



Guía docente de la asignatura

Asignatura	Adquisición y Procesado de Imagen de Resonancia Magnética		
Materia	Análisis de Datos Biomédicos		
Módulo	Módulo Optativo 2 de Especialización Técnica		
Titulación	Máster en Ingeniería Biomédica		
Plan	723	Código	55384
Periodo de impartición	2C	Tipo/Carácter	Optativa
Nivel/Ciclo	Máster	Curso	1
Créditos ECTS	4,5		
Lengua en que se imparte	Castellano		
Profesor/es responsable/s	Rodrigo de Luis García / Marcos Martín Fernández		
Datos de contacto (E-mail, teléfono...)	rodrigo.luis@tel.uva.es . Tfno: 983 423000 ext. 5569 marcma@tel.uva.es . Tfno: 983 423000 ext. 5551		
Departamento	Teoría de la Señal, Comunicaciones e Ingeniería Telemática		
Fecha de revisión por el Comité de Título	24 de junio de 2024		



1. Situación / Sentido de la Asignatura

1.1 Contextualización

La asignatura “Adquisición y Procesado de Imagen de Resonancia Magnética” forma parte del módulo denominado “Análisis de datos biométricos”. Dicho módulo está constituido por las asignaturas “Big Data en el ámbito de la salud”, “Neuroingeniería” y la asignatura objeto de esta ficha. La primera de ellas se imparte en el segundo cuatrimestre, mientras que las dos restantes se imparten en el segundo.

Dentro del mundo del diagnóstico por imagen existen diversas modalidades, como es bien conocido. La resonancia magnética es una de ellas y tiene gran popularidad en el diagnóstico por imagen, ya que no sólo permite obtener estupendos contrastes en los tejidos denominados genéricamente “blandos” de manera no invasiva, sino que también goza de una gran versatilidad, pues permite generar imágenes anatómicas y funcionales.

Tal versatilidad viene acompañada de cierta complejidad en la tecnología desplegada en los aparatos de resonancia, así como en los propios procedimientos de adquisición; numerosos parámetros están involucrados en el proceso de adquisición de la imagen y su correcta selección es clave a la hora de conseguir imágenes de alta calidad que sirvan de base fidedigna para la toma de decisiones.

A partir de las adquisiciones se obtienen grandes cantidades de datos que, oportunamente procesados, permiten explotar todo el potencial de esta modalidad de imagen.

En la asignatura nos centraremos, en consecuencia, en ambos aspectos, adquisición y procesado, para que el estudiantado alcance una base que le permita desarrollarse en esta modalidad en su futuro profesional.

1.2 Relación con otras materias

Esta asignatura tiene relación con dos asignaturas del grado en Ingeniería Biomédica que se imparte actualmente en la Universidad de Valladolid, a saber, Fundamentos de Imagen Médica y Procesado de Señal e imagen Médica. La primera de ellas describía diversas modalidades de imagen médica mientras que la segunda se centraba en aspectos generales del procesado de las imágenes obtenidas a partir de alguna (o varias) de las modalidades de imagen. La asignatura que nos ocupa es una especialización de una de las modalidades vistas en Fundamentos de Imagen Médica y se abordará tanto desde la perspectiva de la adquisición como desde la perspectiva del postprocesado.



1.3 Prerrequisitos

No existen prerrequisitos formales para cursar la asignatura “Adquisición y Procesado de Imagen de Resonancia Magnética”, si bien es deseable disponer de conocimientos a nivel de grado de matemáticas y señales y sistemas.

2. Competencias

2.1 Competencias específicas

CM-DB-4: Capacidad para aplicar fundamentos matemáticos y físicos para la generación de imagen por resonancia magnética y para simular la programación de secuencias y estudiar sus efectos sobre la generación de imagen resonancia.

CM-DB-5: Capacidad para comprender y aplicar métodos avanzados de procesado y análisis de imagen médica en el contexto de la resonancia magnética.

2.2 Contenidos

CN-DB-2: Comprender las metodologías asociadas al tratamiento de imágenes médicas de resonancia magnética, así como un conocimiento profundo sobre técnicas habituales de procesado de imagen (filtrado, registrado, segmentación).

2.3 Habilidades

HD-DB-4: Simular secuencias de resonancia magnética, describiendo matemáticamente los efectos de éstas sobre el proceso de generación de imagen.

HD-DB-5: Manejar herramientas informáticas para el procesado de imágenes de resonancia, como filtrado, registrado o segmentación.

