



UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA
DE MADRID



GUÍA DE APRENDIZAJE

DISEÑO COMPUTACIONAL ELECTROMAGNÉTICO PARA RF

MÁSTER EN INGENIERÍA DE RADIOFRECUENCIA

CURSO ACADÉMICO	CÓDIGO	CURSO	CRÉDITOS	CARÁCTER	SEMESTRE
2026-27	93001356	1	5 ECTS	OBLIGATORIA	PRIMER SEMESTRE
IDIOMA	CENTRO RESPONSABLE				
ESPAÑOL	E.T.S. DE INGENIEROS DE TELECOMUNICACION				
DEPARTAMENTO RESPONSABLE					
SEÑALES, SISTEMAS Y RADIOCOMUNICACIONES					

COORDINADOR/A

JUAN CORCOLES ORTEGA - juan.corcoles@upm.es

REQUISITOS OBLIGATORIOS

ASIGNATURAS REQUERIDAS

—

CONOCIMIENTOS PREVIOS RECOMENDADOS

ASIGNATURAS RECOMENDADAS

—

OTRAS RECOMENDACIONES

—

RESULTADOS

RD-822/2021

Competencias

- C1** Integrar conocimientos avanzados en ingeniería de radiofrecuencia para analizar, formular y resolver problemas complejos de carácter científico o tecnológico en contextos de investigación.
- S8** Elaborar, presentar y defender un Trabajo Fin de Máster original que integre de forma coherente los conocimientos, habilidades y metodologías adquiridas en el programa.

Conocimientos

- K2** Conocer de forma avanzada las leyes electromagnéticas y los modelos matemáticos que describen el comportamiento de circuitos, dispositivos y sistemas de RF en entornos de alta frecuencia.
- K7** Conocer las principales líneas de investigación y los avances científicos en el ámbito de la ingeniería de radiofrecuencia.

Habilidades o destrezas

- S1** Aplicar técnicas avanzadas de análisis electromagnético y simulación computacional para caracterizar circuitos, dispositivos y sistemas de radiofrecuencia en entornos experimentales o de investigación.

DESCRIPCIÓN

Esta asignatura tiene como objetivo la comprensión de los conceptos subyacentes a los métodos implementados en el software comercial más utilizado en diseño electromagnético (los comúnmente conocidos como “simuladores”). Gracias a ello, la asignatura dotará al estudiante de la capacidad y conocimientos para elegir qué paquete de software comercial y qué *solver* concreto del mismo será el más adecuado para resolver distintos problemas en la ingeniería de microondas y de antenas, así como poder entender y afinar las opciones avanzadas que se permitan ajustar.

El curso se desarrollará a través de la metodología activa *learning-by-doing*, combinando 1) alguna clase magistral donde se presentarán sucintamente los **conceptos** clave de manera integral, así como los fundamentos de varios **métodos**, con 2) clases prácticas en el laboratorio donde se utilizará el **software** comercial para incidir en los aspectos prácticos de los **métodos** y aplicar los conocimientos adquiridos sobre los **conceptos**.

Por tanto, la asignatura se estructura en tres pilares fundamentales: **conceptos**, **métodos** y **software**, que son enunciados a continuación:

Conceptos:**1. Fundamentos para simulación electromagnética con software comercial:**

- 1.1. Regímenes: (cuasi-) estática, full-wave, asintótica, *multiphysics*
- 1.2. Formulaciones: tiempo vs frecuencia, integral vs diferencial
- 1.3. Materiales, condiciones de contorno y excitaciones

2. Aspectos relevantes en los métodos implementados en software comercial:

- 2.1. Discretizaciones, mallados y grados de libertad
- 2.2. Convergencia (absoluta vs. relativa), estabilidad (esquema implícito/explicito)
- 2.3. Matrices y sistemas lineales: densas vs. llenas, *solvers* directos vs. iterativos
- 2.4. Técnicas de optimización: local/global, determinista/heurística, *cost function*

3. Consideraciones de la máquina de ejecución del software comercial:

- 3.1. Precisión: aritmética de *floating point* y errores de redondeo
- 3.2. Hardware: CPU vs GPU, RAM y otras memorias de caché
- 3.3. Paralelización y aceleración: *threads*, procesadores, memoria

Métodos:

