



UNIVERSIDAD  
POLITÉCNICA  
DE MADRID

PROCESO DE  
COORDINACIÓN DE LAS  
ENSEÑANZAS PR/CL/001



E.T.S. de Ingeniería y Sistemas  
de Telecomunicación

# ANX-PR/CL/001-01

## GUÍA DE APRENDIZAJE

### ASIGNATURA

**593000307 - Tratamiento De Señales Acusticas**

### PLAN DE ESTUDIOS

**59AE - Master Universitario En Ingeniería Acustica**

### CURSO ACADÉMICO Y SEMESTRE

**2023/24 - Segundo semestre**

## Índice

---

### Guía de Aprendizaje

1. Datos descriptivos.....	1
2. Profesorado.....	1
3. Conocimientos previos recomendados.....	2
4. Competencias y resultados de aprendizaje.....	3
5. Descripción de la asignatura y temario.....	4
6. Cronograma.....	6
7. Actividades y criterios de evaluación.....	8
8. Recursos didácticos.....	11
9. Otra información.....	12

## 1. Datos descriptivos

---

### 1.1. Datos de la asignatura

<b>Nombre de la asignatura</b>	593000307 - Tratamiento de Señales Acusticas
<b>No de créditos</b>	3 ECTS
<b>Carácter</b>	Obligatoria
<b>Curso</b>	Primer curso
<b>Semestre</b>	Segundo semestre
<b>Período de impartición</b>	Febrero-Junio
<b>Idioma de impartición</b>	Castellano
<b>Titulación</b>	59AE - Master Universitario en Ingeniería Acustica
<b>Centro responsable de la titulación</b>	59 - Escuela Tecnica Superior De Ingeniería Y Sistemas De Telecomunicacion
<b>Curso académico</b>	2023-24

## 2. Profesorado

---

### 2.1. Profesorado implicado en la docencia

<b>Nombre</b>	<b>Despacho</b>	<b>Correo electrónico</b>	<b>Horario de tutorías *</b>
Ruben Fraile Muñoz	A7009	r.fraile@upm.es	Sin horario. Concertar tutorías por correo electrónico
			Sin horario. Concertar tutorías por correo electrónico de acuerdo con el horario oficial del

Jose Luis Sanchez Bote (Coordinador/a)	8209	jose Luis.sanchez.bote@upm. es	profesor disponible en <a href="http://www.etsist.upm.es/info_pers/info_pers_docencia?idTra bajador=9f2bfd2bd95e724e3a7cdbaba7b8d83e&amp;departame nto=IAC">www.etsist.upm. es/info_pers/info_p ers_docencia?idTra bajador=9f2bfd2bd9 5e724e3a7cdbaba7 b8d83e&amp;departame nto=IAC</a>
---	------	-----------------------------------	--

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

### 3. Conocimientos previos recomendados

---

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

- Instrumentación Y Metrología Acústica
- Psicoacústica

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

- Analizadores Acústicos
- Procesamiento Digital de Señales
- Acústica
- Programación
- Señales y Sistemas Lineales

## 4. Competencias y resultados de aprendizaje

---

### 4.1. Competencias

CB06 - 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

CB07 - 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

CE03 - Conocimientos de programación, bases de datos y programas específicos con aplicación en ingeniería acústica

CG01 - Conocer y aplicar conocimientos y soluciones de ingeniería acústica a los campos de la industria, la edificación, el transporte y el medio ambiente, entre otros.

CG11 - Desarrollar en los alumnos la capacidad para su implicación en actividades relacionadas con la investigación, desarrollo y la innovación científica y tecnológica

### 4.2. Resultados del aprendizaje

RA29 - Modelar problemas acústicos mediante señales digitales

RA30 - Realizar análisis en tiempo y frecuencia de señales acústicas

RA113 - Manejo de un sistema electrónico de procesamiento de señales utilizando un microcontrolador/DSP

RA116 - Utilizar las técnicas básicas de procesamiento digital de señales acústicas: análisis espectral mediante filtrado o transformadas en frecuencia, respuesta al impulso, convolución y correlación.