3. Objetivos

1. Comprender el principio en que se basa la imagen por resonancia magnética, del que se derivan los aspectos básicos de su adquisición.
2. Conocer y ser capaz de programar las principales secuencias.
3. Caracterizar analíticamente la señal a obtener a partir de algunas secuencias.
4. Comprender el origen de los artefactos más comunes en resonancia y entender los procedimientos para su mitigación.
5. Comprender el original de los modelos de señal aplicados a diversas modalidades de resonancia magnética.
6. Comprender el concepto de ruido térmico en la adquisición y la importancia de su correcto modelado.
7. Conocer las técnicas básicas de procesamiento estadístico para la mejora de la relación señal a ruido.
8. Conocer las técnicas de segmentación y registrado de imagen que comúnmente se utilizan con imágenes por resonancia magnética.
9. Familiarizarse con herramientas y *pipelines* específicamente diseñados para procesamiento de imágenes por resonancia magnética.
10. Plantear y resolver los problemas propios de la asignatura.
11. Diseñar y realizar pruebas experimentales de los resultados teóricos adquiridos.
12. Adquirir el hábito de la consulta bibliográfica y el contraste con las ideas y resultados expuestos en las lecciones magistrales.

4. Contenidos y/o bloques temáticos

Bloque 1: Introducción a la teoría de la estimación

Carga de trabajo en créditos ECTS:

2,7

a. Contextualización y justificación

Este bloque constituye el primero de los dos en que esta asignatura se estructura y consta de los temas necesarios para que el alumno se familiarice con los métodos de adquisición de resonancia magnética, el análisis de diferentes modalidades y los modelos de señal asociados.

b. Objetivos de aprendizaje

1. Comprender el principio en que se basa la imagen por resonancia magnética, del que se derivan los aspectos básicos de su adquisición.
2. Conocer y ser capaz de programar las principales secuencias.
3. Caracterizar analíticamente la señal a obtener a partir de algunas secuencias.
4. Comprender el origen de los artefactos más comunes en resonancia y entender los procedimientos para su mitigación.
5. Comprender el origen de los modelos de señal aplicados a diversas modalidades de resonancia magnética.
6. Plantear y resolver los problemas propios de la asignatura.
7. Diseñar y realizar pruebas experimentales de los resultados teóricos adquiridos.
8. Adquirir el hábito de la consulta bibliográfica y el contraste con las ideas y resultados expuestos en las lecciones magistrales.

c. Contenidos

TEMA 1: Fundamentos de adquisición y reconstrucción de resonancia magnética

- 1.1 Fundamentos matemáticos
- 1.2 Generación y detección de señal. Ecos
- 1.3 Localización de señal y espacio K
- 1.4 Secuencias
- 1.5 Reconstrucción
- 1.6 Artefactos comunes en resonancia

TEMA 2: Elementos para la simulación de resonancia magnética

- 2.1 Fantomas
- 2.2 Pulsos de radiofrecuencia
- 2.3 Gradientes
- 2.4 Secuencias
- 2.5 Reconstrucción

TEMA 3: Secuencias para fines específicos

- 3.1 Imagen cardíaca. Sincronización
- 3.2 Angiografía y contraste de fase
- 3.3 Relaxometría e imagen cuantitativa
- 3.4 Difusión
- 3.5 Perfusión
- 3.6 Resonancia funcional

3.7 Otras secuencias

d. Métodos docentes

- Clase magistral participativa
- Resolución de problemas por el profesor y en grupo
- Exposiciones de trabajos y ejercicios

e. Plan de trabajo

La siguiente Tabla refleja la distribución orientativa de todas las actividades. Cabe destacar que las últimas dos horas se destinarán a la exposición de los trabajos en grupo.

Temas	Duración aproximada (horas presenciales)	Periodo previsto de desarrollo
Presentación de la asignatura	1	Semana 1
Tema 1. Fundamentos de adquisición y reconstrucción de resonancia magnética	10	Semanas 1-4
Tema 2. Elementos para la simulación de resonancia magnética	10	Semanas 4-7
Tema 3. Secuencias para fines específicos	6	Semanas 8-9

f. Evaluación

La evaluación de la adquisición de competencias se basará en:

- Examen sobre los contenidos teóricos.
- Elaboración y exposición de los trabajos realizados tanto de manera individual como en grupo. Este apartado consta de la entrega individual de ejercicios y/o de un trabajo realizado en grupo, el cual se realizará en horas de trabajo no presencial.

