09<br>CE42<br>CG15<br>CG07<br>CG12 |
| 7   | Evaluación de los resultados de la práctica en el laboratorio. | TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo   | Presencial    | 00:15    | 7%              | 0 / 10      |  |
| 9   | Evaluación de los resultados de la práctica en el laboratorio. | TI: Técnica del tipo Trabajo Individual | No Presencial | 00:00    | 14%             | / 10        |  |
| 12  | Evaluación de los resultados de la práctica en el laboratorio. | TI: Técnica del tipo Trabajo Individual | No Presencial | 00:00    | 10%             | 0 / 10      |  |

|    |   |  |            |       |     |        |  |
|----|---|--|------------|-------|-----|--------|--|
| 14 | Evaluación de los trabajos finales y su presentación. | PG: Técnica del tipo Presentación en Grupo | Presencial | 00:00 | 15% | 0 / 10 | CE14<br>CE38<br>CE12<br>CG01<br>CE43<br>CG09<br>CE42<br>CG15<br>CG07<br>CG12<br>CE11 |
| 17 | Examen Final  | EX: Técnica del tipo Examen Escrito        | Presencial | 02:00 | 40% | 0 / 10 | CE11<br>CE14<br>CE38<br>CE12<br>CG01<br>CE43<br>CG09<br>CE42<br>CG15<br>CG07<br>CG12 |

### 7.1.3. Evaluación convocatoria extraordinaria

| Descripción  | Modalidad                                    | Tipo       | Duración | Peso en la nota | Nota mínima | Competencias evaluadas |
|--|--|------------|----------|-----------------|-------------|------------------------|
| Examen escrito sobre toda la materia impartida   | EX: Técnica del tipo Examen Escrito          | Presencial | 02:00    | 40%             | / 10        |                        |
| Entrega de los trabajos realizados a lo largo del curso                                      | TI: Técnica del tipo Trabajo Individual      | Presencial | 00:00    | 45%             | / 10        |                        |
| Evaluación del trabajo final y su presentación frente al tribunal de examen de la asignatura | PI: Técnica del tipo Presentación Individual | Presencial | 00:00    | 15%             | / 10        |                        |

## 7.2. Criterios de evaluación

La asignatura se aprobará cuando se obtenga **una calificación mayor o igual a 5 puntos** sobre un total de 10.

Los alumnos serán evaluados, por defecto, mediante **evaluación continua**. La calificación de la asignatura para estos alumnos se realizará del siguiente modo:

- **10%** del control de asistencia a clase y la participación en los foros, Wikis, y demás elementos participativos del espacio Moodle de la asignatura
- **30%** del examen parcial
- **45%** del trabajo realizado en el laboratorio y las entregas de trabajos en Moodle
- **15%** de la evaluación del trabajo final y su presentación en la sesión de la última semana del curso.

Los estudiantes serán evaluados, por defecto, mediante evaluación continua. Las notas de la evaluación continua se publicarán en el espacio Moodle de la asignatura previa entrega por cada estudiante de un informe de auto-evaluación, en el cual el propio estudiante realizará una reflexión sobre su grado de consecución de los resultados de aprendizaje de la asignatura.

El estudiante que desee **renunciar de forma definitiva a la evaluación continua** y optar a la **evaluación por prueba final** (formada por las actividades de evaluación global de la asignatura que se presentan a continuación), deberá comunicarlo por escrito a través de correo electrónico al coordinador de la asignatura antes de la última semana del curso.

La evaluación comprobará si los estudiantes han adquirido las competencias de la asignatura. Por tanto, la evaluación mediante prueba final usará los mismos tipos de técnicas evaluativas que se usan en la evaluación continua y se realizarán en las fechas y horas de evaluación final aprobadas por la Junta de Escuela para el presente curso y semestre, salvo aquellas actividades de evaluación de resultados del aprendizaje de difícil calificación en una prueba final. En este caso, la calificación final se obtendría únicamente de la calificación de una serie de pruebas de tipo "examen final", que consistirá en:

- **40%** de un examen escrito sobre la materia impartida
- **15%** de la evaluación del trabajo final y su presentación en la sesión de la última semana del curso (o, en su caso, en convocatoria extraordinaria, frente al tribunal de evaluación de la asignatura)
- **45%** de las entregas de los trabajos y las prácticas que realizarán los alumnos de la modalidad de evaluación continua, que en este caso deberán entregarse en su totalidad hasta el día anterior al examen escrito.

La evaluación en la convocatoria extraordinaria se realizará exclusivamente a través del sistema de prueba final.

## 8. Recursos didácticos

### 8.1. Recursos didácticos de la asignatura

| Nombre  | Tipo         | Observaciones   |
|---|--------------|---|
| Paul Suetens, "Fundamentals of Medical Imaging". 2nd ed., Cambridge Univ. Press, 2009.                    | Bibliografía | ISBN:9780521519151  |
| M.E. Phelps, "PET Molecular Imaging and Its Biological Applications", Springer, 2004                      | Bibliografía | Capítulo 1: "PET: Physics, Instrumentation, and Scanners" del libro de M.E. Phelps (ISBN 978-0-387-22529-6)<br /> <a href="https://www.springer.com/gp/book/9780387403595">https://www.springer.com/gp/book/9780387403595</a> |
| Rafael C. Gonzalez, Richard E. Woods, "Digital Image Processing". Pearson Prentice Hall, 2008.            | Bibliografía | ISBN 0-13-168728-x  |
| Troy Farncombe, Kris Iniewski, "Medical Imaging: Technology and Applications". CRC Press, 2013.           | Bibliografía | Disponible online desde una IP de la UPM: <a href="http://proquest.safaribooksonline.com/book/medicine/9781466582637">http://proquest.safaribooksonline.com/book/medicine/9781466582637</a> <br />ISBN-13: 978-1-4665-8262-0  |
| Gengsheng Lawrence Zeng, "Medical Image Reconstruction: A Conceptual Tutorial". Springer Heidelberg. 2010 | Bibliografía | ISBN 978-3-642-05367-2; e-ISBN 978-3-642-05368-9<br />  |
| Espacio Moodle de la asignatura   | Recursos web | <a href="https://moodle.upm.es/titulaciones/oficiales/course/view.php?id=6243">https://moodle.upm.es/titulaciones/oficiales/course/view.php?id=6243</a>   |

## 9. Otra información

---

### 9.1. Otra información sobre la asignatura

La planificación en el cronograma se ha realizado en base a la previsión de una docencia 100% presencial durante el 2º semestre del curso 2020-21. Si por causas de fuerza mayor esta presencialidad no se puede mantener, todas las actividades lectivas previstas en la columna "Actividad Presencial en Aula" pasarán a impartirse en modo de tele-enseñanza. En este caso, tanto el examen escrito como el evento de fin de curso se realizarán de forma online. En caso de docencia online se emplearán las plataformas ZOOM y TEAMS.

Las visitas a centros de diagnóstico estarán sujetas a la confirmación de los anfitriones y las restricciones sanitarias o de cualquier otro índole vigentes en el momento de realizar dichas visitas.

Cualquier comunicación fuera del aula con los profesores de la asignatura se iniciará a través del correo electrónico indicado en la sesión correspondiente de esta Guía. Todos los profesores resolverán cualquier incidencia, duda u otro tipo de petición de la manera más rápida posible.

La asignatura se relaciona con el 4º objetivo de desarrollo sostenible (ODS) y especialmente el subobjetivo 4.4: Aumentar considerablemente el número de jóvenes y adultos que tienen las competencias profesionales y técnicas necesarias para acceder al empleo y al emprendimiento.