RA31 - Utilizar las técnicas básicas de procesamiento de señales acústicas en tiempo real: bancos de filtros, respuesta impulsiva, convolución circular.

## 5. Descripción de la asignatura y temario

---

### 5.1. Descripción de la asignatura

Esta asignatura proporciona competencias para el empleo de métodos de procesamiento digital de señales aplicados al análisis de señales acústicas. Interesan especialmente las técnicas usadas por los analizadores acústicos. Los principales tópicos tratados en la asignatura son la estimación espectral mediante filtrado (analizadores RTA) o mediante transformadas (analizadores FFT), estimación y análisis de la respuesta al impulso (analizadores de parámetros acústicos), correlación y convolución (auralización), etc. Los alumnos trabajarán usando herramientas de programación de muy alto nivel como Matlab junto con el desarrollo en lenguaje de más bajo nivel, concretamente C, orientado a un microcontrolador concreto.

### 5.2. Temario de la asignatura

1. Tratamiento digital de señales. Introducción.
  - 1.1. Señales continuas y discretas.
  - 1.2. Transformada de Fourier en tiempo continuo.
  - 1.3. Relaciones entrada/salida. Convolución.
  - 1.4. Correlación.
2. Análisis en frecuencia mediante transformadas discretas.
  - 2.1. Transformada discreta de Fourier (DFT).
  - 2.2. Analizadores FFT.
  - 2.3. Filtrado en el dominio FFT.
  - 2.4. Estimación de la función de transferencia con FFT.
3. Filtros digitales.
  - 3.1. Transformada Z.
  - 3.2. Filtros digitales de respuesta infinita y finita (IIR y FIR).
  - 3.3. Filtrado digital.
  - 3.4. Analizadores CPB o RTA.
4. Estimación y análisis de la respuesta al impulso de salas.
  - 4.1. Estimación de la respuesta al impulso mediante correlación (método MLS).

- 4.2. Estimación de la respuesta al impulso mediante convolución (método de barrido de tonos).
- 4.3. Análisis de la respuesta al impulso de salas. Parámetros Acústicos.
- 4.4. Auralización.
5. Desarrollo de aplicaciones para el tratamiento de señales acústicas.
  - 5.1. Entorno de desarrollo Keil MDK.
  - 5.2. Microcontrolador STM32F4 Discovery.
  - 5.3. Sistema operativo CMSIS, CMSIS-RTOS.
  - 5.4. Desarrollo de aplicaciones sencillas.
6. Práctica 1. Introducción y análisis FFT.
7. Práctica 2. Filtrado digital.
8. Práctica 3. Análisis de la respuesta al impulso de una sala.
9. Práctica 4. Proyecto sobre la placa STM32F4 Discovery.