g. Material docente

g.1 Bibliografía básica

- Liang ZP, Lauterbur PC. *Principles of Magnetic Resonance Imaging: A Signal Processing Perspective*, Vol. 4, John Wiley & Sons; 1999. doi: 10.1109/9780470545652
- Bernstein MA, King KF, Zhou XJ (eds.). *Handbook of MRI Pulse Sequences*, Elsevier. 2004. doi: 10.1016/B978-0-12-092861-3.X5000-6

g.2 Bibliografía complementaria

- Van der Kouwe AJW, Andre JB (eds.). *Motion correction in MR: correction of position, motion and dynamic changes*, Vol. 6, Elsevier. 2022. <https://www.sciencedirect.com/bookseries/advances-in-magnetic-resonance-technology-and-applications/vol/6/suppl/C>
- Dale BM, Brown MA, Semelka RC. *MRI: Basic Principles and Applications*, Wiley. 2015. doi: 10.1002/9781119013068

g.3 Otros recursos telemáticos (píldoras de conocimiento, blogs, videos, revistas digitales, cursos masivos (MOOC), ...)

<https://www.mriquestions.com/index.html>

<https://mrimaster.com/>

<https://www.cis.rit.edu/htbooks/mri/>

h. Recursos necesarios

Todos los recursos telemáticos necesarios para cursar la asignatura se enlazarán a través de la página de la asignatura en el Campus Virtual.

Serán necesarios los siguientes recursos, todos ellos facilitados por la UVa o el profesor:

- Documentación de apoyo.
- Pizarra, ordenador y cañón de proyección en las aulas para las clases magistrales participativas.
- Entorno de trabajo en la plataforma *Moodle* ubicado en el Campus Virtual de la UVa.

i. Temporalización

CARGA ECTS	PERIODO PREVISTO DE DESARROLLO
2,7	Semanas 1 a 9 del cuatrimestre

Bloque 2: Procesado de imagen por resonancia magnética

Carga de trabajo en créditos ECTS:

a. Contextualización y justificación

En este bloque se presupone que el alumno está familiarizado con las técnicas básicas de procesado de imagen médica en un sentido genérico. A partir de las peculiaridades de la modalidad de resonancia magnética, se pretende dar una visión más especializada de aquellas técnicas de procesado orientadas a la resonancia magnética en particular. Los contenidos tendrán un marcado carácter aplicado, y se orientarán a técnicas, herramientas y *pipelines* comúnmente utilizadas en la práctica.

b. Objetivos de aprendizaje

1. Comprender el concepto de ruido térmico en la adquisición y la importancia de su correcto modelado.
2. Conocer las técnicas básicas de procesado estadístico para la mejora de la relación señal a ruido.
3. Conocer las técnicas de segmentación y registrado de imagen que comúnmente se utilizan con imágenes de resonancia magnética.
4. Familiarizarse con herramientas y *pipelines* concretos específicamente diseñados para procesado de imágenes de resonancia magnética.

c. Contenidos

TEMA 4: Técnicas de procesado de imagen orientadas a resonancia magnética

- 4.1 Ruido en resonancia magnética. Modelos analíticos.
- 4.2 Filtrado de ruido en resonancia magnética.
- 4.3 Segmentación de resonancia magnética.
- 4.4 Registrado de resonancia magnética.
- 4.5 Visualización de datos de resonancia magnética.

d. Métodos docentes

- Clase magistral participativa
- Empleo de herramientas software genéricas (ej: Matlab)
- Empleo de herramientas software específicas para el procesado de imágenes por resonancia magnética

e. Plan de trabajo

La siguiente Tabla refleja la distribución orientativa de todas las actividades. Cabe destacar que cada parte incluye tanto horas de aula como de laboratorio.

Temas	Duración aproximada (horas presenciales)	Periodo previsto de desarrollo
Presentación del bloque	1	Semana 10
Tema 4.1 Ruido en resonancia magnética. Modelos analíticos.	2	Semana 10
Tema 4.2 Filtrado de ruido en resonancia magnética	4,5	Semanas 11-12
Tema 4.3 Segmentación de resonancia magnética	4,5	Semanas 11 y 13
Tema 4.4 Registrado de resonancia magnética	4	Semanas 14-15
Tema 4.5 Visualización de datos de resonancia magnética	1	Semana 15

f. Evaluación

La evaluación de la adquisición de competencias se basará en:

- Examen sobre los contenidos teóricos
- Prácticas de procesado de imagen de RM realizadas por el alumno, de forma individual o en grupo, con software de propósito general y específico de procesado de imagen por resonancia magnética. Se deberá entregar un informe en el que se muestren los resultados y se responda a las cuestiones planteadas.