- 1. Análisis modal y *Mode-Matching* (MM)
- 2. *Finite Element Method* (FEM)
- 3. *Method of Moments* (MoM) e *Integral Equation* (IE)
- 4. *Finite-Difference Time-Domain* (FDTD) y *Finite-Integration Technique* (FIT)
- 5. Métodos asintóticos: *Geometrical / Physical Optics* (GO/PO), *Geometrical / Uniform Theory of Diffraction* (GTD/UTD)

Software:

Ansys HFSS	CST Microwave Studio
TICRA Tools	Keysight Momentum

TEMARIO

1. Fundamentos para simulación electromagnética con software comercial

- 1.1. Regímenes: (cuasi-) estática, full-wave, asintótica, multiphysics
- 1.2. Formulaciones: tiempo vs frecuencia, integral vs diferencial
- 1.3. Materiales, condiciones de contorno y excitaciones

2. Aspectos relevantes en los métodos implementados en software comercial:

- 2.1. Discretizaciones, mallados y grados de libertad
- 2.2. Convergencia (absoluta vs. relativa), estabilidad (esquema implícito/explicito)
- 2.3. Matrices y sistemas lineales: densas vs. llenas, solvers directos vs. iterativos
- 2.4. Técnicas de optimización: local/global, determinista/heurística, cost function

3. Consideraciones de la máquina de ejecución del software comercial:

- 3.1. Precisión: aritmética de floating point y errores de redondeo
- 3.2. Hardware: CPU vs GPU, RAM y otras memorias de caché
- 3.3. Paralelización y aceleración: threads, procesadores, memoria

4. Métodos

- 4.1. Análisis modal y Mode-Matching (MM)
- 4.2. Finite Element Method (FEM)
- 4.3. Method of Moments (MoM) e Integral Equation (IE)
- 4.4. Finite-Difference Time-Domain (FDTD) y Finite-Integration Technique (FIT)
- 4.5. Métodos asintóticos: Geometrical / Physical Optics (GO/PO), Geometrical / Uniform Theory of Diffraction (GTD/UTD)

5. Software

- 5.1. Ansys HFSS

5.2. CST Microwave Studio

5.3. TICRA Tools

5.4. Keysight Momentum

ACTIVIDADES



Actividad evaluable



Actividad formativa

 Clases magistrales donde se presentarán sucintamente los conceptos clave de manera integral, así como los fundamentos de varios métodos implementados en el software comercial	SEMANAS 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 E
PRESENCIALIDAD Presencial DURACIÓN TOTAL 20h 00m LUGAR Aula (en horario) GRUPO Normal TEMAS T1 T2 T3 T4 T5 METODOLOGÍA Lección Magistral	
 Clases prácticas en el laboratorio donde se utilizará el software comercial para incidir en los aspectos prácticos de los métodos y aplicar los conocimientos adquiridos sobre los conceptos.	SEMANAS 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 E
PRESENCIALIDAD Presencial DURACIÓN TOTAL 26h 00m LUGAR Laboratorio GRUPO Reducido TEMAS T1 T2 T3 T4 T5 METODOLOGÍA Prácticas de Laboratorio	

Examen sobres los conceptos teóricos básicos de la asignatura

SEMANAS

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

E

PRESENCIALIDAD

DURACIÓN TOTAL

LUGAR

EVALUACIÓN

PONDERACIÓN

NOTA MÍNIMA

Presencial

02h 00m

Aula de examen

Progresiva, Global, Extraordinaria

50%

2

TEMAS

T1

T2

T3

T4

T5

METODOLOGÍA

Examen Escrito

RESULTADOS EVALUADOS

C1

K2

K7

S1

S8

Evaluación de la parte práctica de la asignatura sobre el uso de software comercial aplicando los conocimientos adquiridos

SEMANAS

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

E

PRESENCIALIDAD

DURACIÓN TOTAL

LUGAR

EVALUACIÓN

PONDERACIÓN

NOTA MÍNIMA

Presencial

02h 00m

Aula (en horario)