## 6. Cronograma

### 6.1. Cronograma de la asignatura \*

Sem	Actividad en aula	Actividad en laboratorio	Tele-enseñanza	Actividades de evaluación
1	<b>1. Tratamiento digital de señales. Introducción. 1.1. Señales continuas y discretas. 1.2. Transformada de Fourier en tiempo continuo. 1.3. Relaciones entrada/salida. Convolución. 1.4. Correlación.</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	<b>Práctica 1. Introducción y análisis FFT (I)</b> Duración: 01:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio	En el caso de producirse circunstancias excepcionales que impidan la presencialidad, todas las actividades de este cronograma pueden desarrollarse de forma no presencial. Duración: 00:00 OT: Otras actividades formativas	
2	<b>2. Análisis en frecuencia mediante transformadas discretas. 2.1. Transformada discreta de Fourier (DFT). 2.2. Analizadores FFT. 2.3. Filtrado en el dominio FFT.</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	<b>Práctica 1. Introducción y análisis FFT (II)</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		
3	<b>3. Filtros digitales. 3.1. Transformada Z. 3.2. Filtros FIR y filtros IIR.</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	<b>Práctica 2. Filtrado digital (I)</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		<b>Evaluación Práctica 1</b> TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua No presencial Duración: 00:00
4	<b>3. Filtros digitales. 3.3. Filtrado digital. 3.4. Analizadores CPB o RTA.</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	<b>Práctica 2. Filtrado digital (II)</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		
5	<b>4. Estimación y análisis de la respuesta al impulso de salas.</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	<b>Práctica 3. Análisis de la respuesta al impulso de una sala.</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		<b>Evaluación Práctica 2</b> TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua No presencial Duración: 00:00
6	<b>5. Desarrollo de aplicaciones para el tratamiento de señales acústicas.</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	<b>Ejemplos sencillos de programación de STM32F4 Discovery</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		
7	<b>Práctica 4. Proyecto sobre la placa STM32F4 Discovery (I)</b> Duración: 02:00 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas	<b>Práctica 4. Proyecto sobre la placa STM32F4 Discovery (II)</b> Duración: 02:00 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas		<b>Evaluación práctica 3</b> TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua No presencial Duración: 00:00
8	<b>Práctica 4. Proyecto sobre la placa STM32F4 Discovery (III)</b> Duración: 02:00 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas			<b>Evaluación Práctica 4</b> PG: Técnica del tipo Presentación en Grupo Evaluación continua Presencial Duración: 02:00



9				<b>Examen de Teoría</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Presencial Duración: 02:00
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				<b>Examen 'Sólo Prueba Final'</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación sólo prueba final Presencial Duración: 03:00  <b>Presentación de un desarrollo realizado para STM32F4 Discovery</b> PI: Técnica del tipo Presentación Individual Evaluación sólo prueba final Presencial Duración: 00:30

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 (progresiva)

Sem.	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
3	Evaluación Práctica 1	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	00:00	10%	4 / 10	CB06 CG01 CE03
5	Evaluación Práctica 2	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	00:00	10%	4 / 10	CB06 CG01 CE03
7	Evaluación práctica 3	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	00:00	10%	4 / 10	CB06 CG01 CE03
8	Evaluación Práctica 4	PG: Técnica del tipo Presentación en Grupo	Presencial	02:00	40%	4 / 10	CB07 CG11 CE03
9	Examen de Teoría	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	02:00	30%	4 / 10	CG01 CE03

#### 7.1.2. Prueba evaluación global

Sem	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
17	Examen 'Sólo Prueba Final'	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	03:00	60%	4 / 10	CB06 CG01 CE03
17	Presentación de un desarrollo realizado para STM32F4 Discovery	PI: Técnica del tipo Presentación Individual	Presencial	00:30	40%	4 / 10	CB07 CG11 CE03

#### 7.1.3. Evaluación convocatoria extraordinaria

Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
Examen Extraordinario	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	03:00	60%	4 / 10	CB06 CG01 CE03
Presentación de un desarrollo realizado para STM32F4 Discovery	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	Presencial	00:30	40%	4 / 10	CB07 CG11 CE03

## 7.2. Criterios de evaluación

### Evaluación continua.

La evaluación tiene dos partes, Prácticas (P) (70%) y Examen (E) (30%).

La parte P (70%) se desglosa a su vez en cuatro prácticas: P1 a P4. Las Prácticas P1 a P3 se desarrollan en Matlab en las 5 primeras semanas del curso y pesan un 10% cada una. Para evaluar las prácticas P1 a P4 los alumnos deberán entregar una memoria con las actividades propuestas. La Práctica P4 se realiza en las dos últimas semanas del curso, consiste en la programación de un algoritmo concreto sobre la placa STM32F4 Discovery y se valora con un 40% de la nota final. Para evaluar P4 los alumnos deberán entregar el código desarrollado y realizar una presentación oral en el aula.

La parte E (30%) consistirá una prueba con preguntas de respuesta corta o de tipo test sobre los contenidos teóricos, así como de ejercicios en Matlab del tipo a los realizados durante el curso (P1 a P3).