g. Material docente

g.1 Bibliografía básica

- Jain AK. *Fundamentals of digital image processing*, Prentice Hall, 1999. <http://ultra.sdk.free.fr/docs/DxO/Fundamentals%20of%20Digital%20Image%20Processing.pdf>
- Bankman IN (ed.). *Handbook of Medical Imaging*, Elsevier, 2000. <https://www.sciencedirect.com/book/9780120777907/handbook-of-medical-imaging>

g.2 Bibliografía complementaria

- Aja-Fernández S, Vegas-Sánchez-Ferrero G. *Statistical Analysis of Noise in MRI: Modeling, Filtering and Estimation*, Springer, 2016. doi: 10.1007/978-3-319-39934-8

Adicionalmente, se proporcionarán referencias sobre artículos que contengan técnicas específicas de procesado que sean de especial interés para el desarrollo de la asignatura.

g.3 Otros recursos telemáticos (píldoras de conocimiento, blogs, videos, revistas digitales, cursos masivos (MOOC), ...)

Se proporcionarán de forma dinámica a los alumnos a lo largo del curso.

h. Recursos necesarios

Aparte de los recursos especificados para el Bloque 1, las prácticas de la asignatura se realizarán utilizando software libre que se proporcionará a los alumnos en cada momento, con la excepción del software Matlab, para el cual los alumnos disponen de licencia de Campus a través de la Universidad de Valladolid.

i. Temporalización

CARGA ECTS	PERIODO PREVISTO DE DESARROLLO
1,8	Semanas 10 a 15 del cuatrimestre

5. Métodos docentes y principios metodológicos

La asignatura se impartirá mediante clases magistrales participativas, sesiones de problemas resueltos por el profesor, seminarios de resolución de problemas por parte de los alumnos, prácticas de laboratorio y exposiciones de trabajos.

6. Tabla de dedicación del estudiante a la asignatura

ACTIVIDADES PRESENCIALES o PRESENCIALES A DISTANCIA ⁽¹⁾	HORAS	ACTIVIDADES NO PRESENCIALES	HORAS
Clases teórico-prácticas (T/M)	22	Estudio y trabajo autónomo individual	45
Clases prácticas de aula (A)	11	Estudio y trabajo autónomo grupal	22,5
Laboratorios (L)	9		
Prácticas externas, clínicas o de campo	0		
Seminarios (S)	3		
Tutorías grupales (TG)	0		
Evaluación (fuera del periodo oficial de exámenes)	0		
Total presencial	45	Total no presencial	67,5
TOTAL presencial + no presencial			112,5

(1) Actividad presencial a distancia es aquella en la que un grupo de alumnos sigue una videoconferencia de forma síncrona a la clase impartida por el profesor.

7. Sistema y características de la evaluación

INSTRUMENTO/PROCEDIMIENTO	PESO EN LA NOTA FINAL	OBSERVACIONES
Examen	40 %	25 % corresponde al Bloque 1 y 15 % al Bloque 2
Entrega de ejercicios	20 %	Bloque 1
Elaboración y exposición de trabajos seleccionados	15 %	Bloque 1
Prácticas de laboratorio	25 %	Bloque 2



CRITERIOS DE CALIFICACIÓN

- **Convocatoria ordinaria:**
 - La calificación de la convocatoria ordinaria se obtendrá mediante la suma de las calificaciones obtenidas en los instrumentos de evaluación indicados en la tabla anterior.

- **Convocatoria extraordinaria^(*):**
 - El alumno deberá hacer una prueba escrita que se establecerá a tal efecto, cuyo valor será el 40% de la nota final. El resto de las calificaciones se entenderán que son calificaciones “por curso”. Dado que los trabajos e informes miden la evolución del proceso de aprendizaje, caso de realización individual, o desarrollan la competencia de trabajo en grupo, caso de realización grupal, únicamente serán objeto de convocatoria extraordinaria las prácticas de laboratorio y cuando resulten imprescindibles para que el alumno pueda superar la asignatura.

(*) Se entiende por convocatoria extraordinaria la segunda convocatoria.

Art. 35.4 del ROA 35.4. La participación en la convocatoria extraordinaria no quedará sujeta a la asistencia a clase ni a la presencia en pruebas anteriores, salvo en los casos de prácticas externas, laboratorios u otras actividades cuya evaluación no fuera posible sin la previa realización de las mencionadas pruebas.

<https://secretariageneral.uva.es/wp-content/uploads/VII.2.-Reglamento-de-Ordenacion-Academica.pdf>

8. Consideraciones finales

En el curso del Campus Virtual de la UVa correspondiente a la asignatura se incluirán los enlaces indexados a bibliografía específica, así como los recursos necesarios para los alumnos.