Progresiva, Global, Extraordinaria

50%

2

METODOLOGÍA

Proyecto en grupo

Trabajo en Grupo

Trabajo Individual

Presentación en Grupo de Laboratorio

Presentación Individual en Laboratorio

Proyecto individual

RESULTADOS EVALUADOS

C1

K2

K7

S1

S8

PLANIFICACIÓN SEMANAL

Actividad evaluable

Actividad formativa

Semana con actividad

Período de exámenes

Actividad	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	E
Clases magistrales donde se presentarán sucintamente los conceptos clave de manera integral, así como los fundamentos de varios métodos impementados en el software comercial	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			
Clases prácticas en el laboratorio donde se utilizará el software comercial para incidir en los aspectos prácticos de los métodos y aplicar los conocimientos adquiridos sobre los conceptos.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			

Actividad	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	E
 Examen sobres los conceptos teóricos básicos de la asignatura																•
 Evaluación de la parte práctica de la asignatura sobre el uso de software comercial aplicando los conocimientos adquiridos													•			

CRITERIOS DE EVALUACIÓN

Criterios Generales

La evaluación comprobará si los estudiantes han adquirido las competencias de la asignatura.

En el caso de que se lleve a cabo trabajo(s) en grupo para evaluar la parte práctica, la calificación de éstos podrá ser modulada mediante los resultados de un formulario de evaluación entre pares.

Criterios de Evaluación en Convocatoria Ordinaria. Evaluación progresiva

Criterios de evaluación

- Examen sobres los conceptos teóricos básicos de la asignatura: 50%
- Evaluación de la parte práctica de la asignatura sobre el uso de software comercial aplicando los conocimientos adquiridos: 50%

Actividades

- Examen sobres los conceptos teóricos básicos de la asignatura (50%)
- Evaluación de la parte práctica de la asignatura sobre el uso de software comercial aplicando los conocimientos adquiridos (50%)

Criterios de Evaluación en Convocatoria Ordinaria. Prueba global

Criterios de evaluación

- Examen sobres los conceptos teóricos básicos de la asignatura: 50%
- Evaluación de la parte práctica de la asignatura sobre el uso de software comercial aplicando los conocimientos adquiridos: 50%

Actividades

- Examen sobres los conceptos teóricos básicos de la asignatura (50%)

- Evaluación de la parte práctica de la asignatura sobre el uso de software comercial aplicando los conocimientos adquiridos (50%)

Criterios de Evaluación en Convocatoria Extraordinaria

Criterios de evaluación

- Examen sobre los conceptos teóricos básicos de la asignatura: 50%
- Evaluación de la parte práctica de la asignatura sobre el uso de software comercial aplicando los conocimientos adquiridos: 50%

Actividades

- Examen sobre los conceptos teóricos básicos de la asignatura (50%)
- Evaluación de la parte práctica de la asignatura sobre el uso de software comercial aplicando los conocimientos adquiridos (50%)

RECURSOS

Web

Información a disposición del estudiante (transparencias, artículos, etc.)

Información específica de la asignatura suministrada por los profesores en la plataforma
<https://moodle.upm.es/titulaciones/oficiales>

Bibliografía

David. B Davidson, "Computational Electromagnetics for RF and Microwave Engineering", Cambridge University Press, 2005.

Referencia genérica para FDTD, MoM y FEM.

Allen Taflov, "Computational Electrodynamics: The Finite-Difference Time-Domain Method", Artech House, 2005.

Referencia para FDTD .

Roger F. Harrington, "Field Computation by Moment Methods", I.E.E.E.Press,1993

Referencia para MoM.

Jianming Jin, "The Finite Element Method in Electromagnetics", John Wiley & Sons, Inc. 2002

Referencia para FEM.

McNamara, Pistorius, Malherbe, "Introduction to the Uniform Geometrical Theory of Diffraction", Artech House, 1990.

Referencia para GO, PO, GTD, UTD.

Pyotr Ya. Ufimtsev, "Fundamentals of the Physical Theory of Diffraction". John Wiley & Sons

Referencia para GTD-UTD.

Walton C. Gibson - The Method of Moments in Electromagnetics, CRC Press , 2007

Referencia para MoM.

C. Balanis. "Advanced Engineering Electromagnetics". John Wiley & Sons. 1989

Referencia para MoM.

Otros recursos

Software comercial: Ansys HFSS, CST Microwave Studio, TICRA Tools, Keysight Momentum

Software que se utilizará en el laboratorio

OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE



**Industria, innovación e
infraestructura**