Nota sobre la evaluación continua. El procedimiento anterior relativo a la evaluación de memorias semanales/quincenales sobre las Prácticas (P) podrá ser substituido por un examen (E) si el número de alumnos matriculados en la asignatura es mayor que diez. En ese caso el examen (E) valdrá el 60% de la puntuación. Esta contingencia se comunicará a los alumnos a principio de curso.

### Evaluación mediante sólo prueba final.

Si un alumno desea ser evaluado mediante "sólo prueba final" debe solicitarlo por escrito al coordinador de la asignatura antes del fin de la semana tercera del período de docencia.

En este caso, la evaluación se realizará en dos partes:

Las prácticas P1 a P3 cuentan con una ponderación del 60% de la calificación y se evaluarán mediante un único examen (E) . El examen constará de una parte teórica así como de ejercicios en Matlab del tipo a los propuestos durante el curso (P1 a P3).

La práctica P4 tiene asignado el 40% de la calificación. Se especificará a los alumnos con 15 días de antelación un algoritmo que deben programar para el microcontrolador STM32F4 Discovery. El día de la prueba, los alumnos deberán entregar el código desarrollado y realizar una presentación oral de su trabajo ante los profesores.

**Convocatoria extraordinaria.**

En la convocatoria extraordinaria la evaluación será mediante sólo prueba final y con el mismo procedimiento especificado anteriormente para este tipo de evaluación.

### **Notas mínimas.**

Se establece una nota mínima de 4 puntos en todas las pruebas. En el caso de las prácticas, si la nota es inferior a 4, a criterio de los profesores, se podrá pedir la repetición específica de alguna de las prácticas. En cualquier caso la calificación global deberá ser como mínimo 5 puntos para aprobar la asignatura.

### **Normas de examen.**

En las pruebas presenciales no se pueden utilizar dispositivos de comunicaciones, salvo los expresamente permitidos por los profesores para cada prueba concreta.

### **Cuestiones adicionales.**

En la calificación de las pruebas escritas los profesores no sólo tendrán en cuenta los contenidos de las respuestas, sino también otros aspectos como a ordenación lógica de los desarrollos, la claridad en las respuestas, la corrección del lenguaje (incluidos aspectos de ortografía y redacción), la corrección de los razonamientos, la indicación de las unidades de medida cuando corresponda y el adecuado uso de los signos matemáticos.

### **Evaluación no presencial en causas de fuerza mayor.**

En casos de fuerza mayor la evaluación se adaptará a la modalidad no presencial, mediante videoconferencia y/o

herramientas informáticas disponibles para su uso en la UPM.

## 8. Recursos didácticos

### 8.1. Recursos didácticos de la asignatura

Nombre	Tipo	Observaciones
Equipamiento	Equipamiento	Los recursos hardware y software necesarios serán aportados por la Escuela (ETSIST).
Introduction to Audio Analysis: A MATLAB approach	Bibliografía	T. Giannakopoulos, A. Pikrakis. Introduction to Audio Analysis: A MATLAB approach. Academic Press, Oxford, 2014.
Handbook of signal processing in acoustics	Bibliografía	D. Havelock, S. Kuwano, M. Vorländer. Handbook of signal processing in acoustics. (Capítulos 1 a 8) Springer Science & Business Media, 2008.
Mitra, S.K., Digital signal processing, McGraw-Hill, New York, 2006 (existe una versión reciente en español).	Bibliografía	
Gay, S.L. and Benesty, J. (ed.), Acoustic signal processing for telecommunication, Kluwer Academic Publishers, Massachusetts, 2000.	Bibliografía	
Kahrs, M. (Editor) and Brandenburg, K., Applications of digital signal processing to audio and acoustics, Kluwer Academic Publishers, Boston, 1998.	Bibliografía	

## 9. Otra información

---

### 9.1. Otra información sobre la asignatura

El cronograma especificado en esta guía es de semanas ideales con respecto al inicio del período de docencia correspondiente. Es previsible que la asignatura se imparta a lo largo de siete semanas y media entre febrero y marzo, a razón de 4 h/semana de clase.